



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Modelamiento geoespacial de la erosión antrópica y  
fragmentación del ecosistema de las Lomas de Carabaylo, entre  
los años 2010 – 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Espinoza Andía, Juan Himmel (orcid.org/0000-0002-6916-7867)

Montes Huamaní, Claudia Dayana (orcid.org/0000-0003-4750-2203)

**ASESOR:**

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (orcid.org/0000-0003-1504-2089)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSTARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2021



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, BENITES ALFARO ELMER GONZALES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "MODELACIÓN GEOESPACIAL DE LA EROSIÓN ANTRÓPICA Y LA FRAGMENTACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LAS LOMAS DE CARABAYLLO, ENTRE LOS AÑOS 2010 - 2021", cuyos autores son ESPINOZA ANDIA JUAN HIMMEL, MONTES HUAMANÍ CLAUDIA DAYANA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 13 de Diciembre del 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
BENITES ALFARO ELMER GONZALES <b>DNI:</b> 07867259 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1504-2089	Firmado electrónicamente por: ELBENITESALF el 28-07-2022 08:46:20

Código documento Trilce: TRI - 0221607



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, MONTES HUAMANÍ CLAUDIA DAYANA, ESPINOZA ANDIA JUAN HIMMEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "MODELACIÓN GEOESPACIAL DE LA EROSIÓN ANTRÓPICA Y LA FRAGMENTACIÓN DEL ECOSISTEMA DE LAS LOMAS DE CARABAYLLO, ENTRE LOS AÑOS 2010 - 2021", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
CLAUDIA DAYANA MONTES HUAMANI DNI: 72327289 ORCID: 0000-0003-4750-2203	Firmado electrónicamente por: CMONTESHU el 13-12- 2021 10:21:31
JUAN HIMMEL ESPINOZA ANDIA DNI: 74208458 ORCID: 0000-0002-6916-7867	Firmado electrónicamente por: JESPINOZAAN el 13- 12-2021 08:42:21

Código documento Trilce: TRI - 0221608



## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta tesis a nuestras familias quienes permanentemente nos apoyaron y brindaron la confianza durante este proceso académico para el logro de nuestros objetivos, así también, a los docentes y amistades que conocimos en el trayecto.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestros docentes, que confiaron y nos apoyaron de manera incondicional durante todos estos años de formación profesional y en esta última etapa para la obtención del título profesional.

Gracias por compartir su conocimiento y experiencia profesional

A todos eternamente agradecidos.

## Índice de contenidos

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de autenticidad del autor	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. METODOLOGÍA</b>	<b>13</b>
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>24</b>
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>38</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>40</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de Tablas

TABLA 1.	Programas De Búsqueda De Imágenes Satelitales	14
TABLA 2.	Relación De Expertos Que Validaron Los Instrumentos De Recolección De Datos	14
TABLA 3.	Valores Para El Índice De Fragmentación	22
TABLA 4.	Software De Procesamiento De Datos	22
TABLA 5.	Factor Antrópico - Caminos Construidos 2011-2021	27
TABLA 6.	Factor Antrópico – Viviendas Construidas 2011-2021	27
TABLA 7.	Factor Antrópico – Instalaciones Mineras 2011-2021	28
TABLA 8.	Análisis Multitemporal – Cobertura Vegetal 2011 – 2021	31
TABLA 9.	Análisis Multitemporal – Construcción De Caminos 2011 - 2021	31
TABLA 10.	Análisis Multitemporal – Construcción De Viviendas 2011 - 2021	32
TABLA 11.	Instalaciones De Actividades Mineras	32
TABLA 12.	Índice De Diversidad De Patton	33
TABLA 13.	Tabla De Índice De Compactación	33
TABLA 14.	Indicé De Continuidad	34
TABLA 15.	Indicé De Fragmentación A Partir De Factores Antrópicos	34
TABLA 16.	Indicé De Fragmentación A Partir De Procesos Naturales.	35

## Índice de Figuras

FIGURA 1. Flujograma De Procesos	15
FIGURA 2. Puntos De Recorrido	17
FIGURA 3. Evidencias De Visita De Campo	17
FIGURA 4. Delimitación Del Área De Estudio	18
FIGURA 5. Bandas Espectrales De La Imagen Satelital Sentinel 2	19
FIGURA 6. Combinación Multiespectral 4,3,2 - Color Verdadero - 2021	24
FIGURA 7. Cobertura Vegetal A Generada Del Ndvi - 2021	25
FIGURA 8. Cobertura Vegetal A Generada Del Ndvi – 2019	26
FIGURA 9. Cobertura Vegetal A Generada Del Ndvi – 2017	26
FIGURA 10. Construcción De Caminos, 2011 – 2021	28
FIGURA 11. Construcción De Viviendas 2021	29
FIGURA 12. Actividades Mineras 2021	30

## RESUMEN

Las Lomas de Carabayllo es un ecosistema natural estacional que alberga parte de la biodiversidad endémica del Perú, en el año 2013 fue considerada como ecosistema frágil bajo la Resolución Ministerial N° 429-2013-MINAGRI y posteriormente en el Decreto Supremo N° 011-2019-MINAM; sin embargo, a pesar de las normativas establecidas, su ciclo natural comenzó a ser afectada por actividades antrópicas, por ello, esta investigación tuvo como objetivo generar un modelo geoespacial de la erosión antrópica que permita identificar el grado de fragmentación del ecosistema en las lomas de Carabayllo, mediante imágenes satelitales obtenidas en servidores virtuales (Copernicus, Google Engine, Planet Scope) y procesadas en *softwares* como SAS Planet y ArcGIS; asimismo, generar información relevante a considerar en la elaboración de proyectos, manteniendo así la sostenibilidad en el entorno.

Como resultado, se obtuvo un modelamiento geoespacial de la erosión antrópica, donde se identificó a la construcción de caminos como el factor de mayor impacto en relación a la pérdida de cobertura vegetal, impactando progresivamente la fragmentación del ecosistema. Concluyendo así, en la determinación del factor de erosión y el grado de fragmentación de las lomas de Carabayllo en el periodo del año 2011 al 2021.

**Palabras clave:** Ecosistema, erosión, urbanización, software.

## ABSTRACT

The Lomas de Carabayllo is a seasonal natural ecosystem that houses part of the endemic biodiversity of Peru, in 2013 it was considered a fragile ecosystem under Ministerial Resolution No. 429-2013-MINAGRI and subsequently in Supreme Decree No. 011-2019-MINAM; However, despite the established regulations, its natural cycle began to be affected by anthropogenic activities, therefore, this research aimed to generate a geospatial model of anthropogenic erosion to identify the degree of fragmentation of the ecosystem in the hills of Carabayllo, using satellite images obtained in virtual servers (Copernicus, Google Engine, Planet Scope) and processed in software such as SAS Planet and ArcGIS; In addition, to generate relevant information to be considered in the elaboration of projects, thus maintaining sustainability in the environment.

As a result, a geospatial modeling of anthropogenic erosion was obtained, where road construction was identified as the factor of greatest impact in relation to the loss of vegetation cover, progressively impacting the fragmentation of the ecosystem. Thus concluding in the determination of the erosion factor and the degree of fragmentation of the hills of Carabayllo in the period from 2011 to 2021.

**Keywords:** Ecosystem, erosion, urbanization, software.

## I. INTRODUCCIÓN

Las lomas costeras o también llamadas “Oasis de nieblas”, albergan una gran biodiversidad, entre ellas, especies endémicas que habitualmente se encuentran separadas por un hábitad árido y carente de vegetación (Loyola, 2018), este tipo de ecosistemas son frágiles y presentan gran diversidad biológica durante la temporada húmeda. Las formaciones de las lomas costeras inician en el mar, donde los vientos alisios transportan los vapores de agua durante la época de invierno hasta los cerros desérticos, y gracias a la temperatura y otros factores costeros, dan origen a este único ecosistema.

Actualmente (2021) el Perú posee 67 lomas costeras, ocupando un área total de 783 mil ha, las cuales están constituidas por valles costeros y planicies; en la zona norte del país existen 9 lomas, en la zona sur 35 y la zona central presenta 23 (Alonso & Solorzano, 2021); asimismo, según la Guía de flora de las lomas de Lima (2015) de SERFOR, indica que solo en el departamento de Lima existen aproximadamente 134 especies vegetales con flores.

Entre las Lomas más importantes de nuestro país, se halla las Lomas de Carabaylo, la cual se encuentra ubicada entre los límites de los distrito de Ancón, Puente Piedra y Carabaylo; así también, su área de conservación natural presenta una superficie de 427,23 ha., constituidas por las lomas de Carabaylo 1 y 2 (D.S. 011-2019- MINAM); por otro lado, a causa de su morfología y ubicación, alberga formas de especies vegetales endémicas, como: gramíneas, criptógamas, herbáceas anuales, bulbíferas, terófitas y rizomatosas (Ramírez et al. 2019, p. 63), las mismas que juegan un papel clave en el equilibrio de los servicios medio ambientales del lugar.

En el transcurso del tiempo, las lomas de Carabaylo se han visto afectadas por un ineficiente plan de crecimiento urbano, el cual, dio paso a invasiones urbanas, tráfico de terrenos, construcción informal de caminos, entre otros,

causando la erosión del suelo y la fragmentación de los ecosistemas de las lomas.

En el año 2019, a través del D.S. 011-2019- MINAM, se estableció a las lomas de Carabayllo como un espacio de conservación regional dentro del sistema de lomas de Lima, sin embargo, en la actualidad (2021) continúa la generación de problemáticas que ponen en riesgo su conservación y la calidad ambiental urbana colindante; por lo que, es de suma importancia continuar con proyectos de investigación de esta naturaleza, a fin de dar a conocer los componentes e importancia de este tipo de entorno, para una correcta evaluación de impactos y así lograr proyectos sostenibles.

Por estas razones, la investigación se planteó como problema principal: ¿Como el modelamiento geoespacial de la erosión antrópica identifica el grado de fragmentación del ecosistema en las lomas de Carabayllo?; y como problemas específicos: ¿Qué factores antrópicos se identifican con el modelamiento geoespacial de la erosión antrópica en las Lomas de Carabayllo? y ¿ De qué manera el índice de fragmentación del ecosistema en las lomas de Carabayllo se relaciona con el modelamiento geoespacial de la erosión antrópica?.

Asimismo, la justificación del estudio fue contemplado por tres aspectos; justificación ambiental, la información geográfica obtenida presenta una data actualizada de las Lomas de Carabayllo, por lo que, es de contribución en la toma de decisiones sobre la conservación y monitoreo efectivo de estos ecosistemas estacionales, sirviendo para que las autoridades pertinentes brinden la atención necesaria y desarrollen planes de acción que limiten invasiones y otras amenazas antrópicas que ponen en riesgo la diversidad biológica de las lomas, por otro lado, como justificación económica, se determina que el estudio realizado puede ser enfocado para el aprovechamiento y desarrollo de nuevas actividades económicas como el ecoturismo, el cual se podría desarrollar en el marco de desarrollo sostenible en la comunidad del distrito, por último, como justificación social, la investigación está orientada a la generación de conciencia ambiental en los

habitantes aledaños, asimismo, los resultados obtenidos podrían ser aplicados para la planificación del desarrollo, formulación de nuevas políticas medioambientales y a la toma de decisiones con respecto a estas áreas naturales protegidas (ANP).

También, se presento como objetivo general determinar un modelo geoespacial de la erosión antrópica que permita identificar el grado de fragmentación del ecosistema de las lomas de Carabayllo, y como objetivos específicos, Identificar los factores antrópicos mediante el Modelamiento Geoespacial de la erosión antrópica de las Lomas de Carabayllo, e identificar como el índice de fragmentación del ecosistema de las lomas de Carabayllo se relaciona con el modelamiento geoespacial de la erosión antrópica.

Como hipótesis general, el modelamiento geoespacial de la erosión antrópica identifica el grado de fragmentación del ecosistema de las lomas de Carabayllo, e hipótesis específicas; Se identificaron factores antrópicos relevantes mediante el modelamiento geoespacial de la erosión antrópica de las Lomas de Carabayllo, y el índice de fragmentación del ecosistema de las lomas de Carabayllo se relaciona de forma directamente proporcional con el modelamiento geoespacial de la erosión antrópica.

Uno de los principales problemas de la pérdida de cobertura vegetal en estos ecosistemas frágiles es la erosión del suelo, para Lahoz (2020), el suelo es un indicador que muestra áreas donde el medio ha sido modificado a consecuencia de sufrir procesos de degradación resultantes de la acción de agentes naturales y de un inadecuado uso del suelo, lo que conlleva a una considerable reducción de la productividad del mismo; en relación a ello, Monar Gavilánez et al. (2017), definió a la erosión antrópica como cambios en el medio ambiente, provocados por actividades humanas o inducidas por ellas, la cual pueden acelerar el proceso de desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales en el suelo; así también, considero el cambio de uso de suelos como una de las principales variables que contribuyen directamente a la afectación en la biodiversidad, en la

desintegración de los ambientes naturales y la influencia sobre el medio ambiente (Amit, 2021).

La fragmentación paisajística, es una de las principales causas de la falta de la interacción entre el hábitat y la diversidad biológica, así mismo se define como la asociación de los efectos negativos adversos provenientes de la acción e interacción humana, la cual genera la modificación irreversible sobre el medio provocando una pérdida importante del hábitat, alterando su ciclo productivo y conllevando la extinción de esta (Valdés, 2011). García (2011), hace mención que la fragmentación también es un proceso natural como la respuesta de la sobrevivencia del más fuerte, así mismo esto provoca perturbaciones y consecuencias en el proceso de reproducción de las especies, alterando así la flora y fauna del lugar, provocando su degradación.

Díaz (2011), define la erosión antrópica como la degradación del suelo por la falta de cobertura vegetal en los primeros horizontes del suelo, esta falta de cobertura se debe por la acción del hombre, la cual daña y genera un cambio en la composición del suelo, provocando que este pierda nutrientes y permita el crecimiento de las especies herbáceas. Así mismo, se define como la degradación acelerada de la capa superior del suelo, alterando la retención de la humedad y causando que este pierda fertilidad (Bolaños et al., 2016).

Alban (2015), en su investigación, buscó evaluar de qué manera la cobertura vegetal cambia con el pasar del tiempo, así mismo, planteó realizar un análisis de fragmentación de áreas protegidas. Durante el tiempo de investigación determinó que la actividad antropológica provocó un gran daño al país, además, concluyó que los bosques y áreas protegidas presentaban altos daños correspondiente a la biodiversidad y especies endémicas.

Ríos (2017), en su investigación, estimó la valoración paisajística territorial a fin de determinar el impacto generado en las lomas de Carabayllo, mediante el modelamiento geoespacial, imágenes Landsat 5 y 8, y aplicando la metodología de superposición de transparencias; obteniendo como

resultado que: hasta diciembre del 2016 perdió un total de 23.39 ha., equivalente a una pérdida de extensión territorial del 1.33% de la Loma. Con respecto al impacto paisajístico, verificó que la unidad paisajística denominada Alfa – UP  $\alpha$  (sector primavera), presentaba una calidad paisajística alta, demostrando que el sector no sufrió ningún impacto considerable por el fenómeno de la expansión urbana.

En tanto, la metodología utilizada por Sattler (2019), para la caracterización de la ocupación informal en las lomas de Pamplon, se basó en la superposición de imágenes satelitales extraídas de mapas disponibles en el sitio web del Servicio de Parques de Lima y el programa Google Earth Pro, del año 2002 y 2019, las cuales fueron transformados a polígonos y líneas sobre las vías carrozables que atraviesan las lomas, obteniendo como resultado que: durante el año 2002 los asentamientos humanos se ubicaban a una altitud de 450 msnm y en zonas con pendientes menor al 18%; sin embargo, para el año 2019, las viviendas se establecieron en terrenos con altitud de 620 m.s.n.m. con pendientes promedio de entre 30% hasta 78,6%, llegando a la conclusión que las zonas ocupadas en los últimos años presentan difícil accesibilidad y son más peligrosas.

Años más tarde, Lotfi y Abderrazak (2021) investigaron la fragmentación a nivel de paisaje y los cambios de la cobertura vegetal multitemporal dentro del parque nacional de Tlemcen (TNP) en el noroeste de Argelia en el periodo de 31 años; para ello, aplicaron y analizaron cinco métricas de paisaje y se utilizaron tres imágenes Landsat adquiridas en tres períodos de tiempo (1987, 1999 y 2018) con diferentes sensores; Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper (ETM +) y Operational Land Imager (OLI). Después de rigurosos pasos, estas imágenes se transformaron y se definieron en mapas de índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) que representaban las principales clases de cobertura vegetal en TNP; por último, tuvieron como resultado que durante el período de estudio el Parque Nacional de Tlemcen ha sufrido una progresiva y significativa fragmentación del paisaje.

Así también Medina (2021), en objetivo por lograr establecer el cambio de uso de suelo de la subcuenca del Yucas en el periodo 1990 al 2020, utilizó herramientas de teledetección e imágenes Landsat; Landsat 5 para el año 1990 y Landsat 8 para el año 2020, así también, se apoyó en métodos como el algoritmo de máxima verosimilitud para la clasificación supervisada e índice Kappa y matriz de conjunción, una vez procesados los datos verificaron que existe una pérdida de cobertura de un 5.45% en este periodo lo que equivale a un total de 2005.77 ha, afectadas por acciones antrópicas principalmente la expansión urbana.

Dou y Chen (2017), evaluaron los cambios producidos en la cobertura del suelo por la expansión urbana, utilizando Mapper temático Landsat multitemporal / Enhanced Thematic Mapper Plus / Operational Land Imager (TM / Imágenes ETM + / OLI), desarrollando así, un método de clasificación jerárquico de alta precisión, donde mostraron a partir del análisis estadísticos de la cobertura del suelo en el periodo 1988 al 2015, que las áreas edificadas aumentaron en un 6.4% en comparación de las áreas con cobertura vegetal, las cuales disminuyeron considerablemente. Asimismo, demostraron que existen tres etapas de intervalos de tiempo con respecto a la expansión urbana, siendo de 1988 al 1996 una urbanización de edad temprana, de 1996 al 2005 una urbanización rápida y del 2005 al 2015 una urbanización intensiva.

Por su parte, Cano et al. (2019) investigó acerca de la expansión urbana en el estado de Hidalgo – México con imágenes Landsat, donde se tomaron imágenes de la base de datos del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), y utilizaron la metodología de Jensen para poder extraer información de la cobertura del suelo mediante sensores remotos, obteniendo mosaicos de imágenes que calibraron mediante el procedimiento de Chander, el cual usa coeficientes radiométricos para la elaboración de polígonos representativos en el área de interés, asimismo, generaron imágenes ráster por medio del método de clasificación por máxima verosimilitud (Software ERDAS Imgine), obteniendo como resultado capas vectoriales de las zonas urbanas. El producto obtenido lo validaron a través

de mapas cartográficos, para poder realizar el análisis de cambios urbanos. Esta investigación concluyó con la cartografía de una mayor cantidad de polígonos urbanos en comparación a investigaciones similares.

Por otra parte, uno de los métodos más utilizados calcular la cobertura de vegetación, y que a su vez nos ayudan a conocer la dinámica de la vegetación y el proceso de restauración vegetal es el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) (Zhang et al. 2018), y gracias a sus escalas espaciales permiten caracterizar las texturas de cobertura terrestres y conocer los cambios que en ella se producen; así como, la visualización de paisajes en accesos restringidos o de gran tamaño (Verhoeben y Dedoussi, 2021).

Es por ello que, Amit (2021) tuvo como principal objetivo monitorear tierras de cultivo con irrigación estacional de la cuenca del Berambadi, haciendo uso de múltiples imágenes ópticas de satélite. Si bien la cobertura de nubes durante el crecimiento de los cultivos es el mayor obstáculo para la teledetección óptica, las imágenes sin nubes de múltiples plataformas de satélites ópticos (Landsat-8 (OLI), EO1 (ALI), IRS-P6 (LISS3 y LISS4), y Spot5Take5 (HRG2)) lograron llenar los vacíos de datos durante los períodos de crecimiento de los cultivos; aplicando el índice de vegetación de diferencia normalizada acumulativo estacional (NDVI) calculando y muestreando a una resolución espacial de 5 m para varias temporadas de cultivo. Para clasificación de la máquina de vectores de apoyo (SVM) aplicaron imágenes NDVI acumulativas estacionales de áreas de tierras de cultivo irrigadas. La validación de las tierras de cultivo irrigadas clasificadas se realizó mediante el cálculo de los coeficientes kappa para tres temporadas de cultivo del 2014 a 2016 mediante observaciones terrestres. Los coeficientes Kappa variaron de 0,81 a 0,96 para 2014-2015 y de 0,62 a 0,89 para 2015-2016, excepto en el verano de 2016, cuando fue de 1,00. El riego con aguas subterráneas en la cuenca fluvial osciló entre el 4,6% y el 16,5% del total de tierras de cultivo durante estas temporadas de cultivo.

En países con gran diversidad es importante la planificación sostenible y la gestión de la conservación ya que pueden generar datos importantes en relación a los cambios ambientales que allí suceden, por estas razones Sweetman, Cissell, Rhine, y Steinberg (2018), verificaron con métodos de clasificación no supervisados y una comparación posterior de clasificación por píxel con imágenes de Landsat, que existe una pérdida del 10.85% de cobertura vegetal y un aumento del 39% de expansión urbana y suelo estéril durante el periodo del 2000 al 2017 teniendo así una tasa de pérdida forestal anual de 0.67% en el Cayo Ambergris, Belice.

Por otro lado, Kang et al. (2015) evaluaron los impactos ecológicos potenciales de expansión urbana futura en la cobertura vegetal en el área de Beaufort en Carolina del Sur, para ello utilizaron 5 escenarios para simular implícitamente la expansión urbana desde 2000 hasta 2030 a diferentes tasas de crecimiento, extensiones de urbanización y áreas de expansión. A fin de evaluar técnicas para la gestión de la conservación de áreas naturales y su relación con modelos predictivos que permitan anticipar casos de afectación, pudiendo ser implementados combinando el crecimiento urbano simulado y el análisis de brechas del Servicio Geológico de EE. UU.

Guerrero et al. (2013), destacaron la importancia del uso de herramientas de gestión para la determinación o mediación de los impactos ambientales generados por actividades humanas que podrían originar daños significativos a ecosistemas vulnerables, por lo que propone no solo considerar la Matriz de Leopold en actividades o proyectos de carácter públicos o privados, si no también, en ecosistemas que se han visto afectados a lo largo de los años por acciones antropogénicas, es así que utilizando un Matriz de Leopold determinaron que los impactos ambientales físicos y socio económicos generados por la erosión costeros se presentaban con mayor magnitud y con grado negativo en las zonas más próximas al litoral de Buenos Aires Norte, en el distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad, Perú.

Por otro lado, para Chuvieco (2006) el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada es el resultado de la división entre píxeles y niveles digitales (ND) que son almacenados en dos o más bandas de la misma imagen, este índice se utiliza para diferenciar de mejor manera las cubiertas en donde su conducta reflectiva es muy distinta entre bandas, además, logra reducir el efecto de relieve en la caracterización espectral de diferentes cubiertas.

Elham et al. (2019), aplicaron datos de detección para clasificar zonas de características similares en cuencas hidrográficas de Karkheh (Irán) mediante la clasificación de píxeles en vez de clasificar atributos promedio, con el objetivo de obtener mayor detalle y una delimitación más real. Para ello, utilizaron los criterios de validación de Xie-Beni y Fukuyama-Sugeno, así como el contraste de diversos índices (uso de suelo, vegetación, pendiente, humedad, etc.) obteniendo un “agrupamiento difuso” optimo para una mejor clasificación.

Lázaro et al. (2021) investigó desde la perspectiva espectral la caracterización de las propiedades de la cobertura vegetal en las zonas del Jardín Botánico Nacional para describir su variación entre 1984-2020 a partir de imágenes satelitales, cartas digitalizadas y composición de valores medios de NDVI y EVI de cada 10 años, asimismo, a partir de 535 imágenes Landsat (4/5/7/8), y la extracción de 2 455 puntos aleatorios, con una separación mínima de 30 m, obtuvo de forma general el análisis de tendencia histórica, estableciendo así las bases para sistemas de monitoreo remoto y determinar de forma eficiente el estado de la vegetación y la detección de sus cambios.

Capador et al. (2021) a través del uso de imágenes satélites Landsat 5, 7, 8 y su procesamiento, analizaron los cambios de cobertura vegetal producidos por los incendios forestales en los años 2001, 2015 y 2016 en los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá (Colombia), los resultados obtenidos mostraron que existía una gran variación de la cobertura vegetal de calidad moderada a escasa, especialmente en las localidades de Usaquén, Chapinero y Santa Fe, concluyendo con la importancia del NDVI y la LST

como indicadores para lograr evidenciar el impacto que producen estos fenómenos en la actividad fotosintética de la vegetación.

En su investigación, Bellido (2019) planteo analizar la conducta y cambios de la “Clorofila A” en la represa Aguada Blanca. La metodología utilizada para este caso fue la correlación de parámetros fisicoquímicos de “Clorofila A” tomadas in situ en la represa en tres zonas (Fluvial, Intermedia y Lacustre) desde enero a noviembre del año 2017 con sonda HIDROLAB D S 5; imágenes satelitales SENTINEL 2A del portal de datos de la Agencia espacial europeo, luego con el software statgraphics relacionó los datos obtenidos, formando algoritmos representativos por cada mes de estudio. Finalmente, analizó el estado nutricional mediante un índice de clasificación del grado de eutrofización y se obtuvo un mapa de imágenes de la variación temporal y espaciotemporal de la “Clorofila-A”. Los mapas resultantes muestran la posibilidad de combinar datos recopilados in situ con sensores remotos, asimismo, también se utilizaron para identificar áreas con características específicas en el embalse de Aguada Blanca.

Purva, Raihan, y Haroon (2016) para el desarrollo de su investigación, utilizaron imágenes satelitales Landsar TM una por año (1989, 1994 y 2014) a fin de evaluar la variación espacio temporal de la cubierta vegetal de la reserva de Tigres de Sariska; asimismo, esta información también fue contrastada con una visita a campo; aplicaron un modelo de fragmentación ecosistémico, obteniendo como resultado un aumento de cobertura vegetal del 53% en 1989 al 55% en 2014; asimismo, este modelo también pudo determinar el bajo estado de salud de los bosques, concluyendo que la presencia de pueblos, construcción de caminos y lugares de peregrinaje aumentaron el ritmo de degradación y fragmentación de los bosques de la reserva.

Navarro et al. (2021) en su investigación utilizaron los principios de la ecología del paisaje, software especializado, revisión de imágenes satelitales y visitas in situ elaborando así una data cartográfica detallando las actividades antrópicas en los periodos 1975, 2012 y 2050 logrando

superponer los mapas de los ecosistemas de Puna del Mapa Nacional, teniendo como resultado una tendencia negativa para el año 2050 el cual presento un 8.2% de pérdida de ecosistemas, triplicándose la cantidad de fragmentos, disminuyéndose el área de la ecorregión.

Ruiz (2015), menciona en una de sus artículos, que para llegar a una solución y entendimiento en temas de manejo de recurso, cambio climático y políticas públicas es de importancia realizar análisis que consideren e interrelacionen escalas de espacio, tiempo y realidades sociales y ambientales, con la finalidad de estructurar escalas jerárquicas que puedan ser expresados en herramientas geográficas para el aporte de información.

Peña y Sampietro (2019), en su investigación registraron la degradación antrópica provocada en el Holoceno Superior en ambientes semiáridos, para estos resultados utilizaron datos de sedimentarios holocenos de zonas semiáridas de España y Argentina. Como resultado de esta tesis determinaron que la influencia de la actividad antrópica generó afectaciones importantes en zonas paisajísticas del lugar en donde fases de recuperación posteriores no fueron efectivas. En medios semiáridos de alta fragilidad, el establecimiento de criterios que permitan vincular fases de fuerte degradación ambiental con la acción humana es de gran relevancia para conocer las fases antiguas del Antropoceno o Paleo Antropoceno.

Marín y Pérez (2019), investigaron los procesos de erosión dominantes y sedimentos movilizados por suministros específicos de carbono (reservas). En su tesis, determinaron el efecto de los cambios en el área de drenaje (reforestación, construcción de represas, abandono de la agricultura) sobre la morfología de un río y la absorción de carbono por sedimentos en una cuenca semiárida con alta erosionabilidad. Se descubrió que la dinámica geomorfológica fluvial desempeñaba un papel importante en los flujos de CO<sub>2</sub> y en la capacidad de estabilizar los sedimentos que producen sumideros de CO<sub>2</sub> en condiciones de estrechamiento activo del canal y reverdecimiento del fondo. Estos procesos de secuestro de carbono en capas secas y efímeras

son muy importantes para los diversos servicios ecosistémicos, y deberían ponerse en valor en la gestión de zonas sedimentarias fluviales.

Poblote, Ruiz, Beato, Marino y García (2018), analizaron la degradación paisajística del patrimonio geomorfológico de la región volcánica central de España como resultado de la explotación de basaltos, el cual busco satisfacer la demanda del crecimiento urbanístico y la construcción de infraestructuras. Al final de este estudio, determinaron que el deterioro es casi irreversible en una treintena de edificios volcánicos. Mostrando que estos ecosistemas frágiles demandan medidas urgentes para la gestión de los recursos naturales que posibiliten su aprovechamiento y conservación.

## II. METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo aplicado, con un alcance correlacional para analizar la relación entre la erosión antrópica y la fragmentación del ecosistema de las lomas de Carabayllo durante el período comprendido entre 2010 y 2021. El diseño del estudio fue no experimental y longitudinal, ya que los datos fueron obtenidos de manera natural, sin manipulación intencional de variables a lo largo del tiempo.

La población objeto de estudio abarcó toda el área de las Lomas de Carabayllo, situada entre los distritos de Carabayllo, Puente Piedra y Ancón, con una extensión total de 17.67 km<sup>2</sup>. Se establecieron criterios claros de inclusión, limitados a la cobertura vegetal y la actividad antropogénica dentro de los límites del Área Natural Protegida (ANP) de las Lomas de Carabayllo, mientras que se excluyeron áreas fuera de esta delimitación.

Para la muestra, se seleccionó específicamente el área del distrito de Carabayllo, que comprende 14.17 km<sup>2</sup>. El método de muestreo utilizado fue no probabilístico, basado en la disponibilidad de datos recogidos mediante herramientas como Google Earth Pro, Google Engine, SAS Planet, Planet Scope, Landsat 5 y Landsat 8, tal como se describe según Pineda, Alvarado y Canales (1994).

La unidad de análisis principal fue la variación en la erosión antrópica durante el periodo de estudio de 2010 a 2021 en el área delimitada de las Lomas de Carabayllo.

Además, para la recolección de datos se empleó la técnica de observación, registrando y describiendo la información conforme avanzaba la investigación, según lo mencionado por Hernández, Fernández y Baptista (2014).

Como Instrumentos de recolección (ver **Anexo 2**) se usaron insumos cartográficos como:

- Imágenes Satelitales (Landsat 7 y 8)

- Cartografiado manual (Caminos)

Así también, se utilizaron Instrumentos de Software como:

**Tabla 1. Programas de búsqueda de Imágenes Satelitales**

Programa	Descripción
Copernicus	Búsqueda y descarga de imágenes SENTINEL 2
Google Engine	Búsqueda y descarga de imágenes satelitales Landsat 8
Planet Scope	Búsqueda y descarga de imágenes satelitales MODIS
SAS Planet	Descarga de imagen satelital de alta resolución

Por otro lado, para la validez de los instrumentos de recolección de datos, las fichas fueron revisadas y aprobadas por tres expertos relacionados en la materia, tal como se muestra en la Tabla 2:

**Tabla 2. Relación de expertos que validaron los instrumentos de recolección de datos**

N°	Apellidos y Nombres	N° de Colegiatura	% de Validación
01	Pierina Guillen Zubiarte	7063	90
02	Alejandro E. Párraga Rodríguez	50194	90
03	Emerson Abraham Dávila Salazar	76760	85
Promedio total de validación			88.33

En la Figura 1 se presenta el flujograma de las etapas del proceso de investigación.

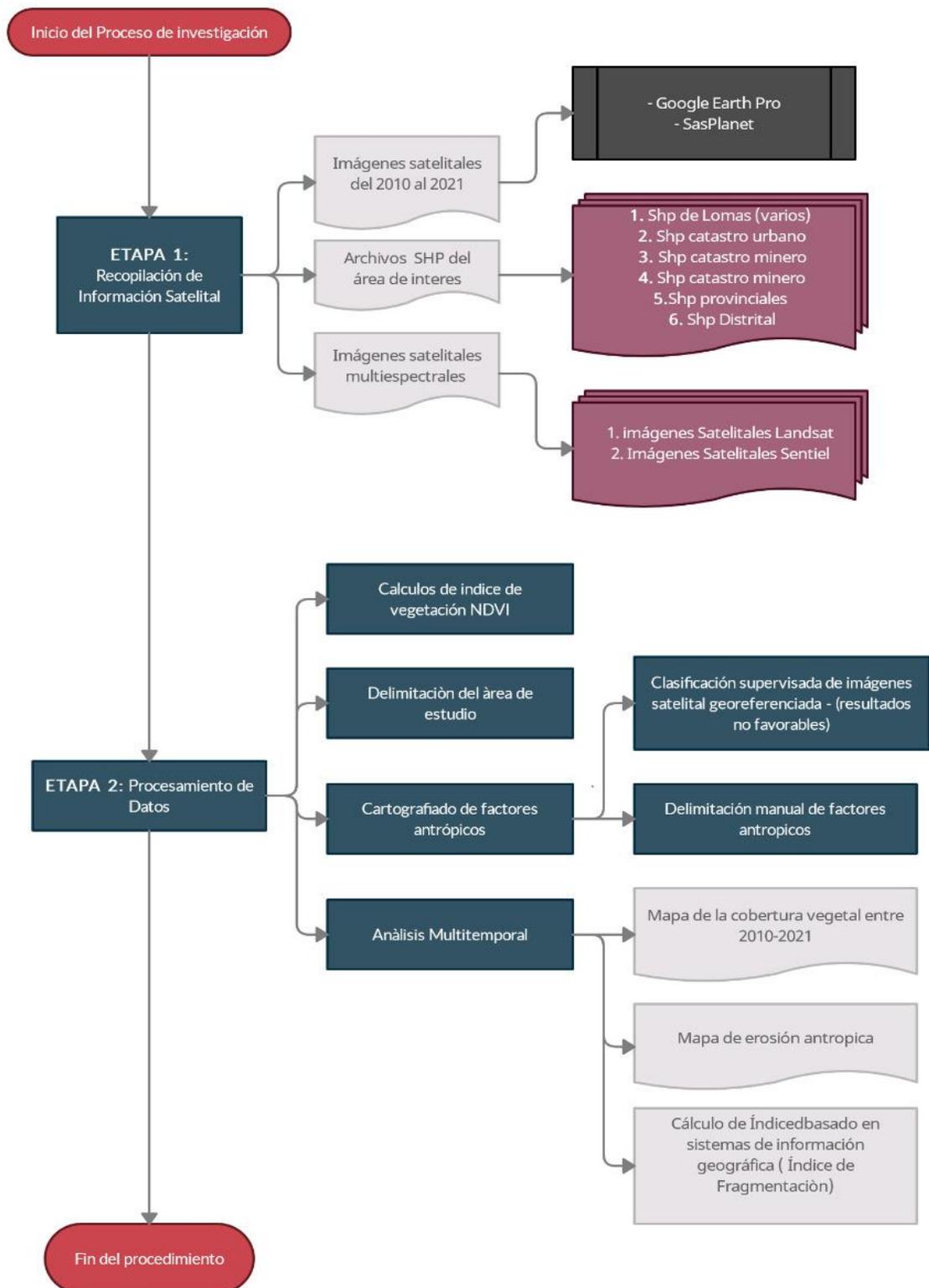


Figura 1. Flujograma de Procesos

## **ETAPAS DE INVESTIGACIÓN:**

### **Etapa 1: Descarga de imágenes satelitales y shapefile**

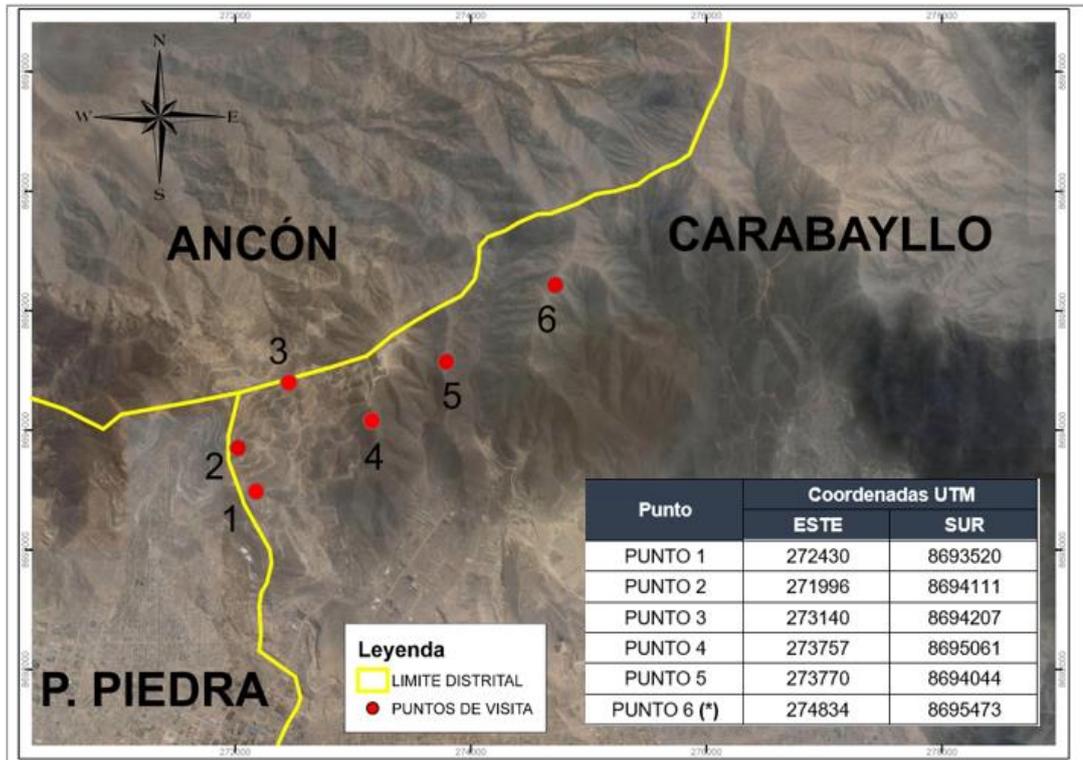
Se inició la investigación con la recopilación de información satelital de la Lomas de Carabaylo, para el año 2021 se descargó una imagen satelital de alta resolución (2.5 metros por pixel) del programa SASPlanet, y para el periodo del 2011 al 2020 se utilizaron las imágenes satelitales descargadas del programa del Google Earth Pro.

Por otro lado, para el análisis de bandas multiespectrales se descargó imágenes satelitales SENTINEL 2 (14 bandas) desde el servidor Web COPERNICUS para los años del 2017 al 2021 en la temporada de invierno.

Luego, se descargaron shapefile de: límites distritales, nacional, provincial y geológico de la plataforma web GEOGSPERU.COM; asimismo, se descargaron shapefile de la delimitación legal de las lomas de Carabaylo del año 2013-2019 desde la plataforma web GEOLOMAS.COM, y la delimitación de la cobertura vegetal del año 2011; por último, la delimitación del catastro minero se extrajo de la plataforma web GEOCATMIN.COM.

Para la investigación se realizó un recorrido in situ a las Lomas de Carabaylo 1, estableciéndose seis puntos a fin de contrastar información obtenida de las imágenes satelitales.

En la Figura 2 se puede apreciar los puntos recorridos en la Lomas de Carabaylo.



**Figura 2. Puntos de Recorrido**

(\*) Es preciso destacar que el punto 6 establecido dentro del recorrido no se visitó, debido a actividades de extracción de agregados presentes en la ruta, por lo que se decidió no acceder.

En la Figura 3 se evidencia los factores de erosión antrópica encontrados:



**Figura 3. Evidencias de visita de campo**

En la Figura 3.A se evidenció la presencia de viviendas y lotizaciones, en la Figura 3.B se evidenció la presencia de erosión en la ladera de las Lomas para la construcción de caminos, y en la Figura 3.C se evidenció la presencia de flora en el área de estudio.

## Etapa 2: Procesamiento de datos

Los shapefile de: límites distritales y delimitación legal de las lomas de Carabaylo del año 2013-2019, fueron insertados en el software ArcGIS 10.5 y con la ayuda de la herramienta de geoprocesamiento “clip”; se obtuvo como resultado el área de las lomas correspondiente al distrito de Carabaylo. Luego se calculó el área de la superficie mediante la herramienta “calculate geometry”; disponible en su tabla de atributos.

En la Figura 4 se muestra la delimitación del área de estudio

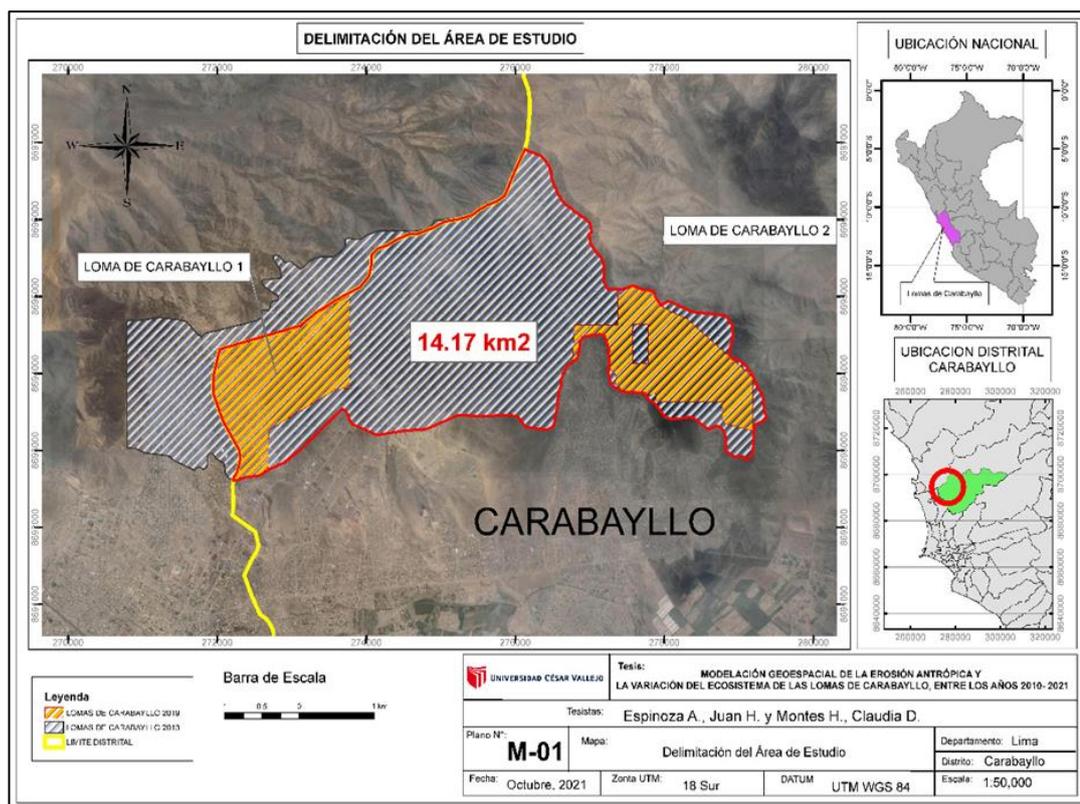


Figura 4. Delimitación del área de estudio

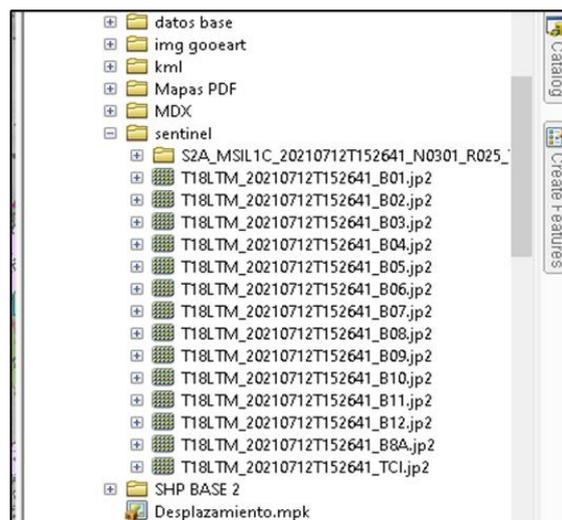
En la Figura 4 se delimitó del área de estudio, el cual incluye a las ANP Carabayllo 1 y 2; asimismo, presenta una extensión total de 1417.88 ha.

En el software ArcGIS 10.5, se realizó una revisión en la imagen satelital de alta resolución (SASplanet) a una escala de 1:500, donde se identificó los factores de erosión antrópica; construcción de caminos, construcción de viviendas, y actividades o instalaciones mineras.

En la digitalización de los factores antrópicos, se consideró el método de clasificación supervisada; sin embargo, la clasificación obtenida no representó satisfactoriamente los resultados esperados; por ello, se optó por realizar una delimitación manual mediante el comando polilíneas. Se creó un shapefile para la delimitación de caminos, viviendas y lotizaciones de cada año desde el año 2011 al 2021, usando como referencia la imagen satelital y la escala 1:500.

Por otro lado, para la delimitación de cobertura vegetal, se utilizó el software ArcGIS 10.5, en el cual se trabajó con unas imágenes satelitales SENTINEL 2 (14 bandas).

En la Figura 5 se muestran las bandas espectrales utilizadas en el procesamiento de cobertura vegetal.



**Figura 5. Bandas Espectrales de la Imagen Satelital SENTINEL 2**

Para este proceso, se inició obteniendo el color verdadero mediante la combinación de las bandas 2, 3 y 4, y se interactuó entre las bandas 4 y 8 para el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

Este proceso se calculó con la herramienta “Raster Calculator”, aplicando la siguiente ecuación 1:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \dots (1)$$

En donde:

**$\rho_{NIR}$** : Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al infrarrojo cercano

**$\rho_R$** : Reflectancia corregida atmosféricamente correspondiente al rojo

Una vez obtenida la imagen Ráster del NDVI, el cual representa la salud de la cobertura vegetal en un rango de -1 a 1; clasificando cuerpos de agua, suelo desnudo y cobertura vegetal, se continuó con la conversión del ráster a polígonos con la herramienta “Ráster to Polygon”, seguidamente se extrajo el archivo SHP de solo la cobertura vegetal, para luego, desde la tabla de atributos calcular el área del polígono.

El procesamiento de datos se realizó directamente en el programa ArcGIS 10.5 para la combinación de bandas espectrales, la generación y clasificación de formatos Raster, cálculos de geométricos y digitalización de shapefile.

Para el análisis multitemporal, los factores de erosión antrópicos que influyen en el área de estudio fueron procesados mediante ecuaciones y tablas de Excel, para determinar: tasa de cambio anual, % de tasa de cambio anual, índice de continuidad, índice de compactación, índice de forma y el índice de fragmentación del ecosistema.

Asimismo, se muestran las ecuaciones utilizadas para calcular lo antes mencionado:

Se aplicó la ecuación 2 propuesta por la FAO (2001), a fin de determinar la tasa anual de cambio.

### **Ecuación de la tasa anual de cambio**

$$\delta = \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1 \quad \dots (2)$$

$\delta$  = Tasa anual de cambio

$S_1$  = Superficie de la fecha 1

$S_2$  = Superficie de la fecha 2

$n$  = diferencia de años

Para la determinación de la fragmentación del ecosistema de las Lomas de Carabayllo dentro del área de estudio (escala paisaje), se utilizó tres índices estandarizados que se detallan a continuación:

- a) El índice de diversidad de Patton propuesto por Laurence y Yensen en 1991:

### **Índice de diversidad de Patton**

$$DI = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot \sqrt{a}} \quad \dots (3)$$

$DI$  = Índice de diversidad de Patton

$P$  = Perímetro de cada fragmento

$a$  = Área de cada Fragment

- b) El índice de compactación (Pincheira et al., 2009):

### **Índice de compactación**

$$I = \frac{1}{DI} \quad \dots (4)$$

$I$  = Índice compactación

$DI$  = Índice de diversidad de Patton

- c) El índice de continuidad (Vogelmann 1995):

### Índice de continuidad

$$FCL = \ln(\sum A / \sum P) \dots (5)$$

*FCL = Índice de continuidad Vogetmann*

*A = Área total de parches de la cobertura vegetal del paisaje (m<sup>2</sup>)*

*P = Perímetro total de parches de la cobertura vegetal del paisaje (m<sup>2</sup>)*

### Grado de Fragmentación

$$= \frac{\text{Área de cobertura vegetal (ha)}}{\text{Área total (ha)}} \dots (6)$$

**Tabla 3. Valores para el índice de fragmentación**

Rangos F	Grados de fragmentación
F=1	Sin fragmentación
F=<1 ≤ 0.7	Fragmentación moderada
F=0.7 ≤ 0.5	Altamente Fragmentado
F< 0.5	Insularizado

**Fuente:** Patton D. R. (1975)

**Método de análisis de datos:** se utilizaron los siguientes métodos de análisis, donde fueron procesados los datos obtenidos:

**Tabla 4. Software de Procesamiento de datos**

Software	Descripción
ArcGIS 10.5	Cartografiado Digital y Análisis de Multiespectral
Excel	Análisis de Datos

**Aspectos éticos:** El presente trabajo de investigación siguió los lineamientos establecidos por el código de ética, el reglamento de investigación, la resolución rectoral N°004/2020 y el software turnitin. Con la finalidad de generar información confiable y veraz, asimismo, se valoró la información

generada por otros investigadores mediante citas y referencias bibliográficas, evitando cualquier intento de plagio.

Por otro lado, los análisis y recolección de datos durante el desarrollo de la investigación cuentan con evidencias que respalden la credibilidad de la información y resultados mostrados en el contenido del documento.

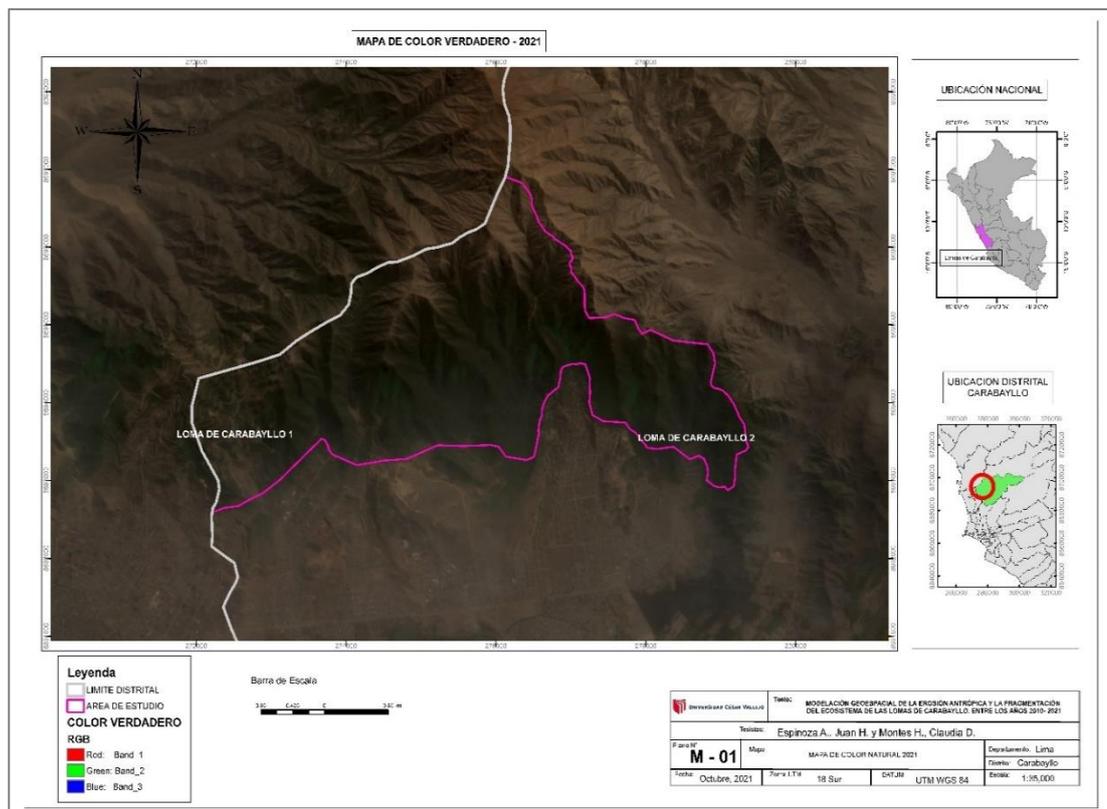
Asimismo, se respetó el derecho de autenticidad de los autores, citándolos de acuerdo a la norma ISO 690-2015.

### III. RESULTADOS

A continuación, los resultados obtenidos de la investigación, en base a los objetivos planteados.

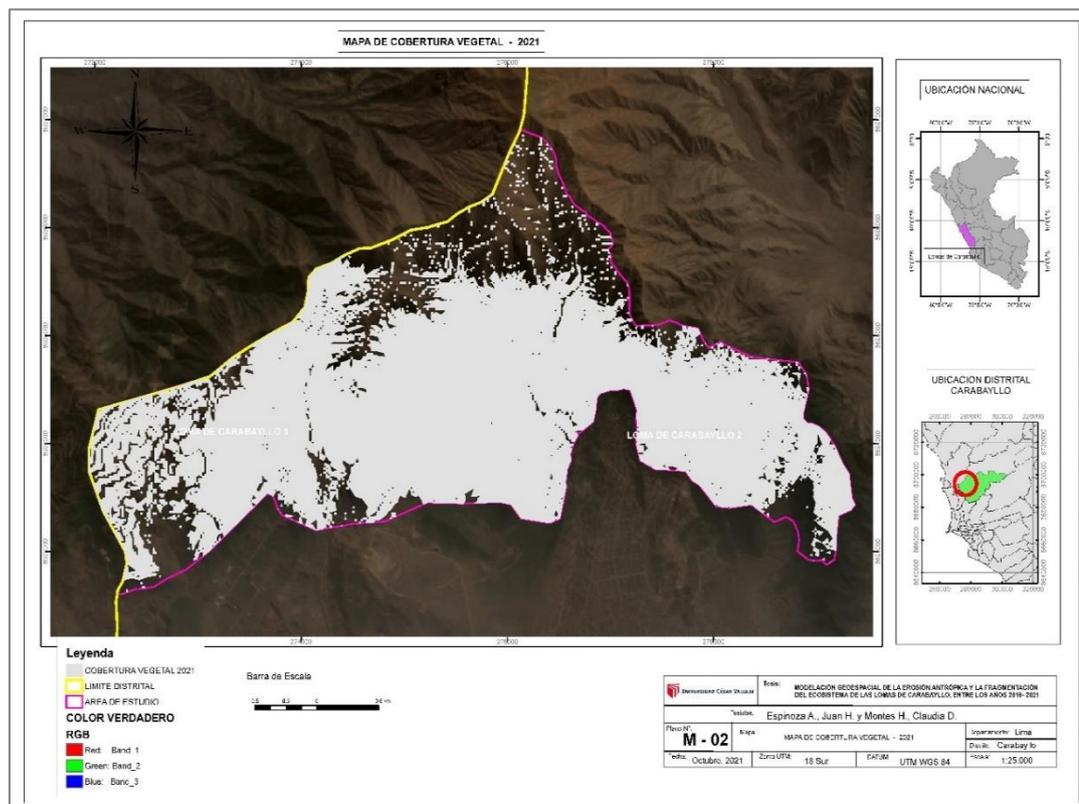
#### Imágenes Multiespectrales

La combinación de imágenes multiespectrales SENTILES 2 (14 bandas) descargadas del servidor web “scihub.copernicus.eu” dieron como resultado mapas de color verdadero (bandas 4,3,2) y del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, ecuación con las bandas 8 y 4) para los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021; no se consideró la del año 2011 porque ya se contaba con información procesada. Estas combinaciones fueron realizadas con el objetivo de delimitar el área de cobertura vegetal y contrastar la información digital generada.



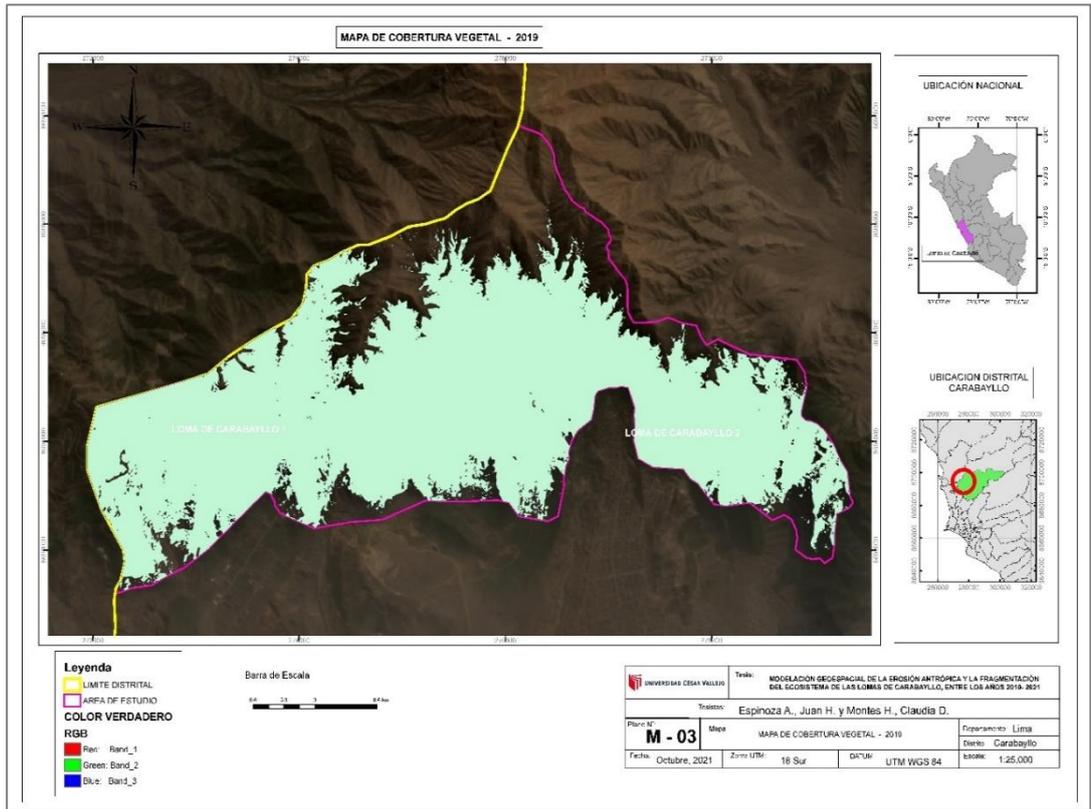
**Figura 6. Combinación Multiespectral 4,3,2 - Color verdadero-2021**

La Figura 6 muestra el color natural de las lomas de Carabayllo en el mes de Agosto; temporada donde la presencia de cobertura vegetal es notable y óptima para realizar el contraste de información.



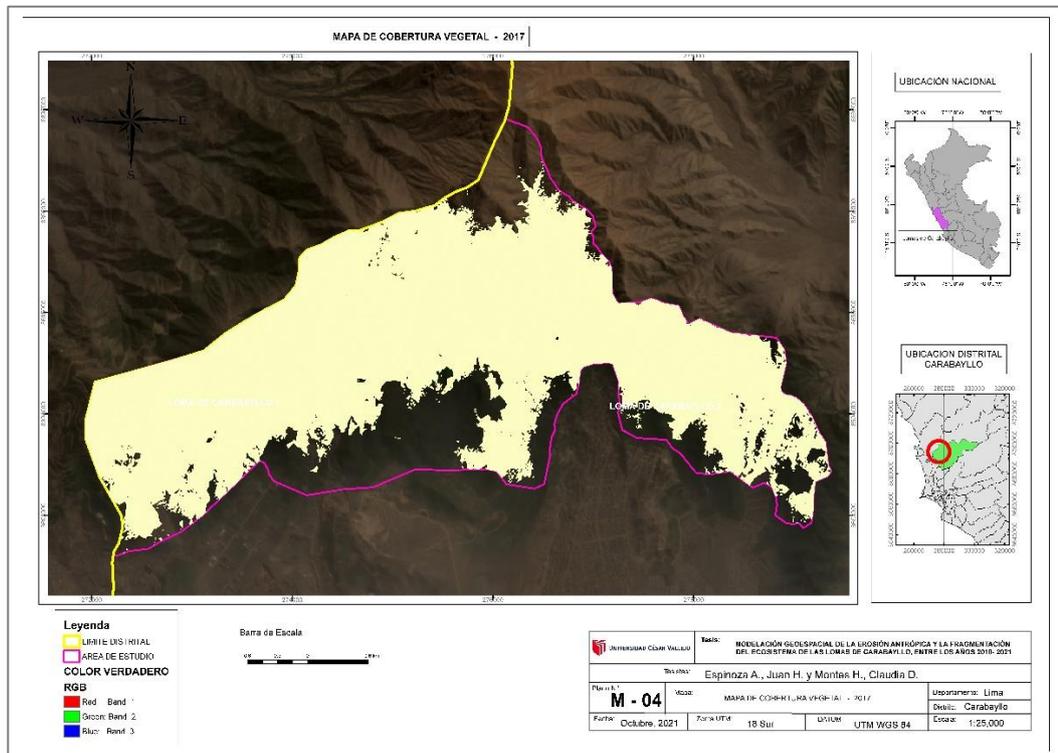
**Figura 7. Cobertura vegetal a generada del NDVI - 2021**

En la Figura 7, se presenta el producto del NDVI del año 2021, el cual fue procesado para obtener un shapefile con el área de cobertura vegetal; este proceso consistió en la conversión del archivo Ráster (NDVI) a Polígono y la delimitación en el área de estudio. Como resultado se obtuvo que el área de cobertura vegetal en las Lomas es de 1052.46 ha.



**Figura 8. Cobertura vegetal a generada del NDVI – 2019**

En la Figura 8 indica que en el año 2019 se obtuvo como resultado un área de cobertura vegetal de 1065.67 ha.



**Figura 9. Cobertura vegetal a generada del NDVI – 2017**

En la Figura 9, el área de cobertura vegetal calculada es de 1077.08 ha dentro del área de estudio.

### **Factores Antrópicos**

Los factores antrópicos que interactúan sobre el área de estudio en el periodo 2011 - 2021 fueron identificados usando la escala 1:500 en la imagen de alta resolución obtenida del programa SAS Planet; estos factores están comprendidos por: construcción de caminos, construcción de viviendas y actividades mineras. A continuación, se presenta la Tabla 5, 6 y 7, con información generada durante el proceso de modelamiento.

**Tabla 5. Factor antrópico - Caminos construidos 2011-2021**

<b>CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS</b>		
<b>AÑO</b>	<b>Fecha</b>	<b>ÁREA (ha)</b>
2011	Abril	4.30
2012	Abril	5.60
2013	Abril	5.70
2014	Marzo	8.30
2015	Marzo	10.40
2016	Abril	10.90
2017	Mayo	11.70
2018	Abril	12.60
2019	Agosto	12.90
2020	Mayo	25.50
2021	Marzo	28.10

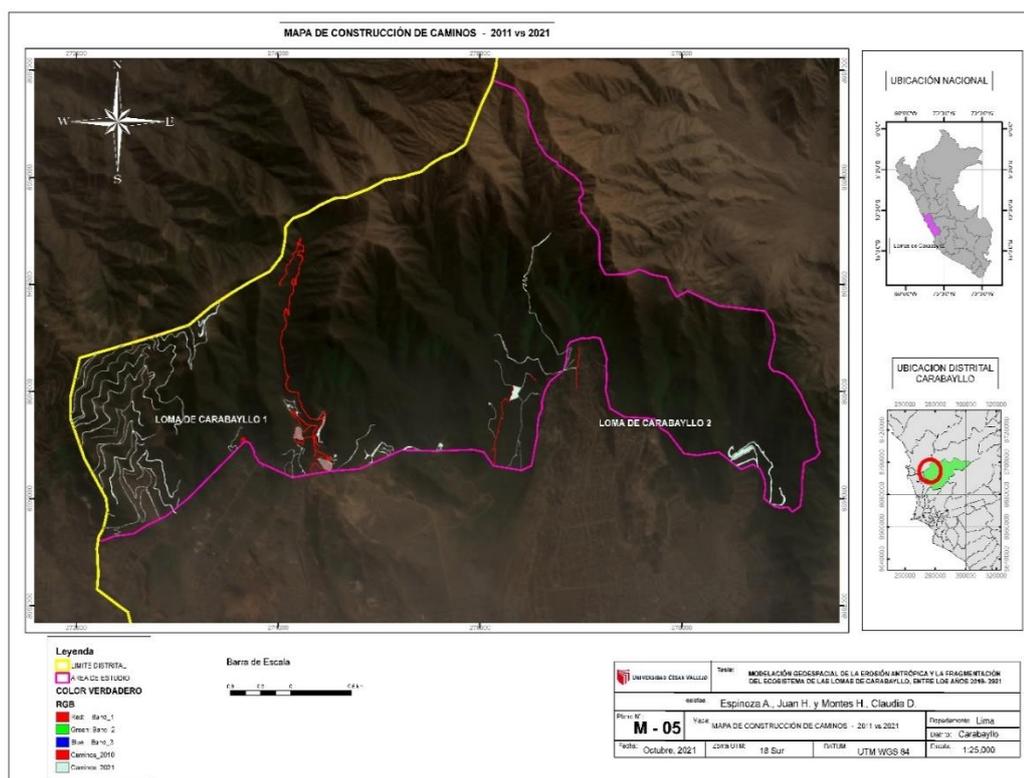
**Tabla 6. Factor antrópico – Viviendas construidas 2011-2021**

<b>Construcción de viviendas</b>		
<b>AÑO</b>	<b>Fecha</b>	<b>Área (ha)</b>
2011	Abril	0
2017	Mayo	1.03
2019	Agosto	2.39
2020	Mayo	3.15
2021	Marzo	4.02

**Tabla 7. Factor antrópico – Instalaciones mineras 2011-2021**

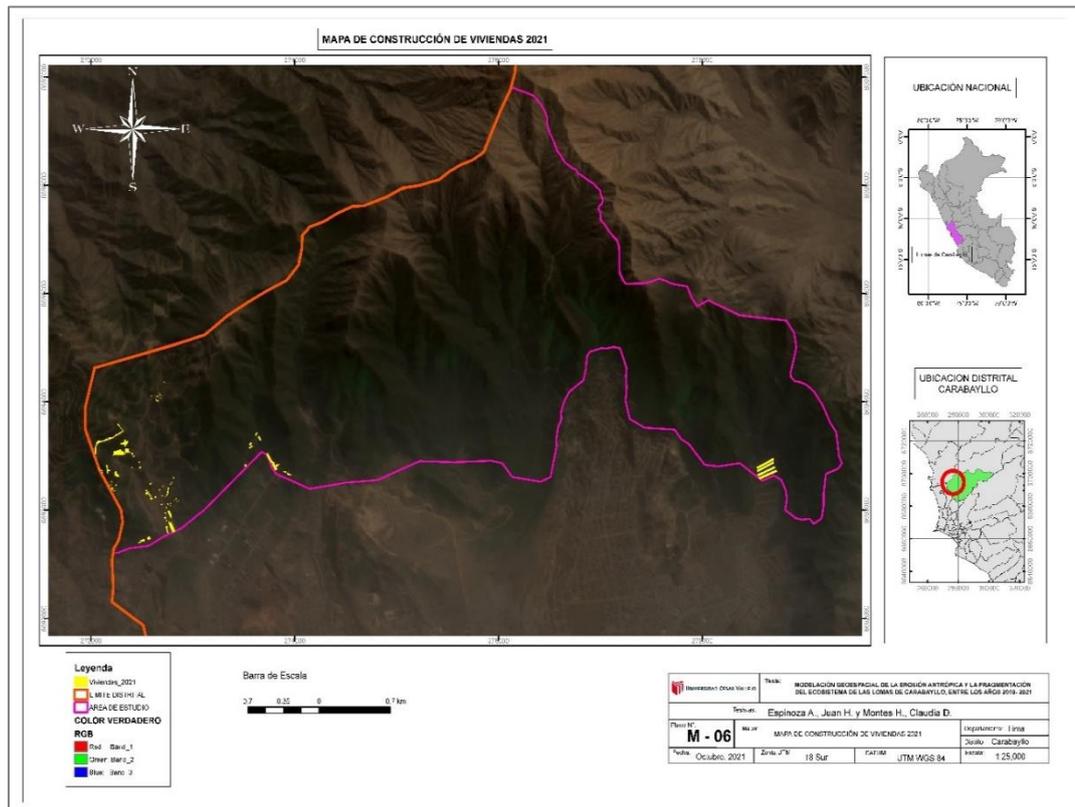
Instalaciones mineras		
AÑO	Fecha	Área (ha)
2011	Abril	1.63
2021	Mayo	1.63

A mismo, se presenta las Figuras 10, 11 y 12, los cuales muestran la cobertura que ocupan los factores antrópicos en el área de estudio.



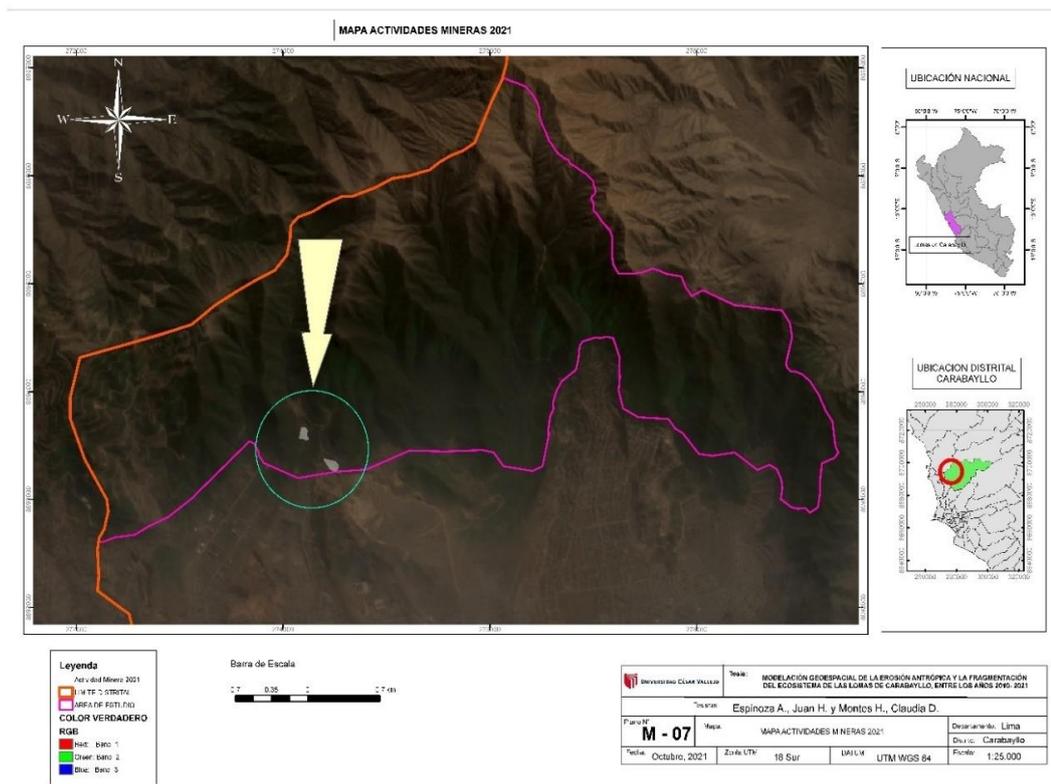
**Figura 10. Construcción de caminos, 2011 – 2021**

En la Figura 10 se muestra un notable cambio en la superficie, y la diferencia total del área de los caminos calculado entre el año 2011 y 2021 es de 12.29 ha.



**Figura 11. Construcción de viviendas 2021**

El Figura 11, presenta la distribución de viviendas instaladas en el área de las Lomas de Carabayllo, con una cobertura total de 4.02 ha. Asimismo, Debido a la poca superficie que ocupa, solo se muestra el mapa del año 2021.



**Figura 12. Actividades Mineras 2021**

En la Figura 12, se muestra la ubicación de instalaciones mineras, que realizan extracción de agregados desde antes del 2011, los cuales ocupan 1.63 ha y no han presentado mayor expansión de sus instalaciones, pero si, con la construcción de caminos.

### **Análisis Multitemporal:**

Los resultados están relacionados a la variación de los diferentes factores que vienen interactuando en el área de estudio desde hace más de 10 años. Por ello, se hizo uso de la ecuación de la tasa de cambio anual en los siguientes factores: cobertura vegetal, construcción de caminos, construcción de viviendas y actividades mineras.

#### **a) Análisis multitemporal de cobertura vegetal:**

En la Tabla 8, se muestra los datos obtenidos a lo largo del periodo 2011 – 2021 y los resultados obtenidos.

**Tabla 8. Análisis multitemporal – cobertura vegetal 2011 – 2021**

<b>COBERTURA VEGETAL</b>		
<b>AÑO</b>	<b>Fecha</b>	<b>Área (ha)</b>
2011	Julio	1207.19
2017	30-Jul	1077.08
2018	17-Ago	1211.27
2019	22-Ago	1065.67
2020	8-Ago	1015.23
2021	22-Ago	1052.46
<b>Cobertura vegetal promedio</b>		<b>1115.87 ha</b>
<b>Perdida de cobertura vegetal 2011 vs 2021</b>		<b>154.73 ha</b>
<b>Tasa de cambio anual 2011 - 2021</b>		<b>-0.002309</b>
<b>% de Tasa de cambio anual 2011-2021</b>		<b>0.23</b>

Otro de los resultados obtenidos se muestra en la Tabla 9, el cual contiene información del factor antrópico “construcción de caminos”.

**Tabla 9. Análisis multitemporal – construcción de caminos 2011 - 2021**

<b>CONSTRUCCION DE CAMINOS</b>		
<b>AÑO</b>	<b>Fecha</b>	<b>Área (ha)</b>
2011	Abril	4.30
2012	Abril	5.60
2013	Abril	5.70
2014	Marzo	8.30
2015	Marzo	10.40
2016	Abril	10.90
2017	Mayo	11.70
2018	Abril	12.60
2019	Agosto	12.90
2020	Mayo	25.50
2021	Marzo	28.10
<b>Variación del área superficial de caminos, 2011 vs 2021</b>		<b>23.8 ha</b>
<b>Tasa de cambio anual 2011 - 2019</b>		<b>0.14</b>
<b>Tasa de cambio anual 2019-2021</b>		<b>0.47</b>
<b>% de Tasa de cambio anual 2019-2021</b>		<b>47%</b>

Los resultados relacionados de la construcción de viviendas se muestran a continuación en la Tabla 10.

**Tabla 10. Análisis multitemporal – construcción de viviendas 2011 - 2021**

<b>CONSTRUCCION DE VIVIENDAS</b>		
<b>AÑO</b>	<b>Fecha</b>	<b>Área (ha)</b>
2011	Abril	0
2016	Junio	0
2017	Mayo	1.03
2019	Agosto	2.39
2020	Mayo	3.15
2021	Marzo	4.02
<b>Variación del área superficial de viviendas 2011 vs 2021</b>		<b>4.02 ha</b>
<b>Tasa de cambio anual 2017 - 2021</b>		<b>0.47</b>
<b>% de Tasa de cambio anual 2017-2021</b>		<b>47 %</b>

Del mismo modo, en la Tabla 11 se muestra resultados relacionados a instalaciones de actividad minera en el lugar de estudio.

**Tabla 11. Instalaciones de actividades mineras**

<b>INSTALACIONES DE ACTIVIDAD MINERA</b>		
<b>AÑO</b>	<b>Fecha</b>	<b>Área (ha)</b>
2011	Abril	1.63
2021	Junio	1.63
<b>Titular Concesionario</b>	<b>Luis Amadeo Martínez Campos</b>	
<b>Concesión</b>	<b>Cruz del Norte N°3</b>	
<b>Estado actual</b>	<b>Extinguido</b>	

### **Determinación de la Fragmentación de ecosistemas**

En la Tabla 12 se muestra la aplicación del índice de Patton donde se evaluó cada fragmento de la cobertura vegetal de las lomas de Carabayllo dentro del área de estudio:

**Tabla 12. Índice de diversidad de Patton**

Índice de Forma	Diversidad de Rango	2011		2019		2021	
		N°	%	N°	%	N°	%
Redondo	< 1.25	1	100%	20	12.50%	55	14.73%
Oval-redondo	1.25 ≤ 1.50	0	0%	113	70.63%	167	45.14%
Oval oblongo	1.5 ≤ 1.75	0	0%	14	8.75%	55	14.86%
Rectangular	1.76 ≤ 2	0	0%	4	2.50%	20	5.41%
Irregular	> 2	0	0.00%	9	5.63%	73	19.73%
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>	<b>370</b>	<b>100%</b>

A partir de la Tabla 12 se puede observar la forma de los fragmentos de cobertura vegetal existentes en las Lomas de Carabayllo durante tres periodos de tiempo; durante el periodo 2011 este ecosistema estaba considerado como “Redondo”; sin embargo, para el 2021 la forma predominante que presenta es “Oval Redondo” con un 45.14%, seguido de una forma “Irregular” representando un 19.73% con respecto a su extensión total, lo cual indica que la cobertura vegetal está espacialmente fragmentada, lo que puede afectar directa e indirectamente las especies de plantas que habitan en este ecosistema.

En la Tabla 13 se muestra la aplicación del índice de compactación con respecto a las actividades antrópicas identificadas:

**Tabla 13. Tabla de índice de compactación**

Índice de compactación	Diversidad de Rango	2011		2019		2021	
		N°	%	N°	%	N°	%
Compacto	1 ≤	1	100.00%	0	0.00%	0	0.00%
Moderada	1 ≤ 0.5	0	0.00%	151	94.38%	315	85.14%
frágil	< 0.5	0	0.00%	9	5.62%	55	14.86%
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>	<b>370</b>	<b>100%</b>

A partir de la Tabla 13 se puede observar que en el año 2011 las Lomas de Carabayllo presentaban un 100% una cobertura vegetal más compacta; sin embargo, al año 2019 el 94.38% de sus fragmentos representaban un índice moderado y el 5.62% un índice de tipo frágil. En la actualidad, el índice de compactación continúa disminuyendo y presentando un porcentaje de 85.14% de fragmentos de tipo moderado y un 14.86% de compactación frágil.

En la Tabla 14 se muestra la aplicación del índice de continuidad, a partir de las actividades de erosión antrópica identificadas:

**Tabla 14. índice de continuidad**

índice de continuidad	Diversidad de Rango	2011		2019		2021	
		N°	%	N°	%	N°	%
Continuo	$1 \leq$	1	100.00%	148	92.50%	202	54.59%
Discontinuo	$< 1$	0	0.00%	12	7.50%	168	45.41%
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>	<b>370</b>	<b>100%</b>

A partir de la Tabla 14 se puede observar que en el año 2011 la Lomas de Carabayllo presentaban una continuidad espacial en su cobertura vegetal, lo que favorece a la supervivencia de especies y el intercambio continuo de genes; sin embargo, para el año el año 2019 se ve una reducción del 7.5% representado por 12 fragmentos y para el año 2021 esta cobertura vegetal presenta el 54.59% de continuidad con respecto a su extensión total.

En la Tabla 15 se muestra la aplicación del índice de fragmentación a partir de la erosión antrópica:

**Tabla 15. Índice de Fragmentación a partir de factores antrópicos**

Índice de Fragmentación	Diversidad de Rango	2011		2019		2021	
		N°	%	N°	%	N°	%
Sin fragmentación	$< 1$	1	100.00%	45	28.13%	202	54.59%
Fragmentación moderada	$< 1 \leq 0.7$	0	0.00%	39	24.38%	29	7.84%
Altamente fragmentado	$0.7 \leq 0.5$	0	0.00%	60	37.50%	26	7.03%
Insularizado	$< 1$	0	0.00%	16	10.00%	113	30.54%
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>	<b>370</b>	<b>100%</b>

A partir de la Tabla 15, se observa que el índice de fragmentación en las Lomas de Carabayllo con respecto a factores antrópicos, en el año 2011 presentaba un 100% sin fragmentación; sin embargo, al año 2019 se produjo un incremento que mostraba el 28.13% sin fragmentación, lo cual generó un 24.38% de fragmentación moderada y un 37.50% altamente fragmentado. En la actualidad se ha presentado una mejora mostrando un 54.59% sin fragmentación, lo cual genera que se obtenga un 7.84% de fragmentación moderada y un 7.03% altamente fragmentado, el cual origina desbalances

en la abundancia de las especies de plantas, composición y distribución, afectando las interacciones entre ellas.

En la Tabla 16 se muestra la aplicación del índice de fragmentación a partir de procesos naturales.

**Tabla 16. Índice de Fragmentación a partir de procesos naturales.**

Índice de Forma	Diversidad de Rango	2011		2019		2021	
		N°	%	N°	%	N°	%
Sin fragmentación	< 1	1	100%	51	31.88%	373	100.81%
Fragmentación moderada	$< 1 \leq 0.7$	0	0.00%	45	28.13%	3	0.81%
Altamente fragmentado	$0.7 \leq 0.5$	0	0.00%	10	6.25%	2	0.54%
Insularizado	< 1	0	0.00%	0	0.00%	13	3.51%
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>106</b>	<b>66%</b>	<b>391</b>	<b>106%</b>

A partir de la Tabla 16, se observa que el índice de fragmentación en las Lomas de Carabayllo con respecto a factores naturales, en el año 2011 presentaba un 100% sin fragmentación; sin embargo, al año 2019 se produjo una reducción que mostraba el 31.88% sin fragmentación, lo cual generó un 28.13% de fragmentación moderada y un 6.25% altamente fragmentado. Sin embargo, en la actualidad se ha presentado una mejora del índice con relación al 2019, mostrando un 95.40. % sin fragmentación, lo cual genera que se obtenga un 0.81% de fragmentación moderada y 0.54 % altamente fragmentado, pero a su vez se encontró un 3.51% insularizado.

#### **IV. DISCUSIÓN**

La identificación de los factores antrópicos presente en el área de estudio se obtienen a través de imágenes de alta resolución descargada del servidor web SASPLANET, la misma que utiliza el satélite Landsat 8, por lo que los resultados obtenidos guardan relación con la investigación de Purva, Raihan y Haroon (2016), donde utilizaron imágenes satelitales Landsat TM por año (1989, 1994 y 2014) a fin de evaluar la variación espacio temporal de la cubierta vegetal de la reserva de Tigres de Sariska, en ambos se pudo identificar la presencia de factores antrópicos; sin embargo, Dou y Chen (2017), en su investigación deciden utilizar los satélites Landsat multitemporal / Enhanced Thematic Mapper Plus / Operational Land Imager (TM / Imágenes ETM + / OLI), para el análisis de los cambios producidos en la cobertura del suelo por la expansión urbana, durante periodos de tiempo similares obteniendo resultado más precisos.

La investigación desarrollo un Modelo Geoespacial a fin de identificar el índice de fragmentación del ecosistema de las lomas de Carabayllo, para ello se inició con el análisis de la cobertura terrestre para el periodo 2010 – 2021 mediante imágenes satelitales SENTINEL 2, clasificándola en nueve clases; se utilizó la combinación de bandas espectrales para obtener el “color verdadero” y NDVI. Una evaluación similar realizó Capador et al. (2021), quien realizó análisis mediante un procedimiento que utiliza bandas espectrales de imágenes Lansat 5,7 y 8, para investigar cambios en la cobertura vegetal.

En lo que respecta a la metodología utilizada para la evaluación de la fragmentación antrópica se aplicaron los índices de diversidad de Patton.

En el proceso de desarrollo de la investigación se procedió a utilizar el procedimiento de clasificación supervisada con el fin de clasificar caminos, suelo desnudo, e instalaciones urbanas, siguiendo la experiencia de autores como Sweetman, Cissell, Rhine, y Steinberg (2018), quienes aplicaron métodos de clasificación no supervisados y una comparación posterior de píxeles, mediante imágenes Landsat para la clasificación de cobertura

vegetal y suelo estéril, sin embargo el resultado obtenido no representaba la misma información al contrastar con la imagen satelital de alta resolución. Llegando a la conclusión que el método de clasificación supervisada y no supervisada tiene límites en cuanto a nivel de resolución para poder clasificar áreas pequeñas, donde es necesario el uso de imágenes satelitales con mayor resolución.

## V. CONCLUSIONES

1. Mediante el Modelo Geoespacial se lograron identificar cuatro factores de erosión antrópica donde el más significativo fue el factor “construcción de caminos”, el cual en el periodo 2011 al 2019 presentó una tasa de crecimiento del 14%, mientras que en el periodo 2019 al 2021 aumentó drásticamente a una tasa de 47% de crecimiento anual, por otro lado, el factor “Construcción Viviendas” presentó una tasa anual del 47% en el periodo 2017 al 2021; para años anteriores no se identificó presencia de este factor, con respecto al factor “actividad minera” actualmente ocupa una extensión de 1.63 ha. y se ha mantenido en ese estado desde año 2011, ya que actualmente no se encuentra en funcionamiento, se identificó solo una instalación de concesión minera (Cruz del Norte 03).
2. Los indicadores de fragmentación de ecosistemas analizados a partir del Modelamiento Geoespacial de la erosión antrópica, determinó que las Lomas de Carabayllo para el 2011 presentaba un tipo de forma “Redonda”, según la ecuación del índice de diversidad de Patton, mientras que para el año 2021 la forma predominante que presentaba era “Oval Redondo” con tendencia a ser “Irregular”, lo cual indica que la cobertura vegetal está espacialmente fragmentada; asimismo, con respecto a su índice de compactación los resultados obtenidos en el año 2011 muestran que era un ecosistema compacto, mientras que en el año 2021 el 85% de los fragmentos presentan un índice de compactación moderado y el porcentaje restante muestra un índice de compactación frágil, por último, con respecto al índice de continuidad el 2011 presentaba una continuidad permanente, sin embargo, para el 2019 la continuidad disminuyó al 92% y en el año 2021 presentó el índice más bajo de continuidad con un 54.9% .
3. A través del Modelamiento Geoespacial de la erosión antrópica se pudo cuantificar la fragmentación de ecosistema de Carabayllo, en donde, si bien el 54.59% de los fragmentos de este ecosistema aún no ha sido

perjudicado por las actividades antrópicas, hay una tendencia a convertirse en una zona insularizada, presentando en la culminación de esta investigación un 30.54 % de su espacio natural.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda para futuras investigaciones, el uso de drones para la toma de imágenes con bandas espectrales en la temporada de invierno, ya que ello ayudara a obtener valores de mayor precisión respecto a la perdida de cobertura vegetal y a la identificación de factores antrópicos.
- Realizar visitas coordinas a campo extendiendo período de recolección de datos más allá del rango inicial (2010-2021) con fin de obtener datos relacionados a la densidad poblacional, los mismos que contribuirán a pronosticar la erosión antrópica en los próximos años.
- Abordar estudios más detallados en relación de fragmentación de este ecosistema frágil, utilizando otro tipo software.
- Proponer realizar estudios comparativos con otras zonas geográficas que enfrenten problemas similares de erosión antrópica y fragmentación, para identificar patrones comunes o diferencias significativas.
- Realizar estudios cualitativos adicionales, como entrevistas o grupos focales, para obtener perspectivas más profundas sobre las percepciones y prácticas locales relacionadas con la erosión y la fragmentación.
- Se recomienda incluir en futuras investigaciones investigar el impacto de políticas de conservación existentes o proponer nuevas medidas de gestión ambiental que puedan mitigar la erosión y la fragmentación en las lomas de Carabaylo.

## REFERENCIAS

1. Alban, Orlando. 2015. Análisis de fragmentación de hábitats para la creación de corredores de. Quito : UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ, 2015.
2. *Annual satellite-based NDVI-derived land cover of Europe for 2001–2019*. Verhoeven, B. Vincet and Dedoussi, C. Irene. 2021. Países Bajos : Elsevier Ltd., 2021, Journal of Environmental Management [en línea], Vol. CCCII. ISSN 0301-4797.
3. *Applying the remotely sensed data to identify homogeneous regions of watersheds using a pixel-based classification approach*. Rafiei, Elham, et al. 2019. Kerman : Applied Geography, 2019, ELSERVIER, Vol. 111. ISSN 0143-6228.
4. *Assessing and monitoring forest health using a forest fragmentation approach in Sariska Tiger Reserve, India*. Purva Jain, Raihan Ahmed and Haroon Sajjad. 2016. 5, s.l. : Norsk Geografisk Tidsskrift - Revista noruega de geografía, 2016, Vol. 70.
5. *Assessing Impacts of Urban Expansion on Coastal Ecosystems Based on Different Growth Scenarios*. Kang Shou , Lu, et al. 2015. 2, Londres : Papers in Applied Geography, 2015, Vol. I. 143-151.
6. *Assessing multi-temporal changes of natural vegetation cover between 1987-2018 using serial NDVI: A case study of Tlemcen national park (north-west of Algeria)*. Lotfi Mustapha , Kazi-Tani and Abderrazak , Bannari. 2021. 17, s.l. : International Journal of Environmental Studies , 2021, Vol. I. <https://doi.org/10.1080/00207233.2021.1875302>.
7. *Bases conceptuales, legislación y metodología de la evaluación de impacto ambiental*. Lahoz, Elisabeth. 2020. 1, España : Editorial Elearning S.L., 2020, Vol. I. ISBN: 978-84-18214-87-5.

8. *Detección del crecimiento urbano en el estado de Hidalgo mediante imágenes Landsat*. Cano Salinas, Laura, et al. 2017. 2017, Instituto de Geografía UNAM, p. 10.
9. *Dynamic monitoring of land-use/land-cover change and urban expansion in Shenzhen using Landsat imagery from 1988 to 2015*. Dou, Peng and Chen, Yangbo . 2017. 19, Guangzhou : International Journal of Remote Sensing, 2017, Vol. XXXVIII. ISSN: 0143-1161.
10. *Evaluación de la erosión física y química del suelo en las zona nor-occidental de la provincia Bolívar - Ecuador*. Monar Gavilánez, N., et al. 2017. 13, Guaranda : ReAgrario, 2017, Vol. II. 2528-8172.
11. *Flora Vascular de las lomas de Mangamarca, San Juan de Lurigancho, Lima, Perú*. Santa Cruz, Lázaro, et al. 2020. 3, Trujillo : Arnaldoa, 2020, Vol. XXVII. ISSN: 2413-3299.
12. *Fragmentación Antropogénica de los ecosistemas de Puna en el extremo sur del Perú*. Navarro Guzmán, Marco Alberto , et al. 2021. 290, s.l. : Estudios Geográficos, 2021, Vol. 82. 0014-1496.
13. García, D. 2011. *Revistas Ecosistemas*. [Online] Mayo 3, 2011. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/18/1> 2. ISSN 1697-2473.
14. *Identificación de tierras de cultivo irrigadas por aguas subterráneas estacionales mediante imágenes de series de tiempo NDVI de múltiples fuentes*. Amit Kumar Sharma, A. Kumar Sharma, Laurence Hubert-Moy, L. Hubert-Moy, Sriramulu Buvaneshwari, S. Buvaneshwari, Muddu Sekhar, M. Sekhar, Laurent Ruiz, L. Ruiz, Hemanth Moger, H. Moger, Soumya Bandyopadhyay , S. Bandyopadhyay y Samuel Corgne, S. Corgne. 2021. 10, s.l. : Teledetección, 2021, Vol. 13. 2072-4292.
15. *Impacto ambiental generado por erosión costera en la zona litoral de Buenos Aires Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, La Libertad, Perú*. Guerrero Padilla, Ana , et al. 2013. 2, Trujillo : REBIOL, 2013, Vol. XXXIII.

16. *Land Cover Changes on Ambergris Caye, Belize: A Case Study of Unregulated Tourism Development*. Sweetman, Brenna M., et al. 2018. 1, Alabama : The Professional Geographer, 2018, Vol. 71. ISSN:0033-0124.
17. *Late Holocene anthropic degradation records in semi-arid environments (Ne Spain and NW Argentina)*. Peña, JL., Sampietro, M.M. 2019. Zaragoza : Geographical Research Letters, 2019, pp. 195-217. ISSN 1697-9540.
18. *Lomas y ocupación informal: características del proceso que afectan la conectividad de las lomas de Pamplona*. Sattler Rey de Castro, Camila . 2019. 9, Lima : s.n., 2019. 24142719.
19. Loyola, Barbara. 2018. *Oasis de niebla Paposo*. Paposo : Universidad de Chile, 2018.
20. Medina, Estrella. 2021. *Cambio de cobertura de la tierra en la subcuenca del Yacus en el periodo 1990/2020, Provincia de Jauja, Departamento de Junín*. Lima : s.n., 2021.
21. Municipalidad Metropolitana de Lima. 2019. *Propuesta de Área de Conservación Regional "Sistema de Lomas de Lima"*. Subgerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Lima : s.n., 2019. p. 258, Expediente Técnico.
22. *NDVI dynamic changes and their relationship with meteorological factors and soil moisture*. Zhang, Hongxue, et al. 2018. 582, s.l. : Environmental Earth Sciences , 2018, Vol. 77. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7759-x>.
23. Poblete, M.A., et al. 2013. *Degradación Paisajística del Patrimonio Geomorfológico de la Región Volcánica Central de España (Ciudad Real, España)*. Ciudad Real : SEDPGYM, 2013. p. 764. ISBN 978-99920-1-771-5.
24. Prado Barzola, Jean Paul. 2017. *Dinámica de cobertura vegetal debido al cambio de uso del suelo, a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales del distrito de Yurimaguas*, 2017. Lima, Lima, Perú : s.n., 2017.
25. *Presión Antrópica Sobre Cuencas De Drenaje en Ecosistemas Frágiles: Variaciones en Las Existencias (Stock) De Carbono Orgánico Asociadas a*

- Cambios Morfológicos Fluviales*. Halifa, A., Pérez, P., Almagro, M., y Boix, C. 2019. 269, Murcia : s.n., 2019. ISSN 1697-9540.
26. *Problemática Socio Ambiental de Las Lomas Costeras de Lima: una revisión*. Alonso, Carlos and Solorzano, Rosa. 2021. 2, Lima : Revista de Ciencias Sociales, Abril 2021, SIS, Vol. II, pp. 18 - 28.
27. Rios Silva, Lucas José. *Modelación geoespacial del impacto paisajístico (suelo y cobertura vegetal) en la Loma de Carabayllo debido a la expansión urbana entre el 2006 y el 2017*. Universidad César Vallejo, Lima, Lima, Perú : s.n.
28. *Scielo*. Bolaños, Martín A., et al. 2016. 3, Chapingo : Terra Latinoamericana, 2016, Vol. XXXIV. ISSN 0187-5779.
29. Valdés, A. 2011. *Revistas ecologicas*. [Online] Febrero 21, 2011. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/19>. ISSN 1697-2473.
30. DÍAZ MENDOZA, Claudia. *Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización*. [en línea] Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ingeniería, 2011 [Fecha consulta : 21 de Setiembre 2021].

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

	<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escalas de medición/ unidades</b>
Variable independiente	Modelación Geoespacial Erosión Antrópica	Es el conjunto de reglas conceptuales para formar representaciones del territorio en un entorno digital y discreto. Un Modelo de Datos establece los términos en que las entidades abstraídas del mundo real se diseñan para ser conceptualizadas como objetos y éstos a través de las especificaciones que declara el modelo son transformados en datos geoespaciales. (Souto, Luis 2013)	Para la modelación de la geoespacial de la erosión antrópica se realiza un cartografiado de las actividades antrópicas en diferentes momentos en el tiempo	Imágenes Multiespectrales	Combinación de bandas	Nominal
				Análisis Multitemporal	Tasa Anual de Cambio 2011	Años
					Tasa Anual de Cambio 2017	Años
Variable dependiente	Fragmentación del ecosistema	La fragmentación de ecosistemas son áreas naturales manejadas y transformadas por el hombre con fragmentos de vegetación nativa, es decir, parches de coberturas de diferentes tamaños y formas. La relación entre la forma y el tamaño de	Se mide a través de la determinación del NDVI y aplicando los índices de fragmentación	Factores antrópicos	Construcción de caminos	%
					Concesiones Mineras	%
					Lotizaciones	%

		los fragmentos influye en. un número importante de procesos ecológicos (Laurance & Yensen, 1991)			Construcción de viviendas	%
				indicadores de Fragmentación	índice de forma	Ordinal
					índice de continuidad	Ordinal
					índice de compactación	Ordinal

## Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

**INVESTIGADORES:**

- Juan Himmel, Espinoza Andía
- Claudia Dayana, Montes Huamani



Ficha 1. Descarga de archivos SHP con relación a las Lomas de Carabayllo				
<b>Título:</b>	Modelamiento Geoespacial de la Erosión antrópica y fragmentación del ecosistema de las Lomas de Carabayllo, en el periodo 2010 al 2021			
<b>Línea de investigación:</b>	de Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
<b>Aseesor:</b>	Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales			
<b>Fecha de visita:</b>		<b>Estancación</b>		
<b>Ubicación</b>				
Numero de Punto:	Coordenadas UTM		Tipo de facto Antrópico encontrado	Descripción del factor antrópico encontrado
	Sur	Este		

  
 .....  
 Mg. SC Ambiental  
 Bio. Pierina Guillen Zubiato  
 CRP: 7063

  
 .....  
 ING. ALEJANDRO E. PARRAGA RODRIGUEZ  
 ESPECIALISTA EN AFECTACIONES  
 PREDIALES  
 CP. 3914

  
 .....  
 EMERSON ABRAMAM DAVILA SALAZAR  
 INGENIERO AGRONOMO  
 Reg. CP N° 78760

## ANEXO 3. Validación de Instrumentos

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Alejandro E. Parraga Rodriguez**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Especialista en edificaciones prediales**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de recolección de datos**
- 1.5. Autor(a) de instrumento: **Espinoza Andía, Juan Himmel / Montes Humani, Claudia Dayana**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	---

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 29 de noviembre 2021

  
**ING. ALEJANDRO E. PARRAGA RODRIGUEZ**  
**ESPECIALISTA EN EDIFICACIONES**  
**PREDIALES**  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Pierina Guillen Zubiate**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Mg. en Ciencias Ambientales**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de recolección de datos**
- 1.5. Autor(a) de instrumento: **Espinoza Andis, Juan Himmel / Montes Huamani, Claudia Dayana**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	---

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 29 de noviembre 2021

  
 .....  
 Mg. SC Ambiental  
 Bto. Pierina Guillen Zubiate  
 CEP: 7065

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Emerson Abraham Dávila Salazar**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Ing. Agrónomo**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de recolección de datos**
- 1.5. Autor(a) de instrumento: **Espinoza Andía, Juan Himmel / Montes Huamani, Claudia Dayana**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE					ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓					
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓					
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓					
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓					
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓					
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓					
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓					
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓					
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓					
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓					

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación	81
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación	---

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 29 de noviembre 2021



EMERSON ABRAHAM DÁVILA SALAZAR  
INGENIERO EN AGRICULTURA

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE