

PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE LETRAS Y CIENCIAS HUMANAS



Conservación del puma andino (*Puma concolor*) a través de una propuesta de corredor ecológico frente a la fragmentación de su hábitat en el distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque

Tesis para obtener el título profesional de Licenciada en Geografía y Medio Ambiente que presenta:

MILAGROS CAROLINA MENDOZA ACOSTA

Asesora:

MG. MARIA ALEJANDRA CUENTAS ROMERO

Lima, 2023



PUCP

Facultad de Letras
y Ciencias Humanas

Informe de Similitud

Yo, MARIA ALEJANDRA CUENTAS ROMERO, docente de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado:

Conservación del puma andino (*Puma concolor*) a través de una propuesta de corredor ecológico frente a la fragmentación de su hábitat en el distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque,

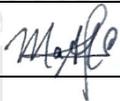
del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as)

Milagros Carolina Mendoza Acosta,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 27%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 19/11/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Grafenau, Alemania, 19/11/2023

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>CUENTAS ROMERO, MARIA ALEJANDRA</u>	
DNI: 46429620	Firma 
ORCID: 0000-0002-5601-9910	

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco y dedico mi tesis a mi familia por siempre impulsarme a acabar este proyecto y a dar el gran paso de sustentarla. Especialmente a mis padres, Marisol Acosta Delgado y José Mendoza Salazar, a mi hermano, José Mendoza, a mi sobrina, Adriana Mendoza y a mi tío Juan Mendoza. A mis abuelos paternos, Sara y Mario, que me guían en cada paso, aunque ya no estén físicamente conmigo. A mi gata Peluza, que me acompaña en las amanecidas de redacción. También a mi familia materna en Lambayeque, que me ha enseñado tanto sobre su territorio. Hermelinda, Lorena, Fabricio, Yolanda, Jaime y Maritza, muchas gracias.

En segundo lugar, agradezco muchísimo el apoyo y guía de mi asesora, María Alejandra Cuentas Romero, por compartir el mismo gusto por la zona norte de nuestro país y la ecología. Gracias por motivarme siempre a dar este paso y a seguir nuevos caminos académicos. De igual manera, agradezco a mis jurados de tesis, Ana Sabogal y Ricardo Bohl, por sus constantes observaciones que me ayudaron a mejorar este proyecto.

Por último, agradezco a mis compañeros y amigos de la carrera. Especialmente a Karla, Eurídice y Joseph por hacer menos difícil este proceso con su compañía, bromas e impulso.

RESUMEN

El puma andino (*Puma concolor*) posee funciones ecológicas muy importantes en los ecosistemas en que habita como mantener el equilibrio ecológico y ser especie paraguas. Aun así, se encuentra en estados de conservación negativos a distintas escalas geográficas en el país. En el norte peruano, se debe a la deforestación y la expansión de la frontera agrícola, que han originado cambios en el uso del suelo. Este estudio abarca el distrito de Olmos, Lambayeque, con el objetivo de identificar las áreas con mayor aptitud de hábitat para la distribución de *Puma concolor* y modelar un corredor ecológico para su conservación. La importancia del tema recae en los efectos de las dinámicas humanas en el hábitat de la especie y, con ello, analizar qué medidas de conservación se pueden proponer para lograr el desarrollo sostenible de ambas partes y mejorar su interacción. Los resultados se obtienen mediante teledetección (clasificaciones supervisadas) entre 2016 hasta el 2022, superposición de variables y modelamiento con CorridorDesigner. Estos se analizan mediante tres bases teóricas: ecología del paisaje, biología de la conservación y la ecología de *Puma concolor*. En síntesis, hay reducción de la cobertura vegetal natural y aumento de la agricultura, que suele introducirse en el bosque seco, fragmentándolo. Los cambios de uso de suelo y la menor disponibilidad de cobertura natural terminan por situar a la especie en áreas críticas. Por ende, el objetivo final es modelar un corredor ecológico para conservar a *Puma concolor*, en el que se identifica su ruta de menor coste y tres puntos críticos.

Palabras clave: *Puma concolor*, ecología del paisaje, cobertura de suelo, agricultura, deforestación

ABSTRACT

The Andean puma (*Puma concolor*) has very important ecological functions in the ecosystems in which it lives, such as maintaining the ecological balance and being an umbrella species. Even so, it is in a negative state of conservation at different geographic scales in the country. In northern Peru, this is due to deforestation and the expansion of the agricultural frontier, which have caused changes in land use. This study covers the district of Olmos, Lambayeque, with the objective of identifying the areas with the greatest habitat suitability for the distribution of *Puma concolor* and modeling an ecological corridor for its conservation. The importance of the subject lies in the effects of human dynamics on the habitat of the species and, with this, to analyze what conservation measures can be proposed to achieve sustainable development of both parties and improve their interaction. The results are obtained by remote sensing (supervised classifications) between 2016 and 2022, superimposition of variables and modeling with CorridorDesigner. These are analyzed using three theoretical bases: landscape ecology, conservation biology and the ecology of *Puma concolor*. In summary, there is a reduction in natural vegetation cover and an increase in agriculture, which tends to be introduced into the dry forest, fragmenting it. Changes in land use and the reduced availability of natural cover end up placing the species in critical areas. Therefore, the final objective is to model an ecological corridor to conserve *Puma concolor*, identifying its cost distance and three critical points.

Key words: *Puma concolor*, landscape ecology, land cover, agriculture, deforestation

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE MAPAS	ix
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.1. Contexto y problemática	5
1.2. Justificación	10
1.3. Preguntas de investigación	11
1.4. Hipótesis	11
1.5. Objetivos	12
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	13
2.1. Ecología del paisaje	13
2.2. Biología de la conservación	19
2.3. Ecología del puma andino (<i>Puma concolor</i>)	23
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	28
3.1. Técnicas de Teledetección	29
3.1.1. Análisis multitemporal de coberturas de suelo. Clasificación supervisada	29
3.2. Análisis espacial	32
3.2.1. Superposición de capas	32
3.2.2. Superposición ponderada	33
3.2.3. CorridorDesigner	38
CAPÍTULO 4: ÁREA DE ESTUDIO	41
4.1. Localización geográfica	41
4.2. Descripción del medio físico	42
4.3. Descripción del medio humano	44
4.4. Descripción del medio ecológico	50
CAPÍTULO 5: RESULTADOS	53
5.1. Análisis multitemporal	53

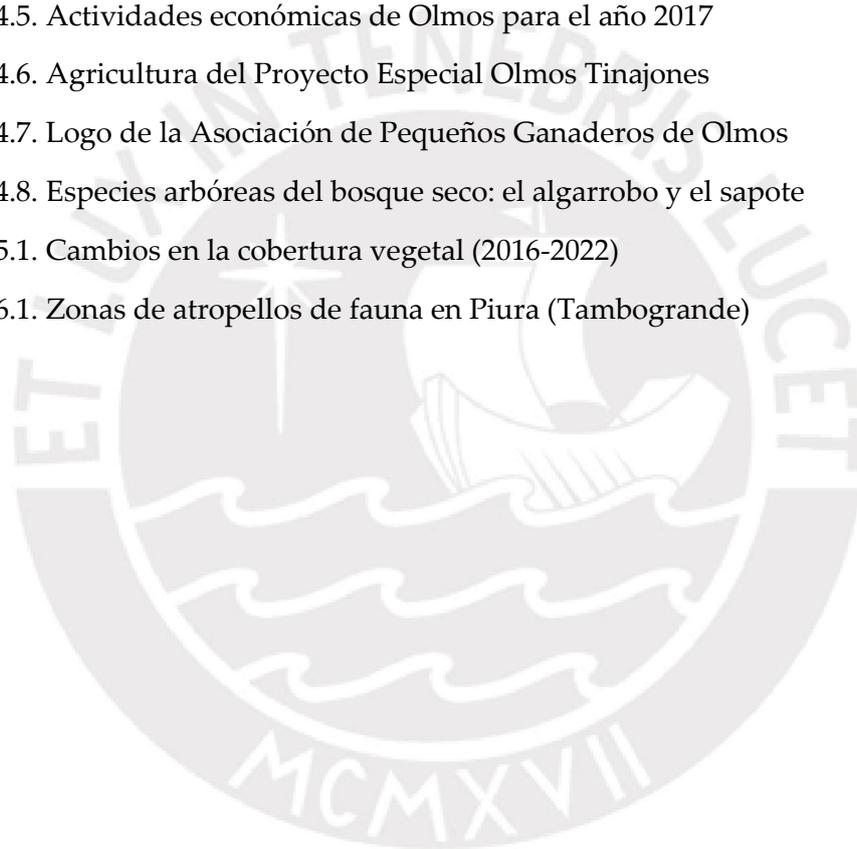
5.1.1. Cambios en las coberturas de suelo: Clasificación supervisada	54
5.1.2. Área y tasas de variación de las coberturas de suelo	57
5.2. Presencia de elementos humanos, físicos y ecológicos en Olmos	59
5.2.1. Superposición de variables humanas	60
5.2.2. Aptitud de hábitat en el norte de Olmos	62
5.3. Propuesta de conservación: corredor ecológico para el puma andino (<i>Puma concolor</i>)	64
CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN	71
6.1. Evolución de la cobertura vegetal en Olmos y expansión de las actividades económicas	71
6.2. Análisis de fragmentación: profundizando en los elementos antropogénicos en el área idónea para la distribución del puma andino (<i>Puma concolor</i>) en el norte de Olmos	77
6.2.1. Análisis de los puntos críticos	80
CAPÍTULO 7: CORREDOR ECOLÓGICO: ANÁLISIS DE CONECTIVIDAD Y PROPUESTA DE CONSERVACIÓN	84
7.1. Otras medidas de conservación para el puma andino (<i>Puma concolor</i>)	89
7.1.1. Red de conectividad	89
7.1.2. Plan de conservación del puma andino (<i>Puma concolor</i>)	89
7.2. Síntesis de la investigación	91
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Estado de conservación del puma andino (<i>Puma concolor</i>) a distintas escalas	6
Tabla 3.1. Técnicas y métodos de investigación	28
Tabla 3.2. Datos de entrada para la clasificación supervisada	30
Tabla 3.3. Bandas de Sentinel-2	31
Tabla 3.4. Clases obtenidas con la clasificación supervisada	32
Tabla 3.5. Insumos de la superposición de capas	33
Tabla 3.6. Importancia (peso en %) de las variables humanas, físicas y ecológicas para la configuración de la aptitud del hábitat del puma andino (<i>Puma concolor</i>)	36
Tabla 3.7. Importancia (peso en %) de las clasificaciones de las variables humanas, físicas y ecológicas para la configuración de la aptitud del hábitat del puma andino (<i>Puma concolor</i>)	37
Tabla 3.8. Coordenadas de los puntos de avistamiento de las especies	38
Tabla 3.9. Datos de entrada para el modelamiento del corredor ecológico	40
Tabla 4.1. Zonas ecológicas de vida del desierto en el área de estudio	50
Tabla 4.2. Zonas ecológicas de vida del matorral y monte espinoso en el área de estudio	51
Tabla 5.1. Cambios en la cobertura vegetal con base en los resultados de las clasificaciones supervisadas para cada año de estudio	58
Tabla 5.2. Distribución de especies presas en ecosistemas y distritos de Lambayeque	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Puma andino (<i>Puma concolor</i>) en el bosque seco	24
Figura 2.2. Distribución del puma andino (<i>Puma concolor</i>) en el Perú	26
Figura 4.1. Perfil topográfico de oeste a este, del litoral al área premontana	43
Figura 4.2. Perfil topográfico en el este, área premontana	43
Figura 4.3. Climograma del distrito de Olmos	44
Figura 4.4. Pirámide poblacional de Olmos para el año 2017	45
Figura 4.5. Actividades económicas de Olmos para el año 2017	46
Figura 4.6. Agricultura del Proyecto Especial Olmos Tinajones	47
Figura 4.7. Logo de la Asociación de Pequeños Ganaderos de Olmos	48
Figura 4.8. Especies arbóreas del bosque seco: el algarrobo y el sapote	52
Figura 5.1. Cambios en la cobertura vegetal (2016-2022)	58
Figura 6.1. Zonas de atropellos de fauna en Piura (Tambogrande)	82



ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 3.1. Variables humanas, físicas y ecológicas (en formato ráster) en el norte de Olmos	34
Mapa 4.1. Mapa de ubicación del distrito de Olmos	41
Mapa 5.1. Clasificaciones supervisadas para cada año de estudio	55
Mapa 5.2. Superposición de elementos antropogénicos	60
Mapa 5.3. Aptitudes de hábitat en el norte de Olmos	62
Mapa 5.4. Parche seleccionado para conectar con un corredor ecológico	63
Mapa 5.5. Propuesta de corredor ecológico para el puma andino (<i>Puma concolor</i>) en el norte de Olmos	65
Mapa 5.6. Ruta de menor coste del corredor ecológico	68
Mapa 5.7. Puntos críticos en el corredor ecológico	70
Mapa 6.1. Campos de cultivo en las fajas marginales del este de Olmos	75
Mapa 6.2. Campos de cultivo en las fajas marginales del centro de Olmos	76
Mapa 6.3. Agrupación de casas en el sur del corredor ecológico	78
Mapa 6.4. Campos de cultivo en el sur del corredor ecológico y ubicación del puma andino (<i>Puma concolor</i>) abatido por la población	80
Mapa 6.5. Zona no idónea en el norte del corredor ecológico	83
Mapa 6.6. Zona no idónea en el sur del corredor ecológico	83
Mapa 7.1. Ubicación de la propuesta de ACP Ñaupe – Racalú – El Pueblito	85

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACP	Área de Conservación Privada
ACR	Área de Conservación Regional
AIDER	Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral
ANP	Área Natural Protegida
APRODES	Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible
ASTER GDEM	Aster Global Digital Elevation Model
ATECMA	Asesores Técnicos de Medio Ambiente
CAEG	Centro de Altos Estudios en Geomática
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CCSDO	Comunidad Campesina Santo Domingo de Olmos
ESA	European Space Agency
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GEE	Google Earth Engine
IBP	Instituto de Biodiversidad y Paisajes
IDH	Índice de Desarrollo Humano
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INGEMMET	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

IUCN	International Union for Conservation of Nature
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINEDU	Ministerio de Educación
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
PEOT	Proyecto Especial Olmos Tinajones
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
SERNANP	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SPDA	Sociedad Peruana de Derecho
TOA	Top of Atmosphere
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification
WWF	World Wildlife Fund

INTRODUCCIÓN

El puma andino (*Puma concolor*) es uno de los felinos más grandes de América que habita en el territorio peruano. Este es un carnívoro y especie clave por sus roles de mantener, regular, componer, estructurar y dar función a la diversidad de vida (Arias et al., 2011) en los ecosistemas que habita, ya sean costeros, andinos y amazónicos.

A nivel nacional, *Puma concolor* se encuentra clasificado como una especie “Casi Amenazada” de acuerdo con el D.S. N.º 004-2014-MINAGRI¹ y es parte del Apéndice II² de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres [CITES] (CITES, 2023). A escala mundial, se encuentra en estado de “Preocupación Menor” y su población está en tendencia a decrecer (International Union for Conservation of Nature’s Red List of Threatened Species [IUCN], 2015).

La especie de estudio se distribuye en el continente americano y en diversos tipos de hábitat como bosques o áreas desérticas (Luque, 2016). En el Perú, es en el área costera donde su población se ha reducido predominantemente (Luque, 2016). Las causas de este problema son principalmente antropogénicas, como la caza desmesurada por el alto valor económico de sus extremidades y los conflictos con los productores (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2018). También por la elevada presión generada en el espacio geográfico por la competencia entre la especie y los cambios de uso de suelo (SERFOR, 2018), que puede ocurrir por la expansión de la actividad agrícola y ganadera con visión al desarrollo local y la reducción de la cobertura vegetal natural.

¹ Disponible en <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretosupremos/2014/ds04-2014-minagri.pdf>

² Disponible en <https://cites.org/esp/app/appendices.php>

Del mismo modo, destaca la deforestación de los hábitats de *Puma concolor*. Esto ocurre principalmente en el norte del país, evidenciado en el bosque seco de los departamentos de Lambayeque, Piura y La Libertad (León, 2019). La deforestación de extensas parcelas de bosque genera la fragmentación de su hábitat, es decir, lo divide en fragmentos o parches de reducida extensión (León, 2019). En Lambayeque, los bosques secos de algarrobo (*Prosopis pallida*) son los principales en ser depredados para comercializar su madera como carbón vegetal en mercados locales y en otras regiones peruanas (El Comercio, 2015b; León, 2019). Anualmente, 7 000 hectáreas de este ecosistema se pierden por deforestación (SERFOR, s.f., citado en Lluen et al., 2022).

Respecto a *Puma concolor*, los conflictos entre la especie y los grupos humanos están relacionados a la actividad agropecuaria en áreas rurales (Tovar, 2022). La especie suele depredar distintos tipos de ganado para sobrevivir, generando su cacería por parte de los productores (Payán y Hoogesteijn, 2016; Tovar, 2022). Este tipo de conflicto es una amenaza para los intentos de conservación de especies y áreas silvestres (Rojas-VeraPinto et al., 2019). Por otra parte, en búsqueda de ingresos para la subsistencia, la población local realiza prácticas agrícolas insostenibles como la roza y quema en los bosques, sin reflexionar respecto a la capacidad y recuperación de las especies arbóreas (Andina, 2009) que constituyen el hábitat natural de la especie de estudio.

Una de las zonas en que está presente este problema es el distrito de Olmos, en el norte de la región, donde la cobertura boscosa está fragmentada y es de menor tamaño no solo por la deforestación como se evidenció anteriormente, sino también por la introducción de la actividad agropecuaria en la cobertura boscosa (Horna, 2022). Ello se debe a que aún hay un sector de la población que no reconoce la importancia de la preservación de este ecosistema y atentan contra su sostenibilidad mediante la tala de árboles para uso agrícola (Horna, 2022).

Si bien la especie es un felino que se caracteriza por su capacidad para desarrollarse en distintos tipos de cobertura de suelo, la fragmentación de su hábitat natural y la constante reducción de la conectividad del paisaje en que se distribuye son amenazas importantes para su conservación (Gallo, 2020). En vista de que se han generado parches de hábitat con espacio reducido para la movilización de la especie, el objetivo final de la presente investigación es identificar las áreas más idóneas para la distribución de *Puma concolor* en Olmos y proponer su conexión a través de un corredor ecológico con visión a la conservación de la especie. Si bien se estudia el distrito en su totalidad, es esencial mencionar que se hacen dos análisis para trabajar en una zona específica del distrito. Primero, se identifica la zona con menos perturbación humana a escala de Olmos y, segundo, se realiza un estudio de aptitud de hábitat en la zona identificada, que es el norte del distrito.

Para este fin, es fundamental conocer la ecología y distribución de *Puma concolor* en el territorio peruano, especialmente en el distrito de estudio. De igual manera, es importante entender la variación y la tendencia de las coberturas de suelo en espacio y tiempo en un periodo de años actual. Es por ello que se consideró un intervalo desde el 2016 hasta el 2022 con enfoque en la cobertura vegetal natural y las parcelas agrícolas.

Ambos puntos deben ser complementados con otras variables relevantes en la identificación de las zonas idóneas. Por lo tanto, es fundamental profundizar en las dinámicas humanas en la localidad y en los requerimientos físicos y ecológicos de la especie. Con todo ello, será posible determinar la zona y los parches que presentan menos perturbación antropogénica y las vías de conectividad.

La investigación se divide en ocho capítulos. Primero, el planteamiento de la investigación consta de la descripción del problema, la justificación y los objetivos y preguntas de estudio. Segundo, el marco teórico se divide en tres ejes:

1) Ecología del paisaje, en la que se profundiza sobre la fragmentación y la conectividad ecológicas. Asimismo, se explica qué es un corredor ecológico, su importancia y funciones. 2) Biología de la conservación, abordando la conservación de la biodiversidad silvestre y de los grandes felinos, y las políticas de conservación. 3) Ecología de *Puma concolor*, para entender sus rasgos físicos, conductuales y alimenticios. De igual manera, sus requerimientos ecológicos y su distribución en el Perú y en Lambayeque.

La metodología se basa en una técnica de teledetección, llamada clasificación supervisada en Google Earth Engine [GEE], que es una plataforma en la nube. También se usó los Sistemas de Información Geográfica [SIG] para modelar el corredor ecológico con CorridorDesigner y para la superposición de variables humanas, físicas y ecológicas. En el apartado de área de estudio se caracteriza al distrito de Olmos en sus rasgos humanos, físicos y ecológicos. Seguido, los resultados se exponen en orden de acuerdo a los objetivos de investigación. Se exhibe el análisis multitemporal mediante cartografía y tasas de variación, la presencia de elementos humanos, físicos y ecológicos para identificar la zona más idónea para *Puma concolor* y, por último, se presenta la propuesta del corredor ecológico.

En la discusión, se analiza el comportamiento de la agricultura y la variación de la cobertura vegetal natural. Además, se busca analizar a detalle los elementos antropogénicos en la zona norte del distrito, en donde se modela el corredor ecológico, mediante el acercamiento a estos elementos con imágenes satelitales. En el capítulo 7, se analiza la conectividad brindada por la propuesta del corredor en beneficio de la especie. La investigación finaliza con las conclusiones y recomendaciones a nivel local, regional y nacional.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Contexto y problemática

La población del puma andino (*Puma concolor*) disminuye en distintas regiones del país con el paso de los años. Si bien no hay una cifra exacta de pérdida de individuos, existen fuentes secundarias que evidencian el perecer de la especie por causas humanas en regiones como Junín, Cusco y Puno (Mazzolli, 2019). También en La Libertad (Andina, 2022; La República, 2023), Arequipa (Correo, 2019; RPP, 2019), Ancash (Ministerio Público Fiscalía de la Nación, 2022), Piura (Correo, 2016) y Lambayeque (Andina, 2013; Mazzolli, 2019; Perú21, 2013; RPP, 2011). La consecuencia es que la especie no posee un estado de conservación estable y óptimo en los ecosistemas en que habita.

Ello se debe a que el hábitat natural de la especie, el bosque seco, ha recibido la introducción de perturbaciones antropogénicas que tiende a aumentar con el transcurso de los años. En esta investigación, el enfoque es local en Lambayeque. En esta región, la tala masiva del bosque seco, los cambios en la cobertura del suelo y los efectos del cambio climático causan transformaciones en el paisaje forestal, lo cual genera el perjuicio de la biodiversidad y de los recursos (Cuentas, 2015b; Sabogal, 2011). Asimismo, se indagó en la clasificación de la especie en las áreas protegidas de la región. Una de ellas es el Área de Conservación Privada [ACP] Chaparrí, en donde los bosques son amenazados por la tala ilegal, a pesar de que sea una zona de dominio privado (Cuentas, 2015a). En el caso del Área de Conservación Regional [ACR] Huacrupe – La Calera, la vegetación natural se reduce por las invasiones y la tala desmedida (Cuentas, 2015a). Para detallar estos estados de conservación, ninguno positivo para la especie, se presenta la siguiente tabla (*Tabla 1.1*):

Tabla 1.1. Estado de conservación del puma andino (*Puma concolor*) a distintas escalas

Escala		Estado de conservación	Año	Fuente
A escala internacional		Apéndice II ³	2023	CITES ⁴
A escala nacional		Casi amenazado	2014	D.S. N.º 004-2014-MINAGRI ⁵
A escala local: áreas protegidas de Lambayeque	ANP Refugio de Vida Silvestre Laquipampa	Casi amenazado	2015	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado [SERNANP] ⁶
		En peligro de extinción	2018	Farro y Santa Cruz ⁷
	ANP Santuario Histórico Bosque de Pómac	En peligro de extinción	2010	SERNANP ⁸
	ACP Chaparrí	Especie endémica	2016	Castro ⁹
	ACR Bosque Moyan - Palacio	Amenazado	2011	D.S. N.º 013-2011-MINAM ¹⁰
	Olmos: ACR Bosque Huacrupe – La Calera	Amenazado	2011	D.S. N.º 012-2011-MINAM

Elaborado por Milagros Mendoza.

El bosque seco norperuano se compone de distintos tipos de ecosistemas o tipos de bosque, como son los ecosistemas de bosque estacionalmente seco de llanura (BS tipo sabana y BS de piedemonte) y los ecosistemas de bosque estacionalmente seco de colina y montaña (BS de lomada, BS de colina baja, BS de colina alta, BS

³ Segunda clasificación de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Corresponde a las “especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio”.

⁴ Disponible en <https://cites.org/esp/app/appendices.php>

⁵ Disponible en

<https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretosupremos/2014/ds04-2014-minagri.pdf>

⁶ Disponible en <https://legislacionanp.org.pe/wp-content/uploads/2015/02/414122312213380935120200203-11250-1qjlqny.pdf>

⁷ Disponible en <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4393/Farro%20Perez%20-%20Santa%20Cruz%20Casta%3%b1eda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁸ Disponible en <https://old.sernanp.gob.pe/sernanp/noticia.jsp?ID=258>

⁹ Disponible en <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7787>

¹⁰ Disponible en <https://legislacionanp.org.pe/decreto-supremo-que-establece-el-area-de-conservacion-regional-bosque-moyan-palacio/>

de montaña y Bosque Subhúmedo de montaña (Ministerio del ambiente [MINAM], 2019). De acuerdo con SERFOR¹¹, *Puma concolor* se distribuye, principalmente, en el BS de colina, BS de llanura y el BS montano. Es en estos ecosistemas en que la especie tiende a moverse, al igual que las especies que son parte de su dieta, como el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el zorro costero (*Lycalopex sechurae*) y del lagarto (*Callopistes flavipunctatus*). Superponiendo las actividades antropogénicas mencionadas anteriormente para el bosque seco y los ecosistemas que lo conforman y que son hábitat de la especie de estudio, es posible entender que el hábitat de *Puma concolor* se encuentra en proceso de fragmentación.

El aumento de la frontera agropecuaria y actividades antropogénicas han generado la pérdida y fragmentación de su hábitat natural, que es un resultado grave considerando que es una especie grande con una dieta de especies presa que se distribuyen en amplios territorios (Di Bitetti, 2008). En ciertas zonas silvestres, la fauna es cazada por el hombre y ocasiona la reducción de disponibilidad de presas necesarias para su subsistencia (Di Bitetti, 2008). En el Neotrópico, la población de *Puma concolor* está siendo eliminada sistemáticamente en sus propios hábitats y sobrevive en agrupaciones aisladas de pocos individuos (Di Bitetti, 2008).

La actividad agropecuaria en muchos territorios del país no solo modifica la configuración y la dinámica natural del espacio mediante la fragmentación, sino, también, tensiona el vínculo entre los productores y la especie (Andina, 2009; Di Bitetti, 2008; Horna, 2022). Con esto es posible interpretar que el resultado es la fragmentación espacial del hábitat, pero también la fragmentación de la relación entre ambas partes.

¹¹ Los datos de ecosistemas y distritos en que se distribuyen las especies, incluyendo a *Puma concolor*, fueron solicitados a SERFOR en el 2023.

Si bien los bosques secos de la costa norte del país son ecosistemas singulares y de gran valor, estos son afectados históricamente por procesos de fragmentación y de degradación (Torres, 2022). Estos bosques lidian con amenazas latentes como la deforestación, la agricultura intensiva (y el cambio en el uso de suelo), el sobrepastoreo, la contaminación, los efectos del cambio climático, entre otros (Andina, 2023; Torres, 2022). De acuerdo con Lluen et al. (2022), los bosques secos y tropicales de Lambayeque se distribuyen en Jayanca, Motupe, Mórrope, Salas, La otra banda, Chaparrí, Cañaris y Olmos. Es en estos distritos en que la deforestación toma mayor impulso con el paso del tiempo, las especies vegetales se degradan y las especies animales se extinguen (Lluen et al., 2022). La tala desmesurada de las especies arbóreas, especialmente de *Prosopis pallida* conocida comúnmente como algarrobo, se origina por el mercado del carbón vegetal (Vera, 2018, citado en Lluen et al, 2022). Este producto es comercializado en el sector gastronómico, siendo los principales clientes las pollerías, parrillerías, panaderías y negocios similares que potencian la demanda (León, 2019; Vera, 2018, citado en Lluen et al, 2022).

De acuerdo con el Gobierno Regional de Lambayeque (s.f., citado en El Comercio, 2015b), al igual que el algarrobo, árboles como el faique (*Vachellia macracantha*), el hualtaco (*Loxopteriginum huasango*), el palo santo (*Bursera graveolens*) y el sapote (*Capparis scabrida*) son el objetivo de los taladores ilegales, habiendo una diferencia negativa de 70 000 ha entre 2003 al 2013. En promedio, anualmente se deforestan entre 7 000 a 10 000 ha de bosque seco (El Comercio, 2015a).

Esta actividad, la deforestación, impacta negativamente en las condiciones naturales de la cobertura boscosa y ribereña para atribuirle un uso no forestal, como agrícola, ganadero, minero, entre otros (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). Del mismo modo, al disminuir la cobertura superior de los árboles al 10%, la reducción del dosel del bosque implica la degradación prematura en estos ecosistemas (FAO, 2020). El

deterioro de los bosques secos se manifiesta a través de la reducción de la biodiversidad (Torres, 2022) y en el desgaste de las condiciones de vida de la población (Sabogal, 2011). También implica la alteración del ciclo hidrológico, la erosión del suelo, la desertificación, la degradación de los suelos y la fragmentación de los hábitats (FAO, s.f.; Torres, 2022).

Por otra parte, las actividades productivas de la población son un factor resaltante de deforestación y fragmentación del bosque seco tropical (FAO, 2020). Se estima que el 40% de la pérdida de este bosque entre el 2000 al 2010 se debe a la expansión de la agricultura comercial, mientras que un 33% corresponde a la agricultura de subsistencia (FAO, 2020). En Olmos (principalmente, la zona central desértica) y en otras partes de Lambayeque, el desarrollo de la agricultura es impulsado por el Proyecto Especial Olmos Tinajones [PEOT] con visión al desarrollo económico local mediante la hidroenergía, agricultura y riego y mejora en la calidad de vida (Delgado y Huaro, 2020; Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI, 2016]; Urteaga, 2022). También, en las zonas boscosas existen cambios drásticos en la cobertura del suelo mediante la sustitución de áreas forestales por parcelas agrícolas (Cuentas, 2015a). En el caso de la ganadería, esta se practica a pequeña escala, es producción menos tecnificada y se destina para autoconsumo en gran parte (Cuentas, 2019).

La expansión del área agrícola en los bosques secos ha ocurrido a diferentes escalas y los proyectos de gran magnitud han sido un gran impulso de desarrollo para potenciar la agricultura comercial (PROFONANPE, s.f.). Los cultivos como la caña de azúcar y los frutales han sido una causa de las causas de deforestación, sumado a las prácticas agrícolas deficientes, que terminan por degradar el suelo e impactar en la fauna local (PROFONANPE, s.f.). También se pone en riesgo la calidad natural de los suelos para uso de las mismas comunidades, pues las cosechas y la población empobrecen, generando la ocupación de nuevos espacios para sobrevivir (Sabogal, 2011).

En el caso de los bosques, estos son fuente de servicios ecosistémicos disponibles para la población, por lo que es importante practicar un manejo sostenible de ellos para mantener sus funciones ecológicas y socioeconómicas (Horna, 2022). Especialmente en el norte peruano, en donde los grupos humanos dependen del bosque seco desde tiempos ancestrales debido a los servicios ambientales y productos forestales que ofrece (León, 2019). Actualmente, la pérdida de bosque impacta en estas comunidades, aún más en la región Lambayeque, cuya economía depende de los recursos forestales (Cuentas, 2015a).

1.2. Justificación

En primer lugar, el enfoque de la investigación es un felino que cumple con la función de ser una especie paraguas y que posee un rol vital en los ecosistemas que habita: mantener el equilibrio ecológico y proteger otras especies (Arias et al., 2011). Asimismo, *Puma concolor* es considerado como un indicador del estado de los ecosistemas que habita, por lo que es clave en el manejo de los paisajes y las propuestas de áreas protegidas (Arias et al., 2011). El objetivo trasciende hacia la conservación de *Puma concolor*, que es visto por la población local como un factor perjudicial para sus actividades al ser un depredador de ganado, por lo que es muy importante buscar medidas que lo protejan ante escenarios de peligro. De igual modo, ante la reducción dimensional de su hábitat, es importante identificar áreas que puedan favorecer su distribución.

Por último, el enfoque se da a una escala local y microlocal para entender el comportamiento de la especie, de las comunidades campesinas y la relación que guardan en esta zona específicamente. Cabe resaltar que, si bien el estudio se desarrolla a dicha escala, es fundamental la escalabilidad y replicar las medidas o propuestas de conservación, tal vez a otro distrito de Lambayeque o de la región Piura incluso, considerando la extensión del corredor ecológico de esta investigación.

1.3. Preguntas de investigación

La investigación se encuentra orientada y busca dar respuesta a la siguiente pregunta: **¿Cómo la integración de las variables humanas y ambientales del distrito de Olmos posibilitan la presencia de un corredor ecológico para la conservación del puma andino (*Puma concolor*)?**

Asimismo, se busca indagar y responder las siguientes preguntas específicas:

- a. ¿Qué cambios se evidencian en las coberturas de suelo del distrito de Olmos y en el hábitat de *Puma concolor* entre 2016 y 2022?
- b. ¿Cómo la integración de variables humanas, físicas y ecológicas permite identificar las áreas con mayor aptitud de área para la distribución de *Puma concolor*?
- c. ¿Cuál es la zona con más aptitud de hábitat para la conectividad en beneficio de la especie? ¿Qué características debe tener un óptimo corredor ecológico para la conservación de *Puma concolor* considerando los elementos humanos, físicos y ecológicos existentes?

1.4. Hipótesis

El distrito de Olmos es escenario de la expansión de las actividades antropogénicas, tales como la tala de árboles y la agricultura, las cuales han sido introducidas en el hábitat de *Puma concolor* en dicho territorio. Estas actividades representan una amenaza para el hábitat, ya que lo fragmentan, así como para la especie, que tiende a moverse por zonas perturbadas que antes eran apropiadas ecológicamente para su desarrollo. Sin embargo, existen fragmentos de cobertura vegetal natural con posibilidad de ser conectados para el movimiento ecológico de la especie. En estas zonas hay potencial para formular e implementar medidas de conservación para la especie, como es el caso de un corredor ecológico como posible estrategia de conservación.

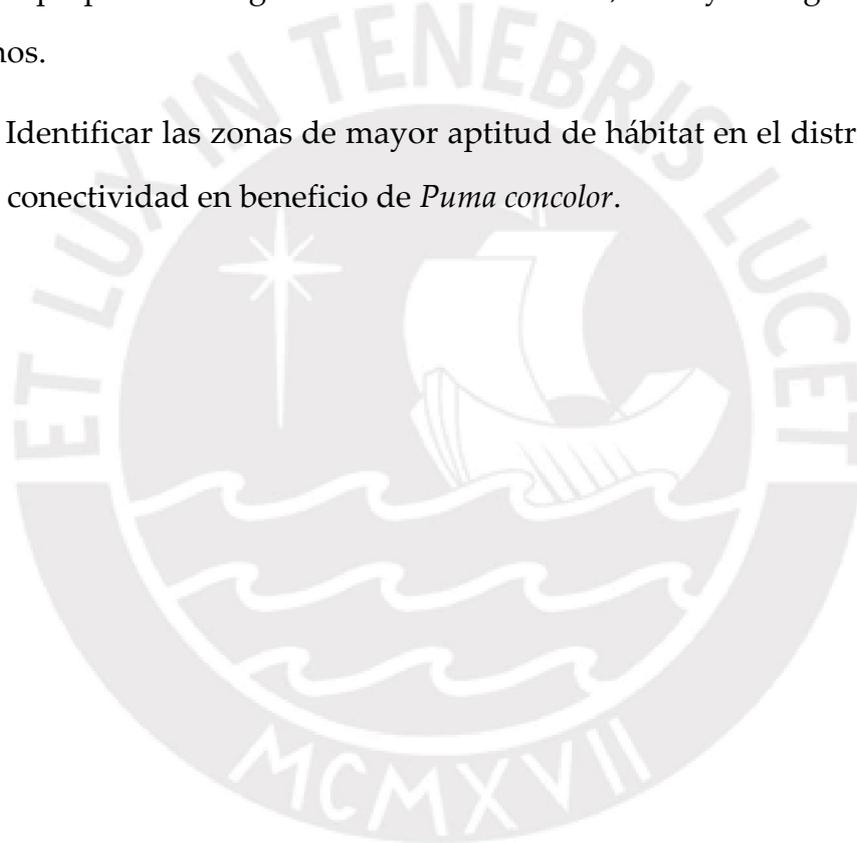
1.5. Objetivos

La investigación busca: Proponer un corredor ecológico para la conservación del puma andino (*Puma concolor*) para su conservación frente a la fragmentación de su hábitat en el distrito de Olmos. A un nivel más específico, se plantean tres objetivos que contribuirán al cumplimiento del objetivo principal:

O.E. 1: Identificar y analizar los cambios de cobertura del distrito de Olmos mediante un análisis multitemporal desde 2016 hasta 2022.

O.E. 2: Superponer e integrar información humana, física y ecológica en el distrito de Olmos.

O.E. 3: Identificar las zonas de mayor aptitud de hábitat en el distrito de Olmos para la conectividad en beneficio de *Puma concolor*.



CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Este capítulo presenta y explica, de manera integrada, los ejes temáticos y variables fundamentales para el desarrollo de la investigación. El marco teórico está dividido en tres ejes temáticos: en primer lugar, la ecología del paisaje, subdisciplina de la geografía en la que se basa este estudio para entender la fragmentación y la conectividad en el paisaje en Olmos. El segundo eje es biología de la conservación, que es la base para formular la propuesta de conservación. Por último, se desarrolla la ecología del puma andino (*Puma concolor*).

2.1. Ecología del paisaje

La ecología del paisaje es una subdisciplina de la geografía fue abordada por Carl Troll, quien reconoce la importancia de que los ecosistemas se observen de manera integral con la finalidad de estudiar el paisaje adecuadamente, lo que permitirá una mejor comprensión de la funcionalidad del mismo (Etter, 1991). Troll (citado en Etter, 1991) considera que los elementos biofísicos y antropogénicos del paisaje deben ser estudiados sin ser aislados uno del otro. Un diagnóstico ecológico adecuado del paisaje, ejecutado de forma integral, y la posterior planificación del uso de la tierra garantiza la conservación de los recursos y su uso sostenible (Etter, 1991).

Los procesos de transformación ocurren constantemente en los paisajes, ya sea negativa o positivamente, debido a razones antrópicas y/o naturales. En la actualidad, hay mayor atribución a las actividades humanas, que parten de una deficiente gestión de los recursos naturales. Estas actividades repercuten directamente en la matriz del paisaje, ocasionando su fragmentación, es decir, el quiebre de su continuidad. Ello obstaculiza las dinámicas del espacio y de las especies habitantes. El estudio de la fragmentación inició en la década de los sesenta con la Teoría biogeográfica de islas y la Teoría de las metapoblaciones (Castro et al., 2002), las cuales se desarrollan posteriormente.

La **fragmentación del paisaje** se puede definir como el fraccionamiento de un hábitat en parches o islas con áreas reducidas y aisladas entre sí, generando un nuevo patrón espacial que pone en riesgo a la biodiversidad (Forman, 1995). Este es el resultado de la influencia de actividades humanas sobre la matriz, como la minería, la industrialización, la deforestación, entre otros (Miller y Tanglely, 1991; Whitney y Somerlot, 1985). El acortamiento espacial de los parches o pedazos de hábitat significa la disminución de la diversidad biológica y su posterior extinción (Vargas, 2008); asimismo, impacta significativamente en los procesos ecológicos (Forman, 1995; Franklin y Forman, 1987).

Los parches están dispuestos dentro de una matriz y pueden estudiarse a escala local, regional, nacional o abarcar más de una escala dependiendo de la especie y del hábitat (Castro et al., 2002; Fahrig, 2003; Rahel, 1990; Valdés, 2011). Los parches se distribuyen horizontalmente y construyen un mosaico con rasgos variados, que exhiben la heterogeneidad del paisaje. La heterogeneidad ocurre por naturaleza y se evidencia por los usos de suelo en el paisaje y por las características en la cobertura vegetal de cada parche, pues estos integran varios tipos de vida y se diferencian en dimensión y forma (Addicott, et al., 1987; Dunning et al., 1992; Priego et al., 2003).

En este contexto, la fragmentación se entiende como una amenaza para la sostenibilidad del paisaje, pone en riesgo su función de ser hábitat y obstaculiza el desarrollo de las especies habitantes y sus dinámicas ecológicas. Con el fin de evitar este destructivo suceso, surge la **conectividad del paisaje** como enfoque para formular alternativas de solución frente a la pérdida de los hábitats.

Uno de los objetivos de la conectividad es el aumento de la permeabilidad del mosaico (Forman, 1995). Es decir, que se eviten las perturbaciones en el paisaje para dar mayor estabilidad a los parches y a la matriz, además de permitir el desenvolvimiento de los procesos esenciales del hábitat y de las poblaciones (Castro et al., 2002; Forman, 1995).

Para configurar la conectividad entre fragmentos, es fundamental considerar ciertos criterios como base. Por una parte, está la conectividad estructural, relacionada a la conexión física o espacial de los fragmentos y a sus rasgos en forma y tamaño (Correa et al., 2014). Este tipo de conectividad está presente cuando los parches son más próximos entre sí y su análisis se efectúa a través métricas o índices mediante SIG (Correa et al., 2014; World Wildlife Fund [WWF], 2015a). En segundo lugar, se incorpora la conectividad funcional, relacionada a la eficacia de la configuración del corredor con base en las respuestas conductuales de las especies (Alonso et al., 2017; WWF, 2015a).

La conectividad ecológica es ventajosa si se modela adecuadamente. Entre sus beneficios, respecto a los procesos ecológicos, se distinguen la dispersión de nutrientes y el crecimiento de la vegetación, pues las especies dispersoras de semillas (faunísticas o vegetales) se ubican en un espacio de distribución más amplio y afianzan la conectividad estructural (Laborde et al., 2016). En este punto, el flujo de semillas y polen es un indicador del nivel de conectividad del paisaje en paisajes fragmentados (Laborde et al., 2016).

Respecto a los efectos en la flora y fauna silvestre, se encuentra el mantenimiento de la biodiversidad en un área más extensa y con mayor disponibilidad de recursos, por lo que su ciclo vital es más prolongado y hay menor probabilidad de extinción (Laborde et al., 2016). Asimismo, un elevado nivel de conectividad permite la dispersión de las especies entre hábitats y exhiben menos dificultad para migrar, alimentarse, establecerse, entre otras acciones (Taylor et al., 1993).

Una estrategia de conectividad y conservación es el **corredor ecológico**, que es una vía que posibilita la dispersión de los seres vivos mediante la interconexión de fragmentos del territorio que presentan características ecológicas semejantes a los requerimientos ecológicos de las especies (García y Abad, 2014; Gurrutxaga y Lozano, 2009). Sirve para gestionar los elementos del paisaje con la finalidad de asegurar las dinámicas de las especies, como la migración y su distribución en el

espacio, al igual que el intercambio genético (Gurrutxaga y Lozano, 2009). Su principal resultado es la conservación de los organismos y sus hábitats (Gurrutxaga y Lozano, 2009).

Los corredores ecológicos reducen los efectos negativos de la fragmentación y perturbaciones en el hábitat (Cartaya et al., 2016). Poseen un rol importante en los procesos ecológicos a través de la inserción de franjas de vegetación en el paisaje, lo que disminuye la limitación espacial para la regeneración natural y aumenta la conectividad (Cartaya et al., 2016).

Es necesario conocer las dinámicas de movimiento de las especies en su ciclo vital para planificar el corredor ecológico. Los movimientos de las especies parten de las actividades cotidianas que realizan, como su traslado desde la zona de refugio hasta el punto de alimento (Foppen et al., 2000). Segundo, están los movimientos migratorios que varían en el ciclo anual de las especies por los cambios estacionales en el ambiente; y el hábitat de llegada puede tener o no condiciones similares al hábitat de partida (Foppen et al., 2000). Por último, se encuentran los movimientos de dispersión, destinados a la colonización de espacios vacíos, para su establecimiento y/o reproducción (Foppen et al., 2000).

En cuanto a sus funciones básicas, se identifican cuatro: 1) Ser hábitat de especies, pues la cantidad de recursos disponibles es suficiente para su desarrollo (Vila et al., 2006). 2) Cumplir la función de conducción, que consiste en que los individuos se movilicen por la extensión del corredor, pues es apto ambientalmente para su distribución y continuidad de sus dinámicas, como altas gradientes altitudinales, vasta superficie vegetativa, fuentes de agua suficientes, entre otros (Vila et al., 2006). 3) Desempeñarse como fuente, ya que permite que los individuos se trasladen dentro y fuera del paisaje (Vila et al., 2006). 4) El corredor es un sumidero, debido a que es accesible como refugio para otras especies (Vila et al., 2006).

Los corredores unen fragmentos o islas que, en biogeografía, son una porción del espacio geográfico con rasgos particulares, que le permiten diferenciarse de las áreas que la rodean, ocasionando discontinuidad, aislamiento territorial y condiciones de vida peculiares (Boadas, 2011). En sí, una isla puede ser cualquier espacio geográfico con comunidades de especies y que se distinga del entorno con características inadecuadas para los seres vivos existentes (Alessandro et al., 2012; Garrido, 2020). Áreas continentales pueden considerarse islas (Gorman, 1991), al igual que parches de paisajes terrestres fragmentados forman un conjunto de islas (Shafer, 1990; Valdés, 2011). Algunos ejemplos son ciudades, plantíos, zonas de alta montaña, zonas boscosas rodeadas de intervenciones humanas, lagos rodeados de tierra firme, entre otros (Alessandro et al., 2012; Garrido, 2020).

En ese sentido, la **teoría biogeográfica de islas** explica la distribución de cierta cantidad de individuos de una especie en cada isla, parche o fragmento de hábitat a partir de un acontecimiento constante, que es el balance entre dos dinámicas poblacionales: migración y extinción (MacArthur y Wilson, 1967). La proporcionalidad entre el número de individuos que colonizan mediante la inmigración y entre el número de individuos que desaparecen a causa de su extinción producen el equilibrio poblacional (MacArthur y Wilson, 1967; Murray et al., 2002; Shafer, 1990). A partir de ello, es posible decir que el reemplazo entre los mismos individuos ocasiona una riqueza de especies constante.

MacArthur y Wilson (1967) plantean que las dinámicas son influenciadas por el tamaño de la isla y su distancia con la fuente de colonizadores. Las islas o fragmentos que presentan mayor distancia con la fuente de colonizadores, que puede ser otro fragmento, tienden a disminuir la tasa de inmigración de individuos, pues la probabilidad de que estos se dispersen desde la fuente hacia áreas remotas es menor a comparación a islas cercanas (Calderón, 2007; Mota et al., 2006; Simberloff, 1974). Por otro lado, las dimensiones de la isla influyen en

la tasa de extinción. En áreas de menor tamaño, las probabilidades de que los individuos se extingan incrementan a comparación de un área con mayor extensión; asimismo, ello puede agravarse si se trata de parches aislados (Arita y Rodríguez, 2001; Darlington, 1957; Wu y Vankat, 1995). En este punto, es importante considerar la teoría de la percolación, cuyo enfoque principal es analizar los posibles movimientos y flujos de las especies animales y su potencial acceso a los recursos (Farina, 2006; Hammersley y Broadbent, 1957).

Por otra parte, se encuentra la **teoría de las metapoblaciones**. Una metapoblación es una población conformada de varios grupos o subpoblaciones de una especie en específico, los cuales se encuentran separados espacialmente y su nivel de interacción entre los mismos es variable (Levins, 1969). Cada subpoblación habita en parches o fragmentos con características ambientales apropiadas para su desarrollo, rodeados de perturbaciones, pero que logran interactuar mediante dos dinámicas poblacionales: la extinción y la recolonización (Hanski y Gilpin, 1991; Levins, 1969). Al igual que en la teoría de islas, la proporcionalidad entre las tasas de extinción y de recolonización permite una población constante en los fragmentos, pues los individuos colonizadores reemplazan a los individuos extintos (Chaves et al., 2016; Hanski y Gilpin, 1991; Levin, 1974).

Una metapoblación es estable cuando sus individuos migran entre parches y colonizan, las subpoblaciones son reproductoras discretas distribuidas en fragmentos poco aislados y las dinámicas poblacionales ocurren asincrónicamente para evitar la extinción de todos los grupos al mismo tiempo (Morcuende, 2008). Sin embargo, también ocurre que la tasa de extinción incrementa y el número de colonizadores disminuye, lo cual genera parches sin individuos (Lane et al., 2001). Por lo tanto, la aplicación de esta teoría es esencial para la gestión de especies amenazadas y se usa cuando los hábitats son destruidos de forma acelerada y ante la fragmentación de ecosistemas naturales (Akçakaya et al., 2007; Gamarra y Sol, 2002).

2.2. Biología de la conservación

La destrucción de los bosques tropicales tiene un impacto severo en la estabilidad del clima, la erosión del suelo, la calidad del agua y en el desarrollo económico, que desencadena en el debilitamiento de la existencia humana (Douglas, 1978). Es por esto que surge la **biología de la conservación** como una disciplina científica y como respuesta ante la crisis de la biodiversidad en el planeta (Escudero, 2002; Simberloff, 1988; Soulé, 1985; Tellería, 1999;). Sus objetivos están alineados a la investigación y descripción de la diversidad biológica, entender el impacto de las actividades antrópicas en ella y desarrollar acciones multidisciplinarias orientadas a la recuperación y conservación de la diversidad (Meffe y Carroll, 1997; Primack y Ros, 2002; Soulé, 1985).

La biología de la conservación es un campo de estudio y de acción direccionado al manejo del paisaje con dos objetivos: minimizar las repercusiones negativas de las actividades humanas sobre la naturaleza a corto plazo y proveer a los otros seres vivos la máxima cantidad de opciones para tolerar y sobrevivir a la presencia humana a largo plazo (Feinsinger, 2004). Cabe resaltar que los ecosistemas son sistemas abiertos con presencia de flujos de energía y de especies y, por la particularidad de cada comunidad ecológica, no existe una ruta o modelo predeterminados a aplicar de forma universal (Comisión Nacional Forestal, 2011). Por lo tanto, una de las principales características de la biología de la conservación es la multidisciplinariedad de conocimientos para abarcar cada problemática en su contexto y sus posibles soluciones, tales como la ecología, la biogeografía, la genética de poblaciones, la economía, la filosofía, la antropología, entre otros (Comisión Nacional Forestal, 2011; Soulé, 1985).

El enfoque de este campo de estudio es la biodiversidad y su composición en distintas escalas biológicas. Estas son genes, especies, comunidades biológicas o paisajes en un territorio definido (Instituto Colombiano de investigaciones biológicas Alexander Von Humboldt, 1998; Ministerio de Educación [MINEDU],

s.f.; Tellería, 1999;). Incluso con estas escalas, definir qué priorizar es un desafío significativo, más aún en zonas con escasos recursos (humanos o económicos) y con abundancia de especies amenazadas (Comisión Nacional Forestal, 2011). Por lo tanto, la prioridad son las especies amenazadas, especies ecológicamente importantes (especies clave), especies útiles para los humanos y especies con valor no utilitario (Comisión Nacional Forestal, 2011). Entre estas cuatro categorías de priorización, *Puma concolor* es parte de dos: especie amenazada a escala local, como en el caso del departamento de Lambayeque, y es una especie ecológicamente importante debido a que se ubica en el eslabón más alto de la cadena trófica.

A un nivel más específico, existe la **conservación de la vida silvestre**. Refiere a las actividades para proteger especies animales y vegetales y sus hábitats, lo cual es vital porque ejercen el rol de mantener el equilibrio ecológico y de contribuir a la calidad de vida humana (Tidball, 2014). Estos esfuerzos están impulsados por los tipos de valoración de la vida silvestre, como pueden ser recreativos, estéticos, educativos, biológicos, socioculturales y comerciales (King, 1947).

Dentro de ello, se encuentran las medidas de conservación de acuerdo a la familia de las especies, como la **conservación de grandes felinos**. Estos son especies depredadoras superiores, es decir, no son presa de otras especies, pero sí se alimentan de especies más pequeñas, como los mesodepredadores, que consumen herbívoros, cuya dieta es a base de plantas (Di Bitetti, 2008). Esta particularidad atribuye a los grandes felinos un rol vital en los ecosistemas que habitan: mantener el equilibrio ecológico mediante el control demográfico de las presas más competitivas y abundantes, posibilitando la coexistencia de distintos seres vivos (Castillo et al., 2016).

En un escenario de escasez de felinos grandes, habría inusuales densidades poblacionales de las especies presas (Nasi et al., 2008). Además, la proliferación de ciertas especies puede generar la extinción local de las especies animales o

vegetales que consume y, por consecuencia, alteraciones en la composición de los bosques y pérdida de la biodiversidad en general (Nasi et al., 2008). En ecología, estas son las razones por las que se propone la conservación de grandes felinos y porque las estrategias de protección dirigidas a estas especies brindan protección a los ecosistemas funcionales (Soulé y Simberloff, 1986).

A comparación de especies de escaso avistamiento y menos llamativas, es más fácil incentivar en la población y los gobiernos la protección de carnívoros carismáticos como los felinos grandes (Loveridge et al., 2010) como *Puma concolor*. Ejemplos de ello son la iniciativa Paseo Pantera, constituida de corredores biológicos en el istmo panameño, que benefició a jaguares, pumas y otras especies salvajes (Loveridge et al., 2010). Ello pasó a ser un modelo de desarrollo sostenible, denominado el Corredor Biológico Mesoamericano¹² (Mendieta, 2000). Esta área posee una gran riqueza natural centroamericana, pues se conforma de hasta 350 formas de paisaje, 3 biomas, incorpora 22 sitios RAMSAR, entre otros elementos (Mendieta, 2000). Por otro lado, en México existe el Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental desde el 2011, que posee más de 4 millones de hectáreas destruidas en 273 municipios (Gobierno de México, 2015). Su objetivo es conservar los ecosistemas de la zona e impulsar el desarrollo económico local sustentable y funciona con la participación de instituciones de distintas índoles y la sociedad civil (Gobierno de México, 2015).

Por otro lado, cada especie posee un valor intrínseco a ser conservado y, por tanto, tiene derecho a ser conservado (Loveridge et al., 2010). No obstante, no garantiza la conservación, pues los humanos son motivados más por causas económicas que por razones conservacionistas (Kellert et al., 1996). Algunas

¹² El Corredor Biológico Mesoamericano sigue en acción. En el 2020, se aprobó el “Plan director CBM-2020. Gestión territorial sostenible en el Corredor Biológico Mesoamericano” con visión al mantenimiento del sistema social y ecosistémico y gestionar los recursos financieros internacionales (Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental, s.f.). Disponible en <http://www.proyectomesoamerica.org:8088/ems/index.php/corredor-biologico-mesoamericano?layout=edit&id=58>

medidas para mitigar los conflictos entre humanos y felinos son el diseño de políticas, protección del ganado o mejora de la ganadería, compensaciones económicas, zonificación de los usos del suelo para proteger los medios de vida, participación de actores interesados, ecoturismo, translocación de especies a áreas protegidas, zoológicos o cualquier otro espacio protegido, entre otros (Loveridge et al., 2010).

Con el objetivo de promover y desarrollar las medidas de conservación, es importante un marco público de **políticas de conservación** que orienten el accionar de los actores presentes e involucrados en la protección de las especies. El proceso de las políticas, ya sea relacionado a temas de biodiversidad u otro, es dinámico e incluye la participación de variados actores (Clark, 1992).

En el Perú existen diversas políticas orientadas a la protección de la biodiversidad. Una de estas es la Política Nacional del Ambiente, instrumento que propone el desarrollo propicio del territorio nacional guiado a la conservación del ambiente (MINAM, 2009) y menciona la importancia de los corredores ecológicos como uno de sus instrumentos. Por otro lado, la Ley de Áreas Naturales Protegidas [ANP]¹³ decreta como patrimonio nacional a las áreas naturales protegidas, por lo que es relevante su mantenimiento a través del uso regulado y del aprovechamiento adecuado de los recursos. En el Artículo 2 se precisa que la protección está dirigida a los componentes de las ANP, como los procesos ecológicos y evolutivos, comunidades naturales, paisajes, formas fisiográficas, recursos, especies, entre otros.

Específicamente para la conservación, existe la Ley Forestal y de Fauna Silvestre¹⁴, que busca incentivar la conservación, protección y uso sostenible de este tipo de fauna y el patrimonio forestal del país (WWF, 2015b). Asimismo,

¹³ Ley de Áreas Naturales Protegidas. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-26834.pdf>

¹⁴ Ley Forestal y de Fauna Silvestre. <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29763.pdf>

prohíbe acciones como cazar, capturar, vender, comercializar, importar, exportar o cualquier otra actividad ilícita respecto a productos o subproductos de fauna silvestre a menos que se acredite autorización previa o sean recursos para subsistencia de la población.

Además, se encuentra la Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica¹⁵. Sus lineamientos están enmarcados en el desarrollo sostenible, la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Considera la conservación de la diversidad de genes, especies, ecosistemas y procesos ecológicos, la promoción de la participación justa y equitativa, fomento de la educación y del desarrollo económico.

2.3. Ecología del puma andino (*Puma concolor*)

En cuanto a sus características, morfológicamente (*Figura 2.1*), *Puma concolor* mide en promedio 95 a 143 cm de longitud desde la cabeza hasta el final de su estructura; su cola tiene entre 60 a 90 cm y 60 a 76 cm de las patas hasta el hombro (Iriarte et al., 2013). El tamaño y peso de las hembras es menor, puede pesar entre 34 a 48 kg, mientras que los machos se encuentran en un rango entre 53 y 72 kg, aproximadamente (Luque, 2016). También es posible encontrar individuos machos que pesan 120 kilogramos (Banfield, 1974).

El pelaje es de color uniforme, no presenta manchas y varía entre café amarillento y marrón rojizo con tonos más claros en la zona del vientre (Luque, 2016). La textura del pelaje depende de la altitud, por ejemplo, el pelo tiene mayor grosor en altitudes elevadas (Iriarte et al., 2013) y suele ser más corto en la zona tropical (Castellanos y Vallejo, 2020). La estructura corporal exhibe una espalda cóncava (Sunquist y Sunquist, 2009), el cráneo es pequeño y redondeado (Castellanos y

¹⁵ Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-conservacion-aprovechamiento-sostenible-diversidad-biologica>

Vallejo, 2020) y su dentadura le permite capturar presas de su tamaño o superiores (Kruuk, 1986).

En relación a sus rasgos conductuales, la especie es territorial. Tiende a habitar áreas extensas donde deja vestigios de su presencia, como rastros de orina, rasguños u hoyos en el suelo para marcar su territorio (Iriarte et al., 2013; Shaw et al., 2007). Por lo general, hay amplitud en su zona de dispersión y baja densidad poblacional, ya que áreas extensas posibilitan hallar suficiente comida para abastecerse (Logan y Sweanor, 2001).

Figura 2.1. Puma andino (Puma concolor) en el bosque seco



Fotografía de Álvaro García Olaechea.

Ante la presencia de humanos, el felino es tímido y se refugia entre los árboles (Iriarte, 2008). Su horario de actividades es nocturno como diurno con preferencia entre el atardecer y el amanecer (Iriarte et al., 2013; Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], 2010). Además, sus movimientos dependen de las presas disponibles y la presencia de humanos (SAG, 2010).

Su **dieta** es a base de carnes y muy diversa (Pacheco et al., 2004). Está regida por la latitud en que se distribuya, pues en hábitats templados la especie suele

alimentarse de manera más especializada y las presas son de mayor tamaño (Iriarte et al., 1990). Paralelamente, en zonas tropicales hay variedad en los alimentos y las especies son más pequeñas (Iriarte et al., 1990). Generalmente, consume especies mamíferas, como castores, camélidos y ciervos, pero también se alimenta de aves como gansos y ñandúes o de animales de corral (SAG, 2010). En el Perú, *Puma concolor* suele cazar venados, armadillos y pecaríes (SAG, 2010) así como también puede atacar animales domésticos por la reducción de presas naturales disponibles (Emmons, 1987; Emmons y Feer, 1999; Sistema de Información de Biodiversidad, s.f.). En Sullana, Piura (que limita con Lambayeque por el norte), el venado gris (*Odocoileus virginianus*) es la presa más representativa en la dieta de *Puma concolor*, seguido de la cabra (*Capra hircus*), el sajino (*Dicotyles tajacu*) y el zorro (*Lycalopex sechurae*) (Tovar, 2022). Potencialmente, consume especies como la iguana (*Callopiestes flavipunctatus*), la perdiz andina (*Nothoprocta pentlandii*) y la perdiz pata colorada (*Crypturellus transfasciatus*) (Tovar, 2022).

Por otro lado, es importante describir las **características del hábitat** de la especie y distribución en el Perú. *Puma concolor* posee la capacidad de poder habitar en variados ecosistemas y su rango de distribución es extenso, aun así, muestra preferencia por las áreas con cobertura vegetal (Nowell y Jackson, 1996), donde usualmente hay mayor densidad poblacional (Laundre y Hernández, 2010). Complementariamente, la **distribución de *Puma concolor*** es influenciada por variables como el tipo de suelo y presencia de cobertura vegetal, pendiente, altitud y presencia de cuerpos de agua y caminos, ya que favorecen mayor presencia y disposición de presas para la especie y son áreas de refugio y de camuflaje (LaRue y Nielse, 2008; Monroy et al., 2009).

En el territorio peruano, la distribución de *Puma concolor* incorpora a las tres regiones. En la costa, está presente en Tumbes, Piura, Lambayeque, Ancash, Lima, Arequipa y Tacna; en la sierra, se distribuye en Cajamarca, Huánuco,

Pasco, Junín, Cusco y Puno; y en la selva, está en Amazonas, Loreto, Madre de Dios y Ucayali (Luque, 2016). El geoservidor de IUCN¹⁶ exhibe un mapa de distribución (Figura 2.2) de *Puma concolor* en el Perú, en el que se diferencian áreas que exhiben certeza de su presencia y áreas de posible presencia.

Figura 2.2. Distribución del puma andino (*Puma concolor*) en el Perú



Fuente: IUCN.

A nivel de ecosistemas peruanos, la especie habita en los pastizales, montes ribereños, zonas costeras, páramos, lomas, selva baja, ceja de selva, zonas agrícolas, sabana húmeda tropical, ambientes semidesérticos con cactáceas columnares, bosques (seco, lluviosos montanos, tropical del pacífico) y áreas próximas a los asentamientos humanos (Jiménez et al, 2010; Grimwood, 1969; Romo, 1995; Zeballos et al., 2000). En cuanto a gradiente altitudinal, ha sido posible su avistamiento hasta los 5 800 msnm. (Redford y Eisenberg, 1992).

De acuerdo a la data solicitada a SERFOR, a escala de Lambayeque, *Puma concolor* habita en los distritos de Oyotún, Chongoyape, Incahuasi, Cañaris, Pitipo,

¹⁶ Disponible en <https://www.iucnredlist.org/species/18868/97216466>

Olmos, Motupe, Salas y Chóchope. El bosque seco de colina es el ecosistema más recurrente en que vive, seguido del bosque seco de llanura y el bosque montano. Asimismo, *Puma concolor* comparte ecosistemas y distritos con sus presas.



CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo abarca las técnicas, métodos y softwares empleados para la obtención de resultados a fines de esta investigación. Cada uno fue indispensable para cumplir con los objetivos específicos planteados en el primer capítulo, los cuales, a su vez, permiten alcanzar el objetivo general al integrarse (*Tabla 3.1*).

Las técnicas y métodos pertenecen a la rama de la ecología del paisaje y se desarrollaron mediante los SIG. Además, se trabajó constantemente la revisión de fuentes secundarias para analizar los resultados obtenidos. Como se evidencia, estos medios posibilitan la adquisición y generación de información física, humana y ecológica, esencial para proponer el corredor ecológico como último paso de la investigación.

Tabla 3.1. Técnicas y métodos de investigación

Técnica	Método	Objetivo
Teledetección Google Earth Engine	Clasificación supervisada	1
Análisis espacial	Superposición de capas (vector)	2 y 3
	Superposición ponderada (ráster)	2 y 3
	CorridorDesigner	General
<p>O.E. 1: Identificar y analizar los cambios en las coberturas de suelo del distrito de Olmos mediante un análisis multitemporal desde 2016 hasta 2022.</p> <p>O.E. 2: Superponer e integrar información humana, física y ecológica en el distrito de Olmos.</p> <p>O.E. 3: Identificar la zona de mayor aptitud de hábitat en el distrito de Olmos para la conectividad en beneficio del <i>Puma concolor</i>.</p> <p>O.E. GENERAL: Proponer un corredor ecológico en el distrito de Olmos para la conservación de la especie.</p>		

Elaborado por Milagros Mendoza.

3.1. Técnicas de Teledetección

Por medio de la teledetección y sus técnicas, es posible la adquisición y producción de información de la superficie terrestre (Instituto Geográfico Nacional, s.f.). Los sensores remotos distribuidos en la esfera espacial proporcionan datos para procesar en un SIG. En este caso, se ejecutaron en la plataforma ArcGIS 10.5. La técnica empleada fue el de clasificaciones supervisadas para realizar un análisis multitemporal en la plataforma en la nube GEE. En este estudio no se ha optado por el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada [NDVI], pues con este método no es posible diferenciar la cobertura vegetal natural (boscosa y ribereña) de la de origen antrópico (campos de cultivo). Ello se debe a que ambos tipos de vegetación pueden presentar el mismo nivel de vigor, por tanto, pueden ubicarse en la misma clase.

3.1.1. Análisis multitemporal de coberturas de suelo. Clasificación supervisada

La clasificación supervisada se obtiene mediante áreas o puntos de entrenamiento (training areas), los cuales se conocen a priori a qué clase pertenecen (Monterroso, s.f.). Ello genera una signatura espectral para cada una de las clasificaciones (Monterroso, s.f.). Esta técnica de teledetección necesita la participación activa de quien esté procesando la información, pues debe indicar al software los pasos que debe realizar en tiempo real (Monterroso, s.f.).

En primer lugar, se delimitó el área de interés con un Asset importado (shapefile) del distrito de Olmos. La base para las clasificaciones fue un mosaico de píxeles [ImageCollection] del dataset Harmonized Sentinel-2 MultiSpectral Instrument (MSI) Level-1C¹⁷ en GEE¹⁸. Se optó por Level-1C debido a que incluye correcciones radiométricas y geométricas (European Space Agency [ESA], s.f.).

¹⁷ https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_HARMONIZED

¹⁸ Para esta investigación, se emplearon los códigos de la API Javascript de GEE. Para acceder a los códigos, ingresar al enlace adjunto e indicar su finalidad en la solicitud. <https://docs.google.com/document/d/1abxTU8zxvQv7nJJLqLMx5boD1RQvrLYTmkh1aylFNoA/edit?usp=sharing>

Para obtener las imágenes satelitales finales, este procesamiento inicia con la asociación de mosaicos en el área de estudio para las fechas definidas; después, realiza remuestreos para eliminar las distorsiones geométricas (ortorectificación) de las imágenes (ESA, s.f.). Asimismo, Level-1C se basa en reflectancias encima de la atmósfera (Top of Atmosphere [TOA], lo cual es calculado en el procesamiento. Finalmente, el sensor ejecuta un cálculo de máscaras de calidad para eliminar píxeles defectuosos, sin datos, nubes, cirros, entre otros, con el objetivo de proveer un mosaico de píxeles óptimo (ESA, s.f.).

Para obtener estos mosaicos, Sentinel-2 se basa en las 13 bandas espectrales que la conforman, que se especifican en la *Tabla 3.3*. La conformación de los mosaicos se trabajó para los años 2016, 2018, 2020 y 2022. Se eligió dicho intervalo de años debido a que es una muestra representativa para identificar los cambios en las coberturas de suelo y finaliza en un año adecuado para modelar un corredor ecológico actualizado. El mosaico recopila píxeles de los meses de abril hasta noviembre para cada año, correspondiente a los meses con menor intensidad de lluvias, con un máximo de 20% de cobertura nubosa. A continuación, se presenta la *Tabla 3.2*, en la cual se esquematiza este conjunto de filtros para cada año.

Tabla 3.2. Datos de entrada para la clasificación supervisada

Clasificación supervisada				
Año	2016	2018	2020	2022
Algoritmo de clasificación	RandomForest	RandomForest	RandomForest	RandomForest
Satélite	Sentinel 2	Sentinel 2	Sentinel 2	Sentinel 2
Resolución de salida (m)	10	10	10	10
Intervalo temporal (año-mes-día)	2016.04.15 - 2016.11.30	2016.04.15 - 2016.11.30	2016.04.15 - 2016.11.30	2016.04.15 - 2016.11.30
Nubosidad (%)	20	20	20	20

Elaborado por Milagros Mendoza.

Tabla 3.3. Bandas de Sentinel-2

Bandas y composiciones - Sentinel 2		
Banda	Característica	Resolución (m)
B1	Aerosoles	60
B2	Azul	10
B3	Verde	10
B4	Rojo	10
B5	Red edge 1	20
B6	Red edge 2	20
B7	Red edge 3	20
B8	Infrarrojo cercano 1	10
B8A	Red edge 4	20
B9	Vapor de agua	60
B10	Cirrus	60
B11	Infrarrojo corto 1	20
B12	Infrarrojo corto 2	20

Elaborado por Milagros Mendoza con datos de ESA, s.f.

El algoritmo de clasificación es RandomForest (bosques aleatorios). Consta de la predicción de clases a partir del cálculo de un gran número de árboles de decisión de forma individual que trabajan en conjunto, componiendo un bosque (Serra, 2020). Los beneficios de su aplicación son obtener resultados más precisos, es capaz de manejar miles de variables e identifica cuáles son las más significativas, estima valores ausentes y maneja valores robustos (Serra, 2020). Se definieron cuatro tipos de coberturas, que se exhiben en la *Tabla 3.4*. En los resultados, se incluyen solo las clases de cobertura vegetal natural y de agricultura, pues el objetivo de la investigación es observar y analizar las variaciones e interacción de ambos tipos de vegetación.

Tabla 3.4. Clases obtenidas con la clasificación supervisada

Clasificación supervisada	
Código de clase	Nombre de clase
0	Cobertura vegetal natural
1	Agricultura
2	Cuerpos de agua
3	Suelo desnudo

Elaborado por Milagros Mendoza.

3.2. Análisis espacial

La cartografía producida contribuye al cumplimiento de los objetivos 2 y 3, vinculados a la integración de información y al modelamiento del corredor ecológico. Se emplearon datos georreferenciados en formatos vector y ráster para el área de estudio, considerando, además, la información cualitativa obtenida de fuentes secundarias. El software SIG utilizado es ArcMap 10.5.

3.2.1. Superposición de capas

Esta técnica implica la adición y sobreposición de dos o más bases cartográficas digitales, cuyo resultado es una capa final que incluya la información en su totalidad de los datos iniciales. Estos pueden ser de distintas fuentes de origen, por lo tanto, es posible trabajar con diversidad de tipos de datos. El beneficio de incorporar capas individuales de información es que estas son modificables por separado con el objetivo de ejecutar un re-análisis, lo que posibilita evaluar diferentes estrategias en la aplicación (Aránguez Ruiz et al., 2012).

El uso de esta técnica posibilitará un análisis espacial integral respecto al establecimiento e interacción de las capas de elementos antrópicos incorporados. En la *Tabla 3.5* se enumeran los insumos y las fuentes de donde se obtuvieron.

Tabla 3.5. Insumos de la superposición de capas

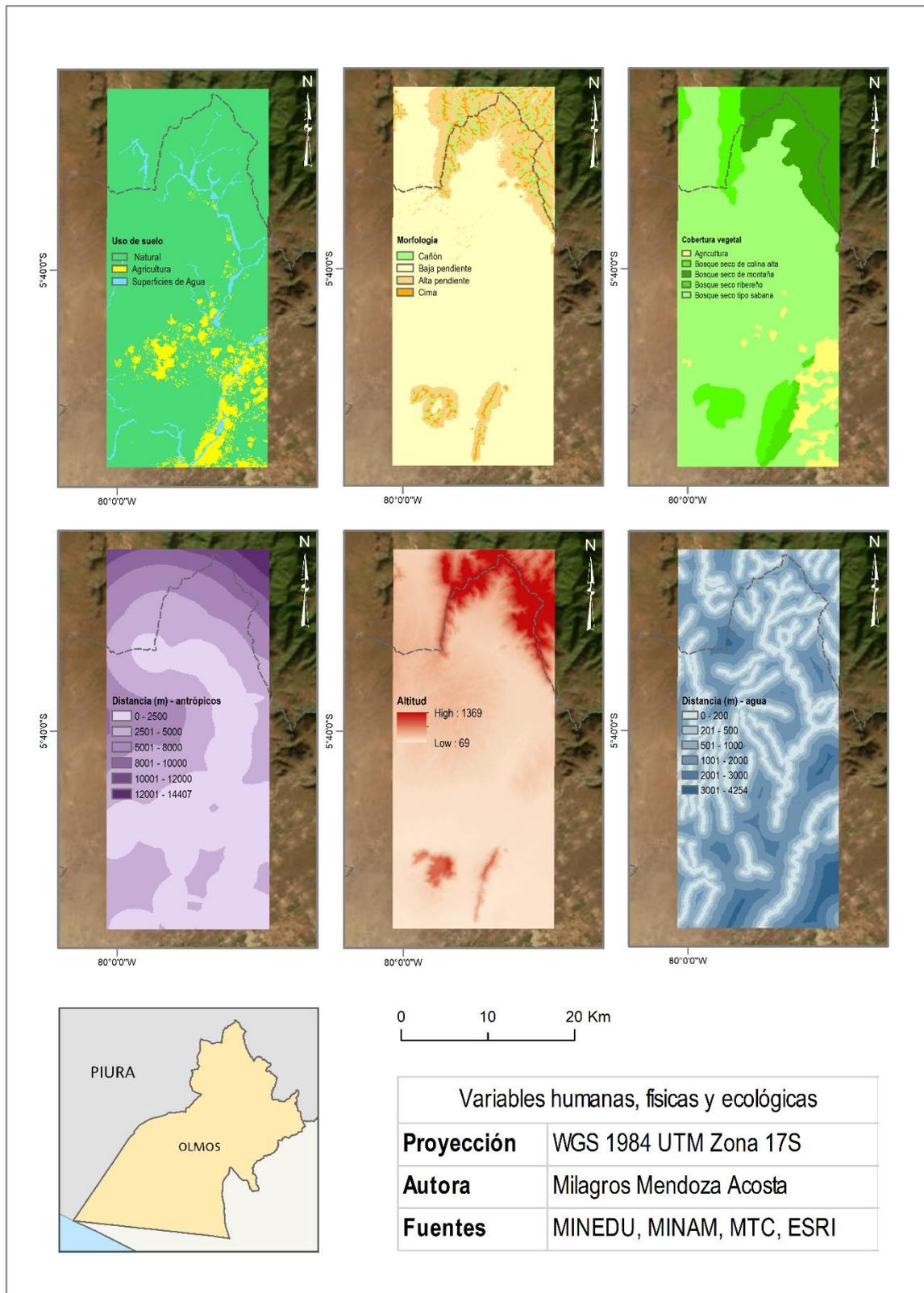
Insumo	Fuente
Centros poblados y área urbana	MINEDU (https://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/)
Red vial nacional y vecinal	Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html)
Catastro minero	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico [INGEMMET] (https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/)
Límites administrativos	IGN (https://www.idep.gob.pe/geovisor/descarga/visor.html)
Agricultura	Delimitación propia (con Clasificación Supervisada)

Elaborado por Milagros Mendoza.

3.2.2. Superposición ponderada

Esta superposición es una técnica para sobreponer dos o más rásteres con atribución de valores para cada uno, ponderándolos según su importancia y añadiéndolos conjuntamente para un análisis final integrado (ESRI, s.f.). Villacreses (2019) señala que: “El análisis de superposición ponderada incluye un grupo de metodologías aplicadas en la selección de sitios óptimos o en el modelado de adecuación” (p. 32). En este caso, la superposición se realizó para hallar la aptitud del hábitat de *Puma concolor* y, así, modelar el corredor.

Mapa 3.1. Variables humanas, físicas y ecológicas (en formato ráster) en el norte de Olmos



Elaborado por Milagros Mendoza.

Es importante mencionar que el modelamiento de la aptitud no se llevó a cabo de forma automática en su totalidad, ya que, en ciertos procesamientos, se incorporó información cuantitativa analizada previamente de manera manual, como en el caso del nivel de influencia de las variables para el modelo y la definición de umbrales.

En el *Mapa 3.1* se observan las variables incorporadas para determinar las zonas con mayor potencial o idoneidad para ser conectadas y es posible identificar similitud de patrones entre ciertas variables. Primero, las coberturas de suelo incluyen cobertura de cuerpos de agua, cobertura natural y agricultura. La morfología consta de cuatro clases: cañón, baja pendiente, alta pendiente y cima. También se incluyó el tipo de vegetación, correspondiente a agricultura y a cuatro tipos de bosque. En el caso de los elementos antrópicos, se integró data de centros poblados y de vías, cuyo resultado es una medición de la distancia (euclidiana) hacia dichos elementos, siendo el color morado más claro lo más cercano. La altitud representa las partes bajas con tonos rojos claros, mientras que para altas gradientes es un rojo más intenso. Por último, al igual que para los elementos antrópicos, se calculó la distancia (euclidiana) hacia las fuentes hídricas, siendo el color azul más claro lo más cercano.

Cada una de estas variables posee un nivel de importancia variado para la especie, por lo que se le atribuye un porcentaje de relevancia para identificar las zonas más idóneas para conectar los parches. En la *Tabla 3.6* se presenta el peso en porcentajes que se atribuyó a estos seis elementos de acuerdo a la ecología de *Puma concolor*. Los grupos 1 y 2 corresponden al agrupamiento de variables para obtener dos aptitudes de hábitat, que se promedian posteriormente para obtener un único ráster de aptitud de hábitat.

Tabla 3.6. Importancia (peso en %) de las variables humanas, físicas y ecológicas para la configuración de la aptitud del hábitat del puma andino (*Puma concolor*)

Grupos	VARIABLES	Peso (%)
Grupo 1	Altitud	20
	Morfología	20
	Distancia a elementos antrópicos	30
	Coberturas de suelo	30
Grupo 2	Tipos de vegetación	50
	Distancia a cuerpos de agua	50

Elaborado por Milagros Mendoza.

En el *Mapa 3.1* cada variable posee clasificaciones, las cuales también han sido evaluadas en cuanto a su nivel de relevancia. Por ejemplo, en el caso de la vegetación se ha considerado a los cuatro tipos de bosque como muy favorables y prioritarios para la especie (porcentaje de importancia muy alto). En comparación, para la clase agricultura costera y andina fue lo opuesto (porcentaje de importancia muy bajo). En la *Tabla 3.7* se presentan los pesos en porcentaje para cada clasificación de las variables integradas para obtener la potencialidad de la zona.

Los pesos han sido determinados de acuerdo a la ecología de *Puma concolor*. Los porcentajes se encuentran en un rango de 0% a 100%, siendo 0% una aptitud nula mientras que el nivel más alto de idoneidad o de aptitud es 100% (Cuentas, 2019).

Tabla 3.7. Importancia (peso en %) de las clasificaciones de las variables humanas, físicas y ecológicas para la configuración de la aptitud del hábitat del puma andino (*Puma concolor*)

Variable	Clasificación	Peso (%)
Altitud	69 - 100	30
	101 - 200	60
	201 - 400	70
	401 - 600	80
	601 - 800	80
	801 - 1 000	80
	1 001 - 1 369	80
Morfología	Cañón	30
	Baja pendiente	60
	Alta pendiente	100
	Cima	20
Distancia a elementos antrópicos (centros poblados y vías)	0 - 2 500	10
	2 501 - 5 000	80
	5 001 - 8 000	100
	8 001 - 10 000	100
	10 001 - 12 000	100
	12 001 - 14 407	100
Coberturas de suelo	Cobertura vegetal natural	100
	Cobertura vegetal superficial	10
	Superficies de agua	90
Tipos de vegetación	Agricultura costera y andina	20
	Bosque seco de colina alta	100
	Bosque seco de montaña	100
	Bosque seco ribereño	100
	Bosque seco tipo sabana	100
Distancia a cuerpos de agua	0 - 200	100
	201 - 500	80
	501 - 1 000	60
	1 001 - 2 000	60
	2 001 - 3 000	40
	3 001 - 4 254	20

Elaborado por Milagros Mendoza.

Cabe mencionar que también se ejecutó un modelamiento que integra la variable trófica, representada con puntos de avistamiento de las especies presas de *Puma concolor* mediante su rasterización para ser considerado una tercera aptitud de hábitat. En la *Tabla 3.8* se listan las coordenadas de los puntos de avistamiento para las especies presa. Sin embargo, la data es muy escasa, ya sea de servidores como Global Biodiversity Information Facility [GBIF]¹⁹ o de instituciones públicas del Perú como SERFOR. Esta escasez de información altera en gran medida el modelamiento del corredor ecológico. Por lo tanto, en lugar de integrar los avistamientos como una tercera aptitud, se realizó un buffer de cada punto y se superpuso con el corredor ecológico final. También se añade un punto de avistamiento para *Puma concolor*.

Tabla 3.8. Coordenadas de los puntos de avistamiento de las especies

Especie	Coordenadas (grados decimales)		Fuente
	Latitud	Longitud	
Perdiz (<i>Nothoprocta pentlandii</i>)	-5.587790°	-79.962960°	GBIF ²⁰
	-5.518130°	-79.949510°	
Perdiz cejipálida (<i>Crypturellus transfasciatus</i>)	-5.518494°	-79.951340°	GBIF ²¹
Puma andino (<i>Puma concolor</i>)	-5.545105°	-79.954252°	SERFOR

Elaborado por Milagros Mendoza.

3.2.3. CorridorDesigner

CorridorDesigner es una de las herramientas cartográficas más usadas para modelar corredores y crear hábitats potenciales. Sus objetivos son crear un modelo de hábitat e identificar fragmentos con potencial de hábitat, modelar corredores y generar un producto topográfico de pendientes (Majka et al., 2007). Su finalidad principal es identificar las áreas más idóneas o potenciales a ser

¹⁹ Es una base de datos de acceso abierto sobre biodiversidad. Disponible en <https://www.gbif.org/es/>

²⁰ GBIF.org (08 October 2022) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.yjqysn>

²¹ GBIF.org (08 October 2022) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.meg8mg>

consideradas adecuadas para la distribución de una especie predeterminada para un área de estudio. Estas áreas idóneas se encuentran entre dos parches de hábitat ya identificados para conectarlos y, de este modo, modelar el corredor ecológico. Para modelar el corredor ecológico se eligió un umbral de hábitat de 50. Es decir, los valores mayores a 50 en el ráster de aptitud (cuyo valor máximo es 98) son los seleccionados para ser el área por donde pasa el corredor y, por tanto, es óptimo para *Puma concolor*. Esto significa que aproximadamente el 50% de la aptitud calculada presenta un adecuado potencial de hábitat, tanto por la capacidad de *Puma concolor* para adaptarse al medio (LaRue y Nielse, 2008; Monroy et al., 2009) y por ser un felino grande que necesita distribuirse en espacios amplios para movilizarse y satisfacer sus requerimientos metabólicos (Lindstedt et al., 1986; Figueira et al., 2017). Un umbral mayor a 50 implica una limitación espacial en la delimitación del corredor final. Se hizo un ensayo de modelamiento con valores superiores a 80 y el resultado fue un corredor angosto.

Del mismo modo, es necesario modelar una aptitud de hábitat previamente. Para esta investigación se realizaron dos modelamientos: uno incluyendo el ráster de los puntos de avistamiento de las especies presa (modelamiento con tres aptitudes) y otro sin incluir estos puntos (modelamiento final con dos aptitudes). Esta caja de herramientas, CorridorDesigner, ayuda a cumplir el último objetivo de la investigación, que propone un corredor ecológico para *Puma concolor* en el distrito de Olmos, Lambayeque. En la *Tabla 3.9* se presentan los datos de entrada para el modelamiento. Posterior a ello, se delimitó la ruta de menor o mínimo coste para la movilización de la especie a partir del ráster final de hábitat. Esta ruta posibilita identificar las áreas de mayor conectividad entre los fragmentos de hábitat integrados y plasma el tránsito de mayor facilidad para la especie en el paisaje estudiado (Asesores Técnicos de Medio Ambiente [ATECMA] y Dirección General de Medio Natural de la Región de Murcia, 2007). Es decir, es el área en que va a haber menos obstáculos en su movilización (Paredes, 2022).

Tabla 3.9. Datos de entrada para el modelamiento del corredor ecológico

Tipo	Insumo	Fuente
Capas de data vectorizada	ACR Bosque Huacrupe - La Calera	SERNANP (https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/=
	Centros poblados	MINEDU (https://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/)
	Red hídrica	MINEDU (https://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/)
	Cobertura vegetal	MINAM (https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/cobertura-vegetal-ministerio-del-ambiente/resource/d59514fc-f957-43ca-be6d-259b9f7a2ebe)
	Red vial nacional y vecinal	MTC (https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html)
	Área de estudio ²²	Elaboración propia
	Usos de suelo	MINAM y elaboración propia
Capas ráster	Aster Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM). Cuadrantes: S06W81, S06W80, S07W81, S07W81	MINAM. (https://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx)

Elaborado por Milagros Mendoza.

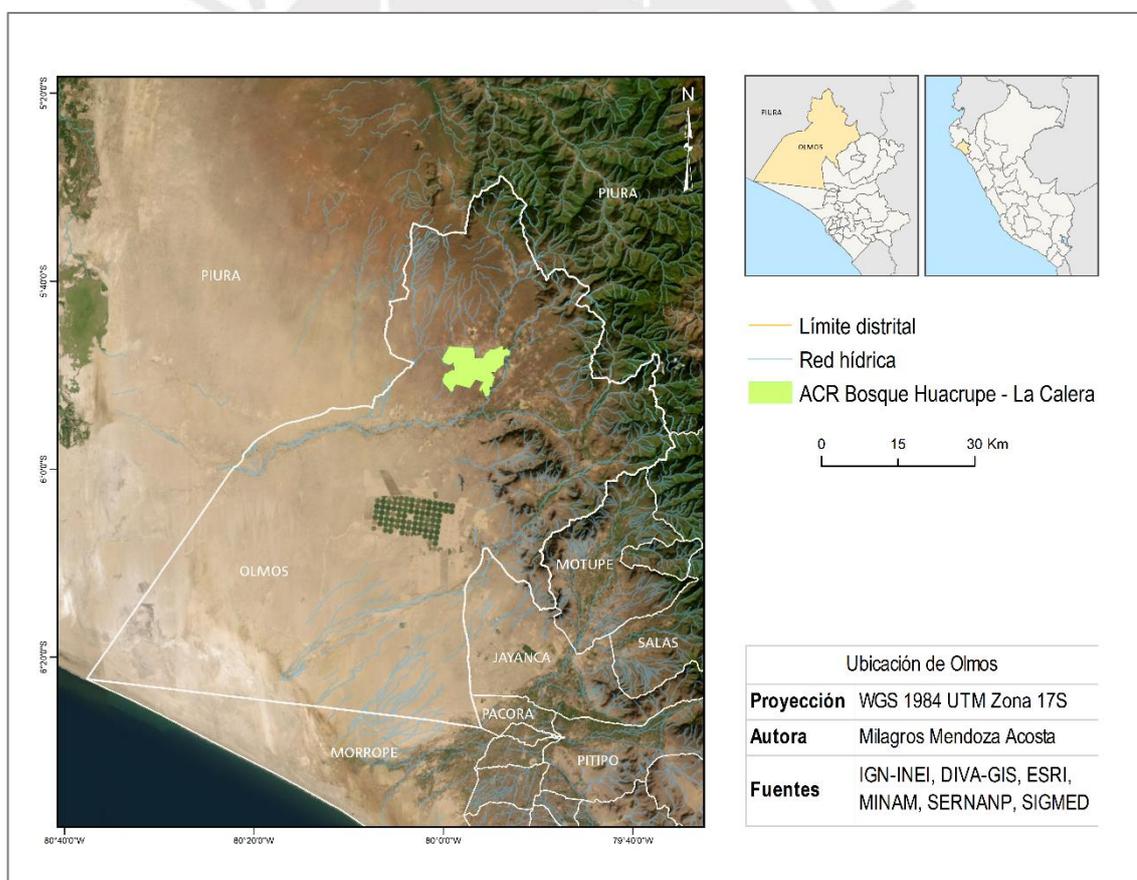
²² No refiere al distrito en su totalidad, sino al área en específico (zona idónea delimitada) en que se hará el modelamiento del corredor ecológico.

CAPÍTULO 4: ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Localización geográfica

Olmos es uno de los doce distritos que constituyen la provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque, Perú (*Mapa 4.1*). Este distrito se localiza en el extremo norte de la región, limitando con el departamento de Piura por el norte y parte del este, con el Océano Pacífico por el oeste y con la provincia de Ferreñafe por el sur. Es el distrito con mayor extensión de la región con 5 335 km², que representa el 51% de la provincia y el 33% del departamento (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.b).

Mapa 4.1. Mapa de ubicación del distrito de Olmos



Elaborado por Milagros Mendoza.

4.2. Descripción del medio físico

Geomorfología

La geomorfología de Olmos está determinada por procesos exógenos y, principalmente, endógenos como los movimientos de bloques, actividad volcánica, dislocaciones disyuntivas, entre otros, los cuales generaron estructuras tectónicas principales correspondientes al Paleógeno-Neógeno (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.d). Fisiográficamente, hay tres paisajes: aluvial, fluvio-marino y eólico, modelados por factores tectónicos y de erosión (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.d). El paisaje aluvial se compone de llanuras y de los cauces o lechos de río; el paisaje fluvio-marino es producido por orogénesis y los Andes, que posibilitan los suelos marinos y planicies cerca al litoral (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.d). El paisaje eólico predomina en la zona suroeste, como las dunas, las cuales son formadas por las acumulaciones de arena acarreada por el viento sobre depósitos aluviales de los ríos Cascajal y Olmos (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.d).

Topografía y relieve

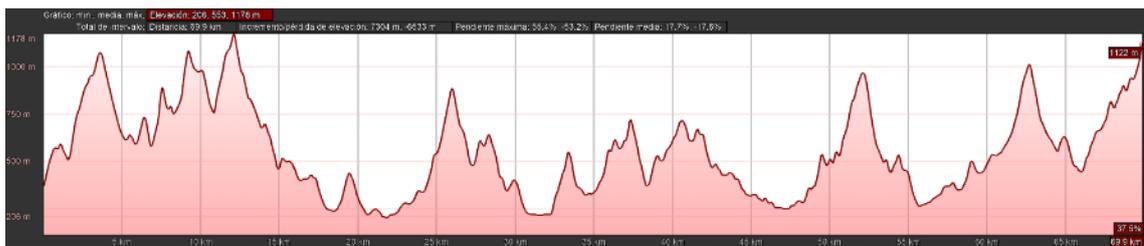
Relieve poco accidentado, relativamente llano con pequeñas lomas y planicies denominadas pampas, originadas a partir de los ríos que nacen en los contrafuertes andinos (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.a). Las gradientes altitudinales se encuentran en un rango de 3 msnm en el litoral hasta 1 200 msnm en la zona este del distrito como se puede evidenciar en los perfiles topográficos. La *Figura 4.1* corresponde a un corte de oeste a este, mientras que la *Figura 4.2* se tomó transversalmente en el área premontana.

Figura 4.1. Perfil topográfico de oeste a este, del litoral al área premontana



Tomado con Google Earth Pro.

Figura 4.2. Perfil topográfico en el este, área premontana



Tomado con Google Earth Pro.

Hidrografía

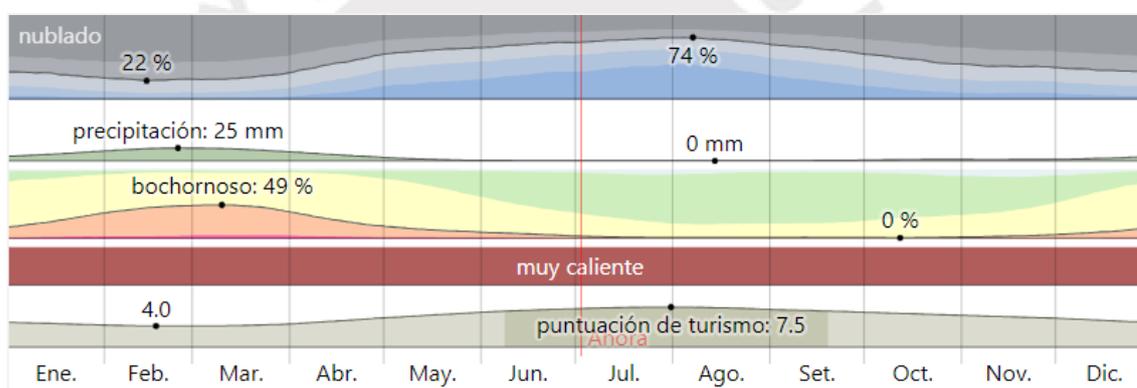
De acuerdo con el geoservidor²³ de la Autoridad Nacional del Agua, en el área de estudio se localizan cuatro cuencas hidrográficas: Olmos, Cascajal, Insculás y Ñaupe. La cuenca del río Olmos nace en el cerro Porculla (Huancabamba, Piura) y recorre hasta el sur del distrito y las tierras de Mórrope (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.c.). El río Cascajal posee un recorrido de 130 km desde Huancabamba, Piura. La cuenca Insculás posee un río de 50 km, que nace de los cerros de Chonta y San Martín de Congoña y confluye con el río Cascajal (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.c.). Por último, el río de la cuenca Ñaupe es de 38 km y confluye con el río Insculás en el sector de La Calera (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.c.).

²³ Observatorio SNIRH. <http://snirh.ana.gob.pe/ObservatorioSNIRH/>

Clima

Semitropical o seco tropical por su distancia a la costa subtropical y desértica (Yesquen, 2019). A nivel de Lambayeque, el clima que predomina es árido y cálido con deficiencia de humedad en todo el año, incluyendo a Olmos (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2021). En Olmos, la temperatura supera los 30 °C menos en invierno, en la que disminuye entre 27 a 29 °C. Invierno y primavera son secos en la parte norte del distrito (SENAMHI, 2021). A continuación, se presenta un climograma para el distrito de Olmos del 2022 al 2023 (Figura 4.3).

Figura 4.3. Climograma del distrito de Olmos



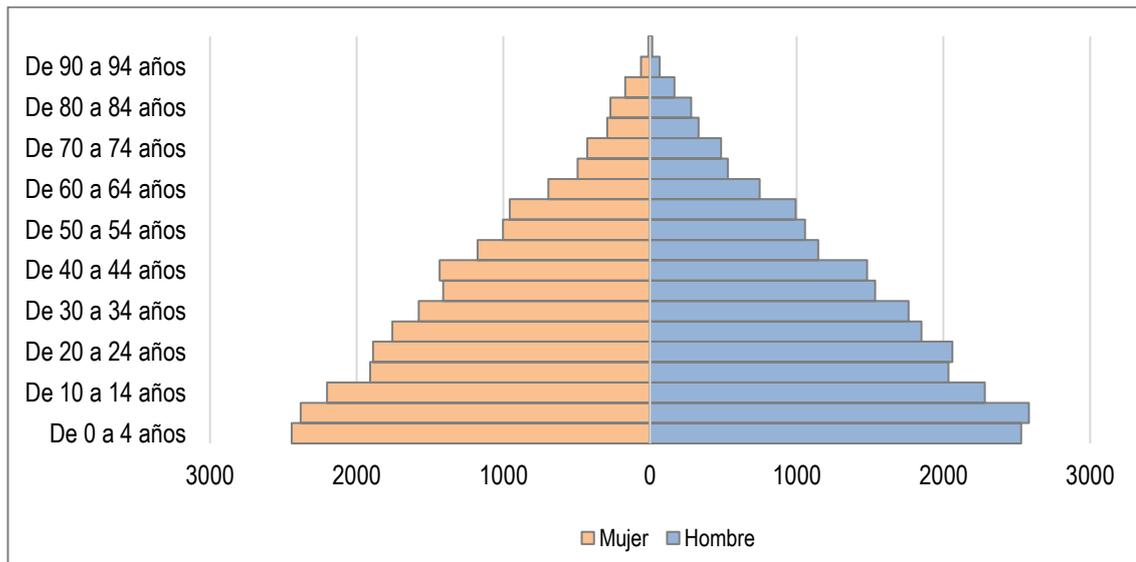
Fuente: Weather Spark.

4.3. Descripción del medio humano

Características demográficas

Olmos posee una población de 46 484 personas, siendo el 68.86% población rural, mientras que la zona urbana acoge al 31.14% (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017). Su composición por sexo está casi equilibrada con una diferencia menor a 3%. El sexo masculino se compone del 51,47% de los habitantes, mientras que el sexo femenino representa el 48,53% (INEI, 2017). Se presenta la pirámide poblacional del distrito en la Figura 4.4.

Figura 4.4. Pirámide poblacional de Olmos para el año 2017



Elaborado por Milagros Mendoza con datos de INEI, 2017.

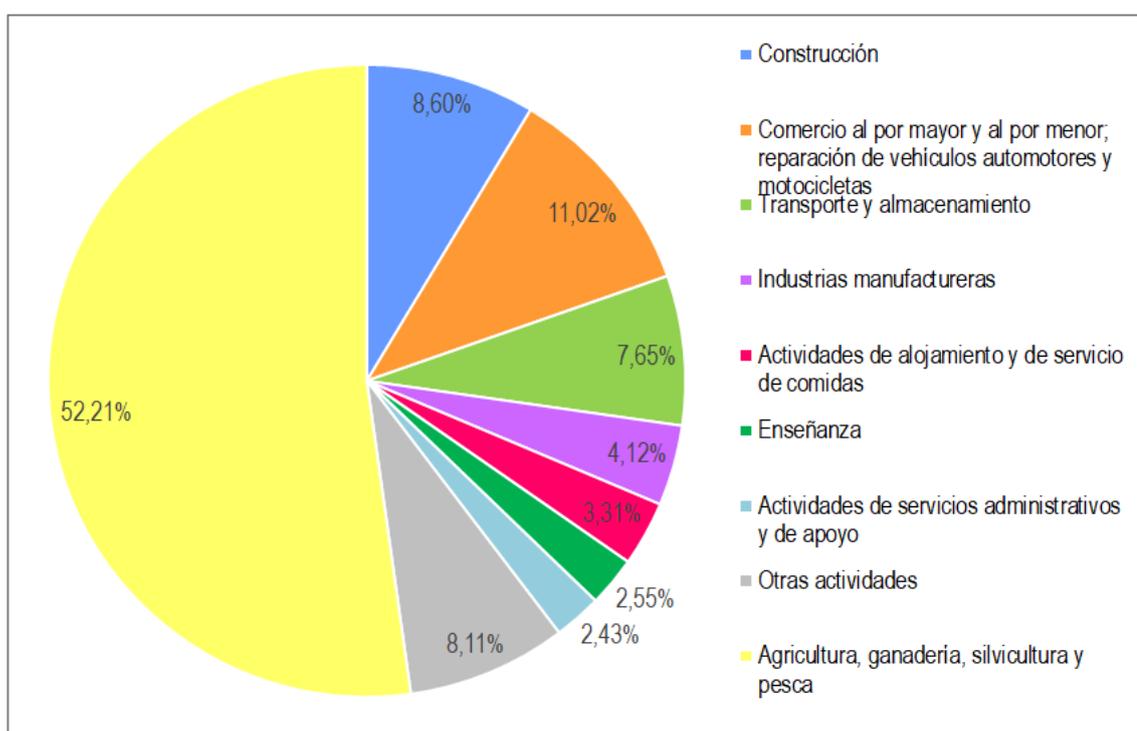
La esperanza de vida al nacer es de 74,91 años, el número de años de educación es de 6,37 para personas mayores de 25 años, 59,05% de la población (18 años) posee secundaria completa y, en un contexto familiar, el ingreso familiar per cápita es de S/. 742,50 (INEI, 2019). Para el 2019, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] (2019) calculó un Índice de Desarrollo Humano [IDH] de 0,4703, que corresponde al grado más bajo de los cuatro niveles de desarrollo humano ($< 0,55$).

En cuanto al sector educación, hay acceso a los niveles inicial, primaria, secundaria y superior. Ello ha posibilitado el incremento de la población con estudios y de los grados de educación, así como disminuir las tasas de analfabetismo (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.a). Para el 2017, el 14,79% de la población no sabía leer ni escribir (INEI, 2017). Por otro lado, hay migración a ciudades próximas como Piura, Chiclayo y Trujillo con la finalidad de profesionalizarse (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.a).

Actividades económicas

En el 2017, el 52,21% de los habitantes se encontraba trabajando en un negocio de actividades primarias (agricultura, ganadería, silvicultura o pesca), seguidos del sector comercio con un 11,02% (INEI, 2017). En las áreas urbanas, las personas laboran en comercio o en alguna instalación de la ciudad (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.a). Se presenta un gráfico de mayor detalle (Figura 4.5).

Figura 4.5. Actividades económicas de Olmos para el año 2017



Elaborado por Milagros Mendoza con datos de INEI, 2017.

A escala departamental, la agricultura es más tecnificada en el área costera a comparación de la zona andina, en donde existe un limitado desarrollo tecnológico y la producción se destina para el autoconsumo mayormente (Gobierno Regional de Lambayeque, 2008). Debido a la topografía y los rasgos climáticos, aún existen suelos con potencial agrícola (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017). Los principales cultivos son el limón, mango, maracuyá, uva, plátano orgánico, entre otros (MVCS, 2017). El limón es el principal cultivo desde hace cuatro décadas y, también, se ha

expandido la fruticultura, generando el aumento de las exportaciones de mango (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.a). También hay presencia del PEOT (Figura 4.6) en la zona centro del distrito, que desarrolla grandes proyectos productivos y promueve el cultivo de hortalizas, como lentejas, pimiento, ají, zanahoria, beterraga, culantro, col, entre otros (PEOT, 2016). También hay hectáreas con plantaciones de caña de azúcar, palta, uva, mango, arándano, páprika, maracuyá, entre otros, con apoyo de otras empresas, como AGROLMOS, Agrovisión, INAGRO, entre otros (PEOT, 2016).

Figura 4.6. Agricultura del Proyecto Especial Olmos Tinajones



Fuente: PEOT.

En cuanto a ganadería, en Olmos se practica para autoabastecimiento, pues prevalece a la agricultura (Cuentas, 2019). En el distrito existen 3 458 productores de carne, que crían 16 945 cabezas de vaca, 5 082 cabezas de oveja y 46 869 cabezas de cerdo (RPP, 2018). La comunidad Campesina Santo Domingo de Olmos [CCSDO] posee una Asociación de Pequeños Ganaderos (Comunidad Campesina Santo Domingo de Olmos – Lambayeque, 2023) (Figura 4.7).

Figura 4.7. Logo de la Asociación de Pequeños Ganaderos de Olmos



Fuente: Facebook de la Comunidad Campesina Santo Domingo de Olmos – Lambayeque.

En el caso de la forestería, el bosque seco es una fuente importante de recursos maderables y no maderables para las familias de las áreas rurales del distrito (Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral [AIDER], s.f.). El área de monte espinoso posee una vocación natural para la actividad forestal (Gobierno Regional de Lambayeque, 2012). Sin embargo, ciertos sectores se encuentran sometidos al pastoreo intenso periódico, por lo que se propone un manejo del bosque mediante tratamientos silviculturales para recuperar su verdadero potencial y posibilitar el aprovechamiento sostenible de sus recursos maderables y no maderables (Gobierno Regional de Lambayeque, 2012). Usualmente hay extracción de la cobertura arbórea, infringiendo las restricciones legales para esta actividad (Gobierno Regional de Lambayeque, 2012). Ciertas áreas han sido sobreexplotadas y tienen aptitud forestal, en las que es posible introducir especies nativas para mayor rentabilidad y, por sus condiciones edáficas y climáticas, es posible el desarrollo de algarrobo, hualtaco, entre otras especies (MVCS, 2017).

Historia y cultura

El nombre del distrito está vinculado a la especie vegetativa Olmo que crecía en Europa, de apariencia similar a los robustos árboles de Olmos en la época en que los conquistadores transcurrían por la zona en dirección a Lima (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.b). Se fundó en 1573 con el nombre Santo Domingo de Olmos a cargo del visitador General don Bernardino de Loayza en el gobierno del virrey don Francisco de Toledo (Municipalidad Distrital de Olmos, s.f.b). Existe la probabilidad de que las culturas Chavín, Mochica, Chimú y la cultura inca hayan influenciado en la población prehispánica de Olmos, evidenciado en la herencia cultural presente en los petroglifos, las prácticas agrícolas, los centros ceremoniales y las zonas arqueológicas del distrito (MVCS, 2017).

En cuanto a comunidades campesinas, una de las más extensas y antiguas es la comunidad Santo Domingo de Olmos (Cuentas, 2019). Se compone de 135 caseríos distribuidos de manera dispersa y poseen una Asamblea General con un grupo de comuneros delegados (Cuentas, 2019). Actualmente, su presidente comunal es Santos Montalvan desde el 2022 (CCSDO, 2023). La comunidad se divide en cuatro grupos de acuerdo a la tenencia de tierras (Burneo y Ilizarbe, 1999). Están los comuneros sin tierras que se dedican a trabajar la tierra de terceros; los comuneros que han recibido tierras por parte de la comunidad; los comuneros con adquisición de tierras antes de 1920 y, por último, los comuneros que practican la ganadería en zonas escasamente fértiles y que cultivan en la temporada húmeda (Burneo y Ilizarbe, 1999).

4.4. Descripción del medio ecológico

Zonas ecológicas de vida

El distrito corresponde a la región chala o costa y, en menor proporción, a la yunga marina de acuerdo a la clasificación de regiones de Pulgar Vidal. El geoservidor del SENAMHI²⁴ exhibe que hay tres zonas de vida en Olmos, según la clasificación del método de Holdridge: monte espinoso, matorral y el desierto (de mayor a menor altitud). Según el Gobierno Regional de Lambayeque (2012), la zona de matorral se divide en dos clases y la zona de desierto se organiza en cuatro y presentan los siguientes rasgos (*Tabla 4.1* y *Tabla 4.2*):

Tabla 4.1. Zonas ecológicas de vida del desierto en el área de estudio

Desierto desecado - Premontano Tropical	Franja angosta paralela al litoral. Planicies y ondulaciones cubiertas de arena y zonas agrícolas planas. En menor medida, colinas bajas sobre las planicies. Ciertas áreas con nula vegetación o rala.
Desierto superárido - Premontano Tropical	Franja paralela al desierto desecado con planicies y ondulaciones cubiertas de arena y zonas agrícolas planas. Zona de humedad super árida. Nula vegetación y rala y existe un monte ribereño mezclado con las áreas de cultivo.
Desierto superárido - Tropical	Franja angosta. Planicies y ondulaciones con arena en la zona nororiental. Zona de humedad super árida. Hay parches arbóreos de algarrobo y sapote.
Desierto perárido - Premontano Tropical	Franja paralela al desierto superárido tropical. Desierto costero con superficies plano-onduladas y piedemontes. Esta zona presenta déficit de humedad en el suelo, lo que lo cataloga como un área de humedad perárida.

Elaborado por Milagros Mendoza con base en Gobierno Regional de Lambayeque (2012).

²⁴ Geoservidor SENAMHI.

<https://idesep.senamhi.gob.pe/geovisoridesep/go?accion=05.06.001.03.001.521.0000.00.00>

Tabla 4.2. Zonas ecológicas de vida del matorral y monte espinoso en el área de estudio

Matorral desértico - Premontano Tropical	En las estribaciones inferiores de los Andes, en suelos planos-ondulados y terrenos abruptos. Se avistan colinas bajas y altas, lomadas, piedemontes y fondos de valle con relieve plano. Es una zona árida. Presencia de zapote, algarrobo y bichayo.
Matorral desértico - Tropical	Plano en el fondo de los valles con inclinaciones y áreas empinadas en los piedemontes. Es una zona perárida. Se conforma de árboles aislados, que forman rodales. Predominan el algarrobo, el zapote, el bichayo y el overo y ciertas gramíneas de lluvias veraniegas.
Monte espinoso - Premontano Tropical	En la zona bajo andina. Terrenos accidentados, paisajes de altas colinas y vertientes montañosas con pendientes fuertes. Semiárido por el déficit de humedad en el suelo. Hay bosques pluvifolios y con altura hasta los 20 metros. Abundan el hualtaco, palo santo, charán, pasallo, polo polo y ceibo. El sotobosque se conforma de arbustos caducifolios y herbáceas.

Elaborado por Milagros Mendoza con base en Gobierno Regional de Lambayeque (2012).

Áreas Naturales Protegidas

Según la Sociedad Peruana de Derecho [SPDA] (2011), existen tres categorías de ANP de acuerdo a su tipo de gestión: 1) Las ANP son administradas por el SERNANP, correspondiente al gobierno nacional. 2) Las ACR son gestionadas por el gobierno regional. 3) Las ACP son manejadas por entes particulares, las cuales solicitan el reconocimiento.

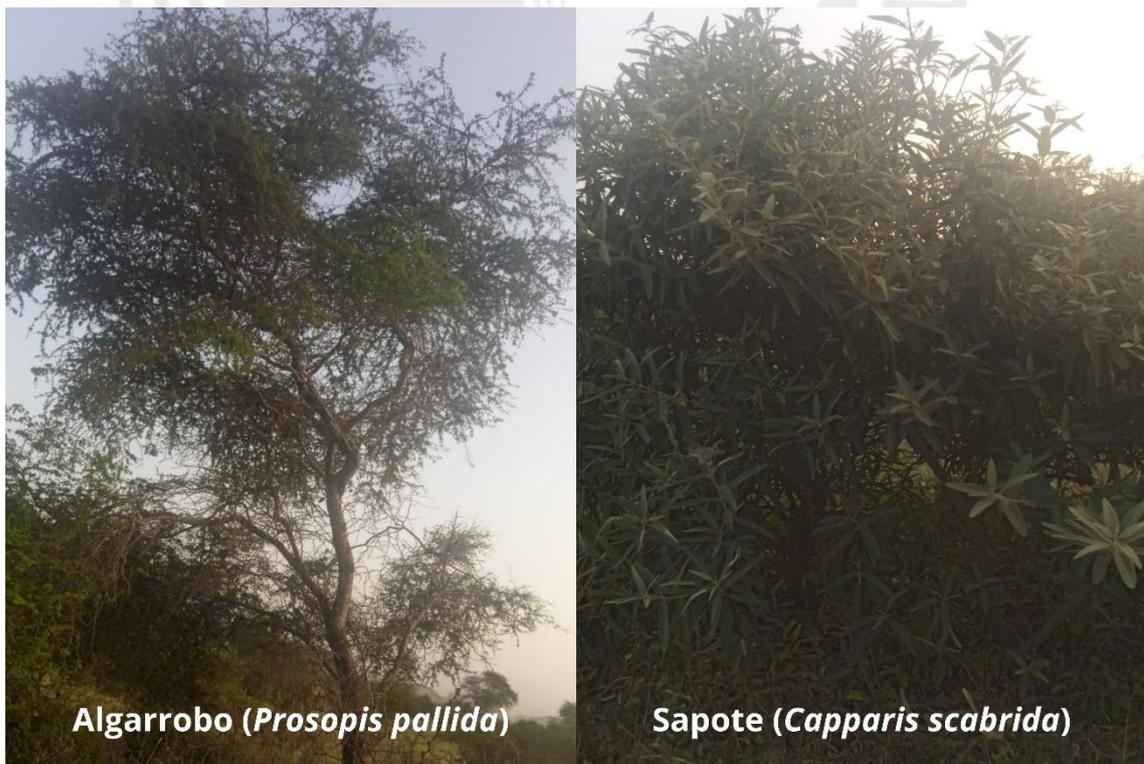
En el departamento de Lambayeque hay siete ANP y solo una de ellas se ubica en Olmos. Esta es el ACR Bosque Huacrupe-La Calera, cuya extensión es de 7 272,27 ha y fue reconocida como tal en el 2011 mediante el D.S. N° 012-2011-MINAM²⁵. Su objetivo es conservar una muestra representativa del bosque seco de sabana o llanura en la región, asegurando el uso sostenible de la flora y fauna por parte de la población (MINAM, s.f.). Otro objetivo de la ACR es conservar el hábitat y las poblaciones de las siguientes especies: cóndor andino (*Vultur*

²⁵ D.S. N° 012-2011-MINAM: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/DS-012-2011-MINAM.pdf>

gryphus), puma andino (*Puma concolor*), murciélagos (*Eptesicus innoxius*), boa peruana (*Boa constrictor ortonii*) y sancarranca (*Bothrops barnetti*) (MINAM, s.f.).

Dentro de sus límites habitan 200 familias distribuidas en cuatro caseríos, llamados Santa Rosa, Calera Santa Isabel, San Cristóbal Grande y Piedra Mora, quienes emplean los recursos y servicios ecosistémicos del bosque (Yauce, 2017). En esta ACR se han registrado 45 especies de flora, de las cuales siete se encuentran amenazadas: el algarrobo (*Prosopis pallida*), el sapote (*Capparis scabrida*) (Figura 4.8), el faique (*Vachellia macracantha*), el hualtaco, el palo santo (*Bursera graveolen*) y el aromo (*Acacia farnesiana*) (Gobierno Regional de Lambayeque, 2011). Respecto a la fauna, se encuentran especies como el puma andino (*Puma concolor*), el venado (*Odocoileus virginianus*), el zorro costeño (*Lycalopex sechurae*), el chisco (*Mimus longicaudatus*) y diversidad de aves y reptiles (Cuentas, 2015b).

Figura 4.8. Especies arbóreas del bosque seco: el algarrobo y el sapote



Fotografías de Maritza Acosta Delgado, julio del 2023.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

El presente capítulo exhibe los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación. Se organiza en tres partes, siguiendo el orden de los objetivos específicos mencionados en el primer capítulo. La primera parte muestra la evolución de las coberturas de suelo en el área de estudio desde el 2016 hasta el 2022. En segunda instancia, se muestra la superposición de capas de elementos antropogénicos presentes en el área de estudio, las cuales impactan en el paisaje y fragmentan el área de distribución de la especie. En cuanto a la información a nivel físico y ecológico del área, se muestran los resultados obtenidos en sus respectivos procesamientos al modelar el corredor. Por último, se presenta la propuesta de corredor ecológico para *Puma concolor*, como una posible estrategia para la conservación de la especie en su hábitat.

5.1. Análisis multitemporal

La evolución de los usos de suelo, en este estudio, abarca los años 2016, 2018, 2020 y 2022 con el objetivo de tener una muestra representativa y actualizada de los cambios. Ello permite analizar el paisaje actual e identificar la tendencia a futuro. Los meses de procedencia de las imágenes para la clasificación corresponden a la temporada de menor intensidad de lluvias en Olmos debido a que es la época en que la vegetación se encuentra en su nivel mínimo de crecimiento. Por tanto, es posible identificar la realidad menos favorable de la cobertura vegetal en todo el año, además que la nubosidad disminuye y permite observar la capa terrestre. En contraste, la cobertura nubosa aumenta en los meses de lluvias intensas, lo cual es una limitación al trabajar con sensores remotos en áreas tropicales como el Perú (Yaringaño, 2022).

En general, los resultados obtenidos de la clasificación supervisada evidencian la predominancia de cobertura vegetal natural en las zonas de mayor gradiente altitudinal, correspondiente al hábitat de *Puma concolor*. Existe una diferencia en

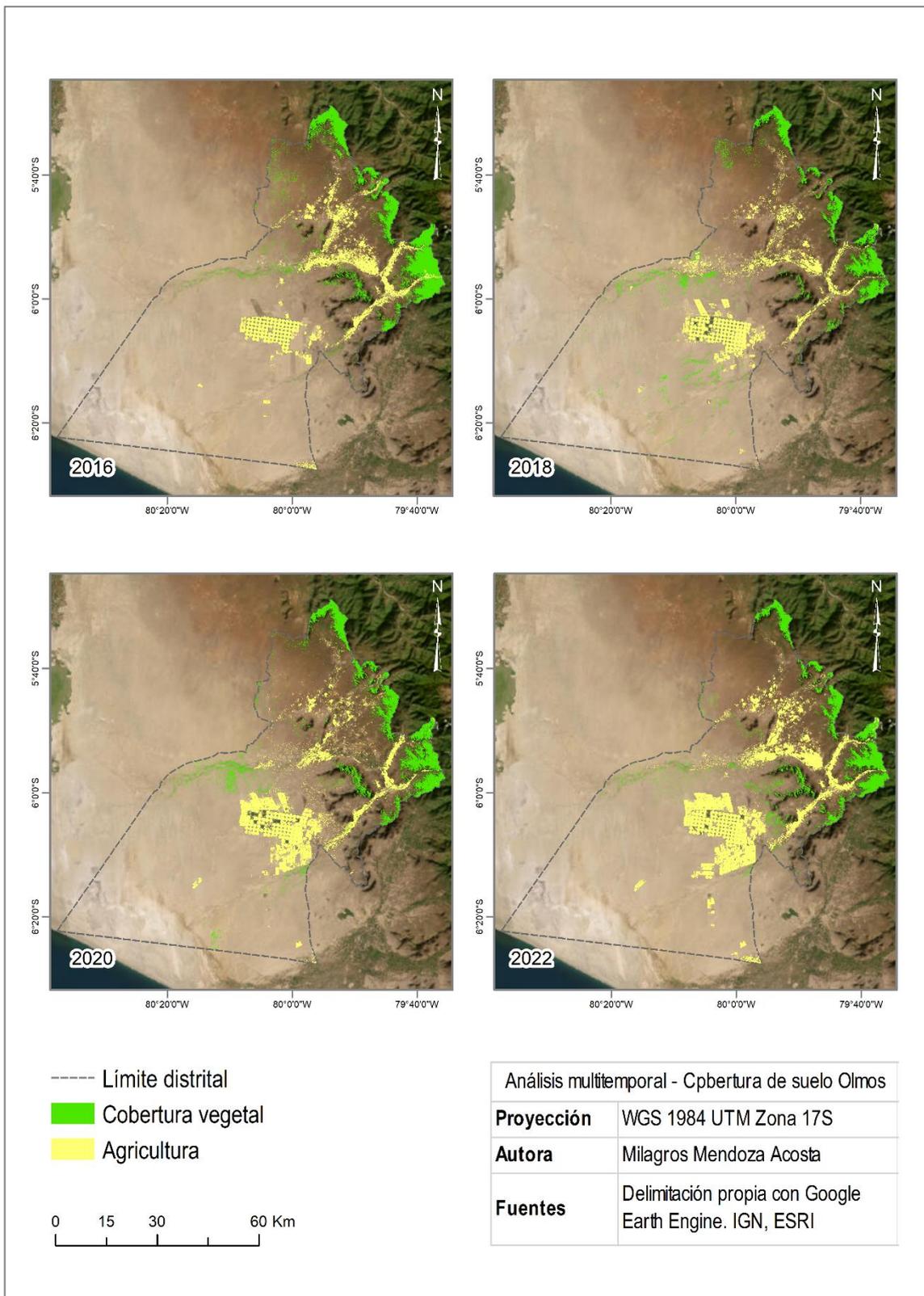
los patrones de crecimiento, pues la vegetación boscosa se identifica como parches, mientras que la vegetación ribereña es más alargada siguiendo el patrón de los ríos y quebradas. La inclusión de la vegetación ribereña es muy importante, pues permite el acceso a cuerpos de agua para *Puma concolor*. Además, estos parches de plantas son considerados como corredores ecológicos naturales (Granados et al., 2006).

En cuanto a la agricultura, uno de los sectores más visibles en cada año es el PEOT. Asimismo, la agricultura se ha expandido de las áreas más planas hacia las zonas con mayor altitud, siguiendo patrones lineales según el curso de los ríos. Con el paso de los años, es posible observar la introducción de la actividad en los parches de vegetación o abarcando mayor área de suelo desnudo.

5.1.1. Cambios en las coberturas de suelo: Clasificación supervisada

A continuación, se presentan los mapas de clasificación para los años 2016, 2018, 2020 y 2022 (*Mapa 5.1*). En estos se muestran las dos clases a analizar: cobertura vegetal natural y agricultura, representadas en color verde y amarillo, respectivamente. Cabe resaltar que la imagen satelital usada como mapa base es la misma para cada año, por lo que no refleja la delimitación de las clases necesariamente. Esta imagen fue obtenida de ESRI.

Mapa 5.1. Clasificaciones supervisadas para cada año de estudio



Elaborado por Milagros Mendoza.

Para el año 2016, sin considerar el PEOT (polígonos amarillos circulares en el centro de Olmos), el desarrollo de la agricultura se distribuyó en la zona este del distrito, principalmente. Como se puede observar en el mapa, los campos de cultivo son diferenciables por su forma geométrica, la actividad se realiza en áreas llanas, rodea las formaciones montañosas y, por su forma alargada en ciertos espacios, sigue el patrón de los ríos y quebradas. Asimismo, en el límite este, los campos de cultivo colindan con la cobertura boscosa, es decir, se ha expandido hacia elevadas altitudes y ha fragmentado la continuidad del bosque.

En el 2018, la agricultura disminuyó en general, incluyendo los campos de cultivo que fragmentaron el bosque en la parte este el año de estudio anterior. Aun así, se extendió hacia la zona centro (al norte del PEOT), límite con Piura. En esta área, las parcelas se mezclan con la vegetación ribereña, lo que implica la introducción de la actividad en la cobertura vegetal natural en zona llana para aprovechar el agua para riego y los suelos fértiles para la producción. Lo mismo ocurre en dirección al norte, en donde se observan pequeños parches agrícolas distribuidos linealmente.

Al igual que en el 2018, el 2020 presenta un área agrícola de menor extensión a comparación del 2016, sin considerar el PEOT que aumentó en área. En contraste, para el 2022, la agricultura creció significativamente, superando el área del 2016. Si bien los patrones de distribución son los mismos, parece ser que los campos de cultivo han adoptado una forma lineal aún más marcada en los valles. También, ha habido un incremento de parcelas en dirección a la zona norte, rodeando las formaciones montañosas del ACR Huacrupe-La Calera.

Respecto al comportamiento de la cobertura vegetal natural, los parches de bosque se distribuyen en la zona montañosa de Olmos en el límite este. Asimismo, hay presencia de esta vegetación en las formaciones montañosas al este del PEOT. En el 2016, esta cobertura poseía mayor extensión y los parches eran más continuos a comparación de los años posteriores de estudio,

especialmente los parches ubicados en el límite este. Para los años 2018, 2020 y 2022, el área boscosa presenta más ramificaciones por el relieve del terreno, siguiendo la forma de las pendientes, y presenta cortes por la expansión de la actividad agrícola.

En cuanto a la vegetación ribereña, es posible visibilizarla solo en la zona centro del distrito, al norte del PEOT, pues la agricultura abarca las fajas marginales de los otros ríos y quebradas. Tanto en el 2016 y 2020, el verdor de las plantas es más representativo y con menor interacción de espacio con la actividad agrícola a comparación de los años 2018 y 2022, siendo el último el que menor vegetación ribereña posee.

5.1.2. Área y tasas de variación de las coberturas de suelo

En el apartado anterior se exhibieron los resultados para los cuatro años de estudio, que permiten entender un escenario actual e identificar los remanentes de vegetación natural en los que *Puma concolor* aún puede distribuirse. Además, permite distinguir la tendencia de la expansión de la actividad agrícola, la cual muestra su introducción en zonas boscosas, interrumpiendo la continuidad de las zonas más favorables para la especie.

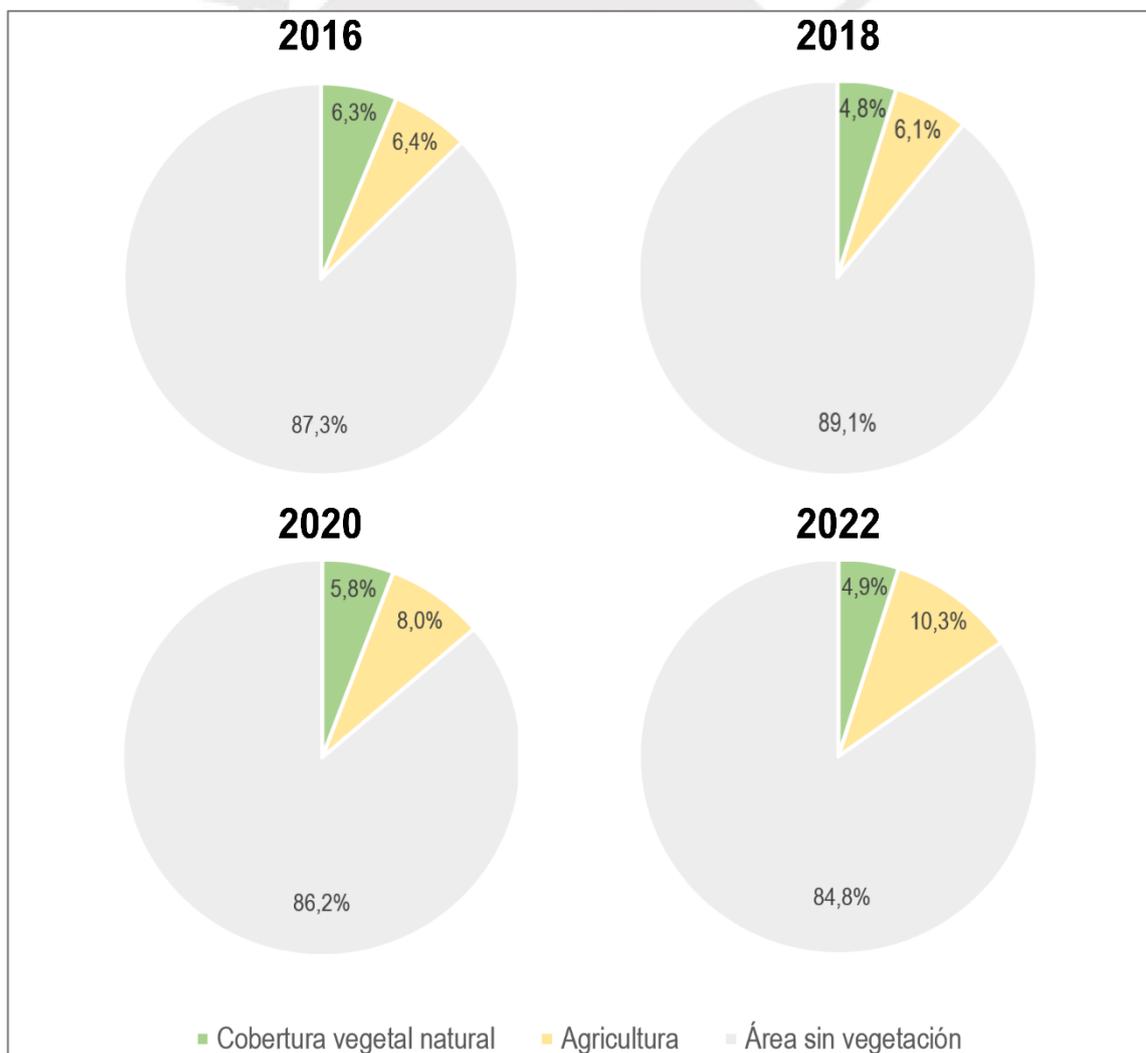
Además de identificar la variación espacial de la vegetación, es importante profundizar en el área de extensión de cada una con el objetivo de entender la tendencia de su crecimiento y reducción para los años posteriores. Ello impactará en la distribución de la especie de estudio y de la funcionalidad del corredor ecológico a futuro. A continuación, se presenta una tabla (*Tabla 5.1*) en la que se detallan los años de análisis para la clasificación supervisada y el área en hectáreas que abarcó la cobertura vegetal natural y la agricultura para cada año. Por último, se incluye el porcentaje (%) que representan las áreas a escala del distrito y la tasa de diferencia respecto al año previo (*Tabla 5.1* y *Figura 5.1*).

Tabla 5.1. Cambios en la cobertura vegetal con base en los resultados de las clasificaciones supervisadas para cada año de estudio

Año de análisis	Cobertura vegetal natural			Agricultura		
	Área (ha)	%	Tasa	Área (ha)	%	Tasa
2016	34 830	6,3	-	35 667	6,4	-
2018	26 711	4,8	-1,5	34 036	6,1	-0,3
2020	32 348	5,8	+1,0	44 253	8,0	+1,9
2022	27 344	4,9	-0,9	57 523	10,3	+2,3

Elaborado por Milagros Mendoza.

Figura 5.1. Cambios en la cobertura vegetal (2016-2022)



Elaborado por Milagros Mendoza.

De acuerdo con los resultados exhibidos en la tabla y en los gráficos, es posible observar tendencias opuestas de crecimiento y reducción para la cobertura vegetal natural y para la actividad agrícola. En general, los bosques y la vegetación ribereña han tendido a disminuir con el paso de los años, a comparación de la agricultura, que ha incrementado.

Si bien la cobertura natural incrementó para el 2020 (+1%), este es un aumento mínimo. Se evidencia la predominancia de una reducción de área para el año 2018 (-1,5%) y para el 2022 (-0,9%), formando una tendencia negativa en su mayoría, considerando los cuatro años de estudio. Es en el 2016 en que la vegetación llegó a su nivel máximo de representación con un 6,3%, correspondiente a 34 830 ha del distrito de Olmos. Comparando esta cifra con el 2022, hubo una variación negativa de 7 486 ha.

Respecto a la agricultura, si bien su extensión se redujo para el 2018 (-0,3%), los años posteriores indican que hubo mayor cantidad de campos de cultivo, pues aumentó 1,9% para el 2020 y 2,3% para el 2022. Aun así, la mayor variación ocurre al comparar el área calculada en el 2016 (35 667 ha) con el área calculada en el 2022 (57 523 ha), pues hay una diferencia positiva superior a 20 000 ha.

Contrastando ambos tipos de cobertura, independientemente de las tasas de variación, la agricultura predomina en el distrito de Olmos en cada año de estudio. A pesar de que en el primer año ambas clases exhibieron una superficie de similar tamaño, las diferencias de extensión y tendencias son más marcadas con el paso de los años.

5.2. Presencia de elementos humanos, físicos y ecológicos en Olmos

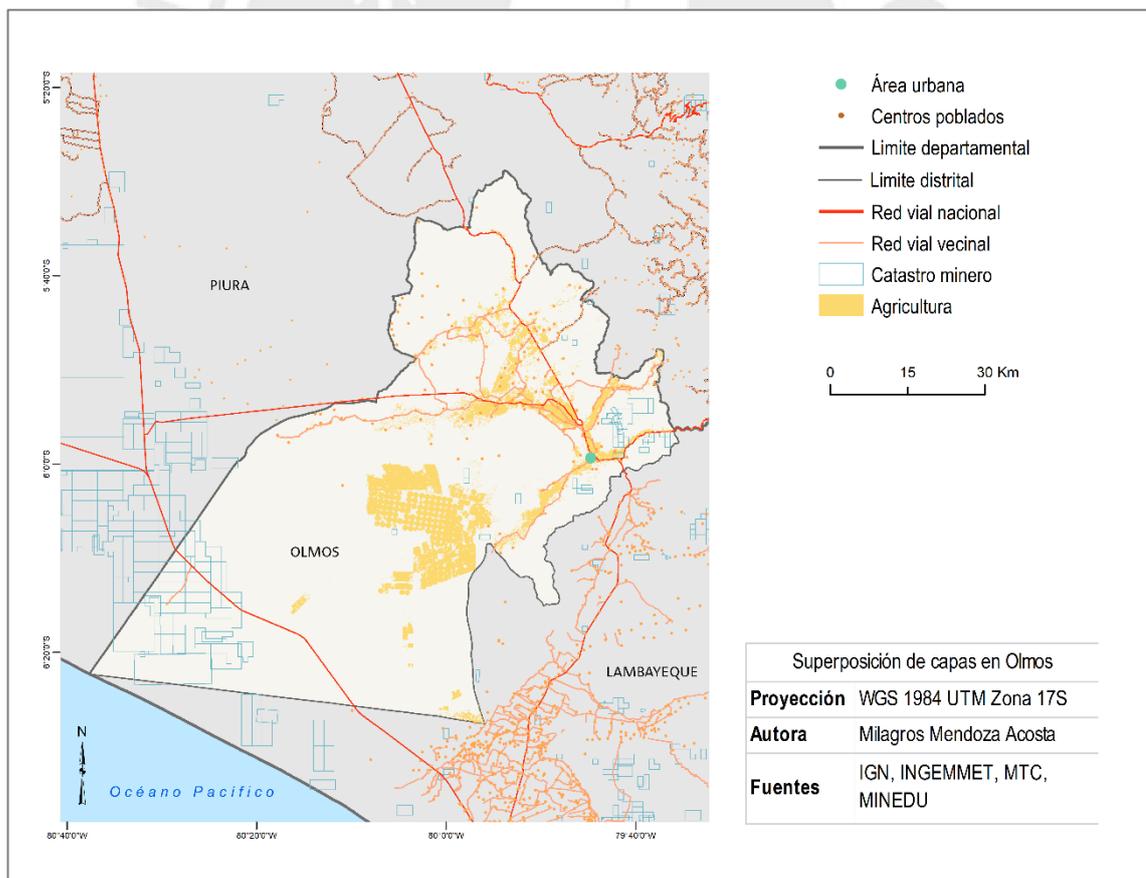
Los mapas de clasificación permitieron identificar la expansión de la frontera agrícola en Olmos desde la zona centro en dirección a las partes más altas, lo cual ha causado la fragmentación de los paisajes naturales conformados de ecosistemas vegetales boscosos y ribereños. Sin embargo, este no es el único

factor que genera paisajes discontinuos, es importante integrar más información respecto a la dimensión humana y el desarrollo de la población en el distrito.

Por lo tanto, se realizó una superposición de capas de elementos antropogénicos (*Mapa 5.2*) que permite identificar las zonas con mayor y menor nivel de perturbaciones humanas. Esto a modo de diagnóstico sobre las potencialidades y las limitaciones del espacio geográfico seleccionado. El nivel de perturbación depende de la concentración espacial y cómo se caracterizan los elementos antropogénicos, tales como las vías, los centros poblados y la actividad minera. Esto se vincula con la presencia de los campos agrícolas identificados en la clasificación supervisada del año 2022.

5.2.1. Superposición de variables humanas

Mapa 5.2. Superposición de elementos antropogénicos



Elaborado por Milagros Mendoza.

La parte central del distrito posee vegetación e infraestructura de origen antrópico correspondientes al PEOT, indicador de que la actividad humana para riego e hidroenergía se encuentra sólidamente establecida en dicha área. En el litoral, la agricultura es casi nula, pero hay concentración de concesiones mineras, que se expanden hacia afuera del área de estudio, tanto hacia el norte como hacia el sur. Asimismo, hay dos vías, una vecinal de tramo corto y una nacional que traspasa los límites del distrito.

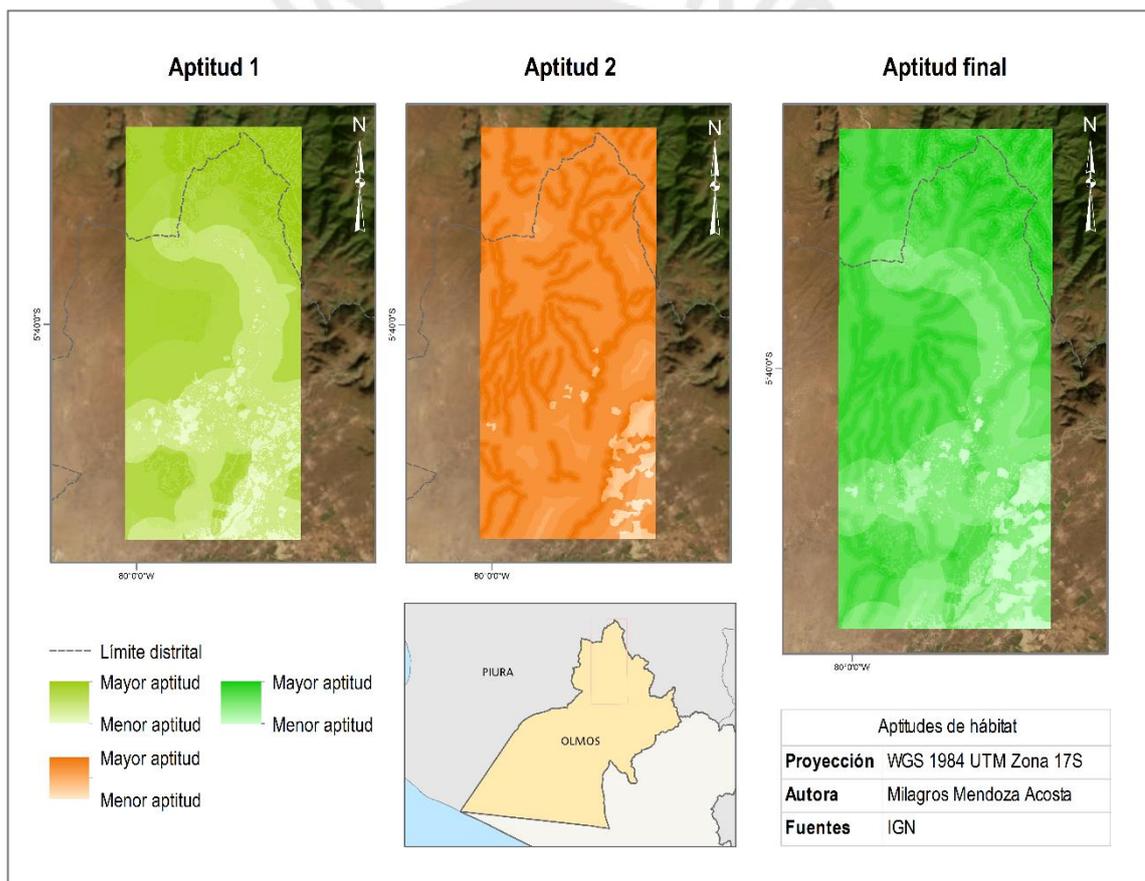
La zona este de Olmos es la de mayor relevancia para este estudio por constituirse del bosque seco y de vegetación ribereña, que son hábitat de *Puma concolor* y otras especies. Esta parte puede dividirse en dos sectores de acuerdo a los niveles de perturbación humana, siendo la que se encuentra al sureste la que recibe mayor impacto antrópico. En este sector se concentra la agricultura y hay numerosas concesiones mineras (tituladas y en proceso de titulación) ubicadas próximamente al límite con Piura y al resto de distritos de Lambayeque. También hay numerosos centros poblados que se distribuyen de acuerdo al patrón de la red hídrica y de la red vial nacional o vecinal. Además, hay intersecciones entre carreteras concentradas cerca del área urbana.

En el otro sector, ubicado al norte, hay presencia de centros poblados más dispersos, que repiten el patrón de los ríos y de las vías. Hay menor cantidad de vías y de intersecciones. La agricultura es menos frecuente y está dispersa o, en casos, sigue el patrón de los ríos y vías vecinales. Las actividades mineras son casi nulas, pues existe una sola concesión minera en la punta norte. Entonces, es posible decir que este sector es el que menos recibe impacto antrópico. Como se observa en el mapa de clasificación supervisada para el 2022, la zona norte no muestra un paisaje fragmentado por la actividad agrícola, sino presenta continuidad en la mayor parte de los terrenos boscosos.

5.2.2. Aptitud de hábitat en el norte de Olmos

Después de haber identificado la zona norte como el área con mayor idoneidad, se realizó la superposición de variables humanas, físicas y ecológicas para obtener la aptitud de hábitat. Para obtener la aptitud final, primero se cruzaron dos capas ráster de aptitud²⁶. En el *Mapa 5.3* se presentan estas dos capas y el ráster final. Como se observa en las leyendas, las tonalidades más claras en cada mapa indican menor aptitud de hábitat para la especie, mientras que las más oscuras representan el nivel máximo de aptitud.

Mapa 5.3. Aptitudes de hábitat en el norte de Olmos

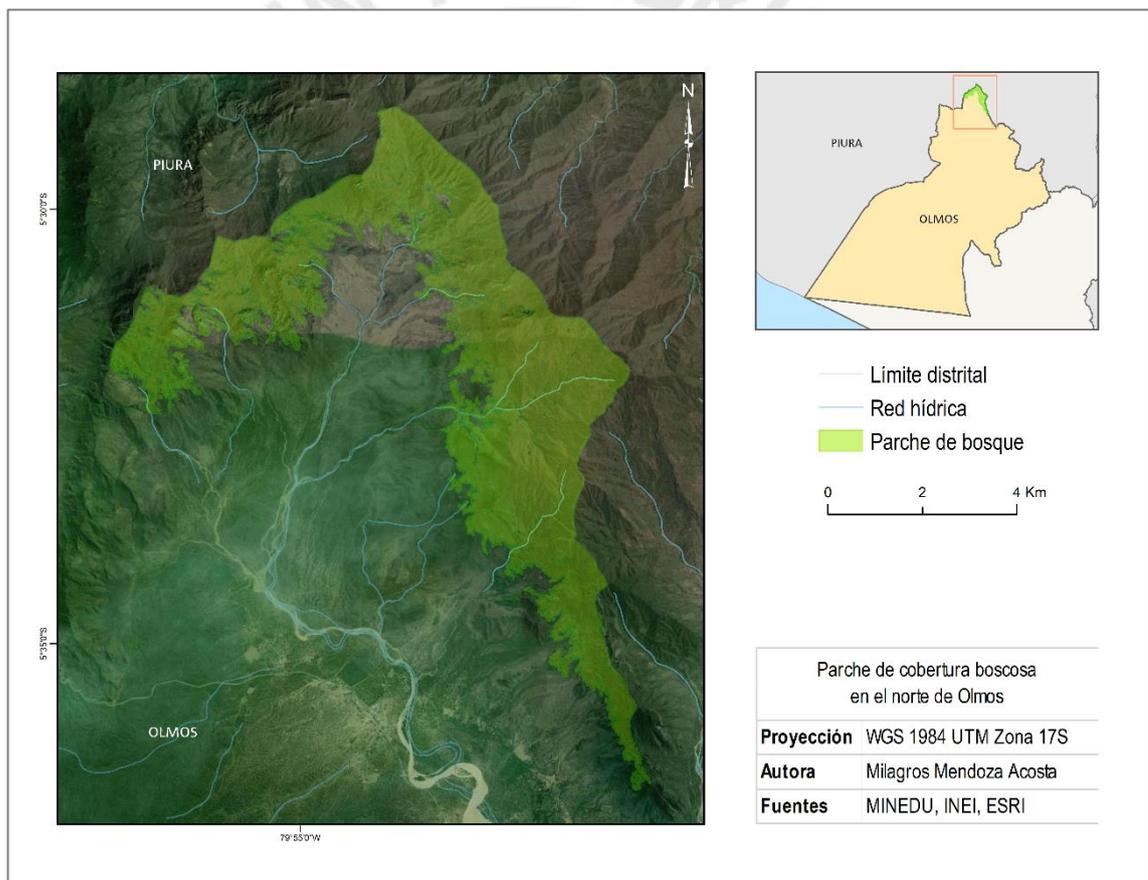


Elaborado por Milagros Mendoza.

²⁶ Revisar la *Tabla 3.6* en el marco metodológico: Importancia (peso en %) de las variables humanas, físicas y ecológicas para la configuración de la aptitud del hábitat del puma andino.

Tras haber identificado el norte de Olmos como la zona con menor presencia de elementos humanos, se optó por seleccionar el parche de cobertura vegetal natural en la punta norte para unir con la ACR Huacrupe – La Calera (Mapa 5.4). Se ubica a una distancia óptima para la distribución de *Puma concolor* y puede ser un punto de llegada y de salida para las especies. Aun con ello, entre los parches puede haber zonas con escasa idoneidad para ser hábitat de *Puma concolor*, como la presencia de centros poblados, vías y la agricultura, por lo que es vital integrar estos elementos con las variables físicas y ecológicas de este territorio.

Mapa 5.4. Parche seleccionado para conectar con un corredor ecológico



Elaborado por Milagros Mendoza.

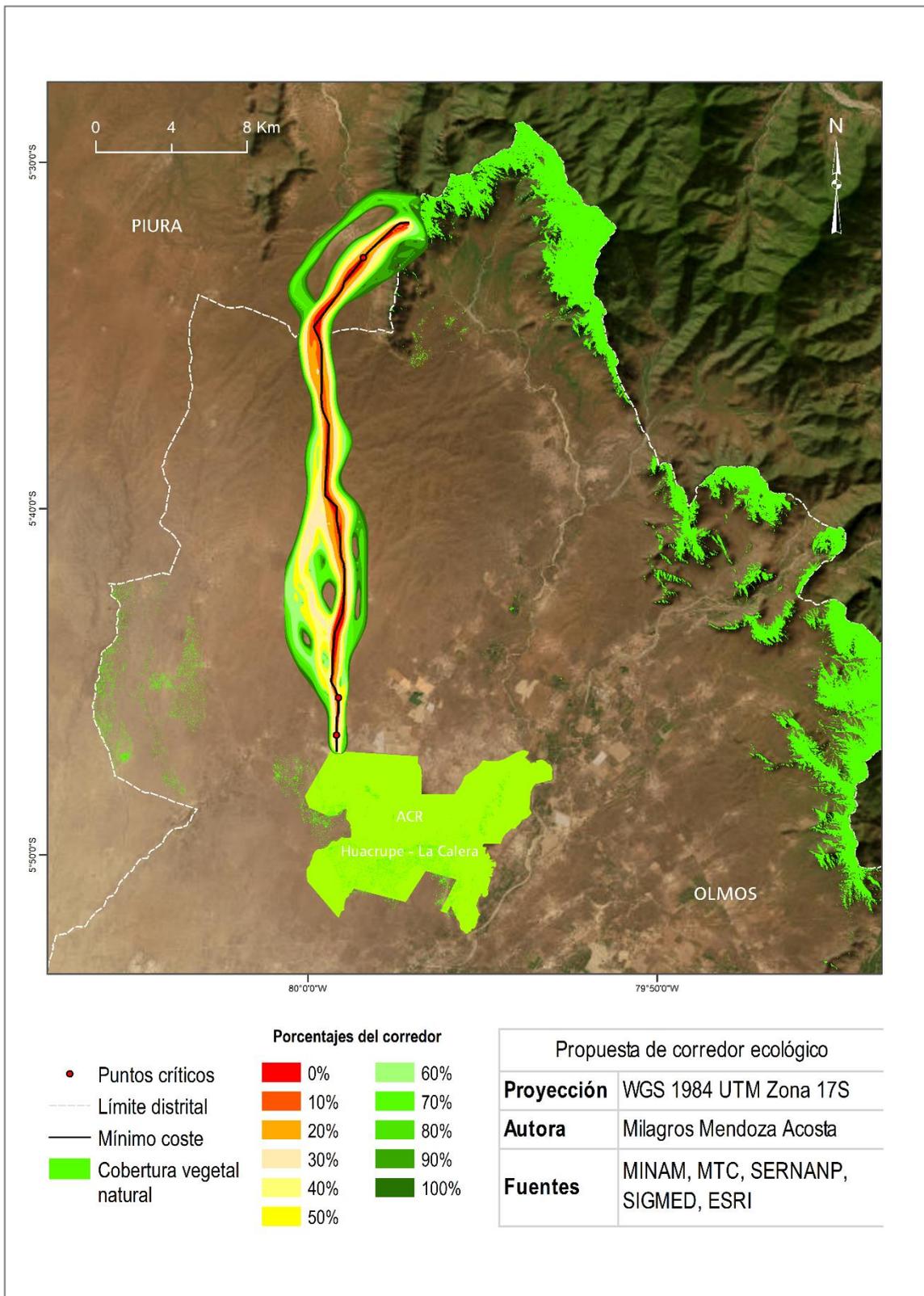
5.3. Propuesta de conservación: corredor ecológico para el puma andino (*Puma concolor*)

Posterior a la superposición de elementos antropogénicos (*Mapa 5.2*), se identificaron las áreas de Olmos que reciben menor impacto humano y los parches boscosos menos fragmentados y que aún cumplen con la función de ser hábitat para *Puma concolor*. Es relevante no solo identificar estos parches a conectar, sino también zonas óptimas que permitan el tránsito de la especie, las cuales deben representar bajos niveles de peligro originados por la presencia de actividades y elementos humanos.

De igual manera, es importante que estas zonas óptimas presenten características naturales que son parte de la ecología de la especie. Uno de los parches se localiza en el límite norte del área de estudio, ya que la superposición de capas muestra escasa presencia humana ahí en contraste con otras zonas. El segundo parche corresponde al ACR Bosque Huacrupe – La Calera, también ubicado en la zona norte. Ambos parches están en área premontana.

El producto final es un mapa del modelamiento (*Mapa 5.5*), que corresponde al enlace de fragmentos seleccionados por medio de diez bandas de conexión. Estas poseen distintas anchuras representadas por porcentajes, siendo las más delgadas o las más cercanas a 0% las que mayor idoneidad ecológica presentan para la especie. Igualmente se incluye la ruta de mínimo coste y los puntos críticos que se generan por la intersección de las vías con el corredor. Se determinó proponer un corredor en una zona específica tras identificar la perturbación humana a escala del distrito, pues hay zonas más fragmentadas y aisladas que otras. Es importante mantener la conectividad entre la ACR con otros parches, pues parte de la economía en esta área es la agricultura, conllevando a la fragmentación en una zona con límites predefinidos. Esto reduce el área de dispersión de las especies en su interior y es necesario que tengan un territorio más amplio que mantenga sus requerimientos ecológicos.

Mapa 5.5. Propuesta de corredor ecológico para el puma andino (*Puma concolor*) en el norte de Olmos



Elaborado por Milagros Mendoza.

El corredor ecológico es local y se localiza en la zona norte del distrito de Olmos. Se extiende por áreas con el menor contacto posible a actividades humanas, como la agricultura, los centros poblados y las concesiones mineras. Sus características dimensionales exhiben un área de 83,17 km² y su longitud es 31 km. Posee distintos anchos dependiendo del segmento del corredor. En el norte, el segmento más ancho es de 2 590 metros, mientras que la conexión más delgada es de 500 metros aproximadamente. La zona central posee alrededor de 2 350 metros y en el sur 4 405 metros en la parte más amplia.

Tanto en la parte norte como en el sur del corredor, hay zonas huecas para evitar la expansión del corredor en puntos con menor aptitud de hábitat, evitando el cruce con elementos antropogénicos. En el *Mapa 5.6* se exhibe el corredor y la ruta de menor coste, que es el camino con menor nivel de dificultad de recorrido desde el parche de origen al parche de destino y viceversa para la especie. Se integran las variables naturales que favorecen y facilitan la distribución de *Puma concolor*. También se superponen los puntos de avistamiento de la especie de estudio y de dos especies presas. Para cada uno se calculó un buffer de 1 km, que representa el posible espacio de movilización de la especie desde ese punto.

En la presente propuesta de corredor, la ruta de menor coste se caracteriza por seguir el patrón de la red hídrica en su mayoría, lo cual es vital. Como se mencionó anteriormente, la vegetación ribereña es considerada como un corredor ecológico natural, muy importante para la presencia de biodiversidad. Además, los ríos cruzan transversalmente la ruta, lo cual facilita la accesibilidad de las especies a las fuentes hídricas.

La mayor parte de la ruta se ubica en cobertura de suelo natural, pues se le atribuyó un alto nivel de importancia, siendo esta la que más prefiere *Puma concolor*. La altitud media y los suelos de baja pendiente son los más representativos en esta zona. Respecto a la distancia a elementos antropogénicos, hay cruce entre el corredor y las parcelas agrícolas, especialmente en la zona sur.

Es aquí en donde se ha expandido la actividad, pero tiende a aumentar en dirección al este de acuerdo con las clasificaciones supervisadas.

Si bien se intentó integrar puntos de avistamiento de las presas de *Puma concolor* como variables tróficas, no se pudo realizar como tal por los vacíos de información georreferenciada. Incluso, servidores internacionales presentan deficiencias. Se trabajó con puntos de avistamiento de GBIF, pero continúan siendo insuficientes para una investigación de este tipo. Asimismo, la IUCN posee información gruesa y, posiblemente, presente sobreestimación del ámbito de distribución de las especies. Estos son indicadores de la necesidad e importancia de estudios a más profundidad de biodiversidad a escala local.

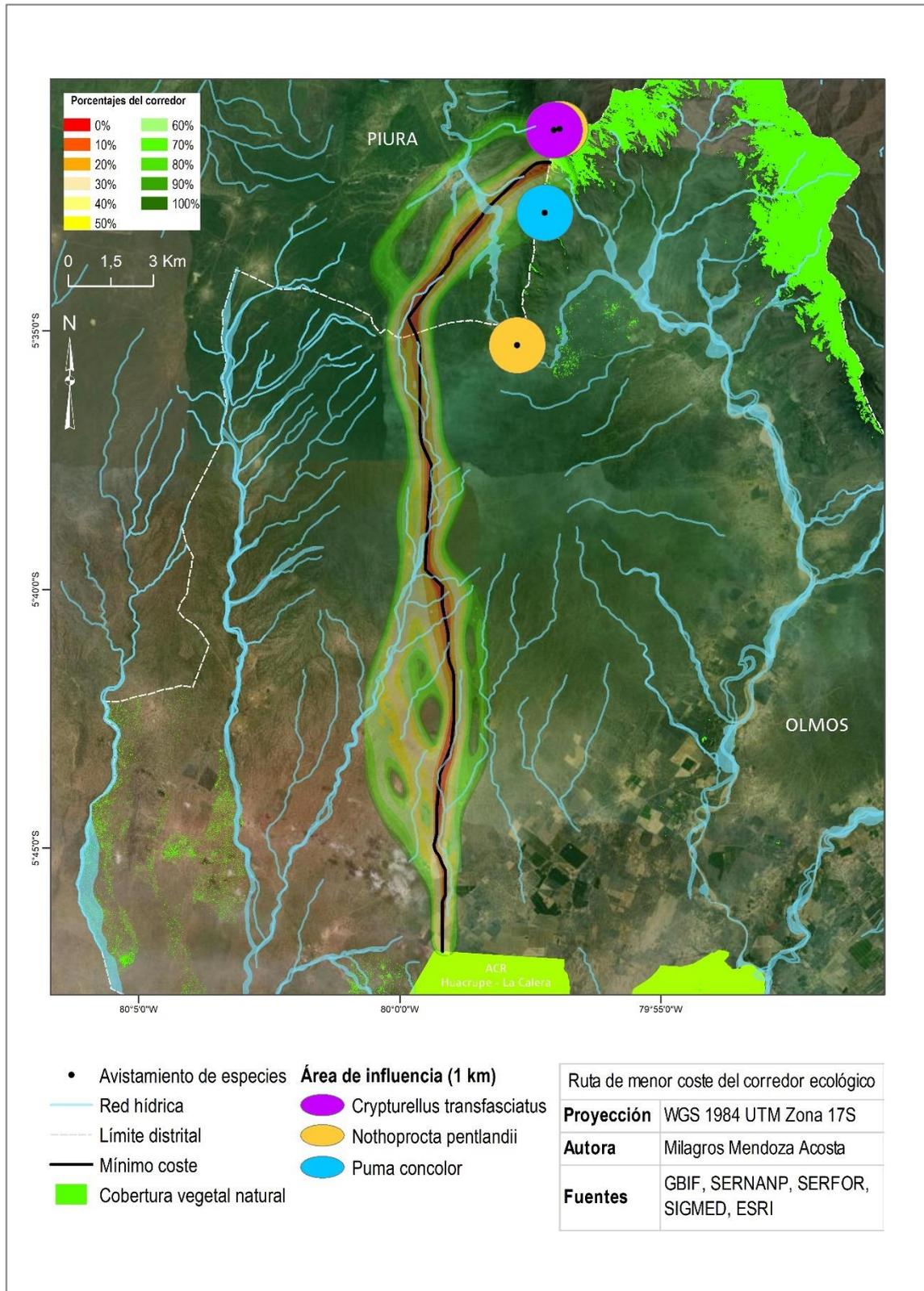
Aún con dichas limitaciones, fue posible integrar, indirectamente, a las especies presa mediante la identificación de los hábitats en que se distribuyen y que comparten con *Puma concolor*. Es por ello que se les atribuyó un porcentaje alto a los tipos de bosque en la variable de vegetación. A continuación, se presenta la *Tabla 5.2*, en la que se exhiben los hábitats de la especie de estudio y las especies presa en el distrito de Olmos.

Tabla 5.2. Distribución de especies presas en ecosistemas y distritos de Lambayeque

Especie	Ecosistema	Distrito
<i>Odocoileus virginianus</i>	Bosque seco de colina Bosque montano	Oyotún, Chongoyape, Incahuasi, Cañaris, Pitipo, Olmos, Motupe, Salas, Chóchope
<i>Lycalopex sechurae</i>	Bosque seco de llanura Bosque seco de colina	Oyotún, Chongoyape, Incahuasi, Cañaris, Pitipo, Olmos, Motupe, Salas, Chóchope, Chiclayo, Ciudad Eten, Jayanca, Pacora, Mórrope
<i>Callopiestes flavipunctatus</i>	Bosque seco de llanura Bosque seco de colina Bosque montano	Oyotún, Chongoyape, Pitipo, Olmos, Motupe, Salas, Jayanca, Pacora, Mórrope

Elaborado por Milagros Mendoza con data solicitada a SERFOR, 2023.

Mapa 5.6. Ruta de menor coste del corredor ecológico



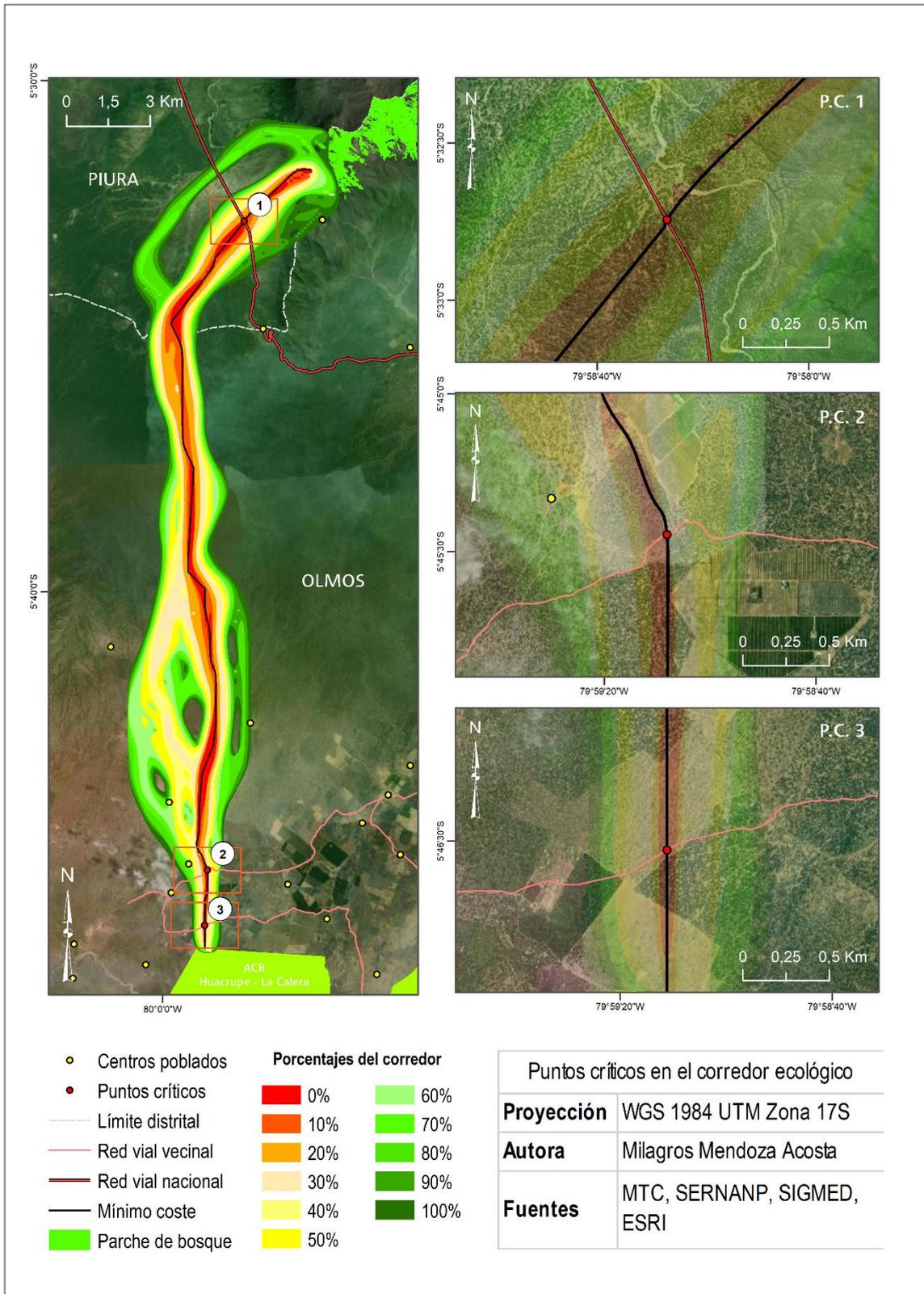
Elaborado por Milagros Mendoza.

Para estas especies se calculó un área de influencia de 1 km, que es la posible distancia de movilización que realizan desde ese punto, aunque puede variar. De todos modos, hubo más registro de avistamientos en el norte del corredor, en el límite oeste del parche de bosque. Ello puede ser un buen indicador de que la especie busca salir de dicho límite en busca de otras áreas para desarrollar sus actividades diarias. Además, con la distribución de las especies fuera del corredor, ello permite entender que las zonas próximas al corredor también poseen características ecológicas adecuadas para su subsistencia.

En síntesis, esta línea delgada es la que reúne las mejores condiciones territoriales del área de estudio para la movilización de *Puma concolor*. Sin embargo, el corredor se compone de distintas vías, que se ensanchan de acuerdo a su aptitud de hábitat, lo cual permite a la especie distribuirse en áreas más amplias que aún son idóneas respecto a su ecología.

En contraste, hay tres puntos críticos: uno en el norte (P.C. 1) y dos en el sur (P.C. 2 y P.C. 3), próximos a la ACR. En el *Mapa 5.7* se presenta un acercamiento a estos puntos con el objetivo de analizar los elementos humanos en su entorno en el apartado de discusión. Se ha agregado un mapa base para observar la distribución de las parcelas agrícolas y su distancia respecto al corredor.

Mapa 5.7. Puntos críticos en el corredor ecológico



Elaborado por Milagros Mendoza.

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

El capítulo 6 tiene como objetivo analizar los resultados a partir de la base teórica presentada en el desarrollo de esta investigación, y se divide en dos secciones. La primera se relaciona con la cobertura vegetal natural y la agricultura y cómo han variado y cómo interactúan. La segunda sección busca explicar detenidamente los elementos antropogénicos en la zona más idónea para el puma andino (*Puma concolor*), que es el norte de Olmos. En esta, también se analizan los puntos críticos presentes en el corredor ecológico.

6.1. Evolución de la cobertura vegetal en Olmos y expansión de las actividades económicas

Las variaciones en espacio y tiempo de la cobertura vegetal en el área de estudio permiten evaluar no solo su área a distintas escalas y sus posibles causas, sino también comprender la evolución de las dinámicas poblacionales, evidenciadas en las actividades económicas. Estas actividades posibilitan un mayor desarrollo económico de la población; sin embargo, suele causar presión sobre el ecosistema adyacente, como es el bosque seco, fragmentándolo y colocándolo en un escenario de riesgo para las poblaciones de especies que habitan en él.

Con la clasificación supervisada fue posible distinguir las zonas de cobertura vegetal natural y no natural. Con la variabilidad temporal se identifica la tendencia de disminución e incremento de dichas coberturas, respectivamente. A escala espacial fue posible entender en qué zonas del distrito la cobertura boscosa ya no tiende a crecer, así como comprender cómo suele expandirse la cobertura no natural, que implica a la agricultura en Olmos.

La presencia de vegetación está sujeta a las condiciones naturales y antropogénicas en el distrito. En cuanto a condiciones naturales, la estacionalidad hídrica es un ciclo permanente en cada año, por lo que no varía, a menos que los efectos del cambio climático hayan influenciado significativamente en el patrón

de lluvias. Hay que resaltar que se ha empleado imágenes satelitales en temporada de estiaje para las clasificaciones supervisadas. Además, justificando con el nombre de la cobertura boscosa, el bosque seco está naturalmente acostumbrado a crecer en climas secos de larga duración.

En contraste, en meses de temporada de incremento de lluvia, el bosque seco aumenta su área por haber mayor disponibilidad hídrica en el ambiente (Rodríguez et al., 2018). Ello posibilita la regeneración del algarrobo, principal árbol de los bosques secos (Raffo, 2023). En temporada de abundante precipitación como efecto del Fenómeno de El Niño, de acuerdo a SERFOR Lambayeque (citado en Andina, 2023b): “[...] frente a situaciones de inundaciones y lluvias intensas, se ha podido observar un resurgimiento de estos bosques [secos] acompañado de la recuperación de la vegetación y el aumento en la biodiversidad”. Del mismo modo, las precipitaciones abundantes y la escorrentía riegan de manera natural los campos de cultivo, asegurando su crecimiento (Escobar, 2014). Por lo tanto, las lluvias generadas por este fenómeno proveen una estacionalidad hídrica óptima para cultivar arroz o plantar frutos de período corto como sandía o melón (Soluciones prácticas, citado en León, 2014).

Por el aumento de la humedad en el ambiente, la nubosidad incrementa en la zona, lo cual se evidencia en las imágenes satelitales de distintos sensores. Es por ello que las imágenes con las que se ejecutaron las técnicas de teledetección corresponden a un intervalo de meses en donde la vegetación no se encuentra en su más alto nivel de vigor, pues la nubosidad cubre la mayor parte del área de estudio y obstruye las tomas de imágenes del terreno.

Respecto a condiciones antropogénicas, la actividad agrícola ha sido impulsada por la presencia del PEOT, el cual ha permitido el desarrollo de 23 000 ha que anteriormente eran eriazas por el déficit hídrico y, en la actualidad, hay cultivos de palta, arándanos, uva y caña de azúcar, principalmente (Flores, 2021). En este

caso, la ampliación de la frontera agrícola se establece en la zona central del distrito, en donde se observan predios con formas geométricas y siguen patrones marcados en cada uno de los mapas de clasificación.

A escala regional, se identifica el cambio de cobertura de suelo para la expansión agrícola en terrenos con aptitud forestal y de protección (MINAGRI y SERFOR, 2019). Asimismo, es posible entender que la población aprovecha las condiciones naturales del área inundable, pues sigue el patrón de la red hídrica para establecerse y para ubicar sus campos de cultivo. En las quebradas del bosque seco se cultiva, donde aún hay agua en tiempo de sequía y el suelo se mantiene fértil (Sabogal, 2011). El terreno cercano a los ríos posee capacidad natural para ser productivo y tiene tierras fértiles debido a que se inunda (Vasquez, 2018). Especialmente, en áreas áridas, el río posiblemente sea el único modo de obtener riego natural o de enriquecimiento del terreno (Vasquez, 2018).

Con los cambios temporales y espaciales observables en los mapas, es posible decir que esta variación se ha acrecentado en la parte alta del distrito, habiendo competencia entre el uso para la producción agrícola con la cobertura forestal. Según Ektvedt et al. (2012), entre 1949 a 1962 hubo una reducción de 1,7% en los bosques secos, mientras que entre 1961 al 1999 la reducción aumentó significativamente a 15%. En ambos periodos, la expansión agrícola ha sido la causa principal (Ektvedt et al., 2012). Asimismo, para el 2015 se estimó que, anualmente, se deforestan entre 7 000 a 10 000 ha de bosque seco en promedio (El Comercio, 2015a). De acuerdo con Gutierrez (2017), se proyectó que, desde el 2013 al 2023, los bosques continúan perdiéndose y degradándose a causa de la expansión de la agricultura de pequeña escala y para agroindustria y por las prácticas ganaderas de caprinos insostenible. Esto también se debe a la extracción de madera de forma ilegal para producir carbón y productos maderables (Gutierrez, 2017). Si bien hay mayor cantidad de algarrobos en Lambayeque, es aquí donde esta especie tiende a estar limitada en área por la deforestación

(Horna, 2022). A partir de estas tendencias y contrastando con los resultados en el análisis multitemporal, es posible que, en escenarios futuros, este problema continúe, potenciando la discontinuidad en el bosque seco.

En síntesis, si bien la deforestación de los bosques secos proviene del mercado del carbón vegetal por la materia leñosa, también hay pérdida de vegetación natural a causa de la agricultura (Ektvedt et al., 2012; Gutierrez, 2017), generando los cambios en la cobertura de suelo. Ello debido a la extensión de las actividades humanas producen efectos negativos en la biodiversidad y el sostenimiento y acceso a los servicios ecosistémicos del bosque (Sahagún y Reyes, 2018). Además, son una gran contribución en el cambio climático a nivel regional (Sahagún y Reyes, 2018), principalmente en la cuenca media y alta, donde la presencia de cobertura natural es vital.

Es importante identificar la ubicación de los campos de cultivo y su cercanía con las fuentes de agua naturales y los cauces artificiales. En el Perú existe la Ley de Recursos Hídricos (Nº 29338), cuyo artículo Nº 115²⁷ indica que:

115.1 Está prohibido el uso de las fajas marginales para fines de asentamiento humano, agrícola u otra actividad que las afecte. La Autoridad Nacional del Agua en coordinación con los gobiernos locales y Defensa Civil promoverán mecanismos de reubicación de poblaciones asentadas en fajas marginales (p. 93).

Por lo tanto, no solo hay cambio de uso de suelo en la cobertura boscosa a causa de la expansión agrícola. Posiblemente haya cambio de uso de suelo en las fajas marginales mediante el asentamiento de los campos de cultivo por el patrón de los mismos junto a la red hídrica, que finalmente no está permitido de acuerdo con el artículo previamente mencionado. Mediante un acercamiento con imágenes satelitales a la red hídrica, es posible observar la ubicación de las parcelas agrícolas en las fajas como en el *Mapa 6.1* y el *Mapa 6.2*, correspondientes

²⁷ Artículo 115.- Actividades prohibidas en las fajas marginales.
<https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/228/ANA0000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

al este y centro de Olmos. Cabe resaltar que las fajas marginales y la vegetación ribereña son consideradas corredores ecológicos para las especies vegetales y faunísticas (anfibios, aves y mamíferos), permitiéndoles su establecimiento y conservación y, además, son consideradas como una fuente de alimento y refugio (Chará et al., 2008; Granados et al., 2006). Las fajas funcionan como vía de conexión entre hábitats al ser usado como ruta migratoria por las especies (Moore y Richardson, 2003) y es reservorio de biodiversidad (Ericsson y Stevens, 1996). Mientras, perturbaciones antrópicas en este tipo de ecosistema, tales como la agricultura, deforestación y la ganadería, generan un quiebre en las relaciones funcionales y estructurales del paisaje e influyen en el equilibrio del ambiente acuático (Schlosser, 1991). Además de efectos adversos, termina por desregularizar el ritmo natural de las microcuencas (Etter y Wyngaarden, 2000). Este tipo de cambio se podría comprobar con verificación en campo.

Mapa 6.1. Campos de cultivo en las fajas marginales del este de Olmos



Imagen satelital ESRI. Elaborado por Milagros Mendoza.

Mapa 6.2. Campos de cultivo en las fajas marginales del centro de Olmos



Imagen satelital ESRI. Elaborado por Milagros Mendoza.

La expansión de las áreas agrícolas brinda oportunidades de beneficio económico para la población, le provee seguridad alimentaria y dinamiza la producción a escala local y externa (United Nations Convention to Combat Desertification [UNCCD], 2017). Sin embargo, dicha expansión, que evidencia un crecimiento acelerado en un periodo corto de tiempo, impacta negativamente en el dinamismo natural del paisaje. En este caso, el efecto principal es la fragmentación de los bosques en el área premontana de Olmos, que es la zona donde tiende ampliarse la actividad. Parte del dinamismo natural del paisaje son los procesos ecológicos, los cuales terminan siendo alterados y generan la desaparición de las poblaciones de especies, aún más en las que se encuentran en un estado crítico de conservación (Navarro et al., 2015).

Las parcelas agrícolas son, a la vez, una barrera y representan una interrupción en la continuidad en los ecosistemas en que se expande, dando paso a la fragmentación del paisaje (Castro et al., 2002). Estas barreras posibilitarán que

Puma concolor se refugie en áreas cada vez más pequeñas espacialmente o desviarán sus movimientos hacia áreas con escaso potencial para ser su hábitat. La fragmentación aumenta el efecto de borde de los parches, pues cuando estos se reducen, la vulnerabilidad de las especies incrementa en relación a las condiciones ecológicas del contorno de los fragmentos (Morláns, s.f.). A mayor fragmentación, mayor efecto de borde en los parches de bosque, limitando el área funcional de hábitat al interior del bosque reducido (Esseen, y Renhorn, 1998). En síntesis, este efecto causa el deterioro de la calidad de los hábitats, siendo las especies los principales afectados en cuanto a su supervivencia (Santos y Tellería, 2006). Considerando los elementos antrópicos distribuidos en el distrito, la especie en cuestión tendrá que lidiar con la reducción y destrucción de su hábitat funcional por la introducción de vías, áreas deforestadas, proyectos mineros, la misma población, entre otros.

6.2. Análisis de fragmentación: profundizando en los elementos antropogénicos en el área idónea para la distribución del puma andino (*Puma concolor*) en el norte de Olmos

A pesar de que *Puma concolor* tiene la capacidad de adaptarse al medio humano, es vital conocer las características de los elementos antropogénicos en el norte del distrito. Se debe a que esta zona ha sido considerada como el área que recibe menos impacto por la escasa presencia de este tipo de elementos de acuerdo a los resultados expuestos. Se integran los centros poblados, la agricultura, las concesiones mineras y las vías. En la superposición ponderada, como se observa en la *Tabla 3.6*, el peso atribuido a estas clases es bajo, en un rango de 10% a 20%.

Esta parte de Olmos posee 56 centros poblados, que se concentran al este, pero que corresponden a distintos tipos. Pueden ser caseríos, cooperativa agraria u otros (agrupación muy pequeña de casas). En la extensión del corredor, hay un caserío y tres agrupaciones de casas (entre 3 a 8 casas). Estos tres centros poblados poseen muy limitada extensión y se rodean de cobertura natural rala o densa

como se observa en el *Mapa 6.3*. En el caso del caserío, no se puede diferenciar en las imágenes satelitales. En síntesis, la presencia de estos asentamientos no implica un riesgo elevado para la distribución de *Puma concolor* y especies menores, pues abarcan un área muy pequeña, no son numerosas, están dispersas y se rodean de vegetación.

Mapa 6.3. Agrupación de casas en el sur del corredor ecológico

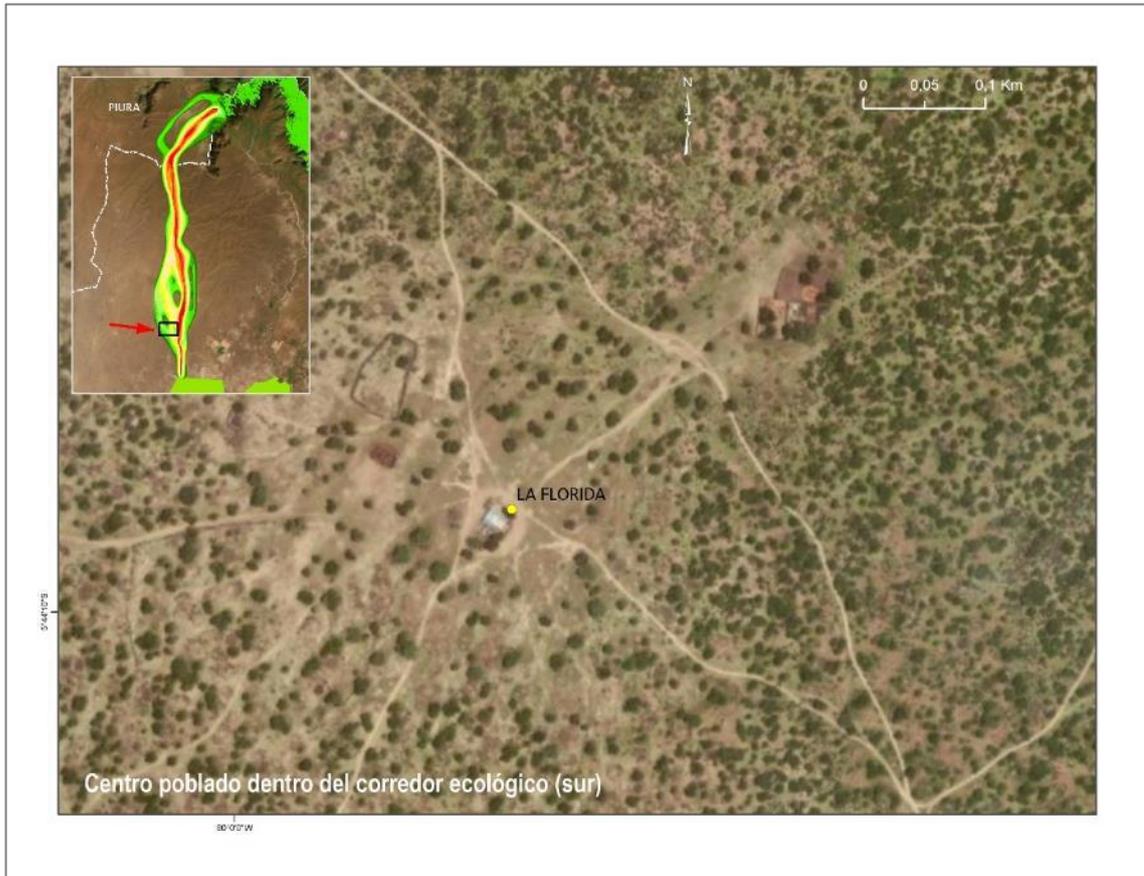


Imagen satelital ESRI. Elaborado por Milagros Mendoza.

Respecto a la agricultura, hay concentración en la zona este por la presencia del río, expandiéndose a la punta norte. Dentro del corredor, hay campos de cultivo en el sur (*Mapa 6.4*), próximos a la ACR Huacrupe – La Calera, donde las comunidades campesinas también producen.

Finalmente, las concesiones mineras no representan un riesgo en el norte de Olmos, ya que la única concesión se encuentra en estado “extinto” según la data del catastro minero. En áreas como el este y el oeste, las concesiones se encuentran

tituladas o en proceso de titulación, lo cual es un indicio de actividad minera a futuro. Es por esta razón que no se integró en la superposición ponderada de variables, pues no representa una amenaza significativa a comparación de los otros elementos antropogénicos. Aun así, de haber actividad minera, esto implicaría reducción de la cobertura vegetal natural y el desplazamiento de la especie. Para ejemplificar, en Cañaris, Lambayeque (aproximadamente a 40 km de Olmos), existe el proyecto minero Cañariaco, el cual impactó en la vegetación por la construcción de vías e infraestructura y por el manejo de otros insumos (Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, 2013). Se identificó también el desplazamiento de las especies animales, incluyendo a las que se encuentran en estado de protección, pues su hábitat iba a ser removido, se generaría contaminación sonora y habría presencia humana en el área (Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, 2013).

Una de las variables que no se integró en la superposición fue la interacción negativa con las comunidades por la carencia de datos. Después de indagar, se encontró un solo punto (-5.7742, -79.9396), ubicado en la localidad de Tierra Rajada, al norte de la ACR Huacrupe – La Calera, en que *Puma concolor* fue abatido por depredar ganado (Mazzolli, 2019) (Figura 6.4). Este punto se encuentra fuera del corredor ecológico, pero de todos modos es vital que este tipo de situaciones no se repitan ni escalen. En esta área, hay presencia de un centro poblado, llamado Tierra Rajada Huacrupe, que se rodea de campos de cultivo y hay rala vegetación natural. La cobertura es heterogénea, pues los parches de vegetación y las parcelas agrícolas están intercaladas. Ello posiblemente haya llevado a la especie hasta dicho punto.

*Mapa 6.4. Campos de cultivo en el sur del corredor ecológico y ubicación del puma andino (*Puma concolor*) abatido por la población*



Imagen satelital ESRI. Elaborado por Milagros Mendoza.

6.2.1. Análisis de los puntos críticos

Los puntos críticos son las zonas o nodos de conflicto que ocasionan tensión en la conectividad en los corredores, los cuales convendría ser solventados a futuro a través de medidas correctoras que reduzcan su posible impacto negativo (ATECMA y Dirección General de Medio Natural de la Región de Murcia, 2007). Representan el cruce de la vía con mayor potencial (ruta de menor coste) con la red vial (Centro de Altos Estudios en Geomática [CAEG], 2015). Estas intersecciones son zonas de alto nivel de peligro por la posibilidad de atropello de especies o ataques hacia las mismas por parte de la población como defensa propia (CAEG, 2015).

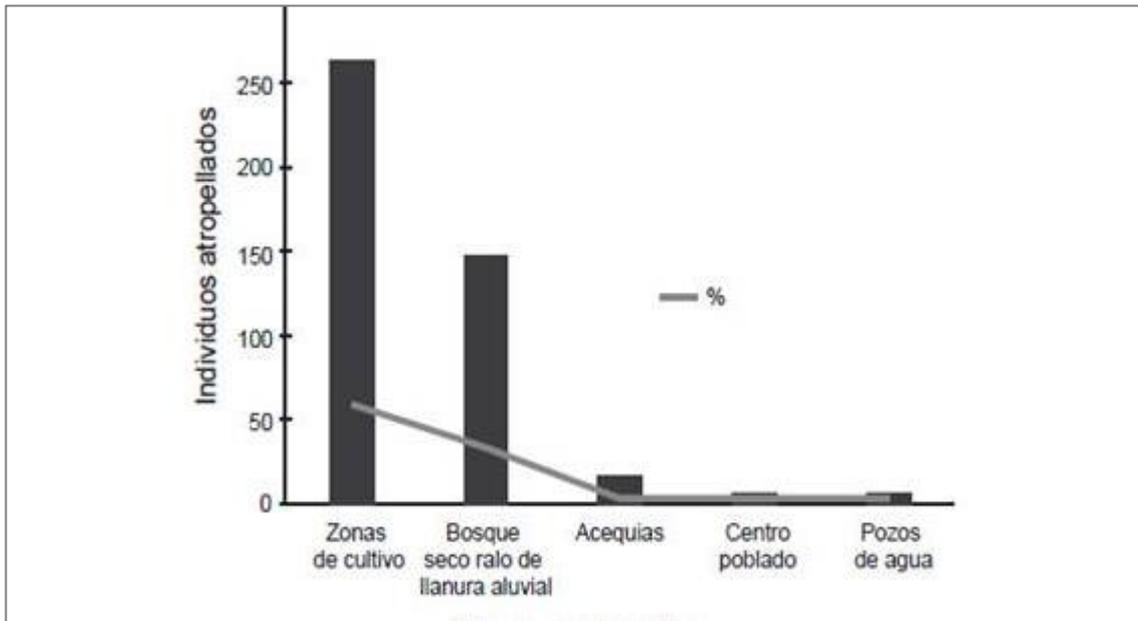
Como dice la definición, los tres puntos críticos del corredor ecológico corresponden a las intersecciones con la red vial. Cruzan dos de tipo vecinal en el sur del corredor, mientras que en el norte intercepta una vía nacional. La construcción de la red vial es una causa de fragmentación porque rompe con el funcionamiento del espacio (Castro et al., 2002), o sea, la matriz. Estas tres intersecciones corresponden a los puntos críticos en el corredor, pues hay posibilidad de atropellos. En el distrito no se ha registrado un acontecimiento como este para la especie, sin embargo, es posible que sí haya ocurrido por la presencia de numerosas vías.

En contraste, sí ha habido atropellos a otras especies a escala de Lambayeque. Una de ellas es presa de *Puma concolor*, el zorro costeño (*Lycalopex sechurae*)²⁸ y la otra es la lechuza de campanario (*Tyto alba*)²⁹. En Piura, al norte de Olmos, entre enero y junio del 2018 se registraron 437 animales atropellados, correspondientes a 29 especies en Tambogrande (Yesquen et al, 2020). En términos de cantidad, los mamíferos son los de mayor número, seguidos de aves, reptiles y anfibios (Yesquen et al, 2020). Especies presa de *Puma concolor* se identificaron, como *Callopistes flavipunctatus* y *Lycalopex sechurae*. En la Figura 6.1 se exhibe el tipo de suelo en que recibieron el impacto. Si bien no se menciona a *Puma concolor*, estas pérdidas afectan negativamente en su relación biótica a través de la disminución de sus presas.

²⁸ Obtenido de la página de Facebook de Atropellamiento de fauna, Perú. (2021). Disponible en <https://www.facebook.com/fauna.atropellada.pe/photos/a.123979705678653/455775325832421/>

²⁹ Obtenido de la página de Facebook de Atropellamiento de fauna, Perú. (2022). Disponible en <https://www.facebook.com/photo/?fbid=587638705990770&set=a.468680474553261>

Figura 6.1. Zonas de atropellos de fauna en Piura (Tambogrande)



Fuente: Yesquen et al (2020).

En el departamento de Pasco, se registró el atropello de un individuo de *Puma concolor*, que tiende a caminar por la carretera después de las 9 p.m. en búsqueda de presas (AHORA, 2019). Ante estos eventos, se podría configurar puentes o mini corredores para reducir el riesgo y minimizar el impacto. Estos se conocen como Pasos de fauna, que son estructuras transversales encima o debajo de las vías. Funcionan para facilitar la movilización de las especies de un lado a otro, reducir la tasa de mortandad de las especies y contribuyen con la conectividad ecológica en espacios fragmentados por vías (Castro et al., 2002; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015).

Además del análisis de puntos críticos, es importante entender por qué existen agujeros en la extensión del corredor. Si bien no son numerosos y poseen escaso tamaño, estos evitan el contacto con centros poblados que estén en mayor contacto con la red vial (Mapa 6.5) y con los campos de cultivo (Mapa 6.6). En los agujeros es posible observar centros poblados de mayor tamaño y suelo desnudo.

Mapa 6.5. Zona no idónea en el norte del corredor ecológico

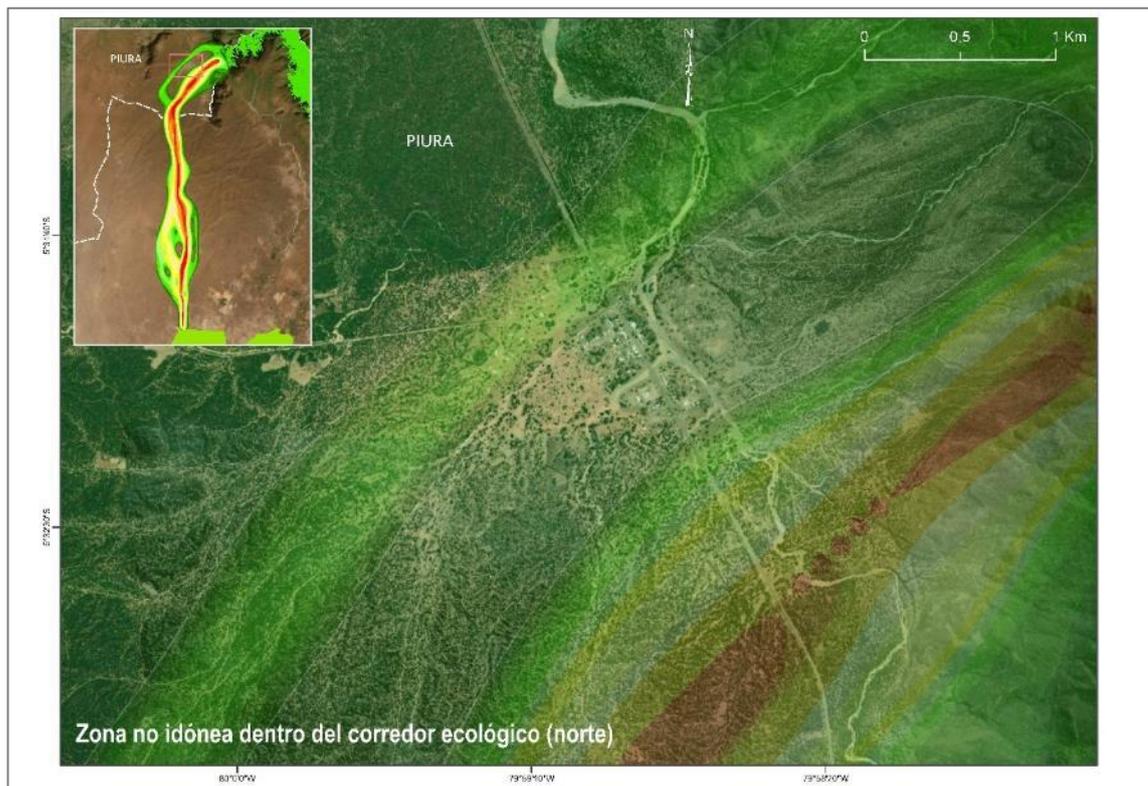


Imagen satelital ESRI. Elaborado por Milagros Mendoza.

Mapa 6.6. Zona no idónea en el sur del corredor ecológico

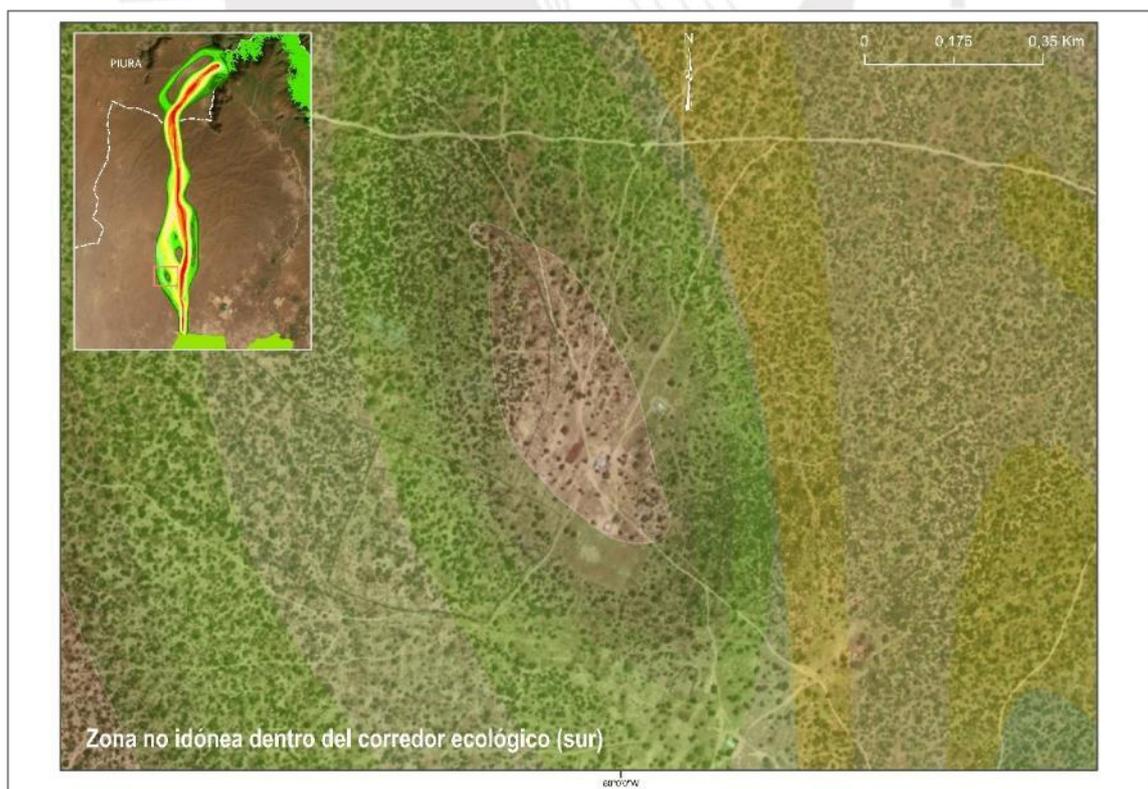


Imagen satelital ESRI. Elaborado por Milagros Mendoza.

CAPÍTULO 7: CORREDOR ECOLÓGICO: ANÁLISIS DE CONECTIVIDAD Y PROPUESTA DE CONSERVACIÓN

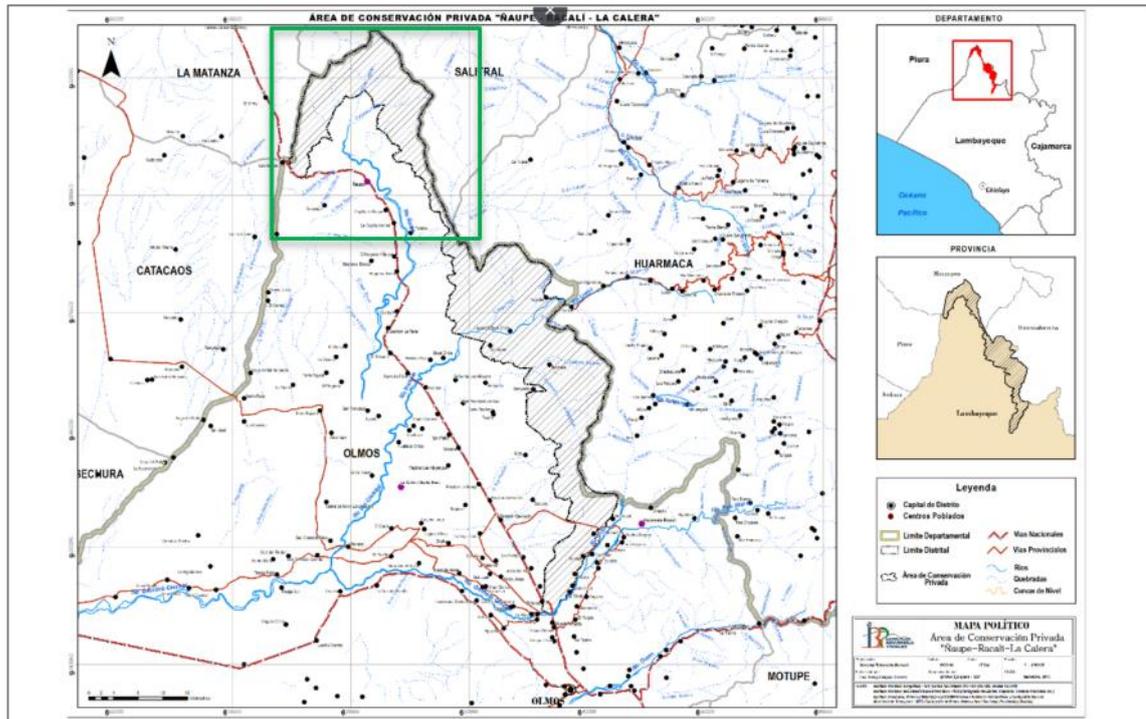
En ciertas ANP del distrito, *Puma concolor* está catalogado como especie en peligro de extinción, como en el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa (Farro y Santa Cruz, 2018) y en el Santuario Histórico Bosque de Pómac (SERNANP, 2010). También es una especie endémica en el ACP Chaparrí (Castro, 2016) y se encuentra como amenazada en el caso de la ACR Bosque Huacrupe – La Calera de acuerdo con el D.S. N° 012-2011-MINAM³⁰. Para esta investigación, la escala trabajada es local en Olmos, que incorpora la última área mencionada y que es uno de los parches a conectar mediante el corredor. Uno de los objetivos del establecimiento del área como protegida es la conservación de las especies faunísticas y vegetales distribuidas dentro de su ámbito, siendo *Puma concolor* una de estas. Además, exhibe una extensión idónea, con 7 272,27 ha, para generar una vía de conectividad con otro fragmento, siendo este un adecuado punto de llegada como de partida.

En cuanto al parche seleccionado para conectar, de acuerdo con un estudio técnico en un área que incluye este parche (*Mapa 7.1*), es posible decir que también posee un alto potencial para la distribución de *Puma concolor*, por lo que es un punto apropiado de llegada y de partida (Gobierno Regional de Lambayeque e Instituto de Biodiversidad y Paisajes [IBP], 2013). Una porción de este fragmento es parte de la extensión de una propuesta de conservación que abarca los suelos con cobertura vegetal densa (Gobierno Regional de Lambayeque e IBP, 2013). Se ha realizado una propuesta para establecerla como un área protegida, denominada como ACP Ñaupe-Racalí-El Pueblito, en donde se ha confirmado la existencia de *Puma concolor* mediante el reconocimiento de la

³⁰ Decreto Supremo N° 012-2011-MINAM. Decreto Supremo que establece el Área de Conservación Regional Bosque Huacrupe - La Calera

población, quienes dicen que es frecuente avistarlos (Gobierno Regional de Lambayeque e IBP, 2013).

Mapa 7.1. Ubicación de la propuesta de ACP Ñaupe – Racalú – El Pueblito



Fuente: Gobierno Regional de Lambayeque e IBP, 2013.

Por otra parte, si bien se ha incluido terrenos con vegetación densa en el parche norte, es importante mencionar que su entorno presenta rasgos no desfavorables para *Puma concolor*. De acuerdo con los resultados, se encuentra en una alta gradiente altitudinal y hay escasa intervención humana. Ciertas áreas del entorno son suelo desnudo y vegetación rala. *Puma concolor* posee un rango de distribución amplio y tiene la capacidad de movilizarse por distintos tipos de suelo, incluso en áreas con actividad agrícolas (Luque, 2016), pero los productores agropecuarios tienden a responder negativamente ante la presencia de la especie (Andina, 2009; Di Bitetti, 2008; Horna, 2022).

Si bien se mencionó anteriormente que la ruta de menor coste corresponde al área con la resistencia más baja para la especie, su grosor corresponde a solo un píxel de ancho (CorridorDesign, s.f.). Un grosor así, rodeado de áreas de hábitat no

idóneas para la especie, posee escasa probabilidad de ser aplicado, además de que es irrelevante a nivel biológico (CorridorDesign, s.f.). A nivel de conservación, la implementación de las rutas de mínimo coste no son una propuesta viable por su limitación espacial.

Es vital que el corredor presente una anchura suficientemente gruesa que permita la movilización de la especie, pero que no sea tan ancha para aminorar los costos presupuestarios de la propuesta (CorridorDesign, s.f.). Es por ello que el corredor propuesto se conforma de diez franjas de conexión, que atribuyen un paisaje más amplio para la distribución de *Puma concolor* y evita que se generen cuellos de botella en la movilización de los individuos. De este modo se pasa de trabajar con el contenido de los píxeles a trabajar en un contexto paisajístico (CorridorDesign, s.f.).

La propuesta de corredor presenta condiciones óptimas para que *Puma concolor* pueda transcurrir por sus vías. Primero, es importante mencionar los factores que determinan en la distribución de la especie y, además, su rango espacial es variable dependiendo del sexo. Uno de los factores es el tipo de alimentación, la cual es carnívora para este felino. Por un lado, el área de distribución de las hembras es influenciada por sus requerimientos metabólicos en general, especialmente en temporada de reproducción (Astete et al., 2008). En el caso de los machos, suelen ajustar su área de distribución a la disponibilidad de las especies alimento para cumplir con su dieta y para encontrar alguna hembra (Astete et al., 2008; Lindstedt et al., 1986). Las presas están presentes en la ACR, según su Plan maestro, al igual que en el parche de bosque del norte, como se observa en los puntos de avistamiento.

El área de distribución de *Puma concolor* varía en un rango de 56 a 375 km², siempre considerando la presencia de presas (Mac Allister, 2019). No supera los 100 km² para la mayoría de las hembras, mientras que los machos pueden recorrer la zona de varias hembras (Nowell y Jackson, 1996). Los individuos son

territoriales y prefieren no cruzarse (Iriarte et al., 2013), permitiendo entender que su densidad poblacional es baja. A partir de estos requerimientos de territorio, el corredor presenta una longitud (31 km) y área (83,17 km²) suficiente para la movilización de la especie entre parches (ACR = 72,7227 km²; parche norte = 34,47 km²), lo cual le atribuye mayor amplitud.

Como parte de la conectividad del paisaje, es posible aplicar la teoría biogeográfica de islas en esta investigación. Las islas son representadas por la ACR Huacrupe – La Calera y el parche de vegetación boscosa en el norte de Olmos. Según los resultados, la matriz del paisaje se compone cada vez más de parcelas de cultivo a partir de la expansión de la frontera agrícola. Estas, incluso, están dentro del área protegida, posiblemente fragmentado en el interior de sus límites y poniendo en mayor nivel de perturbación a las especies que se refugian ahí. Al reducirse las islas o fragmentos de cobertura forestal, se genera la pérdida de las poblacionales de variadas especies (Vila et al., 2006), pues la dimensión de los parches está estrechamente correlacionado a la capacidad que tiene el área para ser hábitat de los individuos (MacArthur y Wilson, 1967). Ante dicha situación, es importante para mantener las dinámicas de colonización y de inmigración, especialmente en la ACR, pues en su entorno no hay alto potencial de hábitat a comparación del fragmento de bosque del norte de Olmos.

En relación con la teoría de las metapoblaciones, la estabilidad de los individuos de *Puma concolor* y especies menores es mayor en el parche de bosque que en la ACR, posiblemente. El parche se delimitó dentro de los límites administrativos de Olmos para conectar dicho extremo con la ACR y expandir el área de campeo en el distrito, pues la matriz se encuentra perturbada y fragmentada. Las áreas protegidas poseen una extensión limitada y son vulnerables a la presión humana (Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible [APRODES], 2014). Por ende, su territorio debería expandirse para permitir el desarrollo de los ciclos vitales y el acceso de los individuos para que se reproduzcan, por lo

que se crean los corredores ecológicos (APRODES, 2014). En contraste, el parche del norte sí presenta cercanía a otros parches de bosque en Piura y en el este de Olmos, en donde la especie puede distribuirse. Entonces, va a haber mayor dificultad para que las subpoblaciones de *Puma concolor* interactúen si provienen de la ACR, lo cual debe reducirse mediante el corredor ecológico.

Finalmente, la percolación ecológica se evidencia mediante la capacidad de *Puma concolor* para movilizarse entre parches. Como ha sido posible observar a lo largo de la investigación, la cobertura vegetal natural posee una tendencia negativa de crecimiento y la fragmentación se encuentra en aumento, dificultando el atravesamiento espacial sin una vía de conectividad. Con el corredor, el objetivo es que la dificultad disminuya, aprovechando la capacidad de *Puma concolor* para adaptarse a distintos ambientes. También se busca que los parches de menor dimensión mantengan el vínculo en beneficio de un área de movimiento más amplia y que las especies tengan mayor acceso a los recursos naturales (fuentes de agua y alimentación).

A partir de esta sección de discusión, más allá de la conectividad, es posible concluir que la presente propuesta de corredor cumple con las siguientes funciones: 1) Ser **hábitat** por la disponibilidad de recursos naturales que ofrece a las especies, como fuentes de agua y presas. 2) **Conducción** mediante la movilización de las especies entre fragmentos. 3) Es una **fuentes** de individuos, permitiéndoles mayor dispersión espacial en las áreas boscosas del norte. 4) Es un **sumidero**, pues tiene la capacidad de recibir a los individuos y brindarles refugio. 5) **Previene** la **extinción local** de las especies, especialmente al tener al bosque seco en el este.

Por último, respecto a la justificación del uso de CorridorDesigner como método de conectividad. Es importante mencionar que se le considera como la herramienta más completa para el diseño de corredores ecológicos entre las herramientas de conservación para la biodiversidad (Paredes, 2022). Tiene la

facultad de analizar los elementos en la superficie terrestre y permite obtener corredores de distintas amplitudes (Paredes, 2022). Asimismo, esto surge a partir de una población aislada de *Puma concolor* en California en 1988, que permitió hacer un estudio a más profundidad con el método y proponer varios corredores ecológicos orientados a la conservación, proyecto llamado South Coast Missing Linkages (Bejer et al., 2007). También se ha aplicado a otros mamíferos, como el lince ibérico (*Lynx pardinus*) (Barbero-Bermejo et al., 2020), el zorro costero (*Lycalopex sechurae*) (Cuentas, 2016), el oso andino (*Tremarctos ornatus*) (Paredes, 2022), entre otros.

7.1. Otras medidas de conservación para el puma andino (*Puma concolor*)

7.1.1. Red de conectividad

Si bien el corredor entre los dos fragmentos de estudio permiten el flujo de la población de *Puma concolor* y otras especies, no hay que descartar la posibilidad de una red de conectividad, constituida de un número mayor de parches y corredores. No necesariamente deben localizarse dentro del ámbito del distrito, sino pueden encontrarse en Piura. Debido a la ubicación del corredor en la zona norte de la región, es más conveniente y viable conectar fragmentos que se distribuyan en la zona sur de Piura, límite con Olmos. Al este de la zona idónea identificada, en Piura, existe la ACR Bosques Secos Salitral - Huarmaca, que puede considerarse como un parche potencial para una red de conectividad interregional. En esta, se ha identificado a *Puma concolor* (Decreto Supremo N° 019-2011-MINAM)³¹.

7.1.2. Plan de conservación del puma andino (*Puma concolor*)

Para que la propuesta de corredor ecológico garantice la conservación de *Puma concolor*, es necesario tener un marco político que avale su integridad. Por ejemplo, se ha elaborado el Plan Nacional de Conservación del Jaguar (*Panthera*

³¹ Disponible en <https://docplayer.es/78823475-Plan-maestro.html>

onca) en el Perú, período 2022-2031. Considerando a *Puma concolor* como el segundo felino más grande del continente, el jaguar se encuentra en el primer puesto. Este plan ha establecido como objetivo la conservación de la población de la especie de manera viable y conectada por medio de medidas estratégicas con la participación de diversos actores clave (SERFOR, 2022). Recae en esto la importancia de las políticas públicas de conservación y protección de los recursos naturales, en este caso, con enfoque en la especie en cuestión. Más allá de este objetivo general, es un documento que reúne información a distintas escalas y hace un diagnóstico detallado, fundamental para la toma de decisiones en relación a la conservación.

Con base en las medidas que se han tomado para el jaguar, que presenta rasgos semejantes a *Puma concolor*, sería idónea la elaboración de un Plan de conservación de *Puma concolor*, así como se ha desarrollado para otras especies como el oso andino (SERFOR, 2016), el tapir andino (SERFOR, 2019), primates amenazados (SERFOR, 2020) y otros. Este plan es fundamentado por los resultados de esta investigación. A manera de síntesis, no hay registro del impacto de la deforestación y cambio de uso de suelo a nivel local en las dinámicas de la especie además de la fragmentación de su hábitat. Es decir, no hay información respecto a las áreas de distribución a las que *Puma concolor* ha tendido a moverse ni cuántos individuos se han perdido por los conflictos con la población, lo cual podría contribuir a diseñar una red de conectividad que refleje la verdadera distribución de *Puma concolor*. Esta medida debería tener un especial enfoque en la zona norte del Perú para enlazar la información con el estado de salud del bosque seco. De igual modo, si bien se modeló el conjunto de aptitudes, hubiera sido mejor poseer data georreferenciada de avistamientos para identificar las zonas de mayor prioridad en el corredor ecológico y la ruta de menor coste.

7.2. Síntesis de la investigación

Para finalizar este apartado, se responde concretamente a las preguntas de investigación del capítulo 1. En primer lugar, los cambios en la cobertura de suelo comparando los años 2016, 2018, 2020 y 2022 evidencian la reducción de la cobertura vegetal natural (boscosa y ribereña) debido a la deforestación y a la expansión de la agricultura hacia zonas premontanas. Sumado a esto, la superposición de elementos antropogénicos permitió identificar el norte de Olmos como la zona con menor perturbación humana y mayor idoneidad, que es donde se calculó la aptitud de hábitat y se modeló el corredor ecológico. Este corredor presenta una longitud y transectos lo suficientemente amplios para la distribución de la especie entre el parche de cobertura boscosa de la punta norte del distrito con la ACR Huacrupe – La Calera. Esta zona prioriza la corta distancia a los cuerpos de agua, presenta altitudes variadas y su morfología es de pendiente plana mayormente. Se prioriza la cobertura de suelo natural y los distintos tipos de bosque en que *Puma concolor* y sus especies presa habitan, integrando indirectamente la variable trófica. Por último, prioriza la distancia a elementos antropogénicos.

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este último capítulo, se exponen las principales conclusiones de la presente investigación, destacando hallazgos importantes y una serie de recomendaciones encaminadas a la conservación del puma andino (*Puma concolor*), tanto a escala local como nacional.

Primero, es relevante mencionar que cada uno de los objetivos específicos propuestos para este estudio se cumplieron correctamente, lo cual permitió alcanzar el objetivo general después de varios experimentos cartográficos. En efecto, la cobertura vegetal del distrito muestra transformaciones desde el 2016 hasta el 2022 de acuerdo a las clasificaciones supervisadas realizadas para cada año estudiado. Es posible decir que la vegetación natural y la vegetación de origen humano presentan tendencias opuestas en cuanto a crecimiento y área en hectáreas que abarcan. La vegetación natural, que incluye cobertura boscosa y vegetación ribereña, tiende a disminuir con el paso de los años. Ello es favorecido por la deforestación, que permite calcular parches de menor dimensión.

En contraste, la agricultura ha incrementado su frontera: en la zona centro, desértica, se ha impulsado por el PEOT. En la parte alta, en dirección a los Andes, la actividad sigue el patrón de la red hídrica para aprovechar el potencial natural de los suelos en las fajas marginales. Asimismo, el cruce de información de variables antrópicas permitió identificar las áreas menos intervenidas por los elementos humano. Así fue posible seleccionar la punta norte como la zona más idónea para modelar el corredor.

Fue posible modelar la propuesta de corredor ecológico para la ACR Bosque Huacrupe - La Calera con el parche de vegetación boscosa en el norte de Olmos. Ello por medio del modelamiento de la aptitud de hábitat y de la integración de las variables físicas, ecológicas y humanas, cuyo nivel de importancia se determinó mediante porcentajes (peso %) en la superposición ponderada. Las

variables más resaltantes fueron naturales, pero también influenció la distancia a elementos antrópicos, como los centros poblados, la agricultura y la presencia de vías nacionales y vecinales. A partir de eso, se obtuvo un corredor de 31 km de longitud y 83,17 km². Este presenta tres puntos críticos, correspondientes a los cruces con las vías, en los que se debería priorizar medidas para evitar la posibilidad de atropellos. Por otro lado, se delimitó la ruta de menor coste, influenciada por la red hídrica y las características del relieve.

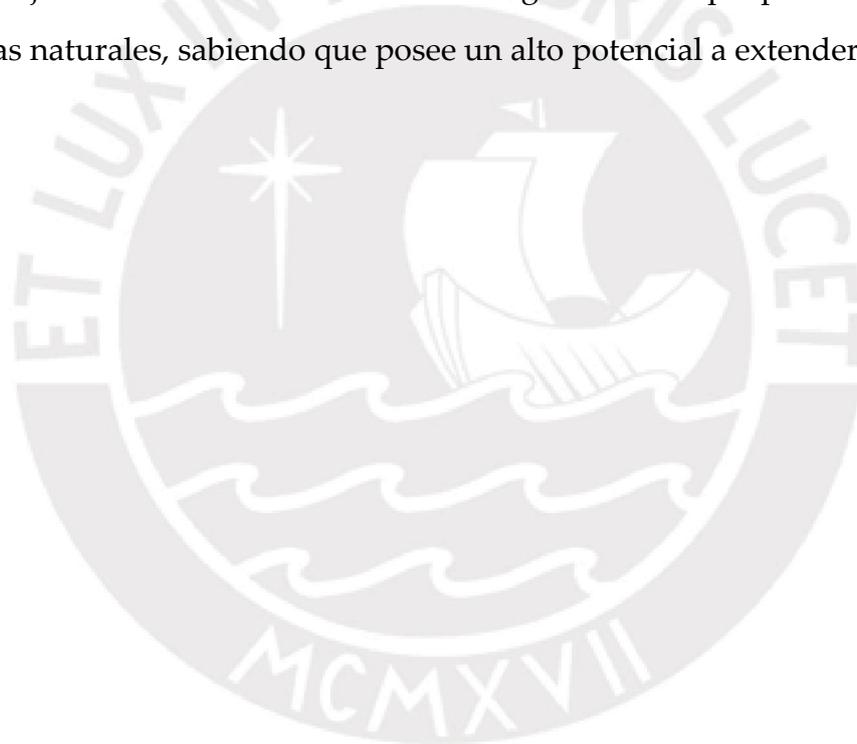
La deforestación excesiva y la fragmentación del paisaje boscoso por la agricultura son situaciones problemáticas que prevalecen en el este y norte de Olmos y muestran una tendencia creciente a futuro. Debido a ello, el hábitat de *Puma concolor*, así como de otras especies, se encuentra cada vez más discontinuo. El distrito de Olmos está sometido a la reducción de sus islas, que son los parches de vegetación, generando disminución en su capacidad para ser hábitat de individuos. Es la ACR la que mayor impacto antropogénico posee en su entorno, incluso dentro de sus límites.

Es importante destacar la iniciativa de una propuesta para establecer nueva área protegida en el parche seleccionado para modelar el corredor. Esto no solo beneficia a la especie estudiada en esta investigación, sino también a las comunidades de las diversas especies presentes en el área, tanto animales como vegetales. Es por ello que es sumamente importante impulsar la escalabilidad de las propuestas de conservación, tales como la identificación de parches de vegetación y la implementación de corredores ecológicos y áreas protegidas, en paisajes aledaños. Una recomendación es diseñar una red de conectividad considerando áreas naturales que circundan el corredor, como la ACR Bosques Secos Salitral – Huarmaca, en donde también hay presencia de *Puma concolor*.

En la misma línea, no se le ha atribuido algún plan de conservación exclusivo a la especie, como sí ocurre con el jaguar, el oso andino, el tapir andino, primates amenazados, entre otros. A partir de este punto, y considerando las facultades de

Puma concolor y los vacíos de información, se recomienda realizar un Plan de conservación de *Puma concolor*. Especial énfasis en la zona norte, así como indagar en el estado de salud del bosque seco.

Si bien no se abordó en la investigación, sería ideal identificar las áreas en donde se desarrolla la ganadería junto con la agricultura, pues implica un doble factor de riesgo. Por medio de ello es posible obtener un análisis más completo del territorio, lo cual permite distinguir áreas de peligro crítico para *Puma concolor*, así como zonas descartables para la configuración del corredor. Similar a la actividad agrícola, es importante tener a disposición data espacial de la ganadería con el objetivo de identificar el nivel de fragmentación que puede ocasionar en las áreas naturales, sabiendo que posee un alto potencial a extenderse.



BIBLIOGRAFÍA

- Addicott, J., Aho, J., Antolin, M., Padilla, D., Richardson, J. y Soluk, D. (1987). Ecological neighbourhoods: scaling environmental patterns. *Oikos*, 49, 340-346.
- AHORA. (2019). *Pasco: puma muere al ser atropellado por un auto*. <https://ahora.com.pe/pasco-puma-muere-al-ser-atropellado-por-un-auto/>
- Akcakaya, H., Mills, M. y Doncaster, C. (2007). The role of metapopulations in conservation. En D. W. Macdonald y K. Service. (Ed.), *Key Topics in Conservation Biology*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Alessandro, M., Pucciarelli, N., Griffone, N. y Lo Vecchio, A. (2012). Procesos naturales del ambiente: biogeografía y ecología. *Revista Digital: Biogeografía y Ecología*, pp. 18.
- Alonso, A., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S. y Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 140-156.
- Andina. (2009). *Declaran en emergencia bosques secos de Lambayeque para evitar deforestación*. <https://andina.pe/agencia/noticia-declaran-emergencia-bosques-secos-lambayeque-para-evitar-deforestacion-226442.aspx>
- Andina. (2013). *Rechazan caza y muerte de puma en caserío de Olmos, en Lambayeque*. <https://andina.pe/agencia/noticia-rechazan-caza-y-muerte-puma-caserio-olmos-lambayeque-473490.aspx>
- Andina. (2022). *La Libertad: Ministerio Público investiga muerte de puma andino en Otuzco*. <https://andina.pe/agencia/noticia-la-libertad-ministerio-publico-investiga-muerte-puma-andino-otuzco-881444.aspx>
- Andina. (2023a). *Cómo las lluvias intensas ayudan a recuperación de los bosques secos de Piura y Lambayeque*.
- Andina. (2023b). *Cómo las lluvias intensas ayudan a recuperación de los bosques secos de Piura y Lambayeque*. <https://andina.pe/agencia/noticia-como-las-lluvias-intensas-ayudan-a-recuperacion-los-bosques-secos-piura-y-lambayeque-938631.aspx>
- Aránguez Ruiz, E., Arribas, M., Aránguez Gilarranz, J. y Ordoñez, J. (2012). *Salud y Territorio. Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica para la salud ambiental*.
- Arias, A., Acevedo, J., Botero, S., Sánchez, J. y Solari, S. (2011). *Estado de conservación del puma (Puma concolor) en el Municipio de Carolina del Príncipe, norte de la cordillera central colombiana*.

- Arita, H. y Rodríguez, P. (2001). Ecología geográfica y macroecología. En J. Llorente y J. Morrone (Ed.), *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*, (pp. 63-81). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Asesores Técnicos de Medio Ambiente y Dirección General de Medio Natural de la Región de Murcia. (2007). *Identificación y diagnóstico de la red de corredores ecológicos de la región de Murcia*. Documento de síntesis.
- Asociación para la Investigación y el Desarrollo Integral. (s.f.). *Reducción de la deforestación y degradación de bosques secos tropicales en Piura y Lambayeque*.
- Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible. (2014). *Corredores para la conservación*.
- Astete, S., Sollmann, R. y Silveira, L. 2008. Comparative ecology of jaguars in Brazil. *Cat News Special* 4:9-14.
- Banfield, A. (1974). *The mammals of Canada*. Toronto, Canada: University of Toronto Press.
- Barbero-Bermejo, I., Crespo, G., Hernández-Lambraño, R., Rodríguez de la Cruz, D. y Sánchez-Agudo, J. (2020). Natural Protected Areas as Providers of Ecological Connectivity in the Landscape: The Case of the Iberian Lynx. *Sustainability*, 13(41), 1-17. 10.3390/su13010041.
- Bejer, P., Majka, D. y Jenness, J. (2007). *The Big Picture. Corridor Design*.
- Boadas, A. (2011). Islas e insularidad geográfica. *Terra Nueva Etapa*, 27(41), 147-154.
- Bonacic C, Leichtle J. y Ohrens O. (2015). *El puma del altiplano de Tarapacá. Serie Fauna Australis*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 74 pp.
- Burneo, M. e Ilizarbe, S. (1999). *Tierras comunales y conflicto en el Estado: el caso de Olmos*. Centro Peruano de Estudios Sociales.
- Calderón, J. (2007). *Biogeografía de Islas: el caso de la herpetofauna mexicana* (Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.
- Cartaya, S., Zurita, S. y Mantuano-Eduarte, R. (2016). Propuesta de corredores ecológicos y zonas de amortiguamiento como medidas para restaurar la conectividad del hábitat de la especie *Cuniculus paca* en Ecuador. *Ambiente y Desarrollo*, 20(39), 69-82. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-39.pcez>
- Castellanos, A y Vallejo, A. (2020). Puma concolor. En J. Brito, M. Camacho, V. Romero y A. Vallejo (Ed.), *Mamíferos del Ecuador*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- Castillo, L., Jiménez, A., Martínez, L., Fernández, H. y Pinilla, M. (2016). *Plan de conservación de los felinos silvestres del territorio CAR*. Bogotá: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- Castro, H., Molina, F. y García, M. (2002). La fragmentación del paisaje como principal amenaza a la integridad del funcionamiento del territorio". En H. Castro (Ed.), *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/integra_territorial/integ2.pdf
- Castro, P. (2016). *Análisis del rol y desempeño de la red de actores involucrados en la gestión del turismo rural comunitario desarrollado en la reserva privada de Chaparrí, perteneciente a la comunidad campesina Muchik Santa Catalina de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque período 2013-2015* (Tesis de maestría). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Centro de Altos Estudios en Geomática. (2015). *Curso Modelamiento Espacial de Corredores Ecológicos*. Perú: Centro de Altos Estudios en Geomática.
- Chará, J., Giraldo, L. y Pedraza, G. (2008). *Corredores ribereños como herramienta de protección de ambientes acuáticos en zonas ganaderas*.
- Chaves, L., Griffon, D., León, J. y Rodríguez, D. (2016). Richard Levins (1930-2016) y los fundamentos dialécticos de la biología moderna. *Acta Biológica Venezuelica*, 36(1), 45-55.
- Clark, T. (1992). Practicing natural resource management with a policy orientation. *Environmental Management*, 16, 423-433.
- Comisión Nacional Forestal. (2011). *Manual de genética de la conservación. Principios aplicados de genética para la conservación de la diversidad biológica*.
- Comunidad Campesina Santo Domingo de Olmos – Lambayeque. (2023). *CCSDO, comenzo trabajos de mejoramiento de trochas carrozables: sector San Cristobal Grande*. <https://www.facebook.com/CCSDOLAMBAYEQUE/>
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. (2023). *Apéndices I, II y III en vigor a partir del 21 de mayo de 2023*. <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2023/S-Appendices-2023-05-21.pdf>
- Correa, C., Mendoza, M. y López, E. (2014). Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México. *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 7-23.
- Correo. (2016). *Piura: Ataque de puma a un agricultor causa zozobra en distrito del bajo Piura*. <https://diariocorreo.pe/edicion/piura/piura-ataque-de-puma-a-un-agricultor-causa-zozobra-en-distrito-del-bajo-piura-fotos-715283/>

- Correo. (2019). *Fiscalía investigará muerte de puma andino en Arequipa*. <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/fiscalia-investigara-muerte-de-puma-andino-899579/>
- CorridorDesign. (s.f.). *Cost distance and single-species corridors*.
- Cuentas, M. (2015a). El uso del espacio natural para el desarrollo del territorio: los bosques secos de algarrobo para las comunidades rurales en Lambayeque, 1985-2015. *Investiga territorios*, 2, 105-118.
- Cuentas, M. (2015b). *Revalorizando el bosque seco de algarrobo: estudio y análisis de la biodiversidad, distribución y conservación de los bosques secos en Lambayeque* (Tesis de licenciatura). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cuentas, M. (2016). Análisis del hábitat del zorro costeño (*Lycalopex sechurae*) en el departamento de Lambayeque y propuesta de corredores ecológicos con herramientas SIG. *Espacio y Desarrollo*, 28, 129-152. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espaciodesarrollo/article/view/15008/16121>
- Cuentas, M. (2019). *Efectos de la deforestación en los bosques y comunidades campesinas de Lambayeque en el contexto del cambio climático* (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Darlington, P. (1957). *Zoogeography: The geographical distribution of animals*. New York: John Wiley and Sons.
- Delgado, D. y Huaro, J. (2020). *Impacto del Proyecto especial de irrigación y energía OlmosTinajones en el Desarrollo Sostenible del caserío "La Algodonera"*, 2019. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Di Bitetti, M. (2008). *Depredadores tope y cascadas tróficas en ambientes terrestres*.
- Douglas, J. (1978). Biologists urge US endowment for conservation. *Nature*, 275. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/275082a0.pdf>
- Dunning, J., Danielson, B. y Pullian, H. (1992). Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos*, 65, 169-175.
- Ektvedt, T. M., Vetaas, O. R., y Lundberg, A. (2012). Land-cover changes during the past 50 years in the semi-arid tropical forest region of Northern Peru. *Erdkunde*, 66(1), 57-75. http://www.researchgate.net/profile/Ole_Vetaas/publication/234727849_LAND_COVER_CHANGES_DURING_THE_PAST_50_YEARS_IN_THE_SEMIARID_TROPICAL_FOREST_REGION_OF_NORTHERN_PERU/links/0912f50ffe7a4b6147000000.pdf

- El Comercio. (2015a). *Deforestan 7 mil hectáreas de bosque seco al año*. http://www.actualidadambiental.pe/wp-content/uploads/2015/08/elcomercio_2015-08-06_p12.pdf
- El Comercio. (2015b). *Lambayeque perdió en 10 años unas 70 mil hectáreas por tala*. http://www.actualidadambiental.pe/wp-content/uploads/2015/11/elcomercio_2015-11-03_p15.pdf
- Emmons, L. (1987). Comparative feeding ecology of felids in a neotropical rainforest. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 20, 271-283.
- Emmons, L. y Feer, F. (1999). *Neotropical Rainforest Mammals, a Field Guide. Segunda edición*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Ericsson, A. y Stevens, V. (1996). *Fringe benefits: A land owner's guide to the value and stewardship of riparian habitat*. Forest Renewal BC. Fraser River Action Plan. Environment Canada.
- Escobar, R. (2014). El cultivo de secano. *Revista de Geografía Agrícola*, 52-53, pp. 61-113. ISSN: 0186-4394.
- Escudero, A. (2002). Biología de Conservación. *Ecosistemas*, 11(3).
- ESRI. (s.f.). *Superposición ponderada*. <https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/weighted-overlay>
- Esseen, P. y Renhorn, K. (1998). Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forests. *Conservation Biology*, 12(6), 1307-1317.
- Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental. (s.f.). *Plan director CBM 2020*. <http://www.proyectomesoamerica.org:8088/emsa/index.php/corredor-biologico-mesoamericano?layout=edit&id=58>
- Etter, A. (1991). *Introducción a la Ecología del Paisaje. Un Marco de Integración para los Levantamientos Ecológicos*. doi: 10.13140/2.1.4464.5121
- Etter, A y Wyngaarden, W. (2000) Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean region. *Ambio*, 29, 412-439.
- European Space Agency. (s.f.). *Level 1. Sentinel-2 MSI*. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels/level-1#:~:text=Level%2D1C%20processing%20includes%20radiometric,system%20with%20sub%2Dpixel%20accuracy>.
- Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487-515.
- Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of the Landscape*. 2a edición. Londres: Springer.

- Farro, Y. y Santa Cruz, M. (2018). *Diseño de una ruta turística para la promoción del Refugio de vida silvestre Laquipampa, Incahuasi, Ferreñafe-Lambayeque* (Tesis de licenciatura). Pimentel: Perú.
- Feinsinger, P. (2004). *El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad*. Santa Cruz, Bolivia: FAN.
- Figueira Machado, R., Cerezer, F., Hendges, C., y Cáceres, N. (2017). Factores que afectan el tamaño del ámbito hogareño de felinos (Mammalia, Carnívora), con énfasis en tres especies americanas. *Ecología Austral*, 27(2), 232–241. <https://doi.org/10.25260/EA.17.27.2.0.416>
- Flores, C. (2021). Alfonso Pinillos: «Olmos ha desarrollado 23 mil has. nuevas en terrenos que eran eriazos por falta de agua». Recuperado de <https://infomercado.pe/alfonso-pinillos-olmos-ha-desarrollado-23-mil-has-nuevas-en-terrenos-que-eran-eriazos-por-falta-de-agua/>
- Foppen, R., Bouwma, I., Kalkhoven, J., Dirksen, J., y Opstal, S. (2000). *Corridors of the Pan-European ecological network: concepts and examples for terrestrial and freshwater vertebrates*. Tilburg: European Centre for Nature Conservation.
- Forman, R. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10, 133-142.
- Franklin, J. y Forman, R. (1987) Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. *Landscape Ecology*, 1(1), 5-18.
- Gallo, O. (2020). *Ecología y genética de paisaje del puma (Puma concolor) en Argentina: análisis de estructura genética y conectividad* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional del Sur.
- Gamarra, J. y Sol, R. (2002). Metapopulation Ecology, reseña de Metapopulation Ecology, de Ikka Hanski, *Bulletin of Mathematical Biology*, 64, 209–212.
- García, F., y Abad, J. (2014). Los corredores ecológicos y su importancia ambiental: Propuestas de actuación para fomentar la permeabilidad y conectividad aplicadas al entorno del río Cardeña (Ávila y Segovia). *Observatorio Medioambiental*, 10, 253-298. Recuperado de <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/47194>
- Garrido, E. (2020). La Biogeografía de Islas: herramienta científica y tecnológica de lo microscópico a lo universal. *Investigación y pensamiento crítico*, 8(1), 84-92.
- GBIF.org (08 October 2022) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.yjqysn>
- GBIF.org (08 October 2022) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.meg8mg>
- Gobierno de México. (2015). *Corredor ecológico de la sierra madre oriental (CESMO)*. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/corredor-ecologico-de-la->

- Hanski, I. y Gilpin, M. (1991). Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society*, 42, 3-16.
- Horna, M. (2022). *Modelo de gestión ecoeficiente para la sostenibilidad del bosque seco del norte del Perú ante el cambio climático, 2022-2024*.
- Instituto Colombiano de Investigaciones Biológicas Alexander Von Humboldt. (1998). *Política Nacional de Biodiversidad Colombia*.
- Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). Teledetección. <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf#:~:text=La%20teledetecci%C3%B3n%20es%20la%20t%C3%A9cnica,informaci%C3%B3n%20interpretable%20de%20la%20Tierra>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Censo 2017*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Encuesta Nacional de Hogares*.
- International Union for Conservation of Nature's Red List of Threatened Species. (2015). *Puma Concolor*. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/species/18868/97216466>
- Iriarte, A. (2008). *Mamíferos de Chile*. Barcelona, España: Lynx Edicions.
- Iriarte A., Franklin W., Johnson W. y Redford K. (1990). Biogeographic variation of food habits and body size of the America puma. *Oecologia*, 85, 185-190.
- Iriarte, A., Rau, J., Villalobos, R., Lagos, N. y Sade, S. (2013). Revisión actualizada sobre la biodiversidad y conservación de los felinos silvestres de Chile. *Boletín de Biodiversidad de Chile*, 8, 5-24.
- Jiménez, C., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., Torrealva, J. y Tello, G. (2010). Camera trap survey of medium and large mammals in a montane rainforest of northern of Peru. *Revista Peruana de Biología*, 17(2), 191-196.
- Kellert, S., Black, M., Rush, C., y Bath, A. (1996). Human Culture and Large Carnivore Conservation in North America. *Conservation Biology*, 10(4), 977-990.
- King, R. (1947). The future of wildlife in forest land use. *Transnational North American wildlife and natural resources conference*, 12, 454-467.
- Kruuk, H. (1986). Interactions between felidae and their prey species: a review. En S. Miller y D. Everett (Ed.), *Cats of the world: biology, conservation, and management* (pp. 353-374). The National Wildlife Federation.
- Laborde, J., Guevara, S. y Cadavid, L. (2016). La conectividad del paisaje. En P. Moreno. (Ed.), *Servicios Ecosistémicos de las Selvas y Bosques Costeros de Veracruz*, (pp. 96-108). Veracruz, México: Instituto de Ecología.

- Lane, S., Alonso, J. y Martín, C. (2001). Habitat preferences of great bustard *Otis tarda* flocks in the arable steppes of central Spain: are potentially suitable areas unoccupied?. *Journal of Applied Ecology*, 38, 193-203.
- La República. (2020). *Lambayeque: denuncian presunta deforestación de bosque en comunidad campesina de Olmos*. <https://larepublica.pe/sociedad/2020/09/24/lambayeque-denuncian-deforestacion-de-bosque-en-comunidad-campesina-de-olmos-lrnd>
- La República. (2023). *Condenan a pareja por envenenar a puma en sierra de La Libertad*. <https://larepublica.pe/sociedad/2023/01/06/condenan-a-pareja-por-envenenar-a-puma-en-sierra-de-la-libertad-lrnd>
- LaRue, M. y Nielsen, C. (2008). Modelling potencial dispersal corridors for cougars in Midwestern North America using least-cost path methods. *Ecological Modelling*, 212(212), 372-381.
- Laundre, J. y Hernández, L. (2010). What We Know about Pumas in Latin America. *Cougar: ecology and conservation*, 76–90.
- León, F. (2019). *Efectos ambientales por deforestación del Bosque Seco "El Algarrobal" de Conache - Laredo, 2016* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Trujillo.
- León, J. (2014). "El Niño" ayuda a regenerar bosques secos. <https://agraria.pe/noticias/%E2%80%99Cel-nino%E2%80%9D-ayuda-a-regenerar-bosques-secos-6964>
- Levin, S. (1974). Dispersion and Population Interactions. *The American Naturalist*, 108(960), 207-228.
- Levins, R. (1969). Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 15, 237-240.
- Lindstedt, S., Miller, B. y Buskirk, S. (1986). Home Range, Time, and Body Size in Mammals. *Ecology*, 67:413-418.
- Llunen, E., Saba, A., Arriaga, W. y Rimarachín, B. (2022). *Estrategia de empoderamiento socio – económica para el Programa Nacional de Conservación de Bosques en la región Lambayeque*. Editorial Compás.
- Logan, K. y Sweanor, L. (2001). *Desert Puma. Evolutionary Ecology and Conservation of an Enduring Carnivore*. Island Press.
- Loveridge, A., Wang, S., Frank, L. y Seidensticker, J. (2010). People and wild felids: conservation of cats and management of conflicts. *Biology and Conservation of Wild Felids*, 161-195.
- Luque, H. (2016). *Dieta, selección de hábitat del puma (Puma concolor) y su conflicto con la ganadería en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca* (Tesis de licenciatura). Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado de

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4279/Luque_Machaca_Hector_Alexis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- MacArthur, R., y Wilson, E. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: Princeton University Press.
- Mac Allister, M. (2019). *Caracterización genética del puma (Puma concolor linnaeus, 1771) en la Patagonia, a través de marcadores moleculares mitocondriales (nd5 y region control)* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.
- Majka, D., Beier, P. y Jennes, J. (2007). *Conceptual steps for designing wildlife corridors*.
- Mazzolli, M. (2019). Reacción de comunidades rurales de la cordillera occidental de Perú en interacciones con el puma (*Puma concolor*), con y sin pérdida de animales domésticos. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 529-534. <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i4.17219>
- Meffe, G. y Carroll, C. (1997). *Principles of conservation biology (2nd Edition)*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Mendieta, A. (2000). *Corredor Biológico Mesoamericano: Del Paseo Pantera a un modelo de desarrollo sostenible. Datos relevantes para una estrategia de comunicación*.
- Miller, K. y Tangle, L. (1991). *Trees of life: saving tropical forests and their biological wealth*.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). *Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales (segunda edición, revisada y ampliada)*.
- Ministerio de Agricultura y Riego y Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2019). *Restauración de paisajes en el Perú. Sitios prioritarios y evaluación de oportunidades*. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1662872/Restauraci%C3%B3n%20de%20Paisajes%20en%20el%20Per%C3%BA.pdf.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2016). *Hoy se inaugura proyecto Olmos que impulsará la agricultura*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-de-prensa-2014/11784-hoy-se-inaugura-proyecto-olmos-que-impulsara-la-agricultura>
- Ministerio de Educación. (s.f.). *Ciencias Naturales. Guía de autoaprendizaje. Material de apoyo para la continuidad educativa ante la emergencia COVID-19*.
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Bosques de Huacrupe - La Calera y Bosques de Moyan Palacio son reconocidas como dos nuevas ACR*.
- Ministerio del Ambiente. (2009). *Política Nacional del Ambiente*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Pol%C3%ADtica-Nacional-del-Ambiente.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (2019). *Guía de evaluación del estado de ecosistemas de bosque seco: bosque estacionalmente seco de llanura y bosque estacionalmente seco de colina y montaña*.
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/guia_bosque_seco.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Propuesta del documento final correspondiente al diagnóstico urbano con los componentes físico, social, económico, ambiental, vial entre otros. Propuesta de desarrollo urbano, propuesta de programa de inversiones, mecanismos de gestión urbana*.
- Ministerio Público Fiscalía de la Nación. (2022). *Incautan puma disecado hallado en una vivienda de Huarmey*. <https://www.gob.pe/institucion/mpfn/noticias/627015-incautan-puma-disecado-hallado-en-una-vivienda-de-huarmey>
- Monroy, O., Rodríguez, M., Zarco, M. y Urios, V. (2009). Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in central Mexico. *Animal Biology*, 59(2), 145-157.
- Monterroso, M. (s.f.). *Guía práctica: clasificación de imágenes satelitales*.
- Moore, R. y Richardson, J. (2003). Progress towards understanding the structure, function and ecological significance of small stream channels and their riparian zone. *Canadian Journal of Forestry Research*, 33, pp- 1349-1351.
- Morcuende, B. (2008). *Dinámica de población y viabilidad de la avoutarda común en la comunidad de Madrid* (Tesis de doctorado). (Madrid: Universidad Complutense de Madrid).
- Morláns, M. (s.f.). *Estructura del paisaje (matriz, parches, bordes, corredores) sus funciones fragmentación del hábitat y su efecto borde*.
- Mota, J., Paracuellos, M., Aguirre, A., Peñas, J., Cueto, M., Pérez-García, F., Jiménez-Sánchez, M., Medina-Cazorla, J., Sola, A. y Valero, J. (2006). La biogeografía y Ecología de islas. En M. Paracuellos, J. Nevado y J. Mota. (Ed.), *Entre África y Europa: Historia natural de la isla de Alborán* (pp. 193-220). Sevilla: RENPA.
- Municipalidad Distrital de Olmos. (s.f.a). *Aspectos generales*. Recuperado de <https://www.muniolmos.gob.pe/mdo/ciudad/descripciondeolmos1.html>
- Municipalidad Distrital de Olmos. (s.f.b). *Historia de Olmos*. Recuperado de <https://www.muniolmos.gob.pe/mdo/ciudad/historia.html>
- Municipalidad Distrital de Olmos. (s.f.c). *Recursos hidrográficos*.
- Municipalidad Distrital de Olmos. (s.f.d). *Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Olmos. Volumen I*.
- Municipalidad Distrital de Olmos. (2013). *Planeamiento integral de la nueva ciudad de Olmos*.

- Muñoz-Pedrerros, A. y Yáñez, J. (2000). *Mamíferos de Chile*. Valdivia, Chile: Ediciones CEA.
- Murray, K., Winnett-Murray, K. y Hertel, L. (2002). Species diversity, island biogeography, and the design of nature reserves. En M. A. O'Donnell. (Ed.), *Tested studies for laboratory teaching* (pp. 125-144). The Association.
- Nasi, R., Brown, D., Wilkie, D., Bennett, E., Tutin, C., van Tol, G. y Christophersen, T. (2008). *Conservación y utilización de recursos provenientes de la vida silvestre: la crisis de la carne de caza*. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal y Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR), Bogor.
- Navarro, M., González, L., Flores, R. y Amparán, R. (2015). *Fragmentación y sus implicaciones. Análisis y reflexión documental*.
- Nowell, K. y Jackson, P. (1996). Animal use: non-food uses. In World Conservation Monitoring Centre (Ed.), *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources* (pp. 374). Chapman and Hall, Londres, UK.
- Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina. (2013). *Minería amenaza la vida y la biodiversidad del distrito de Cañarís*. <https://www.ocmal.org/mineria-amenaza-la-vida-y-la-biodiversidad-del-distrito-de-canaris/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *El estado de los bosques del mundo*. Roma: FAO y PNUMA.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *Reducción de la deforestación*. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/reducing-deforestation/basic-knowledge/es/>
- Pacheco, L., Lucero, A. y Villca M. (2004). Dieta del puma (Puma concolor) en el Parque Nacional Sajama, Bolivia y su conflicto con la ganadería. *Ecología en Bolivia*, 39(1), 75-83.
- Paredes, H. (2022). *Diseño de un corredor ecológico para la especie del oso andino (Tremarctos ornatus) entre las provincias de Imbabura – Pichincha* (Tesis de Maestría). Universidad Internacional SEK.
- Payán, E. y Hoogesteijn, R. (2016). *El futuro del conflicto entre felinos y humanos depende enteramente de nosotros*. En: Castaño–Uribe, C; Lasso, CA; Hoogesteijn, R; Díaz–Pulido A; Payán, E. (eds.). II. Conflictos entre felinos y humanos en América Latina. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia. p. 485–489

- Perú21. (2013). *Lambayeque: Polémica por cacería y muerte de puma en vía de extinción*. <https://peru21.pe/lima/lambayeque-polemica-caceria-muerte-puma-via-extincion-123285-noticia/>
- Priego, A., Moreno, P., Palacio, J., López, J. y Geissert, D. (2003). Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del estado de Veracruz, México. *Investigaciones geográficas*, 52, 31-52.
- Primack, R. y Ros, J. (2002). *Introducción a la biología de la Conservación*. Barcelona: Editorial Ariel.
- PROFONANPE. (s.f.). *Bosque por naturaleza*. <https://profonanpe.org.pe/bosqueseco/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). *Índice de Desarrollo Humano 2019*. Recuperado de <https://www.pe.undp.org/content/dam/peru/docs/Publicaciones%20pobreza/idh2019/IDH%202019.xlsx>
- Proyecto Especial Olmos Tinajones. (2016). *Boletín electrónico*. <http://www.peot.gob.pe/imagenes/boletin2016.pdf>
- Raffo, F. (2023). *El otro lado de las lluvias: el resurgir de los bosques secos durante climas extremos*. <https://elcomercio.pe/peru/piura/el-otro-lado-de-las-lluvias-el-resurgir-de-los-bosques-secos-durante-climas-extremos-costas-de-peru-inundaciones-lluvias-flora-y-fauna-serfor-bosques-verdes-noticia/>
- Rahel, F. (1990). The Hierarchical Nature of Community Persistence: A Problem of Scale. *The American Naturalist*, 136(3), 328-344.
- Redford, K y Eisenberg, J. (1992). *Mammals of the Neotropics; The Southern Cone. Chile, Argentina, Uruguay and Paraguay*. Chicago, Illinois, United States.
- Rodríguez, R., Mabres, A., Palacios, E. y Salazar, P. (2018). El Niño registrado en especies arbóreas del bosque seco de la costa norte del Perú. *Boletín técnico*, 5(4), 5-9.
- Rojas-VeraPinto, R., Zegarra, R., Gutiérrez, R. y Beraún, Y. (2019). *Conviviendo con el oso andino en el Perú. Diagnóstico y pautas para el manejo de los conflictos humano-oso*. Sociedad Zoológica de Fráncfort Perú.
- Romo, M. (1995). Food habits of the Andean fox (*Pseudalopex culpaeus*) and notes on the mountain cat (*Felis colocolo*) and puma (*Felis concolor*) in the Rio Abiseo National Park, Peru. *Mammalia*, 59(3), 335-343.
- RPP. (2011). *Lambayeque: Encuentran muerto a un puma andino del Bosque de Pómac*. <https://rpp.pe/peru/actualidad/lambayeque-encuentran-muerto-a-un-puma-andino-del-bosque-de-pomac-noticia-430654>

- RPP. (2018). *Olmos representa el 70% de ganadería lambayecana*. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/lambayeque/olmos-representa-el-70-de-ganaderia-lambayecana-noticia-1108291?ref=rpp>
- RPP. (2019). *Murió el puma que fue rescatado por Serfor tras pasar días perdido en Arequipa*. <https://rpp.pe/peru/arequipa/arequipa-murio-el-puma-que-fue-rescatado-por-serfor-tras-pasar-dias-perdido-noticia-1209714>
- Sabogal, A. (2011). *Estudio de la vegetación y el pastoreo en los bosques secos del norte del Perú con énfasis en la distribución de Ipomoea carnea Jacq.* Sociedad Geográfica de Lima.
- Sahagún, F. y Reyes, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *CienciaUAT*, 12(2), 6-21.
- Santos, T. y Tellería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 2, 3-12.
- Schlosser, I. (1991). Stream fish ecology: A landscape perspective. *BioScience*, 41, pp. 704-712.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). CLIMAS DEL PERÚ – Mapa de Clasificación Climática Nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Serra, A. (2020). *Comparación de algoritmos de clasificación supervisada*.
- Servicio Agrícola y Ganadero. (2010). *Plan Nacional Conservación del Puma*.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2010). *Registran presencia del puma (Felis concolor) en sector recientemente recuperado de invasores en el Santuario Histórico Bosque de Pómac en Lambayeque*. Recuperado de <http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/noticia.jsp?ID=258>
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2015). *Plan Maestro. Refugio de Vida Silvestre Laquipampa 2015 – 2019*.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2016). *Plan Nacional de Conservación del Oso Andino (Tremarctos ornatus) en el Perú. Periodo 2016 – 2026*. https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/10/Plan_Oso_FINAL_BAJA.pdf
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2018). *Grandes felinos. Depredadores amenazados*.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2019). *Plan Nacional de Conservación del tapir andino en el Perú. Periodo 2019 – 2029*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1534985/Plan%20Nacional>

%20de%20Conservaci%C3%B3n%20del%20Tapir%20Andino%20en%20el%20Per%C3%BA.pdf.pdf

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2020). *Plan Nacional de Conservación de los Primates Amenazados del Perú*.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1534996/Plan%20Nacional%20de%20Conservaci%C3%B3n%20de%20Primates%20Amenazados%20en%20el%20Per%C3%BA.pdf.pdf>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2022). *Plan Nacional de Conservación del Jaguar (Panthera onca) en el Perú, período 2022-2031*.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3593628/PLAN_NACIONAL_DE_CONSERVACION_DEL_JAGUAR-D000189-2022-MIDAGRISERFOR-DE.PDF.PDF

Shafer, C. (1990). *Nature reserves: Island theory and conservation practice*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.

Shaw H., Beber P., Culver M. (2007). *Puma Field Guide. A guide covering the Biological Considerations, General History, Identification, Assessment, and Management of Puma concolor*. The Cougar Network.

Simberloff, D. (1974). Equilibrium Theory of Island Biogeography and Ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 161-182.

Simberloff, D. (1988). The contribution of population and community biology to conservation science. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 473-511.

Sistema de Información de Biodiversidad. (s.f.). *Puma concolor*. Recuperado de <https://sib.gob.ar/especies/puma-concolor?tab=info-general>

Sociedad Peruana de Derecho. (2011). *Las áreas naturales protegidas: usos y categorías*. SPDA, MINAM.

Soulé, M. (1985). What is conservation ecology?. *BioScience*, 35, 727-734.

Soulé, M. y Simberloff, D. (1986). What do genetics and ecology tell us about the design of nature reserves?. *Biological Conservation*, 35(1), 19-40.

Sunquist, M., y Sunquist, F. (2009). Family Felidae (Cats). Pp. 54-169. En D. Wilson y R. Mittermeier (Ed.), *Handbook of the Mammals of the World. Vol. 1 (54-169)*. Barcelona, España: Lynx Edicions.

Taylor, P., Fahring, L., Henein, K. y Meriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68, 571- 573.

Tellería, J. (1999). Biología de la conservación: Balance y perspectivas. *Ardeola*, 46(2), 239-248).

Tidball, K. (2014). Wildlife Conservation. En A. Michalos (Ed.), *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_3241

- Torres, M. (2022). *Bosques secos del Perú, una oportunidad*. El Peruano. <http://www.elperuano.pe/noticia/199734-bosques-secos-del-peru-una-oportunidad>
- Tovar, A. (2022). *Dieta del puma (Puma concolor) como aproximación al uso del hábitat en el Coto de Caza el Angolo, Piura, Perú* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- United Nations Convention to Combat Desertification. (2017). *Perspectiva global de la tierra*. Primera edición. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/GLO_Full_Report_low_res_Spanish.pdf
- Urteaga, P. (2022). *Agua y desarrollo. El caso del Proyecto Olmos Tinajones (Lambayeque, Perú)*. En A. Castro y M. I. Merino-Gómez (Eds.) *Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú. En el marco de la conmemoración de los 200 años de vida republicana*. Lima: INTE-PUCP, pp. 464-481. <https://doi.org/10.18800/978-9972-674-30-3.023>
- Vargas, G. (2008). Fragmentación y conectividad de ecosistemas en el sector del proyecto geotérmico Miravalles y sus alrededores. 1975 – 2007. *Revista Reflexiones*, 87(2), 9-38.
- Vasquez, L. (2018). *Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río La Leche, distrito de Pacora – Lambayeque* (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil Ambiental). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Valdés, A. (2011). Modelos de paisaje y análisis de fragmentación: de la biogeografía de islas a la aproximación de paisaje continuo. *Ecosistemas*, 20(2), 11-20.
- Vila, J., Varga, D., Llausás, A. y Ribas, A. (2006). *Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje*.
- Villacreses, G. (2019). *Geolocalización de sitios para el emplazamiento de granjas solares en la región Sierra del Ecuador* (Tesis de Maestría). University of Salzburg.
- Whitney, G y Somerlot, W. (1985). A case study of woodland continuity and change in the American Midwest. *Biological Conservation*, 31, 265-87.
- World Wildlife Fund. (2015a). *Conectividad ecológica: importancia, situación en España y criterios para identificar redes ecológicas*. Recuperado de http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_para_la_definicion_de_redes_ecologicas_en_espana_gr.pdf
- World Wildlife Fund. (2015b). *Ley Forestal y de Fauna Silvestre*. Recuperado de <https://www.wwf.org.pe/?257396/Ley-Forestal-y-de-Fauna-Silvestre#>
- Wu, J. y Vankat, J. (1995). Island biogeography: theory and applications. En W. A. Nierenberg. (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Biology*. Vol. 2. (pp. 371-379). San Diego: Academic Press.

- Yaringaño, K. (2022). *Variación espacio-temporal de la nubosidad usando el producto máscara de nubes modis sobre el Perú* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Yauce, L. (2017). *Potencial económico del Área de Conservación Regional Huacrupe - La Calera - Olmos* (Tesis de licenciatura). Chiclayo, Lambayeque, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Yesquen, P. (2019). *Estrategias económicas para el crecimiento económico de las pequeñas unidades productivas del valle de Olmos, ámbito de influencia de la primera fase de la irrigación Olmos, año 2017* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Yesquen, F., Ugaz, A. y Chávez-Villavicencio, C. (2020). Mortandad de vertebrados por atropellos en carreteras en Tambogrande, Piura, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 27(2), 131-138. <https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16827>
- Zeballos, H., Villegas, L., Gutiérrez, R., Caballero, K. y Jiménez, P. (2000). Vertebrados de las Lomas de Atiquipa y Mejía, sur del Perú. *Revista de Ecología Latinoamericana*, 7(3), 11-18.

