TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"ESTIMACIÓN DEL GRADO DE URBANIZACIÓN EN CINCO LOMAS DE LIMA: ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DEL PERIODO 2005-2020 MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Jacqueline Alexandra Mendoza Davila (0000-0002-0427-1305)

Asesor:

Hector Alonso Aponte Ubillus (0000-0001-5249-9534)

Lima – Perú

2024

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 22 de julio del 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Sandra Duarte Guardia
Miembro: Mg. Orlando Advíncula Zeballos
Miembro: Mg. Deyvis Jefferson Cano Cochachi

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"ESTIMACIÓN DEL GRADO DE URBANIZACIÓN EN CINCO LOMAS DE LIMA: ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DEL PERIODO 2005-2020 MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Jacqueline Alexandra Mendoza Dávila**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dr. Héctor Alonso Aponte Ubillús

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( ) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Jacqueline Alexandra Mendoza Dávila			Nota (en letras): dieciséis (16)
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Dra. Sandra Duarte Guardia
Presidente

Mg. Orlando Advíncula Zeballos
Miembro 1

Mg. Deyvis Jefferson Cano Cochachi
Miembro 2

Dr. Héctor Alonso Aponte Ubillús
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN[1]

Lima, 09 de setiembre del 2024

Señor,
Dr. Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

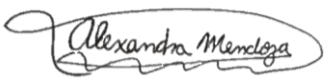
De nuestra consideración,

Yo: JACQUELINE ALEXANDRA MENDOZA DÁVILA, egresada de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis HÉCTOR ALONSO APONTE UBILLUS, declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: ESTIMACIÓN DEL GRADO DE URBANIZACIÓN EN CINCO LOMAS DE LIMA: ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DEL PERIODO 2005-2020 MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, sustentado para obtener el título de INGENIERA AMBIENTAL es original.

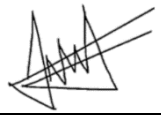
Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI: 72608031



Firma del asesor de tesis
DNI: 42815994

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Estimación del grado de urbanización en cinco lomas de Lima: análisis y modelamiento del periodo 2005-2020 mediante sistemas de información geográfica

Autores. Jacqueline Alexandra Mendoza Davila

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2494845111).

Resultado de la evaluación. 8%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Estimación del grado de urbanización

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	7%	6%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	orcid.org Fuente de Internet	1%
2	ASILORZA SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "PAD para los Proyectos de Transmisión de la Zona Norte de Lima relacionada al Programa de Adecuación y Manejo Ambiental-IGA0012766", R.D. N° 0014-2021-MINEM/DGAAE, 2021 Publicación	1%
3	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.. "PAD de la Subestación de Transmisión Lambayeque Sur-IGA0019476", R.D. N° 0083-2022-MINEM/DGAAE, 2022	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ESTIMACIÓN DEL GRADO DE URBANIZACIÓN EN CINCO LOMAS DE LIMA: ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DEL PERIODO 2005-2020 MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

ESTIMATIVA DO GRAU DE URBANIZAÇÃO EM CINCO LOMAS DE LIMA: ANÁLISE E MODELAGEM PARA O PERÍODO 2005-2020 USANDO SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

ESTIMATION OF THE DEGREE OF URBANIZATION IN FIVE LOMAS OF LIMA: ANALYSIS AND MODELING FOR THE PERIOD 2005-2020 USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Alexandra Mendoza Dávila[1], Héctor Aponte[2]

[1]Facultad de Ciencias Ambientales, Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.
[2]Coastal Ecosystems of Peru Research Group - COE Peru, Carrera de Biología Marina, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.

Resumen

Las lomas son ecosistemas costeros presentes en Perú y Chile, que se encuentran cada vez más afectadas por la expansión urbana. Esta investigación analiza el proceso de urbanización de cinco lomas de Lima en el periodo 2005-2020. Para ello, se calculó la tasa de urbanización anual de las lomas, se identificó el modelo matemático que más se ajusta para detectar la tendencia de expansión urbana y se evaluó si existe correlación entre la tasa de urbanización anual y la tasa de crecimiento poblacional del centro poblado más cercano. Se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución para digitalizar manualmente las zonas urbanas en el periodo 2005-2020 en el programa ArcGIS 10.8 y se usó Google Earth Pro como complemento para la validación. Las Lomas de Carabayllo fueron las más afectadas por la expansión urbana, seguida por las Lomas de Pachacámac y las Lomas de Pamplona; las menos afectadas fueron las Lomas de Lachay y las Lomas de Ancón. La expansión urbana no mostró correlación con el crecimiento poblacional de los centros poblados aledaños, por lo cual, puede deberse a otros factores como el tráfico de terrenos, la explotación de canteras y el crecimiento de la frontera agrícola. Cada loma es un caso diferente y la mejor solución debe estar adaptada a su contexto particular.

Palabras clave: Expansión urbana. Lomas costeras. Perú. Degradación ecosistémica. Ecosistemas costeros.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Resumo

Lomas são ecossistemas costeiros presentes no Peru e no Chile, que são cada vez mais afetados pela expansão urbana. Esta pesquisa analisa o processo de urbanização de cinco lomas de Lima no período 2005-2020. Para isso, calculou-se a taxa de urbanização anual das lomas, identificou-se o modelo matemático que melhor se ajusta para detectar a tendência de expansão urbana e avaliou-se se existe correlação entre a taxa de urbanização anual e a taxa de crescimento populacional do centro povoado mais próximo. Imagens de satélite de alta resolução foram utilizadas para digitalização manual de áreas urbanas no período 2005-2020 no programa ArcGIS 10.8 e Google Earth Pro foi utilizado como complemento para validação. As Lomas de Carabayllo foram as mais afetadas pela expansão urbana, seguidas pelas Lomas de Pachacámac e pelas Lomas de Pamplona; as menos afetadas foram as Lomas de Lachay e as Lomas de Ancón. A expansão urbana não apresentou correlação com o crescimento populacional dos centros populacionais circunvizinhos, portanto, pode ser devida a outros fatores como a grilagem de terras, a exploração de pedreiras e o crescimento da fronteira agrícola. Cada loma é um caso diferente e a melhor solução deve ser adaptada ao seu contexto particular.

Palavras-chave: *Expansão urbana. Lomas costeiras. Peru. Degradação de ecossistemas. Ecossistemas costeiros.*

Abstract

Lomas are coastal ecosystems present in Peru and Chile, which are increasingly affected by urban expansion. This research analyzes the urbanization process of five lomas in Lima in the period 2005-2020. For that purpose, the annual urbanization rate of the lomas was calculated, the mathematical model that best fits to detect the trend of urban expansion was identified, and it was evaluated whether there is a correlation between the annual urbanization rate and the population growth rate of the nearest surrounding population center. High-resolution satellite images were used to manually digitize urban areas in the period 2005-2020 in the ArcGIS 10.8 program and Google Earth Pro was used as a complement for validation. The Lomas of Carabayllo were the most affected by urban expansion, followed by the Lomas of Pachacámac and the Lomas of Pamplona; the least affected were the Lomas of Lachay and the Lomas of Ancón. Urban expansion did not show a correlation with the population growth of the surrounding population centers; therefore, it may be due to other factors such as land trafficking, quarry exploitation and the growth of the agricultural frontier. Each hill is a different case, and the best solution must be adapted to its particular context.

Keywords: *Urban expansion. Coastal lomas. Peru. Ecosystem degradation. Coastal ecosystems.*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Introducción

Las lomas costeras son ecosistemas estacionales costeros presentes en Perú y Chile (Ferreyra, 1993; Rundel et al., 1991), con formaciones más intensas entre los 5.8°S y 28.5 °S a lo largo de 3 000 km de la franja costera del Pacífico (Moat et al., 2021). Las lomas se extienden sobre laderas y quebradas pedregosas situadas casi al nivel del mar hasta los 1 800 m.s.n.m., presentando variaciones a nivel local (Miyasiro & Ortiz, 2016; Moat et al., 2021). Son considerados ecosistemas estacionales porque son originados a partir de la humedad proveniente de las neblinas, las cuales se forman al evaporarse el agua del océano Pacífico en época de invierno (Nieuwland & Mamani, 2017). Cuando estas neblinas ascienden a lo largo de las pendientes de los cerros costeros, generan una llovizna, tenue y constante, que origina una vegetación predominantemente herbácea (Valdivia, 1997); la corriente de Humboldt, la corriente de El Niño, la cordillera de los Andes y el anticiclón del Pacifico Sur son factores determinantes en su formación (Gamboa, 2019).

Las lomas se caracterizan por albergar riqueza biológica endémica (Del Castillo, 2016; Gamboa, 2019; Lleellish et al., 2015; Ohga, 1992; Padilla, 2018; Ruiz et al., 2017; SERFOR, 2017b, 2017a); y brindar servicios ecosistémicos como la provisión de recursos genéticos, provisión de alimento, polinización, formación de suelo, ecoturismo, valores estéticos, educacional, espiritual y religioso, así como captación carbono y agua atmosférica (Gamboa, 2019; Guerrero-Palomino et al., 2022; MINAM, 2015; PNUD, 2018b). Desde tiempos prehispánicos, las lomas han sufrido presiones humanas (Chipana, 2013); estas presiones son cada vez mayores, por lo que, hoy en día, las lomas costeras son consideradas ecosistemas frágiles por su alta vulnerabilidad y baja resiliencia ante las crecientes presiones antropogénicas como el cambio climático, la contaminación ambiental, el cambio de uso de suelo y las actividades extractivas insostenibles (Garcia et al., 2014; MINAM, 2015; Moat et al., 2021).

La región de Lima cuenta con alrededor de 40 lomas costeras reconocidas por el Estado Peruano (Ministerio del Ambiente, 2021; Proyecto EbA Lomas et al., 2021; SERFOR, 2024; SERNANP, 2024). Una de las principales amenazas de las lomas de Lima es la expansión urbana. Se estima que el 58% de la población peruana vive en las zonas costeras cercanas a las lomas y que las presiones más altas se dan principalmente en la capital de Lima (Moat et al., 2021). Así pues, en las últimas décadas, una gran parte de las lomas de Lima vienen siendo amenazadas por la expansión urbana (principalmente informal), lo que ha llevado a que muchas de ellas estén en riesgo de desaparecer (Garcia et al., 2014; Soria & Romo, 2018). En este contexto, la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) cobran importancia debido a que permiten obtener información sobre el proceso de urbanización en estos ecosistemas a través de los años (Santos et al., 2011). A pesar de los avances, aún existe una brecha de información geoespacial sobre el impacto de la expansión urbana en las lomas costeras de Lima.

Por ello, el objetivo de esta investigación es determinar y analizar el grado de urbanización de cinco lomas de Lima en el periodo 2005-2020, para lo cual a) se calculó la tasa de urbanización anual de las lomas, b) se identificó el modelo matemático que más se ajusta a la expansión urbana de las lomas y c) se evaluó si existe correlación entre la tasa de urbanización anual de las lomas y la tasa de crecimiento poblacional del centro poblado más cercano a las lomas. La hipótesis inicial fue que, a mayores tasas de crecimiento poblacional de los centros poblados más cercano a las lomas, se esperaba encontrar mayores tasas de urbanización de las lomas; también se esperaba que aquellas lomas con mayores esfuerzos de protección tuvieran un menor impacto del crecimiento urbano.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Materiales y Métodos

Área de estudio

La investigación abarcó cinco lomas ubicadas en la región de Lima: Lomas de Ancón, Lomas de Carabayllo, Lomas de Lachay, Lomas de Pachacámac y Lomas de Pamplona. Estas se encuentran ubicadas entre los 11°20'46.38"S - 77°22'11.02"O y los 12°15'6.52"S - 76°50'34.79"O (Figura 1).

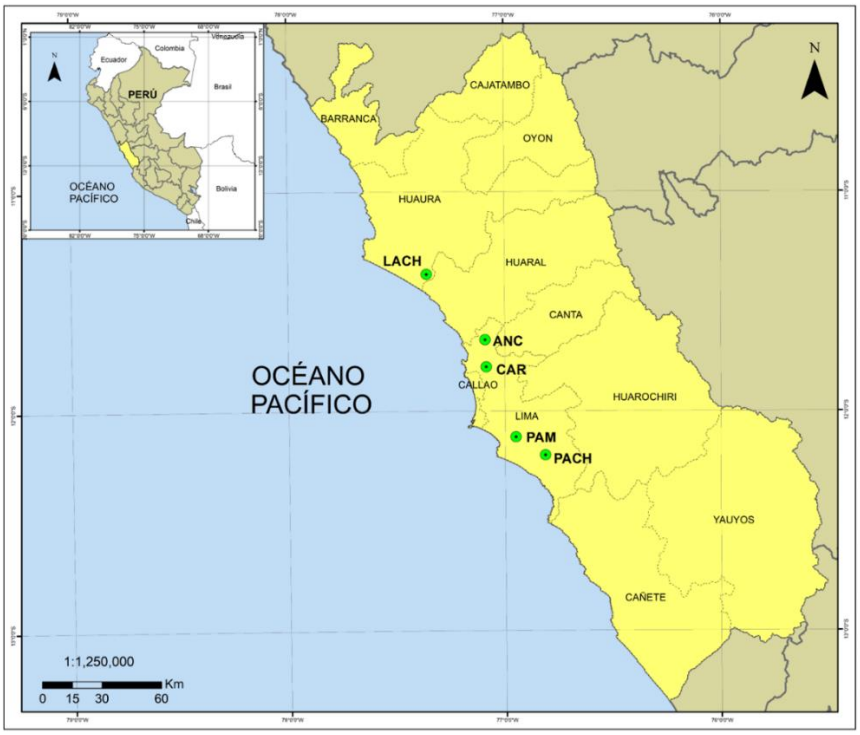


Figura 1 – Área de estudio. Las ubicaciones de las lomas se encuentran señaladas en el mapa. LACH: Lomas de Lachay; ANC: Lomas de Ancón; CAR: Lomas de Carabayllo; PAM: Lomas de Pamplona; y PACH: Lomas de Pachacámac.

Los criterios usados para la elección de estas cinco lomas fueron los siguientes:

- *Saldo migratorio (inmigrantes menos emigrantes):* La migración es un componente importante en el crecimiento total de la población, si el saldo migratorio es negativo estaría indicando que salen más personas que las que entran. A nivel nacional, la ciudad de Lima tiene la más alta ganancia de población en los años 2007 y 2017 que asciende a 2 424 594 habitantes y 2 697 573 habitantes, respectivamente (Comisión Económica para América Latina y el Caribe & Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú, 2023). Estas características nos sugirieron trabajar con lomas de la Región Lima.
- *Disponibilidad de información de las lomas*: Se dio prioridad a las lomas con la mayor cantidad y diversidad de información disponible respecto al estado de conservación, cambio de uso de suelo y características socioambientales del entorno (por ejemplo, número de artículos científicos, de tesis y de informes técnicos).
- *Existencia y aplicación de normativa de protección de lomas*: Se seleccionó lomas que tuvieran diferentes realidades en cuanto a la existencia y aplicación de normativa de protección (por ejemplo, Área Natural Protegida o Ecosistema Frágil). En la Tabla 1 se resume la normativa de protección de las cinco lomas evaluadas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 1 – Normativa de protección de las lomas evaluadas

Área de estudio	Normativa de protección	Categoría	Nombre asignado	Área (ha)	Fecha de promulgación	Base legal
Lomas de Ancón	Área Natural Protegida (ANP) de administración nacional transitoria	Zona Reservada	Zona Reservada Lomas de Ancón	10 962.14	06/10/2010	R.M. N° 189-2010-MINAM
	Área Natural Protegida (ANP) de administración regional	Área de Conservación Regional (ACR)	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Ancón	12 166.61	07/12/2019	D.S. N° 011-2019-MINAM
Lomas de Carabayllo	Ecosistema Frágil del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)	Ecosistema Frágil	Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo	1 767.75	30/10/2013	R.M. N° 0429-2013-MINAGRI
	Área Natural Protegida (ANP) de administración regional	Área de Conservación Regional (ACR)	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 1	228.97	07/12/2019	D.S. N° 011-2019-MINAM
	Área Natural Protegida (ANP) de administración regional	Área de Conservación Regional (ACR)	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 2	198.26	07/12/2019	D.S. N° 011-2019-MINAM
Lomas de Lachay	Área Natural Protegida (ANP) de administración nacional	Reserva Nacional	Reserva Nacional de Lachay	5 070	21/06/1977	D.S. N° 310-1977-AG
Lomas de Pachacámac	Ecosistema Frágil del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR)	Ecosistema Frágil	Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac	4 547.69	14/10/2013	R.M. N° 0398-2013-MINAGRI
Lomas de Pamplona	No cuenta	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Para cada loma se utilizaron diferentes límites, según su disponibilidad; para aquellas reconocidas por el Estado con algún nivel de protección, se utilizaron los límites reconocidos por la normativa de protección entre los años 2000 y 2020 (Tabla 1). Para las Lomas de Pamplona, se tomó el área delimitada por el Proyecto EbA Lomas del PNUD (Proyecto EbA Lomas, 2019).

Las Lomas de Ancón están situadas en el distrito de Ancón, al norte de la provincia de Lima, y el distrito de Aucallama, en la provincia de Huaral. En 2010, fueron reconocidas como Área Natural Protegida (ANP) asignándole el nombre de Zona Reservada Lomas de Ancón, con un área de 10 962.14 ha (Resolución Ministerial N° 189-2010-MINAM, 2010). Esta ANP estuvo en proceso de categorización definitiva hasta el año 2019, año en que pasaron a formar parte del Área de Conservación Regional (ACR) Sistema de Lomas de Lima, comprendiendo un área de 12 166.61 ha (Decreto Supremo N° 011-2019-MINAM, 2019). Alberga diversas especies de flora y fauna, principalmente endémicas de las lomas costeras. En la cumbre y laderas predominan los tillandsiales (*Tillandsia spp.*) y en la parte baja se encuentra una vegetación herbácea dominada por *Solanum multifidum* y *Nolana humifusa* (D. Cabrera, 2016; Ohga, 1992; SERNANP, 2020). Además, alberga fauna como el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), vizcacha (*Lagidium peruanum*), aguilucho de pecho negro (*Geranoaetus melanoleucus*), cernícalo americano (*Falco sparverius*) y otras especies de aves, reptiles y mamíferos (SERNANP, 2020).

Las Lomas de Carabayllo se encuentran en los distritos de Carabayllo, Puente Piedra y Ancón, al norte de la provincia de Lima. En 2013, fueron reconocidas como ecosistema frágil por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), comprendiendo un área de 1 767.5 ha (Resolución Ministerial N° 0429-2013-MINAGRI, 2013). Posteriormente, en 2019, una parte del ecosistema frágil fue reconocida como ANP, en la categoría Área de Conservación Regional (ACR), y pasaron a formar parte del ACR Sistema de Lomas de Lima, donde fueron designadas como Lomas de Carabayllo 1 y Lomas de Carabayllo 2, abarcando un área de 228.97 ha y 198.26

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ha, respectivamente (Decreto Supremo Nº 011-2019-MINAM). Presenta un suelo arenoso en las zonas bajas y arenoso-arcilloso en las zonas intermedias a altas, muchas pendientes pronunciadas y áreas rocosas (Cairampoma et al., 2020). La flora que destaca es herbácea y las familias que predominan son Asteraceae, Solanaceae y Poaceae (*Ophryosporus peruvianus*, *Solanum peruvianum*, *Raimundochloa trachyantha*) (Cairampoma et al., 2020; Del Castillo, 2016; SERNANP, 2013). Alberga fauna como el gallinazo de cabeza roja (*Cathartes aura*), lechuza terrestre (*Athene cunicularia*), golondrina azul y blanca (*Pygochelidon cyanoleuca*) y lagartija de las lomas (*Microlophus tigris*) (Ruiz et al., 2017; SERNANP, 2013).

Las Lomas de Lachay están situadas en el distrito de Huacho, en la provincia de Huaura. En 1977, fueron reconocidas como ANP asignándole el nombre de Reserva Nacional de Lachay (Decreto Supremo Nº 310-77-AG, 1977), abarcando un área de 5 070 ha, de las cuales el 76.3% corresponde al ecosistema de lomas (3 867.53 ha) (Resolución Presidencial N° 071-2019-SERNANP, 2019). Hay 146 especies de flora en la reserva nacional, de las cuales predominan las familias Asteraceae y Solanaceae (Cano et al., 1999). Destacan las especies herbáceas (79 % de la composición), pero también hay especies arbustivas (14% de la composición) como *Schinus molle*, *Caesalpinia spinosa* y *Capparis prisca* (Cano et al., 1999). Este ecosistema presenta altos índices de riqueza específica y diversidad. Destacan especies de aves como el chorlo del campo (*Oreopholus ruficollis*), canastero de los cactus (*Pseudasthenes cactorum*), picaflor cola ahorquillada (*Rhodopis vesper*); además alberga al zorro costeño (*Lycalopex sechurae*), gato de pajonal (*Leopardus colocolo*), lagartija de los arenales (*Microlophus peruvianus*) y murciélagos (*Platalina genovensium*) (Resolución Presidencial N° 071-2019-SERNANP, 2019).

Las Lomas de Pachacámac están ubicadas en los distritos de Pachacámac y Lurín, al sur de la provincia de Lima. En 2013, fueron reconocidas como ecosistema frágil por el SERFOR, abarcando un área de 4 547.69 ha (Resolución Ministerial N°0398-2013-MINAGRI, 2013). Tiene zonas áridas calcáreo-arenosas, y está rodeada de cerros y colinas (Montoya et al., 2017). Presenta diversas especies de flora como begonia (*Begonia octopetala*), flor de Amancaes (*Ismene amancaes*), tara (*Caesalpinia spinosa*), entre otras. La fauna que habita en estas lomas es principalmente avifauna como el colibrí de oasis (*Rhodopis vesper*), perico andino (*Bolborhynchus orbygnesius*), lechuza terrestre (*Athene cunicularia*), entre otras (SERNANP, 2013).

Las Lomas de Pamplona se ubican en la provincia de Lima, al noroeste del distrito de San Juan de Miraflores, en el sector conocido como Nueva Rinconada dentro de la zona de Pamplona Alta (Salas, 2020). Son más vulnerables por estar dentro de zona urbana de la ciudad de Lima. Actualmente, no se encuentran reconocidas por el Estado como ecosistema frágil ni como ANP. Sin embargo, su superficie de extensión se determinó en el Proyecto EbA Lomas del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) durante los años 2016-2022, el cual identificó que ocupan un área de 37.97 ha (Proyecto EbA Lomas, 2019). Presenta pendientes entre 25% a 40%, con afloramientos rocosos. La flora está conformada por 24 familias y 36 especies, con 19% de endemismo nacional, donde se distingue la flor de Amancaes (*Ismene amancaes*), el mito (*Vasconcellea candicans*), agujilla (*Erodium malacoides*), papa silvestre (*Solanum montanum*), kuma (*Salvia rhombifolia*), entre otras. La fauna registrada es principalmente avifauna, constituida por 11 familias y 15 especies de aves como la tórtola madrugadora (*Zenaida auriculata*), cernícalo americano (*Falco sparverius*), entre otras. Además, alberga caracoles del género *Bostrix* e insectos (coleópteros y la mariposa colorada) (Proyecto EbA Lomas, 2019).

Obtención de las imágenes satelitales y datos espaciales

Se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución, facilitadas por la Agencia Espacial del Perú (CONIDA), las cuales fueron seleccionadas previamente en el aplicativo web *SecureWatch* (https://securewatch.maxar.com/myDigitalGlobe/login). Las características de las imágenes utilizadas se muestran en la Tabla 2.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tabla 2 – Características de las imágenes satelitales utilizadas

Área de estudio	Periodo de estudio (en años)			
	2005	**2010**	**2015**	**2020**
Lomas de Ancón	• Maxar ID: 1010010004254E00 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 61 cm Fecha: 04-04-2005 Hora: 03:39:13 PM UTC • Maxar ID: 1010010004A8BF00 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 61 cm Fecha: 19-11-2005 Hora: 03:45:47 PM UTC	• Maxar ID: 101001000C4FF200 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 67 cm Fecha: 19-09-2010 Hora: 03:18:48 PM UTC • Maxar ID: 1030010004C48C00 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 49 cm Fecha: 10-04-2010 Hora: 03:36:42 PM UTC	• Maxar ID: 102001003DE76D00 Satélite: WorldView-1 Resolución espacial: 51 cm Fecha: 23-04-2015 Hora: 04:39:44 PM UTC • Maxar ID: 102001003D49BB00 Satélite: WorldView-1 Resolución espacial: 53 cm Fecha: 06-04-2015 Hora: 04:33:10 PM UTC	• Maxar ID: 105001001BCC6100 Satélite: GeoEye-1 Resolución espacial: 50 cm Fecha: 11-03-2020 Hora: 03:33:48 PM UTC
Lomas de Carabayllo	• Maxar ID: 1010010004254E00 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 61 cm Fecha: 04-04-2005 Hora: 03:39:13 PM UTC • Maxar ID: 1010010004B0BD00 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 62 cm Fecha: 07-12-2005 Hora: 03:46:43 PM UTC	• Maxar ID: 101001000C4FF200 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 67 cm Fecha: 19-09-2010 Hora: 03:18:48 PM UTC	• Maxar ID: 10504100131A5500 Satélite: GeoEye-1 Resolución espacial: 46 cm Fecha: 01-07-2015 Hora: 03:43:48 PM UTC	• Maxar ID: 10300100A5D59900 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 58 cm Fecha: 19-04-2020 Hora: 03:18:32 PM UTC • Maxar ID: 10300100A2052F00 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 53 cm Fecha: 12-03-2020 Hora: 03:18:47 PM UTC
Lomas de Lachay	• Maxar ID: 10100100040C4700 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 62 cm Fecha: 14-02-2005 Hora: 03:41:17 PM UTC	• Maxar ID: 105041000358C000 Satélite: GeoEye-1 Resolución espacial: 46 cm Fecha: 16-11-2010 Hora: 03:19:14 PM UTC • Maxar ID: 1030010007333000 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 50 cm Fecha: 30-10-2010 Hora: 03:50:26 PM UTC	• Maxar ID: 102001003C3DC100 Satélite: WorldView-1 Resolución espacial: 52 cm Fecha: 06-04-2015 Hora: 04:32:54 PM UTC • Maxar ID: 102001003C9B6800 Satélite: WorldView-1 Resolución espacial: 54 cm Fecha: 06-04-2015 Hora: 04:32:37 PM UTC	• Maxar ID: 10300100A1317A00 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 51 cm Fecha: 20-01-2020 Hora: 03:34:36 PM UTC

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Área de estudio	Periodo de estudio (en años)			
	2005	2010	2015	2020
Lomas de Pachacámac	• Maxar ID: 1010010004373700 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 63 cm Fecha: 05-05-2005 Hora: 03:35:42 PM UTC	• Maxar ID: 102001000D5EC500 Satélite: WorldView-1 Resolución espacial: 68 cm Fecha: 16-06-2010 Hora: 03:56:01 PM UTC • Maxar ID: 103001000042B3900 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 47 cm Fecha: 30-03-2010 Hora: 03:37:24 PM UTC	• Maxar ID: 102001003835CA00 Satélite: WorldView-1 Resolución espacial: 62 cm Fecha: 27-02-2015 Hora: 04:33:09 PM UTC	• Maxar ID: 104001005F250A00 Satélite: WorldView-3 Resolución espacial: 40 cm Fecha: 08-10-2020 Hora: 03:41:14 PM UTC • Maxar ID: 10300100A5810200 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 51 cm Fecha: 19-04-2020 Hora: 03:18:59 PM UTC
Lomas de Pamplona	• Maxar ID: 1010010004127D00 Satélite: QuickBird-2 Resolución espacial: 61 cm Fecha: 27-02-2005 Hora: 03:37:14 PM UTC	• Maxar ID: 1020010010C4E200 Satélite: WorldView-1 Resolución espacial: 69 cm Fecha: 25-12-2010 Hora: 03:46:01 PM UTC • Maxar ID: 102001000D5EC500 Satélite: WorldView-1 Resolución espacial: 68 cm Fecha: 16-06-2010 Hora: 03:56:01 PM UTC	• Maxar ID: 103001003EADE000 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 59 cm Fecha: 23-02-2015 Hora: 03:53:44 PM UTC	• Maxar ID: 10300100A2995A00 Satélite: WorldView-2 Resolución espacial: 53 cm Fecha: 12-03-2020 Hora: 03:18:34 PM UTC

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Para identificar los límites de las lomas, se descargaron shapefiles de los visores de información geográfica del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (GEO ANP: https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp) y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (GEOSERFOR: https://geo.serfor.gob.pe/visor), así como del Geoportal de las Lomas de Lima (GEOLOMAS: https://geolomas.maps.arcgis.com). Para las Lomas de Pamplona, se tomó como límite el shapefile elaborado por el Proyecto EbA Lomas del PNUD (Proyecto EbA Lomas, 2019). Para identificar los centros poblados, se utilizaron shapefiles de los Censos Nacionales 2007 y 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Para la cartografía base, se utilizaron shapefiles de los límites políticos del Instituto Geográfico Nacional (IGN: https://www.idep.gob.pe/geovisor/descarga/visor.html).

Delimitación de las zonas urbanas

Se escogió como tiempo cero el año 2005 debido a la disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución. El corte se estableció cada 5 años para analizar el área ocupada por la población. Se digitalizó manualmente las zonas urbanas alrededor de las lomas evaluadas para los años 2005, 2010, 2015 y 2020, utilizando las imágenes satelitales de alta resolución proporcionadas por CONIDA (Tabla 2) a través de una conexión de Servicios de Mapas Web (WMS) en el programa ArcGIS 10.8. Asimismo, se utilizó la herramienta Google Earth Pro como complemento para la validación de la digitalización de las zonas urbanas. La digitalización manual es una técnica que ha sido utilizada por autores como Miyashiro & Ortiz (2016), Rey de Castro (2019) y Urbina et al. (2022) para delimitar zonas urbanas y ecosistemas costeros. Se utiliza cuando los métodos automatizados no son confiables debido a la complejidad del terreno, como es el caso de las lomas costeras, donde suele haber mucha presencia de nubosidad y los terrenos colindantes a las zonas urbanas son eriazos. Es importante mencionar que se ensayó la clasificación supervisada con imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 7; sin embargo, los resultados obtenidos fueron imprecisos.

Existen diferentes definiciones de lo que es "urbano", a menudo utilizan: tamaño demográfico, densidad de población, número de viviendas agrupadas o alguna definición compuesta. En la Tabla 3 se mencionan los criterios utilizados en esta investigación para la delimitación de las zonas urbanas (independientemente de ser formal o informal). Se tomó como referencia las definiciones nacionales de zona urbana (Ministerio del Ambiente, 2018) y suelo urbano (Ley de Desarrollo Urbano Sostenible, 2021). El trazado de las zonas urbanas se realizó siguiendo las redes viales existentes visualizadas en las imágenes satelitales de alta resolución. Posteriormente, se utilizó el sistema de coordenadas UTM del datum WGS84 de la zona 18S para proyectar los polígonos de las zonas urbanas delimitadas en el programa ArcGIS 10.8.

Tabla 3 – Criterios para la delimitación de zonas urbanas.

Tipo de uso	Criterios
Urbano	Espacios cubiertos por infraestructura residencial (casas y edificios), infraestructura industrial (cementerios, infraestructura de saneamiento, galpones, etc. excepto rellenos sanitarios), lotes perimetrados independientemente del material utilizado (material noble, prefabricado o precario), áreas verdes y vías de comunicación asociadas a ellas.
No urbano	Suelo desnudo, nuevas urbanizaciones sin presencia de edificaciones (lotes delimitados solo con tiza), zonas de extracción minera (excepto las zonas de campamento minero) y zonas agrícolas (campos de cultivos).

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2018; Ley de Desarrollo Urbano Sostenible, 2021.

Cálculo de la tasa de urbanización

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Para hallar la tasa de urbanización de las lomas, primero se identificó la superposición de los polígonos de las lomas y los polígonos de las zonas urbanas delimitadas para los años 2005, 2010, 2015 y 2020 (Figura 2). Para hallar la superposición de los polígonos, se empleó la herramienta *Intersect* y para calcular sus áreas se utilizó la herramienta *Calculate Geometry* del programa ArcGIS 10.8. Los polígonos se proyectaron previamente en el sistema de coordenadas UTM del datum WGS84 de la zona 18S, usando el programa ArcGIS 10.8.

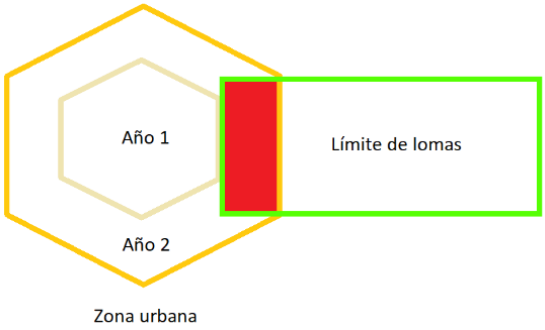


Figura 2 – Procedimiento para determinar la superposición de las lomas y las zonas urbanas. La zona roja corresponde a la superficie de las lomas afectadas por la expansión urbana en el año 2.

Para el cálculo de la tasa de urbanización anual de las lomas (t), se comparó el área de las lomas afectadas por la expansión urbana de los años 2005 y 2020, mediante la ecuación 1.

$$t(ha/año) = \frac{Área\ superpuesta\ en\ el\ año\ 2 - Área\ superpuesta\ en\ el\ año\ 1}{\Delta tiempo\ (Año\ 2 - Año\ 1)} \ldots (1)$$

Identificación del modelo de la expansión urbana en las lomas

Se identificó el modelo que represente mejor la evolución de la expansión urbana en las lomas, tomando como tiempo cero el año 2005. Se usaron regresiones lineales y no lineales en el software *CurveExpert Professional 2.7*, que incluyeron regresiones exponenciales, logísticas, logarítmicas, entre otras (excepto las regresiones polinomiales para evitar la complejidad en la interpretación). Para la selección del modelo, se utilizó el coeficiente de determinación (R^2), que es una medida de la precisión general del modelo. Los modelos elegidos fueron los que obtuvieron el R^2 más alto (Novales, 2010), además se consideró que el modelo sea una representación razonable de los datos evaluados. Utilizando estos modelos, se evaluó si la expansión urbana en las lomas sigue una tendencia creciente, estable o decreciente.

Correlación entre la tasa de urbanización y tasa de crecimiento poblacional del centro poblado más cercano a las lomas

Para evaluar si existe correlación entre la tasa de urbanización anual de las lomas y la tasa de crecimiento poblacional del centro poblado más cercano a las lomas, primero se identificó los centros poblados más cercanos a las lomas evaluadas. En términos cartográficos, el centro poblado se reconoce como un punto georreferenciado y se define como la unidad estadística georreferenciada en la que se divide el territorio nacional, tiene nombre propio y se caracteriza por ser habitado por una población con intención de permanencia, con viviendas agrupadas de manera contigua según un patrón específico (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018; Ley de Desarrollo Urbano Sostenible, 2021).

Para identificar los centros poblados más cercanos a las lomas, se utilizó la herramienta *Near* del programa ArcGIS 10.8, mediante la cual se calculó la distancia más cercana entre las lomas y los centros poblados para los años 2007 y 2017. A partir de estas distancias, se identificó los centros poblados más cercanos a las lomas. Se consideró solo los centros poblados existentes tanto en 2007 como en 2017.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Posteriormente, se identificó la población de los centros poblados más cercanos en los Directorios Nacionales de Centros Poblados de los Censos Nacionales 2007 y 2017. A continuación, se calculó la tasa de crecimiento poblacional (r) del periodo 2007-2017, mediante la ecuación 2 (Torres-Degró, 2011), donde P_t es la población final, P_0 es la población inicial y t es el tiempo en años.

$$r\ (\%) = \left(\left(\frac{P_t}{P_0}\right)^{1/t} - 1\right) \times 100 \ldots (2)$$

Finalmente, se realizó una prueba de correlación entre las dos variables: tasa de urbanización anual de las lomas y tasa de crecimiento poblacional del centro poblado más cercano a las lomas. Para ello, primero se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de *Shapiro Wilk*; dado que los datos no siguieron una distribución normal ($p<0.05$ para la prueba de *Shapiro Wilk*), se utilizó la prueba no paramétrica de *Spearman*.

Resultados

La investigación identificó que las lomas con las mayores tasas de urbanización son el Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo (4.54 ha/año), seguido por el Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac (3.71 ha/año) y las Lomas de Pamplona (0.05 ha/año). Por otro lado, las lomas con las menores tasas de urbanización son la Reserva Nacional de Lachay (-0.10 ha/año), seguido por las Lomas de Ancón que forman parte del ACR Sistema de Lomas de Lima, que obtuvo una tasa de urbanización nula (Tabla 4).

Tabla 4 – Área de lomas afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020 y tasa de urbanización anual de las lomas

Área de estudio		Área de lomas (ha)	Expansión urbana (ha)				Tasa de urbanización anual de las lomas (ha/año)
			2005	2010	2015	2020	
Lomas de Ancón	Zona Reservada Lomas de Ancón (2010)	10 962.14	0.00	0.00	0.00	9.01	0.60
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Ancón (2019)	12 166.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lomas de Carabayllo	Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo (2013)	1 767.75	1.59	4.38	6.26	69.62	4.54
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 1 (2019)	228.97	0.00	0.00	0.00	6.04	0.40
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 2 (2019)	198.26	0.00	0.00	0.00	0.06	0.004
Lomas de Lachay	Reserva Nacional de Lachay (1977)	5 070	3.26	3.46	0.20	1.78	-0.10
Lomas de Pachacámac	Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac (2013)	4 547.69	140.14	143.94	171.54	195.83	3.71
Lomas de Pamplona	Lomas de Pamplona - Proyecto EbA Lomas PNUD (2016-2022)	37.97	0.00	0.01	0.05	0.72	0.05

El Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo presentó áreas afectadas por la expansión urbana en todos los años evaluados (Tabla 4). Se observa un incremento exponencial del área de lomas urbanizadas, pasando de 1.59 ha en el 2005 a 69.62 ha en el 2020, lo cual representa la tasa de urbanización más alta (4.54 ha/año). Por otro lado, las Lomas de Carabayllo 1 y Lomas de Carabayllo 2, que forman parte del ACR Sistema de Lomas de Lima, solo presentaron áreas

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

afectadas por la expansión urbana en el año 2020, alcanzando una superficie de 6.04 ha y 0.06 ha, respectivamente, sus tasas de urbanización son menores (0.40 ha/año y 0.004 ha/año, respectivamente). En la Figura 3, se observa a las Lomas de Carabayllo afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. Esta expansión urbana afectó principalmente a la zona suroeste de las lomas (perteneciente al distrito de Puente Piedra, provincia de Lima).

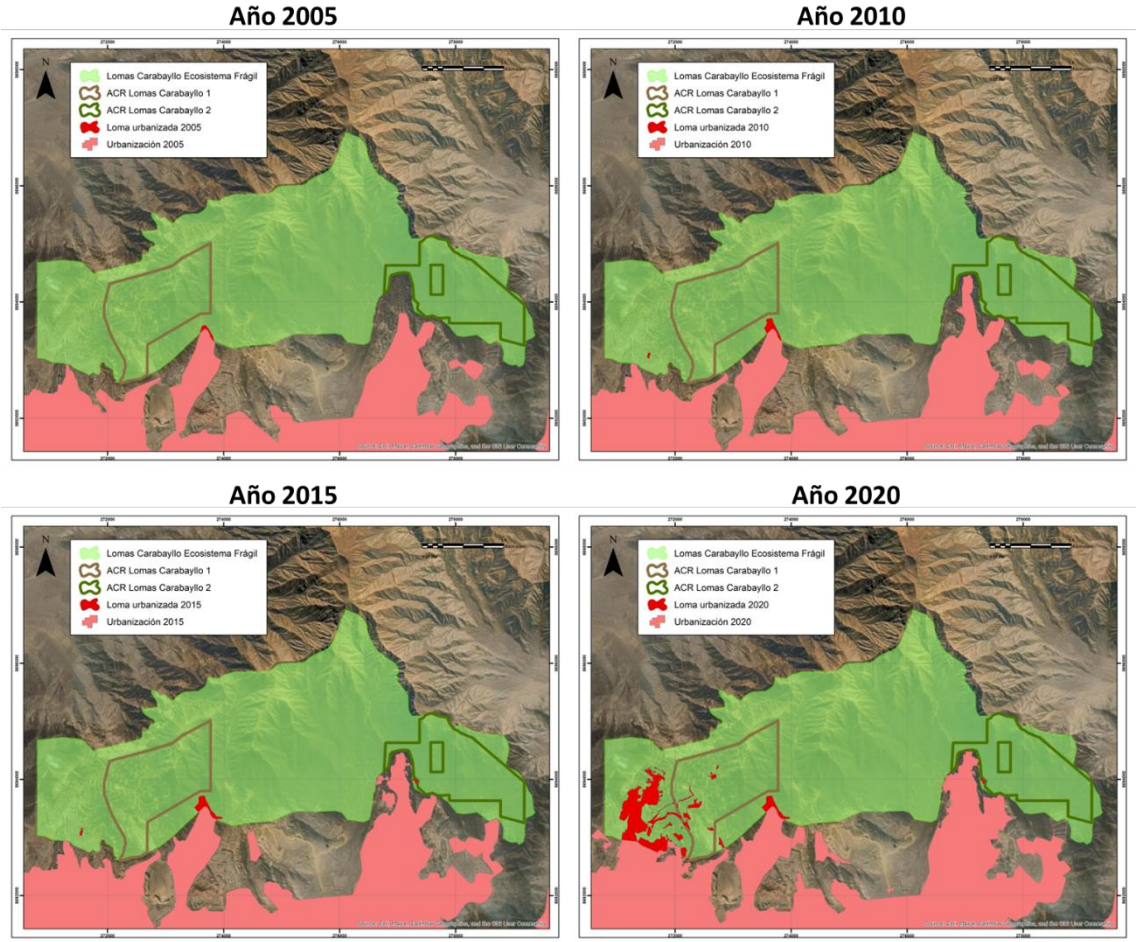


Figura 3 – Lomas de Carabayllo afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. La zona roja corresponde a las zonas urbanas dentro de las lomas y la zona rosada indica las zonas urbanas fuera de las lomas.

El Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac también presentó zonas afectadas por la expansión urbana en todos los años evaluados; desde el 2005 ya tenía una extensa área urbanizada (140.14 ha) que se fue incrementando gradualmente en los siguientes años hasta llegar a 195.83 ha urbanizadas en el año 2020 (Tabla 4). Su tasa de urbanización fue la segunda más alta (3.71 ha/año). En la Figura 4, se observa a las Lomas de Pachacámac afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020, donde se ve que la expansión urbana afectó principalmente a la zona suroeste de las lomas (distritos de Pachacámac y Lurín, provincia de Lima).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

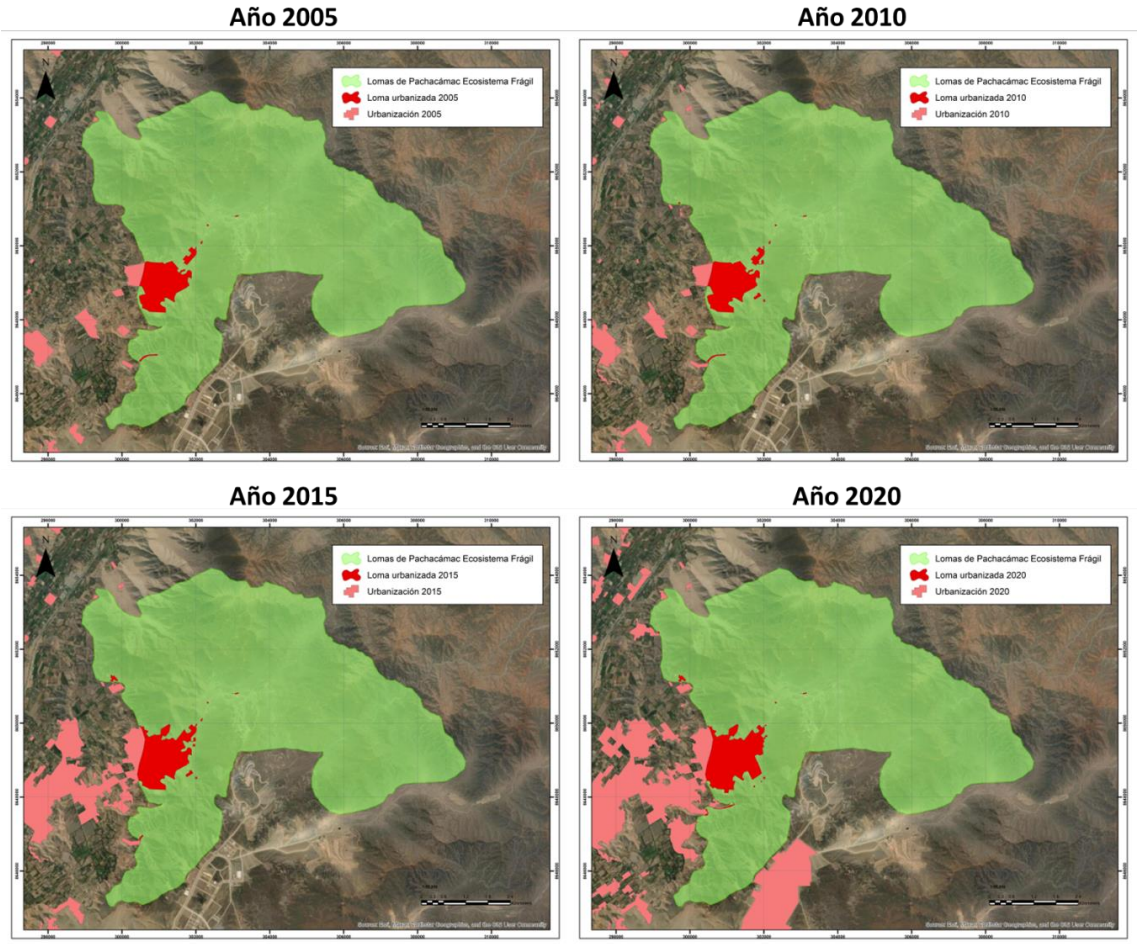


Figura 4 – Lomas de Pachacámac afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. La zona roja corresponde a las zonas urbanas dentro de las lomas y la zona rosada indica las zonas urbanas fuera de las lomas.

Las Lomas de Pamplona presentó áreas afectadas por la expansión urbana a partir del 2010, incrementándose gradualmente en los siguientes años (Tabla 4). El área de lomas urbanizadas pasó de 0 ha en el 2005 a 0.72 ha en el 2020. Su tasa de urbanización fue de 0.05 ha/año. En la Figura 5, se observa a las Lomas de Pamplona afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. Esta expansión urbana afectó principalmente a la zona noreste (distritos de Santiago de Surco y San Juan de Miraflores, provincia de Lima) y sur (distrito de San Juan de Miraflores, provincia de Lima) de las lomas.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

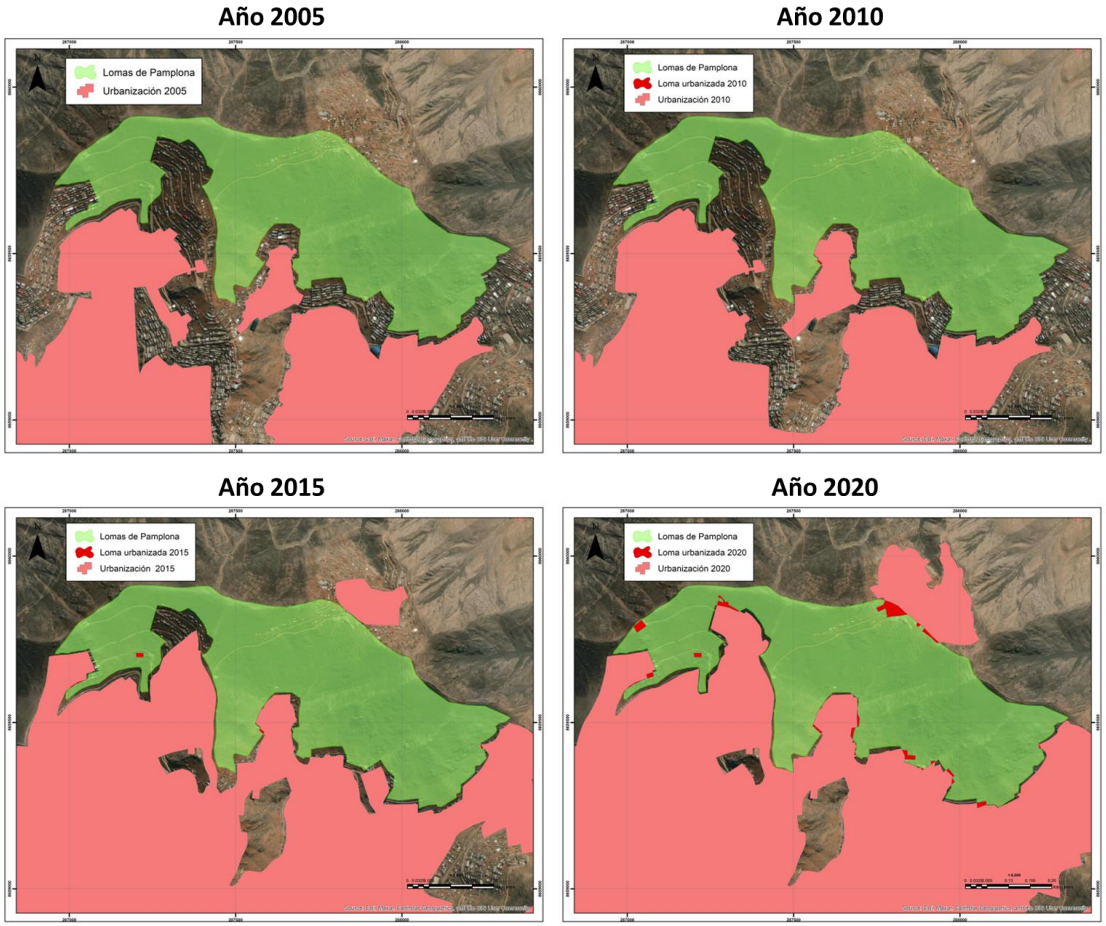


Figura 5 – Lomas de Pamplona afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. La zona roja corresponde a las zonas urbanas dentro de las lomas y la zona rosada indica las zonas urbanas fuera de las lomas.

Las Lomas de Ancón que forman parte del ACR Sistema de Lomas de Lima no presentó áreas afectadas por la expansión urbana en ninguno de los años evaluados, por lo tanto, su tasa de urbanización fue nula (Tabla 4). Sin embargo, la Zona Reservada Lomas de Ancón sí presentó áreas afectadas por la expansión urbana en el 2020 (9.01 ha) y obtuvo una tasa de urbanización de 0.60 ha/año (Tabla 4). En la Figura 6, se observa a las Lomas de Ancón afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. Esta expansión urbana afectó principalmente a la zona noroeste de las lomas (distrito Aucallama, provincia de Huaral).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

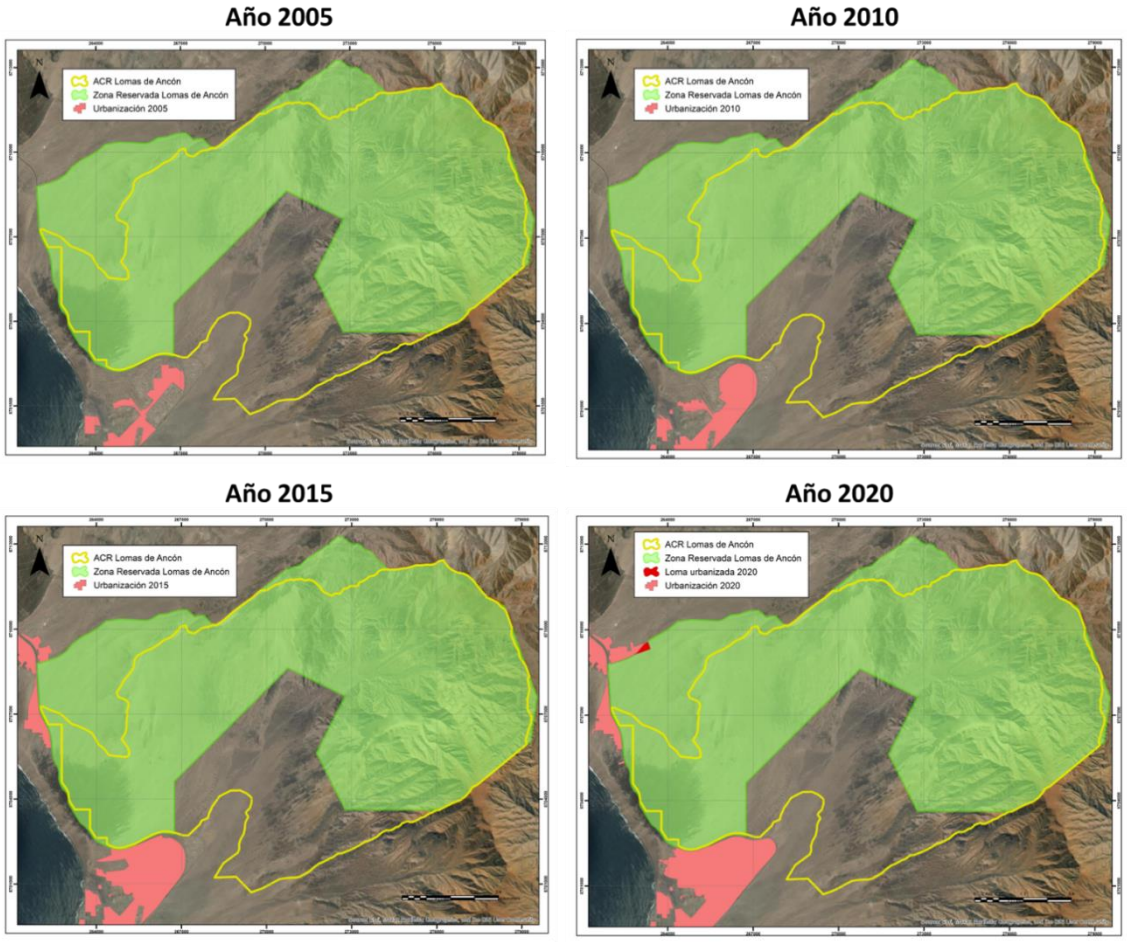


Figura 6 – Lomas de Ancón afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. La zona roja corresponde a las zonas urbanas dentro de las lomas y la zona rosada indica las zonas urbanas fuera de las lomas.

La Reserva Nacional de Lachay presentó tanto incremento como disminución de las áreas afectadas por la expansión urbana. Para el año 2005, contaba con 3.26 ha de lomas urbanizadas, en el 2010 se incrementó a 3.46 ha, sin embargo, en el 2015 se redujo a 0.20 ha, y en el 2020 nuevamente aumentó, alcanzando 1.78 ha de áreas afectadas por la expansión urbana (Tabla 4). Su tasa de urbanización fue negativa (-0.10 ha/año) debido a la disminución de las áreas afectadas por la expansión urbana entre el 2005 y 2020. En la Figura 7, se observa a las lomas de Lachay afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. La expansión urbana se dio principalmente por la presencia de galpones en la zona noroeste de las lomas (distrito Huacho, provincia de Huaura).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

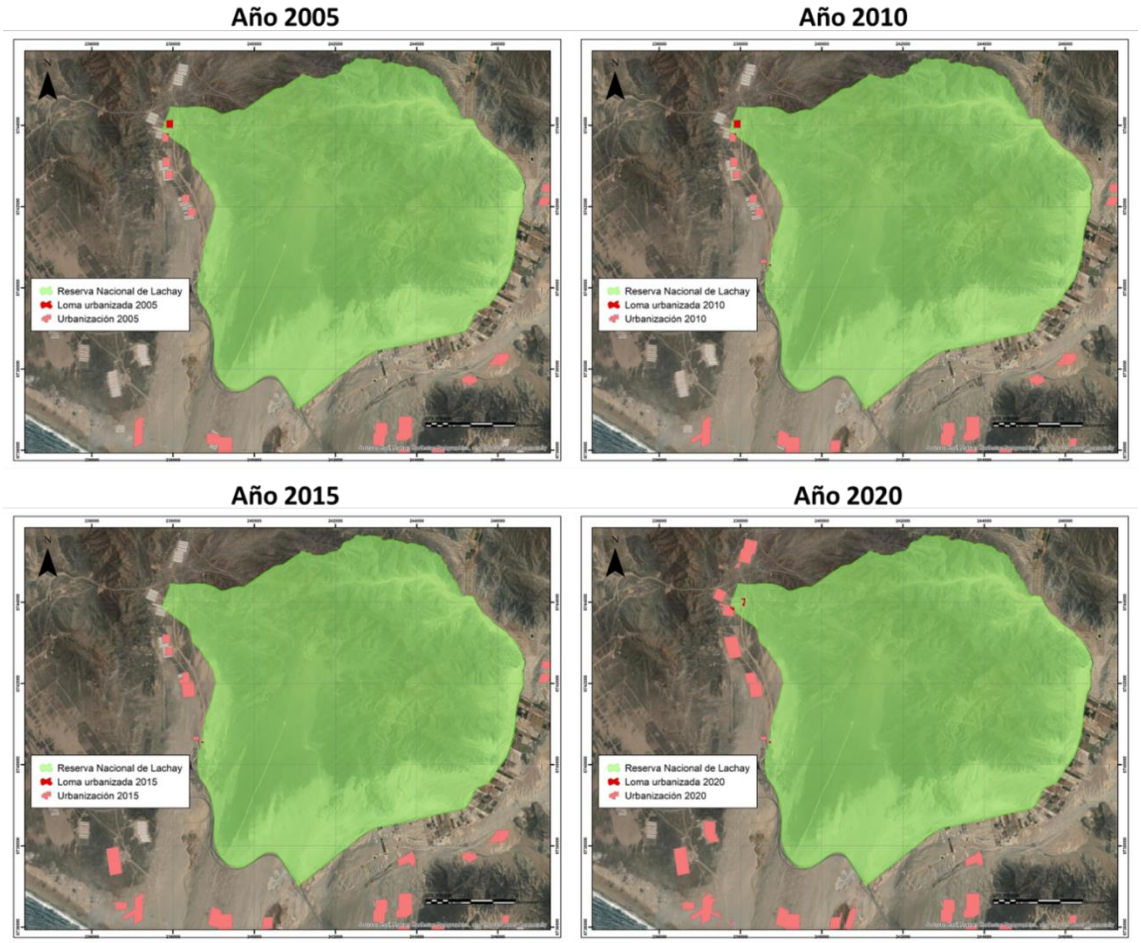
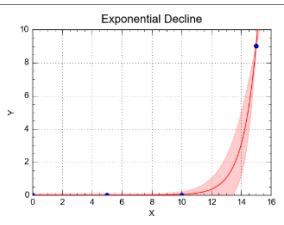


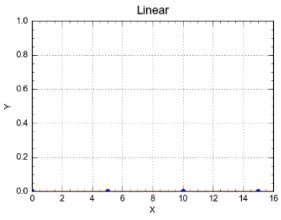
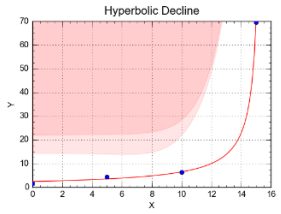
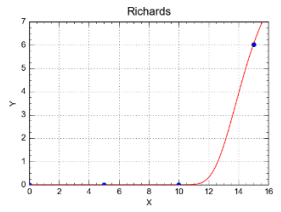
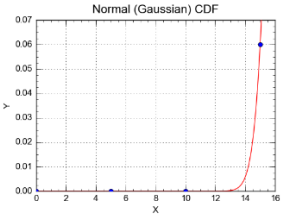
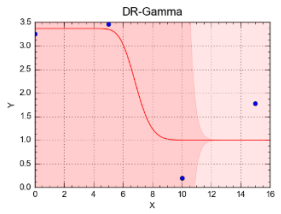
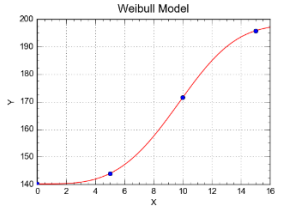
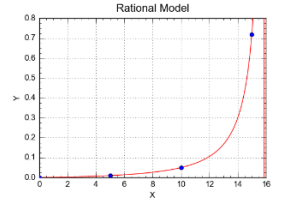
Figura 7 – Lomas de Lachay afectadas por la expansión urbana en los años 2005, 2010, 2015 y 2020. La zona roja corresponde a las zonas urbanas dentro de las lomas y la zona rosada indica las zonas urbanas fuera de las lomas.

En la Tabla 5, se visualizan los modelos que más se ajustan a la expansión urbana de las lomas evaluadas (ver el Material suplementario 1 para más detalle sobre los modelos). Los modelos elegidos fueron los que obtuvieron el R^2 más cercano a 1. A partir de los modelos analizados, se identificó una tendencia creciente para todas las lomas, a excepción de la Reserva Nacional de Lachay (tendencia decreciente) y el ACR Lomas de Ancón (tendencia estable). Si bien es una limitación generar un modelo solo con cuatro datos, los modelos elegidos tienen una precisión buena con un valor alto de R^2 ($R^2 > 0.80$).

Tabla 5– Modelos de la expansión urbana de las lomas evaluadas

Área de estudio		Nombre del modelo	R^2	Tendencia	Gráfico
Lomas de Ancón	Zona Reservada Lomas de Ancón (2010)	Decaimiento Exponencial	0.99	Creciente	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Área de estudio	Nombre del modelo	R^2	Tendencia	Gráfico
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Ancón (2019)	Lineal	1.00	Estable	
Lomas de Carabayllo	Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo (2013)	Decaimiento Hiperbólico	0.99	Creciente	
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 1 (2019)	Richards	0.99	Creciente	
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 2 (2019)	Distribución Normal (Gaussiana) CDF	1.00	Creciente	
Lomas de Lachay	Reserva Nacional de Lachay (1977)	DR-Gamma	0.81	Decreciente	
Lomas de Pachacámac	Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac (2013)	Weibull	1.00	Creciente	
Lomas de Pamplona	Lomas de Pamplona - Proyecto EbA Lomas PNUD (2016-2022)	Racional	1.00	Creciente	

Las lomas que tienen los centros poblados con las mayores tasas de crecimiento poblacional son el ACR Lomas de Carabayllo 1, cuyo centro poblado más cercano es Naranjito con una tasa de crecimiento poblacional de 26.34%, aumentando su población de 11 a 114 habitantes entre 2007 y 2017; seguido por el Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo y el ACR Lomas de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Carabayllo 2, cuyo centro poblado más cercano es Cuchicorral con una tasa de crecimiento poblacional de 9.12%, aumentando su población de 66 a 158 habitantes entre 2007 y 2017. Por otra parte, las lomas que tienen los centros poblados con las menores tasas de crecimiento poblacional son la Zona Reservada Lomas de Ancón y el ACR Lomas de Ancón, cuyo centro poblado más cercano es Gangay con una tasa de crecimiento poblacional negativa de -13.77%, disminuyendo su población de 22 a 5 habitantes entre 2007 y 2017; seguido por el Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac, cuyo centro poblado más cercano es Santa Rosa de Mal Paso con una tasa de crecimiento poblacional negativa de -4.15%, disminuyendo su población de 81 a 53 habitantes entre 2007 y 2017 (Tabla 6).

Tabla 6 – Centros poblados más cercanos a las lomas evaluadas y tasa de crecimiento poblacional

Área de estudio		Centros poblados más cercanos			Tasa de crecimiento poblacional (%)
		Nombre del centro poblado	N° población censada (INEI, 2007)	N° población censada (INEI, 2017)	
Lomas de Ancón	Zona Reservada Lomas de Ancón (2010)	Gangay	22	5	-13.77
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Ancón (2019)	Gangay	22	5	-13.77
Lomas de Carabayllo	Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo (2013)	Cuchicorral	66	158	9.12
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 1 (2019)	Naranjito	11	114	26.34
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 2 (2019)	Cuchicorral	66	158	9.12
Lomas de Lachay	Reserva Nacional de Lachay (1977)	Doña María	24	55	8.65
Lomas de Pachacámac	Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac (2013)	Santa Rosa de Mal Paso	81	53	-4.15
Lomas de Pamplona	Lomas de Pamplona - Proyecto EbA Lomas PNUD (2016-2022)	Villa María del Triunfo	378 470	398 433	0.52

En la Figura 8, se observa un gráfico de dispersión que muestra que no existe correlación entre las tasas de urbanización anual de las lomas y las tasas de crecimiento poblacional del centro poblado más cercano (p> 0.05).

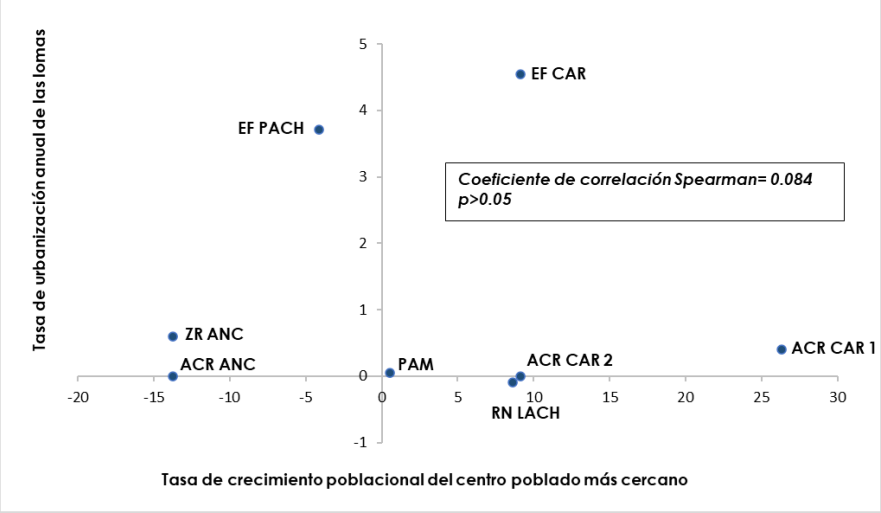


Figura 8 – Gráfico de dispersión de las tasas de crecimiento poblacional del centro poblado más cercano (X) y las tasas de urbanización anual de las lomas (Y). ZR ANC: Zona Reservada Lomas de Ancón; ACR ANC: ACR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Lomas de Ancón; EF PACH: Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac; PAM: Lomas de Pamplona; RN LACH: Reserva Nacional de Lachay; EF CAR: Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo; ACR CAR 1: ACR Lomas de Carabayllo 1; ACR CAR 2: ACR Lomas de Carabayllo 2.

Discusiones

a) Análisis localizado de expansión urbana

En el caso de las Lomas de Carabayllo, se identificó que el Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo presentó áreas afectadas por la expansión urbana en todos los años evaluados (2005, 2010, 2015 y 2020), con una tendencia creciente y exponencial que representó, al año 2020, una extensión de 69.62 ha (4% del tamaño de las lomas). Llama la atención la expansión urbana que tuvo lugar entre los años 2015 y 2020, pasando de 6.26 ha a 69.62 ha, un aumento del 1013% respecto al año 2015; esta tendencia exponencial explica que tenga la tasa de urbanización más alta de las lomas evaluadas (4.54 ha/año). Otro estudio determinó el mismo comportamiento acelerado de expansión urbana en las Lomas de Carabayllo entre los años 2008 y 2017 (Gallardo & Montes, 2021). Las principales causas de la expansión urbana en las Lomas de Carabayllo están relacionadas al tráfico de terrenos, promovido por el cambio de zonificación de uso agrario a uso urbano de las zonas aledañas; y la explotación de canteras (por la presencia de ladrilleras informales) (Alonso & Solórzano, 2021; Cáceres, 2019; Montenegro & Deza, 2019; Ramírez, 2023). Respecto a las Lomas de Carabayllo 1 y Lomas de Carabayllo 2, que forman parte del ACR Sistema de Lomas de Lima, solo se identificó áreas afectadas por la expansión urbana en el año 2020. Esto se puede atribuir a que, durante el desarrollo de la propuesta técnica del ACR Sistema de Lomas de Lima (establecida en 2019), se tomó la decisión de excluir las áreas afectadas por la expansión urbana ubicadas en el distrito de Puente Piedra (zona suroeste del Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo) porque los accesos a la loma en ese distrito se encontraban bloqueados con muros impidiendo el ingreso de personas (Ramírez, 2023). Por lo tanto, los límites de las Lomas de Carabayllo 1 y Lomas de Carabayllo 2, que forman parte del ACR Sistema de Lomas de Lima, no reflejan la expansión urbana antes del 2019.

En lo que respecta a las Lomas de Pachacámac, se identificó que el Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac también presentó áreas afectadas por la expansión urbana en todos los años evaluados (2005, 2010, 2015 y 2020), con una tendencia creciente de expansión urbana que avanzó de 140.14 ha en el año 2005 a 195.83 ha en el año 2020, llegando a afectar el 4% del tamaño de las lomas. Este aumento sostenido de la expansión urbana explica que el Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac tenga la segunda tasa de urbanización más alta de las lomas evaluadas (3.71 ha/año), lo que podría estar vinculado a la comercialización de terrenos cercanos a las lomas por parte del sector inmobiliario, destinados a segundas residencias tipo casa de campo (Sanchez, 2022), promovido por el cambio de zonificación de uso agrario y protección paisajista a uso urbano de las zonas aledañas (Cabrera et al., 2011); la presencia de infraestructuras relacionadas a la actividad agropecuaria (galpones para crianza de aves); y la explotación de canteras debido a que existen 17 concesiones mineras con titulación vigente en las lomas (INGEMMET, 2023).

Las Lomas de Carabayllo y Lomas de Pachacámac tienen en común estar ubicadas en dos de los principales valles de Lima, el valle Chillón y el valle Lurín, respectivamente. Hasta aproximadamente los años 90s, el principal uso de suelo de estos valles era la actividad agrícola (Cabrera et al., 2011; Cáceres, 2019). Sin embargo, en las últimas décadas, estos valles, que cuentan con suelos de elevado valor agrícola y ecológico, han sufrido un continuo proceso de expansión urbana, que ha sido promovido por el estado y los beneficios financieros que conlleva pasar de suelo rural a suelo urbano (Rodríguez, 2010), lo cual ha afectado a ambas lomas a pesar de que cuentan con normativa de protección a nivel local y nacional (Ley General del Ambiente, 2005; Ordenanza Municipal N° 397-2018-MDC, 2018; Ordenanza Municipal Nº 234-2019-

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

MDP/C, 2019; Resolución Ministerial N° 0429-2013-MINAGRI, 2013; Resolución Ministerial N°0398-2013-MINAGRI, 2013). Todo lo anterior evidencia una gestión poco efectiva por parte de las autoridades públicas pertinentes (a nivel local, regional y nacional), que muchas veces no aprovechan la iniciativa e interés que tienen las comunidades locales (Asociación Ecológica Lomas de Primavera Carabayllo y vecinos de Pachacámac) para conservar estos ecosistemas frágiles, lo cual es clave para implementar soluciones a largo plazo.

En cuanto a las Lomas de Pamplona, se detectó que la expansión urbana inició a partir del año 2010, con una tendencia creciente que avanzó de 0.01 ha en el año 2010 a 0.72 ha en el año 2020, llegando a afectar el 2% del tamaño de las lomas. Esta tendencia puede estar relacionada con el crecimiento urbano de Pamplona Alta (zona del distrito de San Juan de Miraflores donde se ubica las Lomas de Pamplona), que tuvo lugar entre los años 2002 y 2019, con una tendencia a ocupar laderas de mayor altitud y pendiente en las zonas norte y este (Rey de Castro, 2019). Es importante destacar que, a pesar de no contar con ninguna normativa de protección hasta la actualidad, su tasa de urbanización es de las más bajas (0.05 ha/año). Esto se puede atribuir a las acciones de protección y monitoreo que viene realizando un colectivo llamado "Lomas de Pamplona", el cual está conformado por pobladores locales que buscan garantizar la sostenibilidad del último espacio natural del distrito de San Juan de Miraflores a través de actividades de educación ambiental, ecoturismo e incidencia política (Abarca, 2020; Salas, 2020). A pesar de ello, estos esfuerzos no son suficientes y es necesario el involucramiento de las autoridades públicas para proteger satisfactoriamente a las Lomas de Pamplona, que son particularmente vulnerables a la expansión urbana al estar dentro del casco urbano de Lima y tener un tamaño de superficie más pequeña (37.97 ha) que las otras lomas evaluadas (>190 ha). Según varios estudios, las principales causas de la expansión urbana en las Lomas de Pamplona pueden estar relacionadas a la expansión de los barrios marginales de las zonas aledañas, como el Valle Escondido ubicado en la zona norte desde el año 2014 y otros barrios marginales del sector Nueva Rinconada, lo cual es promovido por la construcción de vías carrozables (Rey de Castro, 2019); así como el tráfico de tierras, impulsado por traficantes ilegales que movilizan a una parte de la población local para apoderarse de la tierra y posteriormente venderlas a inmigrantes provenientes principalmente del interior del país (Abarca, 2020; Salas, 2020). Es importante mencionar que la expansión urbana en las Lomas de Pamplona ocurre principalmente en tierras de propiedad del gobierno (Ccanre, 2016; Proyecto EbA Lomas, 2019).

Respecto a las Lomas de Ancón, se determinó que el ACR Lomas de Ancón, establecida en el año 2019, son lomas que no han sido afectadas por la expansión urbana a pesar de su gran extensión (12 166.61 ha), pues no presentó áreas afectadas por la expansión urbana en ninguno de los años evaluados, por lo cual su tasa de urbanización fue nula. Por otro lado, la Zona Reservada Lomas de Ancón, establecida en el año 2010, solo presentó áreas afectadas por la expansión urbana en el año 2020, equivalente a 9.01 ha que representa el 0.1% del tamaño de las lomas, reflejando una tasa de urbanización baja de 0.60 ha/año. Lo mencionado puede atribuirse a que el área afectada por la expansión urbana (sector norte de la Zona Reservada Lomas de Ancón) no tiene ninguna normativa de protección desde el año 2019, ya que ese año se declaró la desafectación de la Zona Reservada Lomas de Ancón y se estableció la nueva ACR Lomas de Ancón, la cual no incluyó el sector norte de la Zona Reservada (ubicado en la provincia de Huaral). La baja expansión urbana que presenta las Lomas de Ancón coincide con lo reportado en el informe de gestión de la Zona Reservada Lomas de Ancón (SERNANP, 2020), el cual indica que no hubo pérdida de su superficie en el periodo 2011-2019. No obstante, esto no significa que las Lomas de Ancón no tengan amenazas. Se han reportado ocupaciones ilegales de tierras en la parte noroeste de la Zona Reservada Lomas de Ancón durante los años 2011, 2013, 2014 y 2016, las cuales se han logrado combatir con el apoyo de los guardaparques y la policía local (SERNANP, 2020). Por lo tanto, los factores que podrían estar influyendo en su baja expansión urbana son el establecimiento de normativa de protección, donde se resalta la implementación efectiva de actividades de monitoreo por parte de las autoridades; la lejanía a

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

la ciudad de Lima de a aproximadamente 50 km, muy cercana a la frontera con la provincia de Huaral; no estar ubicado en un valle importante, como en el caso de Lomas de Carabayllo y Pachacámac; y la promoción de la educación ambiental de los visitantes, generalmente locales, a través del turismo de aventura (*sandboarding* y *off road*), con el apoyo de organizaciones locales turísticas y ONGs (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2019; Proyecto EbA Lomas, 2022).

En lo que respecta a las Lomas de Lachay, se identificó que la Reserva Nacional de Lachay, el área natural más antigua de Lima, presentó áreas afectadas por la expansión urbana en todos los años evaluados (2005, 2010, 2015 y 2020) a pesar de ser considerada uno de los ecosistemas de lomas mejor conservados a nivel nacional (Resolución Presidencial N° 071-2019-SERNANP, 2019; SERNANP, 2024). Sin embargo, estas áreas afectadas son reducidas y siguen una tendencia decreciente lo cual se reflejó en una tasa de urbanización negativa. Llama la atención la reducción de la expansión urbana que tuvo lugar entre los años 2010 y 2015, pasando de 3.46 ha a 0.20 ha, una disminución del 94% respecto al año 2010. Es importante notar que la expansión urbana en las Lomas de Lachay no está relacionada al aumento de viviendas o tráfico de terrenos, tal como sí sucede en las demás lomas, sino al crecimiento de la frontera agrícola, promovida por las actividades económicas de las comunidades establecidas en las zonas aledañas (SERNANP, 2013), que puede estar relacionado a la lejanía a la ciudad de Lima, se ubica a 105 km al norte de la ciudad de Lima, en la provincia de Huaura. Se han identificado infraestructuras agroindustriales (galpones para crianza de aves) ubicadas en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional de Lachay, las cuales han llegado a cruzar el límite de la reserva en los años 2005, 2010 y 2020, según se observa en la Figura 7. Estas infraestructuras agroindustriales provocan contaminación y proliferación de vectores (moscas y roedores) en la reserva debido a una inadecuada gestión de los residuos sólidos agropecuarios por parte de los productores, que generalmente no son pobladores locales sino empresarios que han adquirido o mantienen acuerdos de uso de tierras con las comunidades locales (SERNANP, 2013). Otra amenaza importante de destacar, no relacionada a la expansión urbana, es el sobrepastoreo, que provoca la compactación y degradación del suelo, contribuyendo a la deforestación y erosión de las lomas (Alonso & Solórzano, 2021).

b) Expansión urbana: Una visión integral

Resulta relevante mencionar que la expansión urbana no solo afecta a las lomas costeras sino también a otros ecosistemas como humedales (Moschella, 2012; Urbina et al., 2022; Vilela & Moschela, 2017), bosques amazónicos (Moschella, 2023), páramos y matorrales andinos (Arizapana-Almonacid et al., 2024), entre otros. Se estima que, al 2030, la expansión urbana global podría amenazar 290 000 km^2 de hábitats naturales (McDonald et al., 2018). Los principales impactos ambientales de la expansión urbana sobre los ecosistemas incluyen el agotamiento de recursos naturales, la acumulación de residuos y la contaminación al suelo, agua y aire (Rodríguez, 2010). Estos impactos antropogénicos afectan al paisaje resultando, por lo general, en la pérdida y/o fragmentación del hábitat, lo cual impacta directamente en la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (McDonald et al., 2020). Esto es especialmente importante ya que, ecosistemas como las lomas costeras, brindan hábitat a especies amenazadas y endémicas (Gamboa, 2019). La mayoría de los estudios indican que la urbanización reduce la riqueza y abundancia de especies y la disponibilidad de polinizadores, asimismo provoca la propagación de especies invasoras (Ruas et al., 2022; Zipperer et al., 2020). Al 2030, se proyecta que 134 especies en peligro crítico y en peligro de extinción de América se verán afectadas por la expansión urbana (K. Seto et al., 2012). Sin embargo, también se ha reportado el aumento del tamaño de ecosistemas como lagunas y humedales debido a la construcción de represas (Arizapana-Almonacid et al., 2024) y algunas especies muestran evidencia de adaptación a las perturbaciones antropogénicas que hacen a los individuos resilientes al entorno urbano (Ruas et al., 2022). En general, se necesitan más estudios para comprender cómo actúa por separado

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

cada impulsor de cambio urbano en los ecosistemas con el fin de mitigar/abordar los impactos directos e indirectos de la expansión urbana sobre los ecosistemas apropiadamente.

La presente investigación analizó la tasa de crecimiento poblacional de los centros poblados más cercanos a las lomas evaluadas para identificar si el crecimiento poblacional de estos centros poblados es la causa principal de la expansión urbana en las lomas. Los resultados indican que no existe correlación entre la tasa de crecimiento poblacional de los centros poblados y la tasa de urbanización de las lomas (Figura 8). Es decir, la expansión urbana en las lomas evaluadas no está relacionada al crecimiento poblacional de los centros poblados aledaños. De hecho, hay centros poblados que disminuyeron su población en los últimos años. Esto concuerda con la tendencia de la expansión urbana contemporánea que muestra que las tasas de expansión del suelo urbano son superiores a las tasas de crecimiento de la población urbana (Angel et al., 2011; Baeumler et al., 2021; Moschella, 2023; K. C. Seto et al., 2010; Zucchetti & Freundt, 2018), lo que significa que la expansión urbana se está volviendo más horizontal y menos compacta, expandiéndose hacia las periferias. Por lo tanto, la expansión urbana que afecta las lomas puede ser explicada por otros factores como la presencia del tráfico de terrenos, basada no en la necesidad de vivienda, sino en la lógica de acumulación y como un medio de seguro social, que está relacionado con delitos como el sicariato y las extorsiones (Pimentel, 2020; PNUD, 2018a; Proyecto EbA Lomas, 2022; Torres et al., 2021). Esta práctica se lleva a cabo cuando un grupo de individuos sitúan casas prefabricadas en terrenos baldíos o en los límites de asentamientos marginales ya establecidos para venderlos (Ludeña, 2006). El mercado ilegal de tierras es practicado por diversos actores (pobladores de la zona y/o de zonas aledañas, dirigentes, mafias, etc.) y está asociado a la pobreza y desigualdad estructural, las políticas de uso del suelo y de vivienda (constancia de posesión), la especulación del suelo, la economía informal, la corrupción de los funcionarios y la conveniencia política (clientelismo) (Calderón, 2019; Pimentel, 2020; Torres et al., 2021).

Entre los factores relacionados a la conservación de las lomas evaluadas, se resalta el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP), la implementación efectiva de actividades de monitoreo por parte de las autoridades y la educación ambiental de los visitantes a través del turismo con el apoyo de organizaciones locales. Sin embargo, es fundamental reconocer que la creación de áreas protegidas no asegura una protección completa de las lomas, puesto que estas áreas también presentan pérdida y fragmentación, tal como sucede en las Lomas de Carabayllo y Lomas de Pachacámac. De hecho, se estima que, al 2030, la expansión urbana tiene el potencial de degradar el 40% de las reservas naturales estrictas a nivel mundial que se encuentren dentro de un radio de 50 km de un área urbana, si es que esta expansión no se planifica o gestiona adecuadamente (Deutz et al., 2020; McDonald et al., 2018).

Cada loma evaluada es un caso diferente y, por lo tanto, se necesitan soluciones diferentes para mitigar y prevenir la pérdida y la fragmentación de estos ecosistemas. Estas soluciones deben ser innovadoras y contemplar la integración de las políticas de uso del suelo y de vivienda con las políticas ambientales, fiscales y de gestión y gobernanza territorial para alcanzar un desarrollo urbano seguro, inclusivo, resiliente y sostenible, en línea con la Nueva Agenda Urbana y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU-Habitat, 2017). Para ello, la clave es integrar la conservación de ecosistemas con el desarrollo urbano. Un ejemplo, es restaurar o crear infraestructura natural que mejore el bienestar humano (McDonald et al., 2018). Otro ejemplo, es el desarrollo de instrumentos financieros como la captura de valor de la tierra, subsidios ambientales, compensaciones por pérdida de biodiversidad, pagos por servicios ambientales, entre otros. Esto con un enfoque integral y participativo, que pueden permitir una mayor intervención del Estado para regular el mercado de tierras y combatir el tráfico de terrenos, así como conservar los ecosistemas urbanos (McCarthy, 2022; OECD, 2021; ONU-Habitat, 2020). La recaudación obtenida a través de estos instrumentos puede ser utilizada para financiar iniciativas de conservación y/o restauración de los ecosistemas afectados por la expansión urbana. Finalmente, es importante reestructurar o incluso eliminar los incentivos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

perversos (contemplados en la Ley de Promoción del Acceso a la Propiedad Formal y otras normativas que proponen extender los plazos para la titulación de terrenos ocupados por asentamientos informales), que, aunque bien intencionados, pueden tener resultados contraproducentes debido a la complejidad de los sistemas sociales y económicos en los que se implementan que contribuyen al ciclo vicioso de la precariedad de los asentamientos humanos informales y a la degradación de los ecosistemas urbanos (Torres et al., 2021).

Conclusiones

La investigación identificó que el proceso de urbanización que sufren las lomas evaluadas no es homogéneo. A partir de los modelos analizados, se identificó que no todas las lomas costeras experimentaron la misma evolución de expansión urbana en el periodo de estudio, incluso algunas lomas presentaron una tendencia estable (Lomas de Ancón) o decreciente de expansión urbana (Lomas de Lachay). Las lomas más afectadas por la expansión urbana entre 2005-2020 fueron las Lomas de Carabayllo, seguido por las Lomas de Pachacámac y las Lomas de Pamplona. De seguir esta tendencia creciente, la expansión urbana puede causar la pérdida y fragmentación de las lomas, resultando en una importante amenaza para su biodiversidad endémica. Las lomas menos afectadas fueron las Lomas de Lachay y las Lomas de Ancón. En el caso de las Lomas de Lachay, la expansión urbana no está relacionada al aumento de viviendas sino al crecimiento de la frontera agrícola, que es promovida por las actividades económicas de las comunidades establecidas en las zonas aledañas. Asimismo, se identificó que la expansión urbana en las lomas evaluadas no está relacionada al crecimiento poblacional de los centros poblados aledaños.

Cada loma evaluada es un caso diferente y, por lo tanto, la mejor solución debe estar adaptada a su contexto particular. Los hallazgos de este estudio aportan información relevante para la priorización de zonas de vigilancia y control de las lomas evaluadas, y el desarrollo de futuros instrumentos de ordenamiento territorial que integren la conservación y restauración de estos ecosistemas con el desarrollo urbano. La principal limitación del estudio fue la escasa disponibilidad de datos espaciales de alta resolución para las áreas de estudio. Se recomienda que futuros estudios aborden la necesidad de integrar las políticas de uso del suelo y de vivienda con las políticas ambientales, fiscales y de gestión y gobernanza territorial para alcanzar un desarrollo urbano seguro, inclusivo, resiliente y sostenible, en línea con la Nueva Agenda Urbana y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Referencias

Abarca, A. L. F. (2020). *Além do muro: Análise ecopolítica da segregação socioambiental das Lomas de Pamplona, na periferia de Lima, Peru* [Tesis de maestría, Pontifícia Universidade Católica de Goiás]. http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/handle/tede/4521

Alonso, C., & Solórzano, R. (2021). Problemática socioambiental de las lomas costeras de Lima: Una revisión. *Social Innova Sciences*, *2*(2), 18-28. https://doi.org/10.58720/sis.v2i2.50

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Angel, S., Parent, J., Civco, D., & Blei, A. (2011). *Making Room for a Planet of Cities*. Lincoln Institute of Land Policy.

Arizapana-Almonacid, M., Pariona-Antonio, V., Castañeda-Tinco, I., Ascención, J., Gutiérrez, E., & Ramoni-Perazzi, P. (2024). Land cover changes and comparison of current landscape metrics in a region of the Central Andes affected by population migration. *Annals of GIS*. https://doi.org/10.1080/19475683.2024.2304203

Baeumler, A., Wellenstein, A., Das, M., Palmarini, N., D'Aoust, O., Singh, G., Restrepo, P., Goga, S., Terraza, H., Lakovits, C., Gapihan, A., & Wahba, S. (2021). *Demographic Trends and Urbanization*. World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/260581617988607640/Demographic-Trends-and-Urbanization

Cabrera, D. (2016). *Almacenamiento de dióxido de carbono (CO2) en biomasa aérea y necromasa presente en tillandsiales de la Quebrada Inocente—Zona Reservada Lomas de Ancón*. Universidad César Vallejo.

Cabrera, T., García, R., Miyashiro, J., & Pizarro, F. (2011). *La ciudad neoliberal. Nuevas urbanizaciones en Lima Sur* (20; Perú Hoy). desco - Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. www.desco.org.pe/recursos/site/files/CONTENIDO/20/11_Cabrera_y_otros_Perú_Hoy_2011_B_diciembre.pdf

Cáceres, J. (2019). Expansión urbana, mercado inmobiliario y políticas públicas en la cuenca baja del río Chillón. *Investiga Territorios*, *9*, 69-78.

Cairampoma, L., Tello, J. A., & Claßen-Bockhoff, R. (2020). Pollination in the desert-adaptation to bees and birds in Salvia rhombifolia. *International Journal of Plant Sciences*, *181*(8), 857-870. https://doi.org/10.1086/710219

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Calderón, J. (2019). El Estado y la informalidad urbana. Perú en el siglo XXI. *PLURIVERSIDAD*, *3*(3), Article 3. https://doi.org/10.31381/pluriversidad.v3i3.2234

Cano, A., Roque, J., Arakaki, M., Arana, C., La Torre, M., Llerena, N., & Refulio, N. (1999). Diversidad florística de las lomas de lacha y (Lima) durante el evento "el niño 1997-98. *Revista Peruana de Biologia*, *6*(3), 125-132. https://doi.org/10.15381/rpb.v6i3.8438

Ccanre, P. (2016). *La Tierra Prometida. Las invasiones a la zona agropecuaria de Villa El salvador y la Nueva Rinconada en san Juan de Miraflores. Lima, 2000* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4727

Chipana, J. (2013). *Agricultura & minería en una zona ecológica de Lima: Las Lomas de Atocongo (1912-1942)* (1er. edici). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Instituto Ichsma, Fondo Editorial de Lima Sur.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe, & Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú. (2023). *Perú: Migración interna y movilidad cotidiana para trabajar y estudiar entre las ciudades, 2007 y 2017*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1910/Libro.pdf

Decreto Supremo N° 011-2019-MINAM, Diario Oficial El Peruano (2019).

Decreto Supremo Nº 310-77-AG, Pub. L. No. N° 310-77-AG (1977). https://legislacionanp.org.pe/wp-content/uploads/1977/06/Decreto-Supremo-N%C2%B0-310-77-AG.pdf

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Del Castillo, J. (2016). *Estudio de la variación espacio-temporal de la comunidad vegetal de las lomas de Carabayllo (Lima, Perú) durante el 2013 como contribución a su gestión*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Deutz, A., Heal, G., Niu, R., Swanson, E., Townshend, T., Zhu, L., Delmar, A., Meghji, A., Sethi, S., & Tobin-de la Puente, J. (2020). *Financing Nature: Closing the Global Biodiversity Financing Gap*. Paulson Institute, The Nature Conservancy y Cornell Atkinson Center for Sustainability. https://www.paulsoninstitute.org/wp-content/uploads/2020/09/FINANCING-NATURE_Full-Report_Final-Version_091520.pdf

Ferreyra, R. (1993). Registros de la vegetación en la costa peruana en relación con el fenómeno El Niño. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, *22*(1), 259-266.

Gallardo, D., & Montes, R. (2021). *Estimación de la variabilidad espacio temporal de la cobertura vegetal por la expansión urbana en la Loma de Carabayllo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17721/Gallardo_ar.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Gamboa, P. (2019). *Sistema de lomas costeras*.

Garcia, R., Miyashiro, J., Orejón, C., & Pizarro, F. (2014). Crecimiento urbano, cambio climático y ecosistemas frágiles: El caso de las lomas de Villa María del Triunfo en Lima Sur. *Perú Hoy*, 274-297.

Guerrero-Palomino, V. H., Malca-Rodríguez, D., & Aponte, H. (2022). Reservas de carbono en un ecosistema del desierto sudamericano: El caso de las Lomas de Amancaes (Lima, Perú). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Exactas, Físicas y Naturales, *46*(181), Article 181. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1760

INGEMMET. (2023). *GEOCATMIN*. Geological, mining and energy information for Peru and the world. https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm

Ley de Desarrollo Urbano Sostenible, Pub. L. No. 31313 (2021). https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1976352-2

Ley General del Ambiente, Pub. L. No. 28611 (2005). https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N°-28611.pdf

Lleellish, M., Odar, J., & Trinidad, H. (2015). *Guía de Flora de las Lomas de Lima* (M. Lleellish Juscamayta, Ed.).

Ludeña, W. (2006). Ciudad y patrones de asentamiento: Estructura urbana y tipologización para el caso de Lima. *EURE (Santiago)*, *32*(95), 37-59. https://doi.org/10.4067/S0250-71612006000100003

McCarthy, G. (2022). Cómo combatir la especulación sobre el suelo. *Land Lines*, *34*(3), 2-4.

McDonald, R., Colbert, M., Hamann, M., Simkin, R., Walsh, B., Ascensão, F., Barton, M., Crossman, K., Edgecomb, M., Elmqvist, T., Gonzalez, A., Guneralp, B., Haase, D., Hillel, O., Huang, K., Maddox, D., Mansur, A., Paque, J., Pereira, H., … Ziter, C. (2018). *Nature in the Urban Century*. The Nature Conservancy.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/TNC_NatureintheUrbanCentury_FullReport.pdf

McDonald, R., Mansur, A., Ascensão, F., Colbert, M., Crossman, K., Elmqvist, T., Gonzalez, A., Güneralp, B., Haase, D., Hamann, M., Hillel, O., Huang, K., Kahnt, B., Maddox, D., Pacheco, A., Pereira, H., Seto, K., Simkin, R., Walsh, B., … Ziter, C. (2020). Research gaps in knowledge of the impact of urban growth on biodiversity. *Nature Sustainability*, *3*, 16-24. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0436-6

MINAM. (2015). *V Informe nacional sobre la aplicacion del convenio sobre la Diversidad Biológica: Perú (2010-2013)*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12086/v-informe.pdf

Ministerio del Ambiente. (2018). *Definiciones Conceptuales de los Ecosistemas del Perú* [Informe técnico]. Ministerio del Ambiente. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/definciones_ecosistemas_peru.pdf

Ministerio del Ambiente. (2021). *Mapa de Lomas Costeras de Lima Metropolitana* [Map]. https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/LOMAS_LIMA_METROPOLITANA.pdf

Miyashiro, M., & Ortiz, M. (2016). *Estimación mediante la teledetección de la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la expansión urbana y minera (1986-2014)*. Tesis. https://hdl.handle.net/20.500.12672/5281

Miyasiro, M., & Ortiz, M. (2016). Estimación mediante la teledetección de la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

expansión urbana y minera (1986-2014). En *Repositorio de Tesis—UNMSM*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

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

Montenegro, M., & Deza, J. (2019). *Campo santo Lomas de Carabayllo* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2592/Monografia%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Montoya, H. T., Gómez, J. C., Mariano, M. A., Jara, E. P., Mayta, E. H., & Benavente, M. P. (2017). Diversidad fenotípica de la cianobacteria Pseudophormidium tenue (Oscillatoriales, Microcoleaceae), nuevo reporte para el Perú. *Arnaldoa*, *24*(1), 369-382. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24119

Moschella, P. (2012). *Variación y Protección de Humedales Costeros frente a Procesos de Urbanización: Casos Ventanilla y Puerto Viejo* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4527/MOSCHELLA_MILOSLAVICH_PAOLA_VARIACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moschella, P. (2023). Pérdida de bosques amazónicos por expansión urbana en el Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, *12*. https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202302.A007

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Municipalidad Metropolitana de Lima. (2019). *Expediente Técnico: Propuesta de Área de Conservación Regional "Sistema de Lomas de Lima"* [Informe técnico]. Municipalidad Metropolitana de Lima (MML). https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/769c1ec8d2e51e68.pdf

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

Novales, A. (2010). Análisis de Regresión. *Universidad Complutense de Madrid*, *116*. https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-13-Analisis%20de%20Regresion.pdf

OECD. (2021). *Tracking Economic Instruments and Finance for Biodiversity 2021*. https://www.oecd.org/environment/resources/biodiversity/tracking-economic-instruments-and-finance-for-biodiversity-2021.pdf

Ohga, N. (1992). Buried seed population in the herbaceous lomas on Loma Ancon in the coastal desert of central Peru. *Ecological Research*, *7*(3), 341-353. https://doi.org/10.1007/BF02347101

ONU-Habitat. (2017). *La Nueva Agenda Urbana*. https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf

ONU-Habitat. (2020). *La Nueva Agenda Urbana ilustrada* (Centro Urbano). https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Nueva-Agenda-Urbana-Ilustrada.pdf

Ordenanza Municipal N° 397-2018-MDC, Pub. L. No. 397-2018- MDC (2018). http://www.municarabayllo.gob.pe:8088/data_files/om_397-2018.pdf

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Ordenanza Municipal Nº 234-2019-MDP/C, Pub. L. No. 234-2019- MDP/C (2019). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2485808/Ordenanza%20Municipal%20N%C2%BA%20234-2019-MDP/C.pdf?v=1637608362

Padilla, D. A. (2018). *Estudio de la variación espacio temporal de la comunidad vegetal de las Lomas de Mangomarca durante el 2013 como contribución a su gestión*. Universidad Agraria La Molina.

Pimentel, N. (2020). ¿Tomar lotes para vivir o para vender? Tráfico de tierras y práctica clientelar en la periferia urbana. *Revista de Sociología*, *31*, Article 31. https://doi.org/10.15381/rsoc.v0i31.19279

PNUD. (2018a). *Proteger a quienes defienden las lomas*. PNUD Perú. https://pnudperu.exposure.co/proteger-a-quienes-defienden-las-lomas

PNUD. (2018b). *Retos y oportunidades en la conservación de las lomas de Lima Metropolitana*. https://www.undp.org/content/dam/peru/docs/Publicaciones medio ambiente/Brochure_24PP_FINAL.pdf

Proyecto EbA Lomas. (2019). *Lomas de Pamplona: Informe técnico* (p. 38). https://drive.google.com/file/d/1gu4noq7zaTtvD1duTA7UB6RAW2imJaRO/view?usp=sharing

Proyecto EbA Lomas. (2022). *Detrás de la neblina: Lecciones aprendidas en las lomas de Lima* [Informe técnico]. PNUD/SERNANP. https://www.undp.org/es/peru/publicaciones/detras-de-la-neblina

Proyecto EbA Lomas, PNUD, & SERNANP. (2021). *GEOLOMAS*. https://geolomera.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=485e6988822b486e8a35bbf5d2df33f4

Ramírez, I. (2023). *Establecimiento del Área de Conservación Regional ACR Sistema de Lomas de Lima (Ancón, Carabayllo, Amancaes y Villa María)* [Tesis de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5773/ramirez-valverde-isabel-patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Resolución Ministerial N° 189-2010-MINAM, Pub. L. No. 189-2010- MINAM (2010). https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/rm_189-2010-minam.pdf

Resolución Ministerial N° 0429-2013-MINAGRI (2013). https://www.midagri.gob.pe/portal/resoluciones-ministeriales/rm-2013/9878-resolucion-ministerial-n-0429-2013-minagri

Resolución Ministerial N°0398-2013-MINAGRI (2013). https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2017/06/3-RM-N°-0398-2013-MINAGRI-EF-Loma-Pachacamac.pdf

Resolución Presidencial N° 071-2019-SERNANP, Pub. L. No. N° 071-2019 (2019). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/505806/-139189310732149955620200203-11250-1x9iruk.pdf?v=1676996412

Rey de Castro, C. (2019). Lomas y ocupación informal: Características del proceso que afectan la conectividad de las lomas de Pamplona. *Investiga Territorios*, *9*, 23-34.

Rodríguez, E. L. (2010). Reflexiones medioambientales de la expansión urbana. *Cuadernos Geográficos*, *46*, 293-313.

Ruas, R., Santana, L., & Bered, F. (2022). Urbanization driving changes in plant species and communities – A global view. *Global Ecology and Conservation*, *38*. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02243

Ruiz, J., Junes, K., & Pérez, J. (2017). Ámbito de Hogar de la lagartija de las lomas Microlophus tigris (Sauria: Tropiduridae) en las Lomas de Carabayllo, Lima—

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Perú. *Revista Peruana de Biologia*, *24*(4), 357-362. https://doi.org/10.15381/rpb.v24i4.14070

Rundel, P., Dillon, M., Palma, B., Mooney, H., Gulmon, S., & Ehleringer, J. (1991). The Phytogeography and Ecology of the Coastal Atacama and Peruvian Deserts. *Aliso*, *13*(1), 1-49.

Salas, E. (2020). *Let's save the lomas! Exploring the barriers and opportunities for the collective action at Lomas de Pamplona in Lima, Peru* [Tesis de maestría, Lund University Centre for Sustainability Studies (LUCSUS)]. http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9031544

Sanchez, Z. (2022). Impulsores de cambio de uso de suelo en ecosistemas de lomas: El caso de las Lomas del Sur de Lima. *South Sustainability*, *3*(2), e066. https://doi.org/10.21142/SS-0302-2022-e066

Santos, T., Freire, S., Tenedório, J. a., Fonseca, A., Afonso, N., Navarro, A., & Soares, F. (2011). The GeoSat Project: Using Remote Sensing to Keep Pace with Urban Dynamics. *IEE Earthzine*, 1-9.

SERFOR. (2017a). *Lista de fauna—Lomas costeras reconocidas*. https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/Lista-de-Fauna-Lomas-Costeras-reconocidas-Ver-31-07-2017.pdf

SERFOR. (2017b). *Lista de flora—Lomas costeras reconocidas*. https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2017/09/Lista-de-Flora-Lomas-Costeras-reconocidas-Ver-31-07-2017.pdf

SERFOR. (2024). *Geoportal de la infraestructura de datos espaciales del SERFOR - GEOSERFOR*. https://geo.serfor.gob.pe/visor/

SERNANP. (2013). *Diagnóstico del Plan Maestro 2013-2018. Reserva Nacional de Lachay* [Informe técnico]. Ministerio del Ambiente del Perú.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

https://sis.sernanp.gob.pe/biblioteca/descargarPublicacionAdjunto.action?strIdInterno=344552168074032448909819187042789248 74

SERNANP. (2020). *Informe de gestión 2010-2019 de la Zona Reservada Lomas de Ancón* [Informe técnico]. SERNANP. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-lima/archivos/public/docs/informe_gestion_2010-2019zr_l_ancon_17.02.20.pdf

SERNANP. (2024). *Listado oficial de las Áreas Naturales Protegidas*. SERNANP. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2622831/2560580-listado-oficial-anp-18-01-2024.pdf?v=1705615399

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (2013). *Informe de Evaluación del Estado de Conservación de Loma Carabayllo*.

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). (2020). *Informe de gestión 2010-2019 de la Zona Reservada Lomas de Ancón*.

Seto, K. C., Sánchez-Rodríguez, R., & Fragkias, M. (2010). The New Geography of Contemporary Urbanization and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*, *35*, 167-194. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125336

Seto, K., Güneralp, B., & Hutyra, L. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, *109*(40), 16083-16088. https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109

Soria, C., & Romo, P. (2018). Rompiendo lo frágil. La experiencia del crecimiento urbano en las Lomas De Amancaes. *THĒMIS-Revista de Derecho*, *74*, 163-177. https://doi.org/10.18800/themis.201802.015

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Torres, D., Perleche, D., & Aiquipa, A. (2021). *La producción del espacio urbano en Lima Metropolitana y el Callao. Entre las informalidades y la regulación (1961-2020)* (1era ed.). Urbes Lab. https://www.urbeslab.com/wp-content/uploads/2021/08/Libro.pdf

Torres-Degró, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial. *CIDE digital*, *2*(1), 143-162.

Urbina, D., Rivera-Cáceda, F., & Aponte, H. (2022). ¿Se están reduciendo los humedales de la costa del Pacífico suramericano? El caso de los humedales de Lima. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *46*(181), 985-998. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1699

Valdivia, J. (1997). *Meteorología General* (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ed.).

Vilela, M., & Moschela, P. (2017). Paisaje y expansión urbana sobre espacios naturales en ciudades intermedias. El caso de Purrumpampa en Huamachuco, La Libertad, Perú. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, *46*(3). https://doi.org/10.4000/bifea.9003

Zipperer, W. C., Northrop, R., & Andreu, M. (2020). Urban Development and Environmental Degradation. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.97

Zucchetti, A., & Freundt, D. (2018). *Ciudades Del Perú. Primer Reporte Nacional de Indicadores Urbanos 2018*. PERIFERIA/WWF Perú. https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/ciudades_sostenibles_1.pdf

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Material suplementario

Material suplementario 1 – Modelos de la expansión urbana de las lomas evaluadas

Área de estudio		Nombre del modelo	Tendencia	Fórmula	Valor de constantes	Criterio de información de Akaike (AIC)	Coeficiente de determinación (R^2)	Error estándar	DOF
Lomas de Ancón	Zona Reservada Lomas de Ancón (2010)	Decaimiento Exponencial	Creciente	y=q0*e^(-x/a)	q0=8.426*10^(-7) , a=-0.926827	-27.011	0.99	0.029	2
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Ancón (2019)	Lineal	Estable	y= a+b*x	a=0 , b=0	1.00 E+10	1.00	0.000	2
Lomas de Carabayllo	Ecosistema Frágil Lomas de Carabayllo (2013)	Decaimiento Hiperbólico	Creciente	y=q0*(1+b*x/a)^(-1/a)	q0=2.39041 , a=-1.620*10 , b=1.0486	12.093	0.99	1.227	1
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 1 (2019)	Richards	Creciente	y= a/(1+e^(b-c*x))^(1/d)	a=9.427 , b=4.7130 , c=6.8288^(-10) , d=8.887^(-10^3)	-83.889	0.99	0.000	0
	ACR Sistema de Lomas de Lima - Lomas de Carabayllo 2 (2019)	Distribución Normal (Gaussiana) CDF	Creciente	y=0.5*(1+erf*((x-μ)/(σ*√2)))	μ=1.6598*10 , σ=1.0280	-188.738	1.00	4.868	2

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Área de estudio		Nombre del modelo	Tendencia	Fórmula	Valor de constantes	Criterio de información de Akaike (AIC)	Coeficiente de determinación (R^2)	Error estándar	DOF
Lomas de Lachay	Reserva Nacional de Lachay (1977)	DR-Gamma	Decreciente	y= γ+(1-γ) (a,β*x)	γ=3.3678 , a=6.5945*10 , β=9.551	11.424	0.81	1.129	1
Lomas de Pachacámac	Ecosistema Frágil Lomas de Pachacámac (2013)	Weibull	Creciente	y= a-b*e^((-c*x)^(d))	a=1.980*10^2 , b=5.790*10 , c=2.331*10^4 , d 3.525	-246.306	1.00	0.000	0
Lomas de Pamplona	Lomas de Pamplona - Proyecto EbA Lomas PNUD (2016-2022)	Racional	Creciente	y= (a+b*x)/(1+c*x+d*x^2)	a= 3.6606*10^(-29) , b= 1.0859*10^(-3) , c=-1.0452*10^(-1) , d=2.624*10^(-3)	-263.929	1.00	0.000	0

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Constancia N° 012-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2022

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado** (reunión ordinaria de 15 de febrero de 2022).

Código de registro:	**347-2021-PRE11**
Título:	**Estimación del grado de urbanización en cinco lomas de Lima: análisis y modelamiento del periodo 2000-2020 mediante técnicas de teledetección**
Investigador(a):	**Alexandra Mendoza Davila**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 14 de agosto del 2023**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 15 de febrero de 2022

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR - UCSUR - Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad

Méd. Vet. Milena Paola Montenegro Veja
Presidenta (e)
Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 057-2022-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima, 30 de marzo del 2022

VISTO:
El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: ***Estimación del grado de urbanización en cinco lomas de Lima: análisis y modelamiento del periodo 2000-2020 mediante técnicas de teledetección***, presentado por:

- **Alexandra Mendoza Davila**

CONSIDERANDO:
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:
Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: ***Estimación del grado de urbanización en cinco lomas de Lima: análisis y modelamiento del periodo 2000-2020 mediante técnicas de teledetección*** y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Héctor Alonso Aponte Ubillús** como asesor(a) para el desarrollo de la tesis en cuestión.

Regístrese, comuníquese y archívese,

Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Anexo 3. Evidencia del envío a revista científica



25/8/24, 23:50 ScholarOne Manuscripts

ScholarOne Manuscripts™ | Alexandra Mendoza | Español (ES) | Instrucciones y formularios | Ayuda | Cerrar sesión

SciELO urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana

Inicio | Autor

Panel de Autor / Confirmación de envío

Confirmación de envío

Impresión

Gracias por su envío

Enviado a	urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana
ID del manuscrito	URBE-2024-0209
Título	ESTIMACIÓN DEL GRADO DE URBANIZACIÓN EN CINCO ECOSISTEMAS DE LOMAS DE LIMA: ANÁLISIS DEL PERIODO 2005-2020 MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
Autores	Mendoza, Alexandra Aponte, Héctor
Fecha de envío	26-ago-2024

https://mc04.manuscriptcentral.com/urbe-scielo 1/2

[versión en español]

Estimado(a) Srta.(a) Alexandra Mendoza,

Su articulo titulado "ESTIMACIÓN DEL GRADO DE URBANIZACIÓN EN CINCO ECOSISTEMAS DE LOMAS DE LIMA: ANÁLISIS DEL PERIODO 2005-2020 MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA" ha sido enviado con éxito a la revista urbe.
Su código de manuscrito es URBE-2024-0209.

Le pedimos amablemente que mencione el código anterior en la correspondencia futura.
Si alguno de sus contactos cambia, acceda al sitio web https://mc04.manuscriptcentral.com/urbe-scielo y actualice sus datos de registro. También puede verificar el estado de su artículo en cualquier momento accediendo al "Author Center" después de ingresar al sistema.

Apreciamos el interés en publicar en la revista urbe.

Atentamente,

Editores / Editors

---

urbe - ISSN 2175-3369 / www.scielo.br/urbe
Revista Brasileira de Gestão Urbana - Brazilian Journal of Urban Management
Pós-graduação em Gestão Urbana - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)
Av. Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho, Bloco 2, 2o Andar
CEP 80215901, Curitiba - PR - Brasil / Tel.: +55 41 3271-2623

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis