

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Análisis del grado de fragmentación del paisaje mediante  
herramientas de información geográfica y teledetección en el  
distrito de Huaricolca (Tarma - Junín)

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

Luis Fernando Hinostroza Medina

**ASESORA**

Mónica Velásquez Espinoza

Tarma, Perú

2021

# ACTA DE SUSTENTACION

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 014 - 2021/UCSS/FIA/DI

Siendo las 10:00 a. m. del día 20 de marzo de 2021 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |                                    |                 |
|------------------------------------|-----------------|
| 1. Wilfredo Mendoza Caballero      | presidente      |
| 2. Maximiliana Irene Castro Medina | primer Miembro  |
| 3. Norma Luz Quinteros Camacho     | segundo Miembro |
| 4. Mónica Velásquez Espinoza       | asesora         |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Análisis del grado de fragmentación del paisaje mediante herramientas de información geográfica y teledetección en el distrito de Huaricolca (Tarma – Junín)** que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, **Luis Fernando Hinojosa Medina** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR            **X**  
DESAPROBAR        .....

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL**.

Lima, 20 de marzo de 2021.



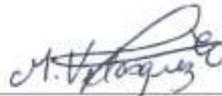
Wilfredo Mendoza Caballero  
PRESIDENTE



Maximiliana Irene Castro Medina  
1° MIEMBRO



Norma Luz Quinteros Camacho  
2° MIEMBRO



Mónica Velásquez Espinoza  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso, manifestación más grande de amor, por darme las virtudes, bendiciones en la vida, por hacerme partícipe de todo el proyecto de la creación, gracias.

A mis padres, Frida Medina y Raúl Hinojosa, por recordarme que siempre se debe ir hacia adelante y por todo el apoyo que siempre me brindarán, este es nuestro “sueño cumplido”.

A mi alma gemela, Ana Baldeón, por ser mi apoyo incondicional y demostrarme que siempre se puede ser mejor, gracias por aceptar iniciar nuestra historia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, por ser una puerta nueva de oportunidades en la provincia de Tarma.

A mi asesora, Mónica Velásquez por el tiempo brindado, responsabilidad, motivación y colaboración continúa en la realización de esta investigación.

A los docentes, Wilfredo Mendoza, Irene Castro, Jean Paul Moreno, William Salazar y Francesco Urdanivia, por las ideas compartidas y alentarme a continuar; a los responsables de la revisiones y aprobación de la investigación gracias por el esfuerzo.

A mi familia, por ser el soporte y apoyo en días buenos y malos.

A mi hermano menor, por ser la persona que mantiene a todos unidos.

A mi primo hermano, gracias por compartir tu conocimiento

A las personas que apoyaron desinteresadamente, agradecimientos eternos.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice general .....	v
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	ix
Índice de apéndices.....	x
Resumen .....	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	1
Objetivos.....	4
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	6
1.1. Antecedentes .....	6
1.2. Bases teóricas especializadas .....	13
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	43
2.1. Diseño de investigación.....	43
2.2. Lugar y fecha.....	43
2.3. Técnicas e instrumentos .....	43
2.4. Descripción de la investigación.....	43
2.5. Identificación de variables y su mensuración.....	54
2.6. Análisis estadístico de datos.....	55
2.7. Materiales y equipos.....	56
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	71
3.1. Unidades de paisaje del distrito huaricolca .....	71
3.2. Análisis de las variaciones de las coberturas de la tierra en las unidades de paisaje... 84	
3.3. Causas de la fragmentación .....	103
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES .....	72

4.1.	las unidades de paisaje del distrito de huaricolca.....	72
4.2.	análisis de la variación en las métricas del paisaje.....	72
4.3.	análisis de las causas de la fragmentación.....	76
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....		77
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....		78
REFERENCIAS .....		79
TERMINOLOGÍA.....		89
APÉNDICES .....		92

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Características de Landsat 7</i> .....	24
Tabla 2. <i>Características de Landsat 8</i> .....	24
Tabla 3. <i>Variables y su mensuración</i> .....	54
Tabla 4. <i>Coefficiente de kappa de Cohen para las imágenes Landsat</i> .....	56
Tabla 5. <i>Clave de identificación de las unidades de paisaje para Huaricolca</i> .....	79
Tabla 6. <i>Clasificación de las unidades de paisaje del distrito de Huaricolca</i> .....	81
Tabla 7. <i>Áreas de las unidades de paisaje en los años 2009, 2014 y 2019 estimadas mediante la métrica Land cover (Cubierta de tierra)</i> .....	85
Tabla 8. <i>Proporción de las unidades de paisaje en los años 2009, 2014 y 2019 estimadas mediante la métrica Landscape proportion (Proporción del paisaje)</i> .....	86
Tabla 9. <i>Comparación entre las dimensiones de unidades naturales y las antropogénicas</i> .....	87
Tabla 12. <i>Variación de los números de parches de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Number of patches (Número de parches)</i> .....	90
Tabla 13. <i>Variación del número de parches en las unidades naturales y las antropogénicas</i> .....	91
Tabla 14. <i>Dimensionamiento de los parches más grandes en cada unidad de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Greatest patch (Área de parche más grande)</i> .....	92
Tabla 15. <i>Dimensionamiento de los parches más pequeños para cada unidad de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Smallest patch área de las escenas (Área del parche más pequeño)</i> .....	93
Tabla 16. <i>Media de los parches que cada unidad de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Mean patch área (Área media del parche)</i> .....	94
Tabla 17. <i>Variaciones de la métrica Mean patch área (Área media del parche)</i> .....	94
Tabla 18. <i>Mediana de los parches para de cada unidad de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Median patch área (Mediana del área del parche)</i> .....	95
Tabla 19. <i>Variaciones de la métrica Median patch área (Mediana del área del parche)</i> ..	96

Tabla 20. <i>Análisis porcentual de los parches más grandes en las unidades en los años 2009, 2014 y 2019 a través de la métrica Largest patch index (Índice del parche más grande)</i> .....	97
Tabla 21. <i>Análisis del porcentaje de adyacencias similares de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Percentage of like adjacencies (Porcentaje de adyacencias similares)</i> .....	98
Tabla 22. <i>Variaciones de la métrica Percentage of like adjacencies (Porcentaje de adyacencias similares)</i> .....	99
Tabla 23. <i>Análisis del tamaño de malla efectiva de los años 2009, 2014 y 2019 a través de la métrica Effective mesh size (Tamaño de malla efectivo)</i> .....	100
Tabla 24. <i>Comparaciones de la métrica Effective mesh size (Tamaño efectivo de malla)</i> .....	100
Tabla 25. <i>Análisis del índice de división en los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Splitting index (Índice de división)</i> .....	101
Tabla 26. <i>Comparaciones de la métrica splitting index (Índice de división)</i> .....	102
Tabla 27. <i>Comparación de índice de diversidad de Shannon entre los años 2009, 2014 y 2019</i> .....	102
Tabla 28. <i>Comparación del índice de diversidad de Simpson para los años 2009, 2014 y 2019</i> .....	103
Tabla 29. <i>Comparación del índice de fragmentación, escenas 2009, 2014 y 2019</i> .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Mapa de Localización del distrito de Huaricolca.....	43
<i>Figura 2.</i> Preprocesamiento de las imágenes Landsat 7 y 8. ....	45
<i>Figura 3.</i> Procesamiento de la imagen Landsat 7 y 8.....	47
<i>Figura 4.</i> Afloramintos rocosos.....	71
<i>Figura 5.</i> Pajonales del tipo césped.....	71
<i>Figura 6.</i> Pajonales del tipo manojos. ....	71
<i>Figura 7.</i> Cadena de de montañas.....	72
<i>Figura 8.</i> Colores pardos y grises en las laderas de montañas.....	72
<i>Figura 9.</i> Vegetación y cuerpos de agua del bofedal. ....	73
<i>Figura 10.</i> Cuerpo de agua del bofedal.....	73
<i>Figura 11.</i> Cultivos ubicados en las laderas de montaña.....	74
<i>Figura 12.</i> Plantaciones de quinuales.....	75
<i>Figura 13.</i> Zonas descubiertas ubicadas en fuertes pendientes.....	75
<i>Figura 14.</i> Zona en estado de barbecho.....	76
<i>Figura 15.</i> Zona sometida a quema.....	76
<i>Figura 16.</i> Suelos degradados después de la quema.....	77
<i>Figura 17.</i> Carretera Lomo largo.....	78
<i>Figura 18.</i> Suelos pedregosos. ....	78
<i>Figura 19.</i> Casco urbano de Apaycanchilla. ....	79
<i>Figura 20.</i> Mapa de las unidades de paisaje de Huaricolca 2009. ....	82
<i>Figura 21.</i> Mapa de las unidades de paisaje de Huaricolca 2014.....	83
<i>Figura 22.</i> Mapa de las unidades de paisaje de Huaricolca 2019.....	83
<i>Figura 23.</i> Incremento de la frontera agrícola.....	104
<i>Figura 24.</i> Pastoreo en la zona de estudio.....	105
<i>Figura 25.</i> Suelo sometido a quema y preparado para cultivos.....	105
<i>Figura 26.</i> Área altoandina con escasa o sin vegetación de cultivos estacionales.....	106
<i>Figura 27.</i> Trocha recién ejecutada.....	107
<i>Figura 28.</i> Sedimentos explotados.....	107

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Mapas de la capacidad de uso de tierras de suelo de Huaricolca .....	92
Apéndice 2. Mapa de la cobertura vegetal de Huaricolca .....	92
Apéndice 3. Mapa de fisiografía de Huaricolca .....	93
Apéndice 4. Mapa de geología de Huaricolca.....	93
Apéndice 5. Mapa de suelos de Huaricolca.....	94
Apéndice 6. Mapa de uso actual de suelos de Huaricolca.....	94
Apéndice 7. Mapa zonas de vida de Huaricolca.....	95
Apéndice 8. Mapa de la Zonificación ecológica y económica de Huaricolca.....	95
Apéndice 9. Información obtenida de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) .....	96
Apéndice 10. Procesamiento del mosaico de Huaricolca en los años 2009, 2014 y 2019	101
Apéndice 11. Puntos georreferenciados de la malla aleatoria para las imágenes Landsat	102
Apéndice 12. Tablas de confusión del año 2009 .....	105
Apéndice 13. Tablas de confusión del año 2014.....	106
Apéndice 14. Tablas de confusión del año 2019 .....	108
Apéndice 15. Registro fotográfico de las salidas de campo .....	109
Apéndice 16. Categorización y denominación de las unidades de paisaje en los documentos temáticos .....	115
Apéndice 17. Categorías y grupos de las unidades de paisaje.....	116
Apéndice 18. Componentes de la ecología del paisaje 2009.....	79
Apéndice 19. Componentes de la ecología del paisaje 2014.....	79
Apéndice 20. Componentes de la ecología del paisaje 2019.....	80

## RESUMEN

Esta investigación tuvo por objetivo analizar el grado de fragmentación del paisaje, mediante el uso de herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica en el distrito de Huaricolca (Tarma-Junín). Para ello, se utilizaron escenas del programa Landsat 7 y 8 de los años 2009, 2014 y 2019; mientras que, para el procesamiento y correcciones de las imágenes satelitales se empleó el *software* QGIS. Se realizaron salidas de campo con la finalidad de crear campos de entrenamiento y aplicar la clasificación supervisada en el *software* SAGA GIS que se convalidó con el índice de kappa. Para estimar las métricas del paisaje, se utilizó el complemento LecoS, para analizar las causas de fragmentación se realizó la interpretación de los datos del procesamiento de las imágenes satelitales y análisis de las variaciones de las métricas de paisaje. Como resultado, se determinó 9 unidades de paisaje, agrupadas en unidades naturales (afloramientos rocosos, pajonal andino, laderas y cimas de montaña y bofedal) y unidades antropizadas (agricultura andina y plantaciones forestales, área altoandina con escasa o sin vegetación, tierras degradadas, red vial y terrenos asociados y el tejido urbano). Las áreas arrojaron que las unidades naturales reducen su extensión; mientras que, las unidades antropogénicas las incrementaron; la unidad paisajística con mayor área fue laderas y cimas de montaña; asimismo, los números de parches aumentaron en todas las unidades, a excepción del bofedal, la unidad más dispersa fue el tejido urbano y las métricas de diversidad determinadas por los índices Shannon y Simpson presentaron fluctuaciones con tendencia al aumento. Se concluyó que, el distrito de Huaricolca presenta un paisaje fragmentado (44.33 %), siendo las principales causas de fragmentación el incremento de la frontera agrícola, ganadería, quemadas de pastizales, incremento de suelos descubiertos, apertura de trochas y prácticas de extracción de sedimentos por minería artesanal.

**Palabras claves:** Sistemas de información geográfica, fragmentación de paisaje, unidades de paisaje y métricas del paisaje.

## ABSTRACT

This research had as aim to analyze the degree of landscape fragmentation, using remote sensing tools and geographic information systems (GIS) in the district of Huaricolca (Tarma-Junin). For this, scenes from the Landsat 7 and 8 program of the years 2009, 2014 and 2019; while, for the processing and corrections to the satellite images the QGIS *software* was used and for the surface reflectivity obtained a Pansharpening was applied. Field trips were carried out with the aim to create the training fields and apply the classification supervised in the SAGA GIS *software*. When estimating landscape metrics, the LecoS plug-in was used. To analyze the causes of fragmentation, the interpretation of satellite image processing data and the analysis of variations in landscape metrics were carried out, this was complemented with the information obtained in the field work. As a result, 9 landscape units were determined, grouped into natural units (rocky outcrops, grassland, mountain and wetland) and anthropogenic units (crops and trees, bare soils, recovering soils, tracks and stony soils in addition to the urban area). The metrics showed that the natural units reduce their area; while, in anthropogenic units the borders increase in the anthropogenic units, the landscape unit with the largest area was the mountain; likewise, it was determined that, in all the number of patches were increasing, whit the exception of the wetland, the most dispersed unit is the urban areas and the diversity indexes values showed fluctuations. It concluded that the district of Huaricolca presents a fragmented landscape (44.33 %), being the main causes the increase of the agricultural border, overgrazing, burning of pastures, increase of bare soils, opening of trails and sediment extraction practices by artisanal mining.

Keywords: Geographic Information Systems, remote sensing, landscape fragmentation, and landscape metrics.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de analizar los problemas ambientales es cada día mayor, debido a la influencia sobre la relación entre el hombre y la naturaleza (Guzmán, 2001). Uno de estos problemas es la disminución de suelos con coberturas naturales a través de las actividades humanas que afectan tanto directa e indirectamente a los paisajes (Szek, 2012). La fragmentación es uno de los efectos consecuentes de acciones antropizadas sobre el ambiente, este proceso genera la disminución de áreas naturales que modifican su estructura inicial (León, 2014); este cambio pone en riesgo a los recursos naturales que son necesarios por los servicios ambientales que brindan, tales como el agua, suelo y aire; que al interactuar con seres vivos convierten el paisaje en un entorno natural y fijan relaciones muy afines llegando a establecer redes tróficas (Lorenzetti, 2011, citado por León, 2014, p. 9).

El Convenio sobre Biodiversidad Biológica (CDB) describe como principal problema ambiental la pérdida de los recursos naturales, especialmente la biodiversidad; asimismo, expone la importancia de implementar sistemas donde se obtenga información sobre el estado de los ecosistemas (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/Banco Mundial/Universidad de Costa Rica [PNUMA/BM/UCR], 2004). El Ministerio del Ambiente [MINAM] (2019) menciona que los ecosistemas han variado de forma rápida en los últimos años, producto de la acción antrópica y sus factores sociodemográficos, económicos y políticos institucionales; esto ocasiona una privación de bienes y servicios en los ecosistemas y un daño potencial en el bienestar de la población, más aún, si no se previenen y controlan estas acciones.

Los estudios sobre fragmentación son importantes porque explican a detalle la influencia negativa en la dinámica estructural y funcional del paisaje; también en la reducción poblacional de especies; por lo tanto, estos estudios son considerados por la comunidad científica como una forma de enfrentar la crisis de la diversidad, que tienen como consecuencias la disminución y fragmentación de hábitats (García, 2011; Santos y Tellería, 2006).

El análisis de la fragmentación de paisajes se centra en las diferentes métricas de la composición y configuración espacial, permitiendo cuantificar la pérdida y fragmentación de hábitats, extensión, subdivisión, geometría, contraste y la conectividad del hábitat, esta información permite determinar que la fragmentación del hábitat constituye el mayor riesgo a la sustentabilidad (Badii y Landeros, 2007).

Los estudios de fragmentación a nivel de paisaje en el Perú son escasos, en el departamento de Junín no existen trabajos de investigación que relacionen las variables del paisaje con las causas de la degradación antropogénica. Por ende, el presente trabajo pretende analizar el grado de fragmentación del paisaje mediante el uso de herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG) en el distrito de Huaricolca.

El distrito de Huaricolca está ubicado a 14 km de la capital provincial de Tarma (departamento de Junín), donde las principales actividades económicas son la agricultura extensiva y la ganadería, que proveen recursos económicos a esta población y abarcan su desarrollo a la mayor parte del área total de suelos aprovechables del distrito. Durante la última década, la agricultura se caracterizó por el sembrado de “maca”, sin respetar la frontera agrícola y con un manejo inadecuado; mientras que, la ganadería se ha venido realizando sin un ordenamiento técnico. Estas actividades sumadas a la expansión urbana y apertura de caminos para otras actividades productivas traen como consecuencia la fragmentación de este paisaje, al modificar las distintas unidades de paisaje que presenta el lugar.

Esta investigación brindará información objetiva y actualizada del estado de fragmentación de las unidades de paisaje y la distribución actual del distrito de Huaricolca, lo que permitirá generar elementos de juicio para discutir y determinar las causas fundamentales que pudieron haber impulsado los cambios de las unidades de paisaje en el distrito.

Asimismo, servirá de referencia para futuros estudios de fragmentación del paisaje en ecosistemas altoandinos; además, un adecuado diagnóstico del grado de fragmentación

permitirá establecer adecuadas medidas de gestión ambiental, teniendo en cuenta que Huaricolca, tiene un gran potencial como distrito ecológico y turístico.

# **OBJETIVOS**

## **Objetivo general**

Analizar el grado de fragmentación de paisaje mediante el uso de herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica (SIG) en el distrito de Huaricolca (Tarma-Junín).

## **Objetivos específicos**

- Identificar las unidades paisajísticas que presenta el mosaico del distrito de Huaricolca.
- Estimar las variaciones y cambios en las coberturas de la tierra de las unidades de paisaje a través de las métricas de áreas y bordes, intrincación, diversidad y el índice de fragmentación del distrito de Huaricolca.
- Determinar las causas de la fragmentación mediante el análisis de las métricas aplicadas a las unidades del paisaje del distrito de Huaricolca.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes

### Internacional

Bermúdez (2018) realizó un estudio sobre la “Evaluación del cambio de uso de la tierra y fragmentación de la cobertura forestal en el Corredor Biológico lago Arenal Tenorio, mediante técnicas de teledetección, Costa Rica”. El objetivo del estudio fue determinar el cambio de uso de tierra y la fragmentación de las zonas boscosas de dicho Corredor Biológico en el periodo 2000-2017. La metodología empleada consistió en aplicar correcciones que mejoraron la información de las imágenes satelitales, luego clasificó las imágenes bajo criterios de firmas espectrales que validaron los datos a través de la malla de puntos aleatorios, matriz de confusión y fórmulas que aseguraron la fiabilidad de información global. Además, para la validación de la exactitud de la información obtenida utilizó el índice de kappa, garantizando la confiabilidad de los resultados. Los datos analizados fueron: uso y cambios en los suelos a través de las métricas del paisaje aplicadas en diversidad, forma, densidad y tamaño de las unidades de estudio clasificadas en bosque maduro, bosque secundario, pasto-charral, agua, nubes, urbano y sombras de nube. Los instrumentos utilizados para ejecutar estos procedimientos fueron los *softwares* Qgis, Erdas imagine, Google Earth Pro y ArcGis. Los resultados posteriores al cálculo de las métricas del paisaje dieron como resultado una ganancia de la cobertura vegetal en un 2.03 % de ganancia de bosque maduro y falta de bosque secundario, un porcentaje dinámico entre pérdida y ganancias de 18.23 % de todo el CBLAT y un área constante 81.76 %. A nivel de paisaje, disminuyeron los índices de diversidad, la distribución homogénea de parches, y la distancia media al vecino más cercano. A nivel de clase, aumentó el tamaño medio del parche (MPS) y el número de parches (NumP) en el bosque maduro y disminuyó el MPS y NumP en bosque secundario. Concluyó que, la carencia del bosque secundario incrementó la cobertura de pastos y la alta fragmentación en CBLAT, la recomendación fue aumentar la

cobertura boscosa en las zonas de protección de ríos y quebradas, además de un espacio de cuidado que inicie los corredores entre fragmentos dentro del lugar.

Sanjuan y Tellez (2017) realizaron un estudio sobre el “Análisis de la fragmentación del paisaje como herramienta de conservación del área natural denominada Reserva Natural de las Aves Hormiguero de Torcoroma, Municipio de Ocaña, Norte de Santander, Colombia”. El objetivo del estudio fue elaborar mapas de las coberturas y a partir de ello distinguir, cuantificar e interpretar los procesos de fragmentación del ecosistema del bosque húmedo pre montano entre los años 2006, 2014 y 2016. La población correspondió a las áreas naturales del norte de Santander y la muestra correspondió a la reserva natural de las aves Hormiguero de Torcoroma. La metodología aplicada consistió en realizar visitas a campo obteniendo zonas de estudio con sus respectivas localizaciones GPS, esto permitió geolocalizarlo en la clasificación propuesta por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y obtener las estructuras espaciales. Luego, aplicaron la clasificación *Cori Land Cover* (CLC), verificando las variaciones de fragmentación. Los datos analizados fueron las estructuras espaciales, las coberturas de tierra y la aplicación de las métricas del área de estudio. Los resultados dieron a conocer las características de tipos de suelo, relieve, topografía, clases agrológicas, cuencas hidrográficas, clima, precipitaciones, temperatura y evapotranspiración potencial; además, obtuvieron las coberturas de la tierra agrupadas en 8 categorías resultando el arbustal denso, bosque abierto bajo, helechal, herbazal denso de tierra firme arbolado, pastos enmalezados, red vial, tejidos urbano discontinuo, tierras desnudas y degradadas; luego aplicaron las métricas del paisaje que evidenciaron procesos de fragmentación a niveles de área, superficie, densidad y variabilidad, resaltando que la unidad con mayor fragmentación fue la cobertura de helechal. Los índices de forma indicaron que el área natural reflejó características de corredor biológico, los índices de borde colocaron como unidad más vulnerable al bosque abierto bajo junto al helechal, las coberturas artificiales como el tejido urbano y la red vial reflejaron alteraciones mínimas. Concluyó con la confirmación que el área de estudio no estaba reconocida legalmente dentro del sistema nacional de áreas protegidas de Colombia; asimismo, el área estudiada correspondía a un ecosistema de transición de bosque seco a bosque húmedo; por otro lado, el estudio confirmó que las tierras desnudas y degradadas desaparecieron, siendo ocupadas por otras clases, pero también, la disminución de la cobertura de bosque abierto bajo fue muy preocupante y que

la denominación que alcanzó de acuerdo al porcentaje de fragmentación fue de un paisaje salpicado.

Suárez (2016) realizó un estudio sobre el “Análisis de la utilización de la dimensión fractal y multifractal para la clasificación del uso y la cobertura del suelo en una imagen de radar de apertura sintética SAR, en una zona urbana”. El objetivo del estudio fue realizar una clasificación no supervisada de la zona urbana de Bogotá Colombia. La metodología incluyó una serie de procesos como la adquisición de información, el tratamiento preliminar a la información adquirida, la clasificación digital de imágenes y el procesamiento fractal. Los datos analizados fueron las diferencias entre los resultados de los métodos *Triangular Prism Surface Area* (TPSA) y de *Differential Box-Counting* (DBC), ambos métodos estuvieron relacionados con el conteo clásica de cajas y la herramienta de apoyo para el procesamiento *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), el *software* de programación empleado fue el *Python*. Los resultados fueron la clasificación de cuatro categorías, que requirió la comprobación de veracidad de información por medio de una matriz de error que arrojó para cada método resultados distintos. El método DBC indicó un coeficiente kappa de 0.41 y un número de aciertos de 57.81 %. El GLCM precisó un coeficiente kappa de 0.62 y un número de aciertos de 73.17 %. Concluyó que el procedimiento TPSA no resulta un buen analizador de texturas, sin embargo, mejoró con el método DBC y más con GLCM. Asimismo, las clasificaciones supervisadas y no supervisadas indicaron ser útiles para extraer información de acuerdo con sus texturas, y el *software Python* facilitó los procesos con aplicación de algoritmos de geometría fractal y entre los tres métodos, el GLCM fue el más eficiente para estos tipos de estudios.

Galván *et al.* (2015) desarrollaron un estudio sobre la “Determinación de la fragmentación del bosque seco del arroyo Pechelín, Montes de María, Caribe, Colombia”. El objetivo del estudio fue caracterizar la fragmentación y los efectos que estos generan en el bosque seco tropical del arroyo Pechelín con imágenes satelitales del año 2013. La metodología consistió en el reconocimiento de área de estudio, selección de los fragmentos para determinar su cobertura y tamaño, y aplicación de los índices de paisaje para finalmente someterlos a un análisis exhaustivo. Los datos fueron analizados a través del grado de fragmentación, continuidad espacial y el índice de forma Patton. Los resultados arrojaron que la matriz de

paisaje presentó mayores porcentajes de coberturas antrópicas correspondiente a los pastos para ganadería, el área media de los parches estuvo en el intervalo de 0.17 ha como mínimo y 149.8 ha como máximo, el perímetro medio fue de 2 979.99 m<sup>2</sup>, la media de los parches disminuyó, el grado de fragmentación arrojó un valor 0.355, el índice de continuidad presentó un dato de 3.98 resultando discontinuo y la forma de los fragmentos en mayor porcentaje 41.7 % fueron irregulares. Concluyeron que la fragmentación generó que los microclimas varíen en los fragmentos, además, la matriz de bosques remanentes estuvo en desventaja frente al uso de los suelos para las actividades agropecuarias.

Duarte (2014) llevó a cabo un estudio denominado “Usando herramientas código fuente para la caracterización de un paisaje. El complemento LecosS”. El objetivo del estudio fue la caracterización de un paisaje a través del complemento LecosS y se realizó en la región centro de Portugal, Municipio de Coimbra divididas en 18 parroquias. La metodología aplicada fue la utilización de las métricas de paisaje a través *Corine Land Cover* (CLC) de los años 1990 y 2006. Los datos fueron analizados a través de los valores de las coberturas de suelo, la proporción de estos en el paisaje, densidad de aristas, número de parcelas, parcela de mayor área, parcela de menor área, longitud media de parcela, tamaño efectivo de malla y los índices de diversidad Shannon y Simpson. Los resultados indicaron alteraciones humanas entre los años 1990 y 2006, tales como la reducción de áreas seminaturales forestales en 290 ha y áreas agrícolas en 805.75 ha, que fueron inversamente proporcional al aumento de diversidad en 0.05 en Shannon, 0.02 en Simpson y 0.06 en uniformidad. Las conclusiones señalaron que el programa LecoS fue relevante y práctico, frente a los softwares con licencia para determinar las métricas del paisaje; y que, el área de estudio tuvo problemas de fragmentación por la alteración humana.

Pérez *et al.* (2014) realizaron un estudio sobre la “Metodología y clasificación de tipos de paisaje en Galicia”. El objetivo del estudio fue diseñar una metodología que localizó, caracterizó, y clasificó los paisajes en Galicia. La metodología aplicada consistió en 4 fases que iniciaron con la identificación y análisis de las imágenes satelitales, las cuales tuvieron una dimensión espacial de 1 metro de pixel en toda Galicia, la segunda fase examinó la localización de los asentamientos humanos distinguiendo su distribución y tamaño, la tercera fase analizó en campo todos los detalles de coberturas y singularidades en los paisajes y la

cuarta fase consistió en validar los datos a través de mallas de 1000 metros de lado. Los datos fueron analizados a través de la cantidad de diversidad y variedad de asentamientos poblacionales, el impacto que generaron los caminos y carreteras, los usos de suelo y la distribución más la cuantificación de las propiedades parcelarias. Los resultados fueron la selección de 600 lugares de 2000 agrupados en tres niveles, el primero englobó a los paisajes donde predominaron las dinámicas naturales (roquedos, lagos y cubiertas vegetales) o antrópicas (actividades ganaderas, agrarias, forestales, zonas de urbanización e industrialización), el segundo fue por la litología (tipo de roca y rasgos del relieve) que condicionaron las actividades que se dieron en determinado emplazamiento y a la vez para su adecuada clasificación; el tercer nivel correspondió a la relación y articulación con el territorio, con una clasificación en sub grupos que enlaza todos los niveles. Concluyeron que, la investigación permitió conocer las relaciones entre los usos de suelo y los tipos de paisajes propuestos, también favoreció a la preservación y evolución ordenada evitando la degradación, por tener información a detalle de los elementos de cada paisaje.

León (2014) efectuó un estudio sobre el “Diagnóstico de la fragmentación antropogénica del paisaje para el Municipio de Gutiérrez (Cundinamarca)”. El objetivo del estudio fue determinar a nivel de paisaje la fragmentación antropogénica que generó impactos en la ecología del paisaje de Cundinamarca. La metodología aplicada fue la propuesta por la Sociedad para la Restauración Ecológica, modificada para ecosistemas colombianos, donde describieron los ecosistemas de referencia, luego pasaron a la evaluación del estado actual del ecosistema y sus condiciones en el paisaje y finalmente definieron los niveles de organización estableciendo las jerarquías de los disturbios. Los datos analizados fueron los indicadores de ecología del paisaje como el área de clase (CA), número de parches (NP), tamaño medio de la mancha (MPS), desviación estándar del tamaño de la mancha (PSSD), coeficiente de variación en el tamaño de la mancha (PSCV), índice de forma medio (MSI), índice de dimensión fractal (MPFD) y la distancia media del vecino más cercano (MNN). Los resultados indicaron la presencia ecosistémica de zonas que propician la diversidad biológica; según la escala de Holdridge registró 4 unidades ambientales, pertenecientes al bosque húmedo premontano, bosque húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano y páramo subalpino. Utilizaron el *software* Patch Analyst para determinar los indicadores de paisaje. Concluyó que la fragmentación no presentó valores altos, sin embargo, las zonas intersticiales de los agroecosistemas y los espacios naturales tuvieron alto impacto, al ser

una zona de gran humedad, presentó una gran cantidad de biodiversidad y naciente de servicios ecosistémicos, los indicadores presentaron datos valiosos de la situación de fragmentación que varió de poco intervenido a muy afectado en zonas aledañas al casco urbano y por último hubieron actividades agropecuarias insostenibles que generaron impacto negativo en los usos de suelo.

Coronado (2014) realizó un estudio sobre la “Análisis de la fragmentación en el Parque Nacional Cerro Azul Meámbar (PANACAM)”. El objetivo del estudio fue cartografiar el Parque Nacional de Honduras para determinar usos y coberturas de suelo para aplicar los indicadores de fragmentación del paisaje. La metodología reunió los tratamientos de preprocesamiento, procesamiento y postprocesamiento de las imágenes satelitales RapidEye aplicados por el *software* ENVI y Arcgis. Los datos analizados fueron los indicadores de fragmentación de área de parches, número de parches, índice de dimensión fractal, índice de proximidad, densidad de parches, índice de parche mayor y porcentaje del paisaje. Además, identificaron nueve usos y coberturas de suelo como agricultura, asentamientos humanos, bosque de pino, bosque latifoliado, cafetal, cuerpos de agua, matorral, pastizal y suelo desnudo. Los resultados indicaron que el área mayor del PANACAM perteneció al bosque latifoliado con 10 421 ha de un total de 31 339 ha, el área de amortiguamiento presentó mayor presencia de zonas con agricultura, pastizales, cafetales y suelos desnudos. La cobertura boscosa representó el 76.44 % del área total, la cual estuvo conformada por bosque de coníferas y latifoliado, que presentaron el 23.19 % y 33.25 % respectivamente; luego estuvo el matorral con 24.99 % y el cafetal con 8 %. De los 4 municipios estudiados, el más grande fue el Meámbar, dentro de las métricas aplicadas al paisaje, determinaron que el número de parches ascendió a 30 115 u, el índice de proximidad indicó que el bosque latifoliado presentó con mayor frecuencia parches en un radio de 100 metros, las formas de acuerdo a las dimensiones fractales fueron sencillas y regulares para cafetales, matorrales y bosque de pino, reflejando así su alta fragmentación. Concluyó que, el 55 % pertenecieron a coberturas naturales y 45 % indicaron zonas con influencia antrópica, siendo el bosque latifoliado el que presentó la cobertura más resaltante en el PANACAM.

Castañeda *et al.* (2013) desarrollaron un estudio sobre la “Composición y estructura del paisaje mediante la integración de parámetros sociales y económicos en sistemas

productivos”. El objetivo del estudio fue determinar la cobertura y composición del paisaje de la Amazonía deforestada en Colombia. La metodología aplicada en este estudio incluyó el uso de herramientas de teledetección, análisis de los índices de configuración espacial y el levantamiento de información de campo con GPS. Además, incluyeron parámetros socioeconómicos obtenidos del instrumento de aplicación (encuestas). Los datos analizados en las encuestas fueron de tres sectores de producción, estos fueron agroforestal, silvopastoril y tradición de uso ganadero; el paisaje se analizó a través de la supervisión clasificada las imágenes SPOT 4 del año 2007. Los resultados determinaron 9 clases de unidades de coberturas pertenecientes a pasto limpio, pasto con árboles dispersos, pastos con leñosas, rastrojo joven, rastrojo viejo, plantación agroforestal, plantación de palma africana, huerto habitacional y plantación de arbustos forrajeros. Concluyó con la diferenciación del sistema agroforestal con relación al uso ganadero tradicional, siendo el primero el que presentó mayor heterogeneidad y reportó mayores ingresos en el tiempo, lo cual indicó una mayor sostenibilidad en el sistema.

Ormazábal *et al.* (2013) realizaron un estudio sobre la “Caracterización y cuantificación de fragmentos de bosque nativo, en un sector del secano interior de la Región del Maule, Chile”. El objetivo del estudio fue determinar la importancia del uso de imágenes satelitales y los sistemas información geográfica para cuantificar y caracterizar la evolución dimensional de los bosques nativos entre los años 2004 y 2008. La metodología aplicada incluyó el tratamiento de las imágenes satelitales Landsat-5 TM con correcciones atmosféricas y geométricas, luego aplicó el método supervisado, el cual sumó información temática de la corporación nacional forestal (CONAF). Asimismo, aplicaron la técnica de rotación no controlado por eje de no cambio (RCEN); posteriormente, procedieron a la estimación de los índices de uso de suelo para caracterizar la distribución del paisaje. Los datos analizados incluyeron las clases temáticas de río, lecho de río, coníferas, bosque nativo, suelos descubiertos, matorral y cultivos agrícolas que a través del coeficiente de Kappa validaron sus datos. Los resultados indicaron que el área total fue de 12 440 ha, el cálculo de las métricas sobre las tres clases temáticas de mayor interés (conífera, bosque nativo y matorral) mostró una disminución en números de parches, la clase temática con mayor variación fue bosque nativo debido a su disminución espacial, caso contrario a las coníferas, que expandieron sus dimensiones; el matorral presentó mayor complejidad de forma, lo que evidencio su estabilidad en el tiempo; el menor índice de proximidad lo presentó el bosque

nativo demostrando así, su alto aislamiento. Concluyó que existieron evidencias sobre las diferencias de estructura en los períodos estudiados, determinando la viabilidad de esta metodología alternativa para la detección de cambios, en términos de degradación y recuperación de masa boscosa.

Calvo (2009) elaboró un estudio sobre la “Determinación de índices de fragmentación y modelamiento de la conectividad en los corredores biológicos de Costa Rica”. El objetivo del estudio fue calcular los indicadores que propone el programa de monitoreo ecológico de las áreas protegidas y corredores biológicos de Costa Rica. La metodología aplicada utilizó el mapa de 31 unidades fitogeográficas de Costa Rica del año 2006; también, los mapas de los años 1997, 2000 y 2005 de corredores biológicos, que posteriormente fueron analizados por los índices de fragmentación. Los datos fueron analizados a través de las 8 coberturas de la tierra que fueron forestal, no forestal, plantaciones, manglar, paramo, agua, nubes y no clasificado; los cuales mediante el *software FRAGSTATS* y *GUIDOS* fueron examinados los índices de fragmentación que corresponden al área total remanente, número de parches, índice del parche mayor, densidad de los fragmentos y distancia al vecino más cercano. Los resultados revelaron diferencias entre los periodos de años 1997 y 2000 donde variaron las coberturas forestal y no forestal obteniendo una deforestación de 9 139 ha, para el segundo periodo de los años 2000 a 2005 las 8 coberturas variaron, donde deforestaron 23 699 ha. En conclusión, la conectividad estructural alta a nivel nacional tuvo 26 %, media con 69 % y baja con 6 % la conectividad funcional a nivel nacional indicó 86 % alta, 6 % media y 9 % baja.

## **Nacional**

Gamarra (2017) elaboró un estudio sobre el “Análisis de la cobertura y uso de la tierra utilizando imágenes de resolución espacial media para el distrito de San Ramón-Chanchamayo-Junín-Perú”. El estudio tuvo como objetivo obtener información de coberturas vegetales y usos de suelos para una correcta toma de decisiones en planificación y gestión futura. La metodología aplicada consistió en utilizar técnicas de teledetección para tratar imágenes Landsat 8 del año 2016 y aplicar las correcciones radiométricas, atmosféricas y geométricas con la finalidad de obtener una clasificación de las coberturas vegetales las cuales a través de una matriz de confusión y un análisis estadístico con el índice de kappa

llegaron a validarse. Además, utilizó la leyenda *Corine Land Cover* (CLC) con el fin de comparar y complementar data obtenida. Los datos cuantitativos analizados fueron la fisiografía, suelos, hidrografía, clima, contexto biológico, clasificación ecológica, clasificación de los tipos de bosque, usos de tierra y el marco socioeconómico del área de estudio. Los materiales utilizados fueron imágenes satelitales, mapas temáticos del Perú, y los *softwares* Arcgis, Enviex, Erdas Imagine y R Project. Los resultados arrojaron imágenes satelitales con una resolución de 15 m y proyectado a UTM WGS 84 zona 18 sur, la clasificación supervisada indicó 3 niveles de detalle y 13 clases de acuerdo con la base de leyenda *Corine Land Cover*, esto necesitó 3 tipos de áreas de entrenamiento con más de 200 polígonos, las cuales se complementaron con 50 puntos de la salida de campo y mejoraron el proceso de clasificación supervisada que arrojó las siguientes coberturas: centros poblados, red vial, mosaico agropecuario, bosque húmedo, arbustos y matorrales, puna, áreas pedregosas naturales, tierras desnudas con poca vegetación, zonas quemadas, tierras altoandinas sin vegetación, bofedales, ríos y quebradas y lagunas. La clasificación supervisada se realizó dos veces modificando áreas de entrenamiento para un resultado óptimo. El área más grande con 69.65 % del área total perteneció a bosques húmedos y en cuanto a uso de tierra el mosaico agropecuario tuvo más porcentaje con 5.33 %, al ajustarlo mediante el *software* Envi Ex mostró un resultado del 95.33 % de precisión global. El índice de kappa presentó 0.922 de correspondencia. Concluyó que el mapa obtenido fue de gran utilidad en la toma de decisiones sobre el manejo, gestión y uso sostenible de área de estudio. Además, el algoritmo *Random forest* utilizado en la investigación fue una opción tentadora para fines de clasificación en la Amazonía y alta aplicabilidad en otras zonas del Perú.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. La ecología del paisaje**

La ecología del paisaje es un término con varias perspectivas y que ha cobrado relevancia en las últimas décadas. Este vocablo fue acuñado por Carl Troll en 1938, quien describió a la ecología del paisaje como una disciplina, resultado de la asociación de la geografía física y la ecología. Es así que, se considera al paisaje como una entidad holística, pues es más que la suma de sus partes y tiene que concebirse y estudiarse como tal. Por ende, esta ciencia permite combinar la aproximación horizontal del análisis espacial de los fenómenos naturales empleado por los geógrafos, con la aproximación vertical del análisis funcional de

los biólogos (Etter, 1991). Cabe destacar que la ecología del paisaje es una ciencia multidisciplinaria con varios enfoques y puntos de vista, centrándose en los componentes, procesos y relaciones hombre y naturaleza (Bastian, 2004, citado por Lara, 2014, p. 28). En resumen, esta ciencia busca una aproximación integral al estudio de un paisaje.

### **Teoría general de sistemas (TGS)**

Esta es la fuente epistemológica de la ecología del paisaje, basada en la forma sistémica de representar la realidad, además, brinda dirección a las prácticas de trabajo interdisciplinario; tiene como característica a su perspectiva holística e integradora donde la importancia son las relaciones y conjuntos que salen de ella permitiendo resultados fecundos entre especialidades (Etter, 1991).

De acuerdo con Arnold y Osorio (1998, p.1), la teoría general de sistemas (TGS) tiene los siguientes objetivos:

- Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.
- Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos y, por último,
- Promover una formalización (matemática) de estas leyes.

Las aplicaciones de la TGS no tienen límites y al ser enfocados en fenómenos humanos, sociales y culturales resalta sus raíces inmersas en los sistemas naturales y artificiales. Por tanto, entre más relaciones logremos establecer entre ellas, más efectiva es la aplicación del enfoque de la TGS, en cambio, cuanto más advirtamos los atributos sistémicos humanos, sociales y culturales se pondrá en evidencia las inadecuaciones y deficiencias de esta teoría (Arnold y Osorio, 1998).

Los sistemas generales se perciben como un todo cuyas propiedades no son por el efecto de la suma de sus partes, más aún como un sistema de conjuntos de muchas relaciones entre sus elementos que mantienen un modo relativamente estable y que persigue un objetivo, a esta definición se le debe agregar el concepto de sistemas abiertos donde es necesario para una

continuación sistémica establecer un flujo de relaciones con el ambiente. A partir de estas consideraciones se disgrega dos grupos de investigación de sistemas generales que depende donde se concentra la perspectiva que pueden ser la relación del todo y sus partes o los procesos de frontera. Los sistemas generales se pueden clasificar según su entidad en reales, ideales y modelos; por su origen son naturales y artificiales y, con relación al ambiente pueden ser cerrados y abiertos (Arnold y Osorio, 1998).

### **1.2.2. El paisaje**

La concepción de paisaje tiene múltiples definiciones, lo cual llega a causar controversias al momento de interpretación, y genera dificultad al emplear una metodología para un determinado proyecto (Morlans, 2005). Sin embargo, en lo que coinciden todos los conceptos, es que la definen como una superficie del terreno que contiene un mosaico de parches o de elementos de paisaje (McGarigal y Marks, 1995, citado por Ortega, 2007, p. 4). Adicionalmente, la distribución externa e interna que obtiene un paisaje es el efecto de los factores bióticos y abióticos que intervienen en su formación, determinando la geomorfología, los tipos de coberturas de suelo y la distribución espacial de los fragmentos que permiten reconocer e identificar uno de otro (Acuña, 2010).

### **Composición del paisaje**

De acuerdo a Forman (1995) citado por Ortega (2007, p. 4), los componentes del paisaje son:

- Parches: unidades homogéneas de terreno con características que permiten distinguirlo o diferenciarlo claramente de lo que lo rodea.
- Corredores: son elementos lineales del paisaje que se definen como franjas estrechas de terreno que se diferencian de la matriz a ambos lados.
- Matriz: se compone del elemento más extensivo y más conectado del paisaje, y que, por tanto, juega el rol dominante en el funcionamiento del mismo.

Estos componentes, según su tamaño y configuración definen el orden, distribución y estructura del paisaje. También, es necesario la identificación de los elementos que

conforman el paisaje que llevan por nombre unidades ecológicas básicas, estos pueden ser naturales o antrópicas, todos los componentes están distribuidos heterogéneamente.

### **Escalas de análisis del paisaje**

Para realizar un estudio correcto del paisaje, según Pérez *et al.* (2014) se debe tener un enfoque descriptivo que permita abordar todos los componentes que se relacionan entre sí, valiéndose de programas y herramientas que validen su objetividad para que al final sirvan de base de datos cualitativos y cuantitativos, como enfoque analítico que facilite establecer las relaciones entre los elementos. Estos se pueden obtener con trabajo de campo, herramientas que faciliten un análisis multicausal y un enfoque dinámico que consiga un análisis evolutivo del paisaje.

De acuerdo con Pérez *et al.* (2014) las escalas de estudio del paisaje son:

- Temporal: esta permite realizar análisis de largo y corto plazo donde se puede comprender la dinámica de los elementos estructurales, por ejemplo, el clima o relieve y de elementos texturales como cultivos o carreteras.
- Espacial: el análisis que está en relación al detalle del estudio ayuda mucho en la caracterización de un paisaje, así como en protocolos de acción para un lugar.
- Análisis diacrónico y sincrónico: el primero, depende de la data de un lugar y su antigüedad, para así establecer la evolución en el tiempo; el segundo, reconoce los ritmos evolutivos de paisajes aledaños y cómo influye en ellos.

### **Conectividad del paisaje**

La conectividad del paisaje es la capacidad y propiedad del paisaje para transferir un flujo ecológico de materia y energía para el buen desempeño de la dinámica de poblaciones. Mucho tienen que ver los factores físicos y antrópicos que facilitan el transporte, pueden ser lineal o multidireccional. Esta propiedad crea una red ecológica que responde ante una alteración natural o antrópica. La utilidad que posee la conectividad es asegurar la transferencia genética entre poblaciones y la movilidad de una o más especies entre teselas del paisaje (Taylor *et al.*, 1993, citado por Martin, 2006, p. 38).

Según Martín (2006) los elementos comunes que mantienen la red ecológica con flujos de materia y energía y a la vez son los más usados para definir los niveles de conectividad funcional son:

- Corredores: son redes lineales, se definen como franjas de terreno que se diferencian de la matriz, las cuales pueden estar aisladas y comúnmente presentan teselas adjuntas con vegetación similar. Por ello, se mueve más materia y energía que en el resto del paisaje.
- Puntos de paso: son fragmentos de paisaje con poca distancia entre estos, tienen gran importancia en el desplazamiento de especies, su desenvolvimiento depende del grado de alteración de la matriz.
- Redes de corredores: son las agrupaciones de los corredores que se caracterizan por el número de intersecciones y conexiones.

### **Métricas del paisaje**

Los autores Ivars y Vega (2008, p. 87) sostuvieron que “la ecología del paisaje aplica métodos cuantitativos al estudio del desarrollo y la dinámica de la heterogeneidad espacial y sus efectos en los procesos ecológicos con visión en la gestión del territorio”. Por tanto, los trabajos de investigación tienen una inclinación por el uso de las métricas del paisaje como indicador muy usado, entre ellos están el cambio de uso de suelo, función de hábitat, de regulación del paisaje y función de información (León, 2014).

Las métricas del paisaje son métodos para determinar mediciones y se utilizan en la caracterización espacial, para determinar una base de datos real del paisaje (Sarmiento *et al.*, 2002, citado por Sanjuán y Tellez, 2017, p. 9). Las relaciones espaciotemporales y la medición de los índices del paisaje se pueden calcular con el uso del SIG y otros *softwares* de cálculos de patrones de paisaje que están sujetos a limitaciones como la escala, interpretación de índices y la calidad de los datos, especialmente, cuando el paisaje es complejo y heterogéneo (Acuña, 2010).

Según Vila *et al.* (2006) se pueden diferenciar cinco grandes tipos de índices de paisaje que son:

- Índices de área, superficie, densidad y variabilidad: estos índices cuantifican las dimensiones y fragmentos que son del área de estudio, los cuales están ligados a la dimensión de las manchas y su perímetro de borde creado por ellas. Así se obtiene un primer acercamiento a las formas del paisaje.
- Índices de forma: se basan en la morfología de las manchas que constituyen un paisaje. Este tipo de indicadores se centran en las relaciones de área y perímetro permitiendo el entendimiento de los factores de forma y función.
- Índices de ecotono y hábitat interior: miden la extensión del ecotono o entorno de borde y su relación con el medio interior.
- Índices de distancia, vecindad y conectividad: estos indicadores cuantifican las distancias entre hábitats de borde o ecotonos. Esto permite evaluar el aislamiento o conectividad existente entre los distintos fragmentos, pues a mayor aislamiento, menor probabilidad de albergar mayor biodiversidad.
- Índices de diversidad del paisaje: estos aportan datos para poder contrastar paisajes y su evolución en el tiempo.

Todos estos índices están relacionados unos a otros, por distintas configuraciones paisajísticas, comportamiento de sus factores temporales y la definición de escenarios futuros. Según Troll (1938) citado por Bocco (2010, p. 92), los índices pueden ser aplicados en diferentes niveles:

- Nivel de fragmento (*Patch level*): a cada fracción individualmente.
- Nivel de clase (*Class level*): los cálculos se aplican a cada conjunto de fragmentos de la misma clase.
- Nivel de paisaje (*Landscape level*): los cálculos se atribuyen a la totalidad del paisaje.

## **Unidades del paisaje**

Son áreas geográficas específicas con características propias y distintas de otras con relaciones y dinámicas identificables, surgen de la convergencia de elementos propios y las marcas que ha obtenido del paso del tiempo. Además, sirven para determinar posibles daños de actividades que se lleva cabo en el paisaje (Fernández, 2013).

## **Cobertura de suelo y uso de suelos**

Son dos conceptos diferentes que a menudo se utilizan indistintamente, el uso de suelos implica una utilidad económica que se obtiene de la cobertura del suelo para las personas a partir de actividades socio económicas como los usos urbanos, industriales o reservas naturales, en cambio las coberturas de suelos implican unidades delimitadas que surgen de los análisis espectrales determinadas por sus características físicas y ambientales que se diferencian entre unidades próximas (Di Gregorio y Jansen, 2005).

### **1.2.3. La fragmentación**

León (2014) describió a la fragmentación de hábitats como un conjunto de pasos por el cual una extensión de terreno pasa y, a raíz de esto, se genera cambios en los componentes del paisaje, al diferenciar la matriz inicial de las nuevas existentes. Esto cambia la cantidad y calidad de servicios que brindaba dicho ecosistema causando efectos negativos. La fragmentación puede darse por motivos naturales y antrópicos, al ser la última la que más problemas acarrea. Esta definición coincide con lo referido por McGarigal *et al.* (2005) citado por Lara (2014, p. 27), quien mencionó que la fragmentación a nivel del paisaje, con diferencias en composición, estructura y función, implica cambios en muchos niveles y siempre tiene incidencia en un mosaico natural.

El estudio de la fragmentación desde los años sesenta se basan en las teorías de biografía de islas y la de metapoblaciones, la primera se usa mucho en los análisis de fragmentación de paisajes y efectos de la pérdida de la biodiversidad (Haila, 2002), esta fue propuesta en 1967 por el ecólogo Robert H. MacArthur y el biógrafo Edward O. Wilson, esta teoría unifica tres disciplinas biogeografía, ecología y evolución, la cual se basa en la inmigración de

propágalos y la extinción de poblaciones locales que condicionan las tasas de colonización. Los parámetros que utilizan son la estructura de los ambientes, la morfología de las especies, la gestión de la energía para el comportamiento de las poblaciones y su dinámica (Martín, 2006). La segunda teoría, la planteó Lewin en 1969, esta es muy usada para modelos de manejo y conservación de especies, dado que permite describir la composición de poblaciones en subpoblaciones, al enfatizar conceptos de conectividad e intercambio de poblaciones separadas.

Por último, es evidente la influencia de la teledetección en los últimos años para facilitar las evaluaciones de fragmentación del paisaje, al tener en cuenta la observación de grandes extensiones de superficie y de la capacidad de seguimiento a través del tiempo (Lara, 2014).

### **Evolución de la fragmentación**

De acuerdo con Santos y Tellería (2006), la evolución de la fragmentación se refiere a cambios paulatinos y progresivos, y esto se evidencia en cuatro niveles de alteración:

- La pérdida zonal y regional de entornos, al disminuir la densidad de especies.
- Reducción del tamaño medio y crecimiento del número de fragmentos.
- Aumento de la distancia entre fragmentos, al dificultar los flujos ecológicos.
- Incremento de la relación entre perímetro y superficie que aumenta el efecto de borde

### **Grados de fragmentación**

Según McIntyre y Hobbs (1999) citado por Brenes (2009, p. 24) existen cuatro niveles de alteración, que relacionan la disminución de hábitat con disminución de conectividad y aumento del efecto de borde, estos son:

- Intacto: hábitat o matriz con menos del 10 % de alteración, presenta mucha dinámica poblacional y las redes tróficas funcionan normalmente.

- Salpicado o jaspeado: paisajes que presentan hasta 40 % de alteración, tienen zonas de alteración que resaltan franjas o islas pequeñas, todavía predomina la matriz y las relaciones ecológicas comienzan a disminuir.
- Fragmentado: hasta 60 % del hábitat alterado, predominan los fragmentos rezagados, con problemas de conectividad y disminuyen las especies.
- Relicto: situación crítica del paisaje que presenta hasta más del 90 % de alteración, necesita programas de restauración. Se ha perdido la biodiversidad y tiene serios problemas de conectividad.

### **Efectos de la fragmentación**

Las alteraciones a los componentes del paisaje generan dos tipos de efectos, los cuales son:

- Efectos espaciales: son modificaciones a nivel de tamaño de hábitats y ecosistema que cambian las condiciones abióticas, entre ellas la insolación, el viento, la humedad y los procesos. Muestra de este efecto están los bordes de los fragmentos que presentan mayores impactos con relación a su interior, que aún pueden mantener condiciones abióticas con poca o sin alteración Saunders *et al.* (1991), Didham, *et al.* (1998).
- Efectos ecológicos: al decaer la superficie de un entorno se genera también la disminución de poblaciones asentadas en él, de manera proporcional. Por ello, a mayor homogeneidad de un paisaje, mayor riqueza de biodiversidad tendrá, una mayor extensión de terreno, mayor variabilidad de factores que permiten el desarrollo normal de especies (Ortega, 2007).

#### **1.2.4. La teledetección**

De acuerdo con Chuvieco (1990) citado por Lara (2014, p. 32) “la teledetección es una técnica que permite la obtención de información de objetos de la superficie terrestre y/o la atmósfera sin entrar en contacto con los mismos, es decir, desde una distancia remota”. Otros autores sugieren que, además, incluye el procesamiento, análisis y aplicación de esa información captada por los sensores remotos. En este sentido, de acuerdo con Lara (2014) es viable obtener tres tipos de data complementaria:

- Espacial: brinda datos de la distribución espacial de los elementos.
- Espectral: detalla la naturaleza de la reflexión de ondas de luz recibida de una superficie de objetos estudiados.
- Temporal: permite visualizar las alteraciones en el tiempo de un área de estudio.

### **Tipos de sensores**

Los sensores son sistemas que identifican la información electromagnética de los cuerpos naturales y los convierten en datos entendibles para los SIG; en este sentido, Sánchez (2012) considera que existen dos tipos de sensores:

- Pasivos: utilizan la radiación electromagnética de fuentes naturales y recolecta información de varias bandas espectrales, a la vez, obtiene información de diversos elementos de un ambiente.
- Activos: generan un pulso artificial de radiación que viaja y rebota en objetos del espacio, al producir su dispersión que se recoge nuevamente para analizarse y encontrar información de los objetos, son utilizados cuando se presentan coberturas de nubes que atraviesa sin ninguna alteración lo cual permite medir distancias recorridas y amplificando sus beneficios.

### **Resoluciones de un sensor**

Según Bravo (2017) la resolución del sensor es una característica que diferencia las capacidades que brindan las imágenes de los diversos satélites y pueden ser:

- Resolución radiométrica: es el número de tonalidades de gris que presenta la imagen satelital, se calcula por dos elevado al número de bits.
- Resolución espacial: es el tamaño de correspondencia a un píxel y es directamente proporcional al detalle de los objetos contenidos en la imagen.
- Resolución temporal: es el tiempo que tarda en volver a tomar datos de un lugar determinado, la cobertura depende de la trayectoria, altura, velocidad e inclinación del satélite.

- Resolución espectral: está ligado al número y anchura de las bandas espectrales que posee el sensor del satélite.

### **Tipos de imágenes satelitales**

Los tipos de imágenes satelitales dependen del número de bandas que posea y el ángulo de observación de la imagen, esto proporciona mayor detalle y mejoras en el contenido de la información. Bravo (2017) mencionó cuatro tipos de imágenes satelitales:

- Imagen multiespectral: es la que posee datos numéricos en cada píxel y bandas que consiga divisar el sensor, permite obtener firmas espectrales de los objetos de la imagen.
- Imagen pancromática: es una banda en escala de grises, con gran información por su alta resolución espacial, pues detecta detalles que no se distinguen en las imágenes multiespectrales.
- Imagen fusionada: es la unión entre la imagen multiespectral y la pancromática con el fin de mejorar la resolución espacial.
- Imagen estéreo: son dos imágenes que se tomaron de distinto ángulo de visión, se debe a la reorientación del sensor.

### **Programa Landsat**

El Programa Landsat, está conformado por una serie de satélites puestos en órbita por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), el cual brinda imágenes de gran calidad, dirigidos a la observación de los recursos de la tierra. Hasta el momento se lanzaron ocho misiones que cumplieron todas las expectativas (*United States Geological* [USGS], 2019). Para el estudio se manejaron imágenes de las misiones de los satélites Landsat 7 y 8 siendo:

- Landsat 7: fue lanzado un 15 de abril de 1999, tiene un sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*), posee un problema de falla en el corrector de línea de escaneo, brinda datos desde el 2003 hasta la actualidad y se planea su reemplazo para el final del 2020 por el Landsat 9 (Tabla 1).

- Landsat 8: fue puesto en órbita el 11 de febrero del 2013, tiene dos sensores del tipo OLI (*Operational Land Imager*) y TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) y ofrece datos desde el 30 de mayo del 2013 hasta hoy (Tabla 2).

Tabla 1

*Características de Landsat 7*

Número de banda	Medida de onda	Resolución	Especificaciones técnicas ETM+
1	0.45-0.515	30 m	Tipo de sensor: <i>whiskbroom</i>
2	0.525-0.605	30 m	Resolución espacial: 30 m (60 m-térmica, pan de 15 m)
3	0.63-0.690	30 m	Número de bandas: 8
4	0.775-0.90	30 m	Resolución temporal: 16 días
5	1.55-1.75	30 m	Tamaño de imagen: 183 km X 170 km
6	10.4-12.5	60 m	Franja: 183 km
7	2.08-2.35	30 m	Programable: sí
8	0.52-0.9	15 m	Valores del píxel en 8 bits

*Fuente:* Elaboración propia con base en USGS (2019).

Tabla 2

*Características de Landsat 8*

Número de banda	Medida de onda	Resolución	Especificaciones técnicas OLI y TIRS
1	0.43-0.45	30 m	Tipo de sensor: <i>pushbroom</i>
2	0.45-0.51	30 m	Resolución espacial: 30 m (100 m-térmica, pan de 15 m)
3	0.53-0.59	30 m	Número de bandas: 11
4	0.64-0.67	30 m	Resolución temporal: 16 días
5	0.85-0.88	30 m	Tamaño de imagen: 183 km X 170 km
6	1.57-1.65	60 m	Franja: 183 km

Continuación:

Número de banda	Medida de onda	Resolución	Especificaciones técnicas OLI y TIRS
7	2.11-2.29	30 m	Programable: sí
8	0.50-0.68	15 m	Los valores de píxel en 16 bits
9	1.36-1.38	30 m	
10	10.60-11.19	100*(30)	
11	11.50-12.51	100*(30)	

*Fuente:* Elaboración propia con base en USGS (2019).

### 1.2.5. Sistemas de información geográficas (SIG)

Sanjuan y Tellez (2017, p. 27) indicaron que los SIG son “un conjunto de *hardware*, *software*, datos geográficos y personal capacitado organizados para capturar, manejar, manipular, almacenar, consultar, transformar, analizar, modelizar y presentar todo tipo de información que pueda tener una referencia geográfica”.

Los autores Puerta *et al.* (2011) citado por Sanjuan y Tellez (2017, p. 28) mencionaron que los SIG proporcionan datos reales de las regiones de estudio, por este motivo es la herramienta más requerida para la elaboración de mapas sobre usos, coberturas cuencas y más. Una característica es la diferenciación de datos por capas temáticas y ser tratadas de manera independiente.

Por otro lado, Greenberg *et al.* (2003) citado por Acuña (2010, p. 19) plantearon que los SIG, en el tratamiento de geoinformación, permiten realizar varios procesos como transferir información, codificar y digitalizar unidades del paisaje por medio de la geomorfología, geología, usos del suelo y coberturas, facilitando la representación cartográfica de la realidad de acuerdo con las escalas específicas según el detalle de análisis que se quiera obtener.

## **QGIS**

Este es un SIG de acceso libre bajo *General Public License* (GNU). QGIS es un proyecto oficial de *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), trabaja en los sistemas operativos de Linux, Unix, Mac OS X, Windows y Android, el cual es capaz de soportar numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos (*QGIS Development Team*, 2019).

## **Sistema para Análisis Geocientíficos Automatizados (SAGA) GIS**

Este es un GIS de código abierto que se emplea para editar y analizar datos espaciales. Incluye una gran cantidad de módulos para el análisis de datos vectoriales (punto, línea y polígono), tabla, cuadrícula e imagen, entre otros. El paquete contiene módulos para geoestadística, clasificación de imágenes, proyecciones, simulación de procesos dinámicos (hidrología, desarrollo del paisaje) y análisis del terreno. Se puede acceder a la funcionalidad a través de una *graphical user interface* (GUI), la línea de comando o usar la *Application Programming Interface* (API) de C++ (Conrad *et al.*, 2015).

## **LecoS-estadísticas de ecología del paisaje**

Complemento del QGIS, este se basa en las métricas del *software Fragstats*, dentro de las funcionalidades que tiene está el mapeo ecológico, el cálculo de métricas en archivos de formato ráster y vectorial. De igual modo, posee otras herramientas que mejoran los cálculos mediante la superposición de polígonos, tiene funciones para clasificar imágenes ráster (Jung, 2013).

## **Fragstats 4**

Este es un programa de análisis del patrón espacial para mapas categóricos, cuantifica la extensión del área y la configuración espacial de los parches dentro de un paisaje, es de dominio público (McGarigal *et al.*, 2012).

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de investigación**

El trabajo se realizó con un enfoque cuantitativo de diseño no experimental (longitudinal-descriptivo) que de acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.* (2010) corresponde a un objeto de estudio que se analiza en diversos espacios de tiempo.

### **2.2. Lugar y Fecha**

El área de estudio corresponde al distrito de Huaricolca, provincia de Tarma, departamento Junín, el cual está ubicado a 14 kilómetros al sur del distrito capital Tarma, a 30 minutos en automóvil (Figura 1). Se ubica geográficamente en las coordenadas UTM 18L 428021 y E 872902, con un área estimada de 16 231 km<sup>2</sup>, a una altitud de 3796 msnm y se distribuye en la ecorregión Puna, según la clasificación propuesta por Antonio Brack Egg. En esta investigación se emplearon imágenes satelitales de los años 2009, 2014 y 2019 correspondiente a la temporada de estiaje (junio); mientras que, las visitas a campo para la corroboración de datos se realizaron entre los meses de octubre y noviembre del 2019.



Figura 1. Mapa de ubicación del distrito de Huaricolca. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3. Técnicas e instrumentos

La recolección de datos se realizó mediante las técnicas de observación directa y observación indirecta. Para la observación directa se empleó como instrumentos las fichas de campo, registros fotográficos y GPS, mientras que, para la observación indirecta se empleó como instrumentos los mapas e imágenes satelitales. A partir de los datos obtenidos se realizó el procesamiento de imágenes satelitales, la clasificación supervisada y la validación de datos, para su posterior interpretación.

### 2.4. Descripción de la investigación

#### 2.4.1. Identificación de unidades de paisajes

La identificación de las unidades paisajísticas se realizó mediante la recopilación de información preliminar, descarga de imágenes Landsat, salidas de verificación en campo,

procesamiento de las imágenes satelitales y generación del mosaico de paisaje. Cada una de estas actividades se detalla a continuación:

### **Recopilación de información preliminar**

Para efectuar el reconocimiento espacial general del área de estudio se empleó el análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad andina (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015) donde se halló la propuesta de leyenda de cobertura de la tierra-Perú, el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) y para obtener información más detallada se empleó la Zonificación Ecológica Económica del departamento de Junín (ZEE), (Gobierno departamental de Junín, 2015), el mismo que contiene información temática de los mapas, memorias descriptivas en los distintos aspectos como las capacidades de uso (ver Apéndice 1), coberturas vegetales (ver Apéndice 2), fisiografía (ver Apéndice 3), geología (ver Apéndice 4), unidades de suelos (ver Apéndice 5), uso actual (ver Apéndice 6), zonas de vida (ver Apéndice 7) y la zonificación ecológica y económica de Huaricolca (ver Apéndice 8). Estos datos permitieron reconocer las unidades de paisaje del distrito de Huaricolca de la ZEE de Junín. (ver Apéndice 9). Estos documentos temáticos también facilitaron la elaboración de la categorización y agrupación de las unidades de paisaje de Huaricolca (ver Apéndice 16) (ver Apéndice 17).

### **Descarga de imágenes Landsat**

Se emplearon escenas del programa Landsat 7 y Landsat 8, las cuales corresponden a los años 2009, 2014 y 2019, con la finalidad de realizar la comparación de las unidades de paisaje y sus métricas correspondientes. Para contar con una temporalidad cercana, se eligió el período de estiaje en el mes de junio, debido a que en esa época no se presenta cuerpos de nubes dentro de la región del distrito de Huaricolca. En cuanto a la descarga de las imágenes satelitales se empleó la página *Earth Explorer-USGS*, donde fue posible elegir opciones de descarga tales como la fecha de estudio, porcentaje de nubes y zona de ubicación. Al efectuar las descargas, las imágenes satelitales contaban con la corrección geométrica y estaban georreferenciadas a la zona WGS84 - 18 norte, por lo que fue necesario redireccionar las imágenes a la zona WGS84 - 18 sur, la cual corresponde al área de estudio.

## Pre procesamiento de las imágenes satelitales

El conjunto de pasos inició con el preprocesamiento que consistió en calibraciones a la imagen, para mejorar el aspecto visual y de información. La corrección radiométrica permitió la restauración de líneas y píxeles perdidos además de solucionar el problema del bandeo de una imagen, así mejoró la precisión espectral, permitiendo eliminar los datos innecesarios que se tomaron por diversos ángulos de recepción de energía solar y de la tierra (Sánchez, 2012). La corrección atmosférica sirvió para eliminar el efecto de los aerosoles, esto se logró transportando los datos de números digitales a datos de radiancia y posteriormente, a valores de reflectividad (Bravo, 2018). La corrección geométrica se empleó para ajustar los desplazamiento y distorsiones que puede generar la inclinación del sensor al fijar la posición de la imagen obtenida, garantizando cambios de dos imágenes de distinta fecha, pero de un mismo lugar (Bermúdez, 2018).

La imagen Landsat 7 necesitó una corrección del bandeo que se realizó a través del programa QGIS. Posteriormente, a las escenas de los años 2009, 2014 y 2019 se les aplicó las mismas calibraciones, las cuales fueron ejecutadas con el *Plug-in SCP (Semi Automatic Classification Plugin)*, (Congedo, 2016), asimismo, se realizó la corrección atmosférica por medio del algoritmo DOS1 (Figura 2).

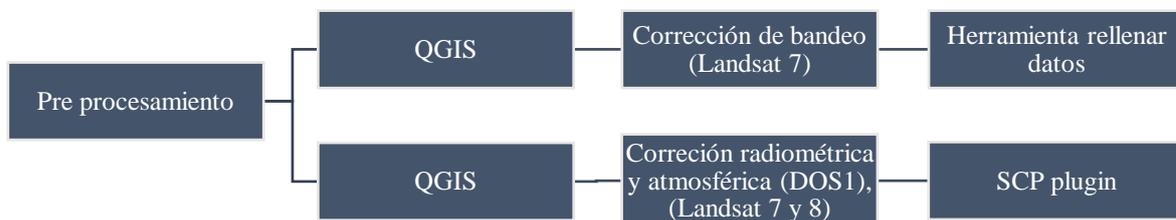


Figura 2. Preprocesamiento de las imágenes Landsat 7 y 8. Fuente: Elaboración propia.

## Procesamiento de las imágenes satelitales y generación del mosaico de paisaje

Se aplicó la metodología propuesta por Sánchez (2012), la cual indica que, el tratamiento digital de imágenes debe incluir un conjunto de procesos previos a la clasificación, a través

de algoritmos y fórmulas que hacen de una imagen satelital fiel reflejo de la geometría real del relieve.

Luego de las correcciones se procedió con el procesamiento, tal como lo sugiere Correia *et al.* (2018), donde se procedió con la combinación de bandas espectrales para el color natural, Landsat 7 (bandas 321) y Landsat 8 (bandas 432). Posteriormente, fue necesario realizar el recorte de la imagen con el polígono del distrito de Huaricolca obtenido del Geoservidor del MINAM, posteriormente se empleó el *software* SAGA GIS, con el cual se realizó los procesos de corrección topográfica (método *Minnert Correction with slope* 2004) y *Pansharpening* (método *IHS Sharpening*) con el propósito de mejorar los detalles de las imágenes, de acuerdo con el tipo de estudio.

Esto se complementó con la clasificación supervisada, que tuvo por objetivo aplicar su algoritmo sobre la agrupación de píxeles con valores similares, creando clases espectrales, separándolas de otras agrupaciones; cabe precisar que la característica principal de este proceso es el reconocimiento *in situ* previo del área de estudio (Rodríguez y Alonso, 2019)

La supervisión clasificada se inició con el reconocimiento del área de estudio; posteriormente se inició la elaboración de las áreas de entrenamiento, mediante el programa QGIS en un archivo *Shapefile* (SHP), teniendo en cuenta las unidades de paisaje que se obtuvieron en las visitas, sobre todo de los puntos de control identificados en campo, luego se empleó SAGA GIS para aplicar la herramienta *Supervised Classifications for Grids*, con el método *Maximum Likelihood* con una probabilidad de referencia absoluta (ver Apéndice 10). El resultado fue un ráster con las unidades de paisaje (Figura 3) que tuvo como base las clases espectrales, tal como lo mencionó Chuvieco (1996) citado por Bermúdez (2018, p. 49).



Figura 3. Procesamiento de las imágenes Landsat 7 y 8. Fuente: Elaboración propia.

### Puntos de control para los campos de entrenamiento

Con la finalidad de validar y lograr mayor precisión de los campos de entrenamiento, se tomaron 90 puntos de control en total, los cuales sirvieron como muestras representativas de cada una de las unidades de paisaje durante las visitas de campo. Para ello, se utilizó un GPS para registrar las coordenadas exactas de las áreas de referencia, con la finalidad de definir espacialmente el lugar donde se encontrarían cada unidad de paisaje, que posteriormente fue empleada como base de la aplicación de la clasificación supervisada (Martínez *et al.*, 2015).

### Visitas de campo

Para la supervisión clasificada, se realizó la toma de datos en campo a través de tres visitas de campo, la primera y segunda se llevaron a cabo el 06 y 13 de octubre de 2019, respectivamente y se realizaron con el propósito de verificar, corroborar y definir las unidades de paisaje. Estas visitas consistieron en realizar caminatas por los caminos de trochas existentes; los lugares visitados son conocidos como Huancal Huaricolca (zona oeste), Huallquin grande (zona norte), Congas Antacucho (zona este) y Apaycanchilla (zona sur); los cuales corresponden a los sectores más grandes de Huaricolca, en base a ello se realizó un registro fotográfico de las diferentes unidades paisajísticas reconocidas.

La tercera visita se efectuó el 07 de noviembre de 2019, con el objetivo de determinar las áreas de entrenamiento. En la zona sur Apaycanchilla se logró identificar con mayor predisposición las unidades de los agricultura andina y plantaciones forestales (Tingo y Huamanpinta), pajonal andino (Suacancha), tierras degradadas (Puti) y bofedal (Garbanzocancha). En el sector oeste Huancal Huaricolca se encontraron las unidades como afloramientos rocosos (Cuartelmachay y Ucrocancha), área altoandina con escasa o sin vegetación (Ancará), red vial y terrenos asociados (Huancal) y el tejido urbano (Huaricolca). En la zona este Congas Antacucho se registró laderas y cimas de montaña (Marcajasha y Rodeopampa) y en la zona norte Huallquin Grande también hay predominancia de laderas y cimas de montaña (Huallquin y Carcapirhuana), estas muestras se utilizaron durante la supervisión clasificada.

#### **2.4.2. Estimación de las métricas del paisaje**

El mosaico obtenido con las unidades de paisaje se sometió al *plug-in* LecoS (Jung, 2013), con el objetivo de determinar las métricas del paisaje y obtener tablas de atributos que sirvieron para dilucidar la información que brindan de modo que permitió obtener las conclusiones. También se utilizó el programa Fragstats para comparar resultados y determinar métricas que sirvan para hallar el índice de fragmentación (McGarigal *et al.*, 2012). Las métricas que se emplearon fueron las relacionadas a métricas de áreas y bordes, métricas de intrincación, métricas de diversidad y métrica del grado de fragmentación.

#### **Métricas de áreas y bordes**

- *Land cover* (Cubierta de suelo): Se estimó el total en hectáreas de cada unidad de paisaje en el área de estudio.

$$LC = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left( \frac{1}{10000} \right)$$

Donde:

$a_{ij}$  = área (m<sup>2</sup>) del parche ij.

- *Landscape proportion* (Proporción del paisaje): Se calculó porcentualmente el valor de cada una de las unidades de paisaje del área de estudio.

$$LP= P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$$

Donde:

$P_i$  = proporción del paisaje ocupado por tipo de parche (clase)  $i$ .

$a_{ij}$  = área ( $m^2$ ) del parche  $ij$ .

$A$  = área total del paisaje ( $m^2$ ).

- *Edge length* (Densidad de borde): Se calculó el perímetro total en metros lineales de cada clase, esto proporcionó los datos de exposición que presentan los bordes.

$$EL= \sum_{k=1}^m e_{ik}$$

Dónde:

$e_{ik}$  =longitud total (m) del borde en el paisaje que involucra el tipo de parche (clase)  $i$ ; incluye límites de paisaje y segmentos de fondo que involucran parches tipo  $i$ .

- *Number of patches* (Número de parches): Se estimó la cantidad de fragmentos de un paisaje, señalando el grado de fragmentación del mismo.

$$NP=n_i$$

Donde:

$n_i$ = número de parches en el paisaje del tipo de parche (clase)  $i$ .

- *Greatest patch area* (Área de parche más grande): Se determinó el parche más grande y el área que posee en cada unidad de paisaje, lo que corresponde a una medida simple de dominio. En la fórmula, la división entre 10 000 se empleó para obtener los datos en hectáreas.

$$GPA= \left( \frac{\max_{j=1}^n a_{ij}}{A} \right) \left( \frac{1}{10000} \right)$$

Donde:

$a_{ij}$  = área ( $m^2$ ) del parche  $ij$ .

$A$  = área total del paisaje ( $m^2$ ).

- *Smallest patch area* (Área de parche más pequeña): Se identificó el parche más pequeño y el área que posee en cada unidad de paisaje. En la fórmula, la división entre 10 000 se aplica para tener los datos en hectáreas.

$$SPA = \left( \frac{\min_{j=1}^n a_{ij}}{A} \right) \left( \frac{1}{10000} \right)$$

Donde:

$a_{ij}$  = área (m<sup>2</sup>) del parche ij.

A = área total del paisaje (m<sup>2</sup>).

- *Mean patch area* (Área media del parche): Se estimó la suma de todos los parches de la misma clase con sus valores métricos, se dividió por el número de parches de la misma unidad de paisaje. Su valor representó un promedio del tamaño del parche de cada clase.

$$MN = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{n_i}$$

Donde:

$n_i$  = número de parches de la clase o paisaje.

$x_{ij}$  = parches de un tipo correspondiente.

- *Median patch area* (Mediana del área de parche): Se representó el punto medio de la distribución de orden en los rangos de valores que tienen los parches dentro de una unidad de paisaje. Su promedio se considera complementario y más aceptado estadísticamente que la media.

$$MD = X_{50\%}$$

Donde:

$X_{50\%}$  = valor central de un listado de valores de clase.

- *Largest patch index* (Índice de parche más grande): Se estimó cuantificando el área del parche más grande y al dividir su valor entre el área total del paisaje, el resultado se multiplicó por 100 y se obtuvo un valor porcentual en cada una de las clases. Es primordial entender que el área total del paisaje incluyó el fondo interno que posee.

$$LPI = \left( \frac{\max_{j=1}^n a_{ij}}{A} \right) * 100$$

Donde:

$a_{ij}$  = área ( $m^2$ ) del parche  $ij$ .

$A$  = área total del paisaje ( $m^2$ ).

### Métricas de intrincación

- *Percentage of like adjacencies* (Porcentaje de adyacencias similares): Se calculó a través de la suma del número de estas para cada tipo de parche. Posteriormente, se dividió por el número total de adyacencias de celda en el paisaje y finalmente se multiplicó por 100 y se obtuvo el dato en porcentaje, se agregan todas las teselas presentes dentro del borde del mosaico del paisaje. El borde de este solo se contabilizó una vez, esto fue igual para todas las adyacencias con fondo, lo cual da la idea de homogeneidad mediante un intervalo de 0 a 100. El valor mínimo correspondió a la disgregación máxima y el más alto a un mosaico de una tesela.

$$PLADJ = \left( \frac{\sum_{i=1}^m g_{ii}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) * 100$$

Donde:

$g_{ii}$  = número de adyacencias similares (uniones) entre píxeles de tipo de parche (clase)  $i$  basado en el método de doble conteo.

$g_{ik}$  = número de adyacencias (uniones) entre píxeles de tipos de parches (clases)  $i$  y  $k$  según el método de doble conteo

- *Effective mesh size* (Tamaño efectivo de malla): Este cálculo se realizó, para mostrar el tamaño subdivisión de los parches con un rango entre la medida de un píxel y el área completa del mosaico, los mínimos valores mostraron la subdivisión al máximo y los altos valores poca subdivisión. Sus resultados se obtuvieron de la sumatoria del área de todos los parches al cuadrado, esto se dividió consecutivamente por el área total del paisaje y entre 10 000 para sacar un resultado final en hectáreas. Se añadió cualquier fondo presente en la región del mosaico del estudio.

$$MESH = \left( \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A} \right) \frac{1}{10000}$$

Donde:

$a_{ij}$  = área ( $m^2$ ) del parche  $ij$ .

$A$  = área total del paisaje ( $m^2$ ).

- *Splitting index* (Índice de división): Se calculó como el cociente entre el cuadrado del área total del paisaje y la sumatoria de los cuadrados de todos los parches de una clase del paisaje. El área total incluyó cualquier fondo interno presente. Fue inverso y complemento del índice anterior, da una probabilidad con un intervalo de 1 hasta el número de celda al cuadrado, los valores mínimos corresponden a mosaicos con una tesela y valores máximo porque está muy subdividido.

$$\text{SPLIT} = \frac{A^2}{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$$

Donde:

$a_{ij}$  = área (m<sup>2</sup>) del parche ij.

A = área total del paisaje (m<sup>2</sup>).

### Métricas de diversidad

- *Shannon's diversity index* (Índice de diversidad de Shannon): Se consiguió del valor negativo de la sumatoria de todos los tipos de parche, la abundancia proporcional de cada tipo al multiplicarlo por esa proporción.  $P_i$  está basado en toda el área total del paisaje y excluye cualquier fondo interno presente. Medida ecológica comunitaria aplicado a los paisajes, sus valores son mayores a 1.

$$\text{SHDI} = - \sum_{i=1}^M P_i * \ln P_i$$

Donde:

$P_i$  = proporción del paisaje ocupado por tipo de parche (clase) i.

- *Simpson's diversity index* (Índice de diversidad de Simpson): Se obtuvo de la resta de 1 menos la sumatoria de todos los tipos de parche y de la abundancia proporcional de cada uno al cuadrado. Es esencial saber que  $P_i$  está centrado en toda el área total del paisaje que excluye cualquier fondo interno presente. Medida ecológica comunitaria con un rango de 0 a 1, al ser mínimo por presentar poca diversidad y máximo por tener variedad y riqueza de parches.

$$\text{SHDI} = 1 - \sum_{i=1}^M P_i^2$$

Donde:

$P_i$  = proporción del paisaje ocupado por tipo de parche (clase) i.

## Métrica de grado de fragmentación

- Índice de fragmentación (F): Se obtiene de la división entre el área total y el producto del número de parches con la dispersión de las teselas.

$$F = \frac{\text{Superficie total}}{N^{\circ} \text{ de parches} \times \text{dispersion de los parches}}$$

Donde:

$$\text{Dispersión de los parches} = Rc = 2dc * \frac{\lambda}{\pi}$$

dc = distancia media desde un parche (centroide) hasta el más cercano.

$\lambda$  = densidad media de parches.

## Estimación del grado de fragmentación

El grado de fragmentación se estimó analizando cada una de las métricas en sus cuatro niveles de variación. El primer nivel corresponde a las métricas de área y bordes, que indican cambios en las dimensiones y porcentajes de cada unidad de paisaje; así como, la cuantificación de estas. El segundo corresponde a las métricas de intrincación, las cuales miden el grado de aglutinamiento o dispersión de los parches. El tercer nivel de análisis se refiere a las métricas de diversidad, que describen la composición a través de las proporciones, distribución y tipos de parche de un mosaico. Finalmente, en el cuarto nivel se analizó la métrica de fragmentación que nos brinda un número comparativo (Índice de fragmentación) entre los años 2009, 2014 y 2019.

### 2.4.3. Determinación de las causas de la fragmentación

Las causas de fragmentación fueron determinadas a partir de la interpretación de los datos del procesamiento de las imágenes satelitales, análisis de las superficies, tiempos y espectros, sumada a las métricas de paisaje de los períodos 2009, 2014 y 2019. Este análisis se complementó con una visita de campo, que tuvo por objetivo tomar fotografías e identificar las principales causas que generan cambios de fragmentación significativos en el paisaje. Esta visita se realizó el 18 de noviembre de 2019 (ver Apéndice 15).

## 2.5. Identificación de variables y su mensuración

Las investigaciones con enfoque cuantitativo de diseño no experimental (longitudinal-descriptivo), poseen variables múltiples, las cuales se obtienen de la población de estudio, para este caso corresponde a las variables que cuantifican a la fragmentación las métricas del paisaje (Tabla 3).

Tabla 3

### *Variables y su mensuración*

Índices de fragmentación	Definición	Programa de calculo
<i>Land cover</i>	Es la cantidad en hectáreas de toda el área de un paisaje	QGIS y Fragstats
<i>Landscape Proportion</i>	Es el porcentaje de cada unidad de paisaje	QGIS y Fragstats
<i>Edge length</i>	Son los perímetros totales en metros lineales de cada unidad de paisaje	QGIS y Fragstats
<i>Number of patches</i>	Es el número de teselas presentes en un paisaje	QGIS y Fragstats
<i>Greatest patch área</i>	Es el parche más grande en hectáreas de cada unidad de paisaje	QGIS
<i>Smallest patch área</i>	Es el parche más pequeño en hectáreas de cada unidad de paisaje	QGIS
<i>Mean patch área</i>	Es el promedio de del tamaño de parche en cada unidad de paisaje	QGIS y Fragstats
<i>Median patch área</i>	Es el punto medio estadístico de los valores de una unidad de paisaje	QGIS y Fragstats
<i>Largest Patch Index</i>	Es el valor porcentual que representa la tesela más grande de cada unidad de paisaje	QGIS
<i>Percentage of Like Adjacencies</i>	Calcula el grado de agregación del tipo de parche focal	QGIS y Fragstats
<i>Effective Mesh size</i>	Muestra el tamaño de subdivisión en el rango de la medida del pixel y el área total de un paisaje	QGIS y Fragstats

Continuación:

Índices de fragmentación	Definición	Programa de calculo
<i>Splitting Index</i>	Mide el grado de subdivisión de una clase en muchos parches independiente al tamaño, ubicación o configuración.	QGIS y Fragstats
<i>Shannon's Diversity Index</i>	Indica la diversidad en la ecología, es sensible a los tipos de parches raros	QGIS y Fragstats
<i>Simpson's Diversity Index</i>	Indica la diversidad en la ecología, es intuitiva y menos sensible a parches raros	QGIS y Fragstats
Índice de fragmentación	Es un cociente entre el área total y el producto del número de parches con la dispersión de las teselas	Fragstats

Fuente: Elaboración propia.

## 2.6. Análisis estadístico de datos

Luego de todos los procesos de corrección, el mapa temático final necesitó de una corroboración del margen de error; por lo que, necesito una verificación de resultado; para ello, se aplicó una malla de puntos aleatorios (ver Apéndice 11), que permitió ser verificada por un especialista o compararla con un mapa temático de otras fuentes (Chuvienco, 1996 citado por Bermúdez, 2018, p. 22). La malla fue sometida a una matriz de confusión (ver Apéndices 12, 13 y 14) que apoyó en la corroboración del porcentaje estadístico de aciertos entre mapa y realidad calculado por el coeficiente de Kappa de Cohen (Morales *et al.*, 2016). Esta herramienta estadística se aplicó a través del *software* de IBM SPSS Statistics 25 para validar los resultados (ver Apéndice 4). Estos indicaron buena concordancia para el 2009 y muy buena concordancia para el 2014 y 2019, las comparaciones estadísticas se dieron entre las escenas de programa Landsat que se usaron en el trabajo y las imágenes del Google Earth Pro (Tabla 4).

Tabla 4

*Coefficiente de kappa de Cohen para las imágenes Landsat*

Escenas de los años	2009	2014	2019
Coefficiente de kappa de Cohen	0.78	0.88	0.85

*Fuente:* Elaboración propia.

## 2.7. Materiales y equipos

Para el desarrollo de la metodología y el tratamiento de la información se emplearon los siguientes materiales y equipos:

- Tres imágenes satelitales del programa Landsat 7 y 8  
LE07\_L1TP\_007068\_20090629\_20161219\_01\_T1  
LC08\_L1TP\_007068\_20140619\_20170421\_01\_T1  
LC08\_L1TP\_007068\_20190601\_20190605\_01\_T1
- Modelo digital de elevación (DEM) de 30 metros.
- Carta nacional del Instituto geográfico Nacional, hojas 23-1 y 24-1
- Mapas de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) de la región Junín
- Mapas de recorrido de campo
- Recursos informáticos  
QGIS Desktop (3.10.2)  
SAGA GIS (2.3.2)  
Fragstats (v4.2.1)  
IBM SPSS statistics 23  
Google Earth Pro
- GPS MAP 78S Garmin.
- Laptop:
- Cámara fotográfica:

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Unidades de paisaje del distrito Huaricolca

Se determinaron un total de nueve unidades de paisaje para el distrito de Huaricolca, las cuales se describen a continuación:

#### 3.1.1. Afloramientos rocosos:

Esta unidad representa el 8.55 % del área total del distrito, y se ubica en la categoría de bosques y áreas mayormente naturales y en el grupo de áreas con poca o sin de vegetación, de acuerdo a la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú y la memoria descriptiva del uso actual de suelos de la ZEE-Junín. En el caso del paisaje de Huaricolca el grupo geológico Condorsinga es le otorga las particularidades de componentes de calizas blancas que sobresalen formando colinas, además, esta unidad puede presentar estratificaciones oblicuas y ondulaciones (Figura 4).



*Figura 4.* Afloramintos rocosos. *Fuente:* Elaboración propia.

### 3.1.2. Pajonal andino

Esta unidad representa el 7.73 % del área total del distrito, y se ubica en la categoría de bosques y áreas mayormente naturales en el grupo de herbazales de acuerdo a la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú, el mapa nacional de cobertura vegetal y la memoria descriptiva de vegetación de la ZEE-Junín. De las observaciones en campo, se evidenció que esta unidad incluye dos tipos de herbazales, como son los pajonales rastreros del tipo césped, (Figura 5) y los pajonales erguidos del tipo manojos (Figura 6).



*Figura 5.* Pajonales del tipo césped. *Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 6.* Pajonales del tipo manojos. *Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.3. Laderas y cimas de montaña

Esta unidad representa el 38.03 % del área total del distrito, se halló en la categoría de bosques y áreas mayormente naturales, en el grupo de tierras desnudas de acuerdo a la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú y la memoria descriptiva de fisiografía de la ZEE-Junín. Esta unidad se caracteriza por su localización en la parte superior de una cadena de montaña y en sus laderas, lo que limita su uso y manejo (Figura 7), cabe precisar que esta unidad se diferencia de las afloraciones rocosas por poseer grupo geológico Excélsior que le brinda una estructura formada por series tipo flysch que presentan arenisca fina con los colores pardos o grises (Figura 8).



*Figura 7.* Cadena de montañas. *Fuente:* Elaboración propia



*Figura 8.* Colores pardos y grises en las laderas de montañas. *Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.4. Bofedal

Esta unidad representa el 1.36 % del área total del distrito, se encontró en la categoría de bosques y áreas mayormente naturales y en el grupo de herbazales de acuerdo a la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú, el mapa nacional de cobertura vegetal y la memoria descriptiva de vegetación de la ZEE-Junín. Presentó poca extensión y se observó presionado por las otras unidades de paisaje que están superponiéndose sobre su área de influencia (Figura 9). Cabe precisar que, en temporada de lluvias los bofedales presentan cuerpos de agua con volumen considerable (Figura 10).



*Figura 9.* Vegetación y cuerpos de agua del bofedal. *Fuente:* Elaboración propia



*Figura 10.* Cuerpo de agua del bofedal. *Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.5. Agricultura andina y plantaciones forestales

Ambas unidades representan el 6.14 % del área total del distrito, se agruparon por sus semejanzas en las firmas espectrales y por la resolución espacial de las imágenes satelitales que no permitieron una diferenciación detallada. Se tomó como referencia la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú; el mapa nacional de cobertura vegetal y la memoria descriptiva de vegetación de la ZEE-Junín. En la unidad de paisaje de agricultura se incluyó a los cultivos de riego y secano ubicados principalmente en las faldas de las cimas y laderas de montaña, además de pequeñas zonas de vegetación natural (Figura 11). Las plantaciones forestales identificadas en el área no evidenciaron un fin productivo y se encontraron diseminadas sin un patrón establecido, estas plantaciones están conformadas por especies exóticas y nativas como el “eucalipto” (*Eucalyptus* sp.), “pino” (*Pinus* sp.) y “quinual” (*Polylepis* sp.) (Figura 12).



*Figura 11.* Cultivos ubicados en las laderas de montaña. *Fuente:* Elaboración propia



*Figura 12.* Plantaciones de quinales. *Fuente:* Elaboración propia

### **3.1.6. Área altoandina con escasa o sin vegetación**

Esta unidad representa el 8.97 % del área total del distrito, se halló en la categoría de bosques y áreas mayormente naturales y en el grupo de tierras desnudas de acuerdo a la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú, el mapa nacional de cobertura vegetal y la memoria descriptiva de vegetación de la ZEE-Junín. Esta unidad se caracterizó por la ausencia parcial o total de vegetación, causada por diversos factores, entre ellos, las pendientes naturales y la erosión natural e inducidas que aceleran su ampliación (Figura 13); cabe precisar que, las zonas de cultivo en estado de barbecho se incluyeron en esta unidad por presentar firmas espectrales similares (Figura 14).



*Figura 13.* Zonas descubiertas ubicadas en fuertes pendientes. *Fuente:* Elaboración propia



*Figura 14. Zona en estado de barbecho. Fuente: Elaboración propia*

### **3.1.7. Tierras degradadas**

Esta unidad representa el 21.55 % del área total del distrito, se encontró en la categoría de bosques y áreas mayormente naturales y en el grupo de áreas con poca o sin vegetación, de acuerdo a la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú y la memoria descriptiva del uso actual de tierras de la ZEE-Junín. En el caso de Huaricolca se halló suelos sometidos a la quema de pastos naturales (Figura 15), también, se encontraron suelos en proceso de recuperación posteriores a las quemas, donde se observó características como la vegetación diferenciada de las otras unidades de paisaje (Figura 16).



*Figura 15. Zona sometida a quema. Fuente: Elaboración propia*



*Figura 16.* Suelos degradados después de la quema. *Fuente:* Elaboración propia

### **3.1.8. Red vial y terrenos asociados**

Esta unidad representa el 7.10 % del área total del distrito, se encontró en la categoría de áreas artificializadas y en el grupo de área industrial o infraestructura de acuerdo a la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú; la memoria descriptiva del uso actual de las tierras de la ZEE-Junín. Estas estructuras viales son utilizadas para el tránsito de vehículos del tramo Tarma-Jauja- Huancayo, cabe precisar que, la carretera denominada Lomo largo pertenece a la red nacional (Figura 17), asimismo, los suelos rocosos fueron incluidas en esta unidad debido a que presentan la misma firma espectral que los lados de las carreteras (Figura 18).



*Figura 17.* Carretera Lomo largo. *Fuente:* Elaboración propia



*Figura 18.* Suelos pedregosos. *Fuente:* Elaboración propia

### **3.1.9. Tejido urbano**

Esta unidad representa el 0.57 % del área total del distrito, se halló en la categoría de áreas artificializadas, en el grupo de área urbanizada de acuerdo a la propuesta de leyenda de coberturas de la tierra para el Perú y en la memoria descriptiva de uso actual de la tierra de la ZEE-Junín. Son zonas con presencia de viviendas que pertenecen a cascos urbanos de

Huaricolca (capital de distrito), Apaycanchilla, Shururuyoc, Congas Antacucho, Huaynacancha, Huaylara y Huancal (Figura 19).



*Figura 19.* Casco urbano de Apaycanchilla. *Fuente:* Elaboración propia

En la Tabla 5 se presenta las nueve unidades de paisaje identificadas en el Distrito de Huaricolca, indicado en los documentos analizados para la definición de cada una de ellas, así como, su categoría, grupo, descripción y clase.

Tabla 5

*Clave de identificación de las unidades de paisaje para Huaricolca*

Documento de estudio	Categoría	Grupo	Descripción	Clases
Propuesta de leyenda de cobertura de la tierra-Perú.	Bosque y áreas mayorment e naturales	Afloramientos rocosos	Colinas con formaciones duras de calcita.	1° Afloraciones rocosas
Mapa de cobertura vegetal del Perú.		Herbazales	Presencia de pastos erguidos y rastreros, adaptados al clima frío.	2° Pajonal andino
ZEE-Junín.				

Continuación:

Documento de estudio	Categoría	Grupo	Descripción	Clases
Propuesta de leyenda de cobertura de la tierra-Perú.	Boques y áreas	Cimas y laderas de montaña	Poseen laderas con mucha pendiente y escasa vegetación.	3° Laderas y cimas de montaña
Mapa de cobertura vegetal del Perú.	mayormente naturales	Bofedal	Asociaciones de pastos nativos y vegetación rastrera, presenta cuerpos de agua en meses de avenida.	4° Bofedal
ZEE-Junín	Áreas agrícolas	Agricultura andina	Se caracterizan por poseer cultivos de ciclo corto y producción rápida.	5° Agricultura andina y
		Plantaciones forestales	Presentan en su composición árboles y pastos verdes.	plantaciones forestales
	Boques y áreas	Tierras desnudas	Suelos sin cubierta vegetal, sus causas son la erosión y campos de cultivos estacionales.	6° Zona altoandina con escasa o sin vegetación
	mayormente naturales	Tierras degradadas	Suelos con poca vegetación, tienen cambios por actividad antrópica (incendios).	7° Tierras degradadas
		Área urbanizada	Zonas con presencia de casas y construcciones humanas.	8° Tejido urbano
	Áreas artificializadas	Área industrial e infraestructura	Carreteras de la red nacional y suelos rocosos	9° Red vial y terrenos asociados

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6, se muestran las cuatro clases de unidades correspondientes al origen natural (afloramiento rocoso, pajonal andino, laderas y cimas de montaña y bofedales) y las cinco clases de tipo antropizada (agricultura andina y plantaciones forestales, área altoandina con escasa o sin vegetación, tierras degradadas red vial y terrenos asociados y el tejido urbano) el distrito de Huaricolca. Asimismo, se precisa las áreas en cada uno de los años evaluados.

Tabla 6

*Clasificación de las unidades de paisaje con sus respectivas áreas en el distrito de Huaricolca*

Código	Unidades de paisaje naturales	Área (ha)			Código	Unidades de paisaje Antropizadas	Área (ha)		
		2009	2014	2019			2009	2014	2019
1	Afloramientos rocosos	1 378.10	1 480.19	1 406.68	5	Agricultura andina y plantaciones forestales	221.13	1 289.09	1 011.20
2	Pajonales andinos	2 613.38	1 948.10	1 273.03	6	Área altoandina con escasa o sin vegetación	1 237.84	2 038.75	1 475.98
3	Cimas y laderas de montaña	6 224.54	6 446.45	6 260.38	7	Tierras degradadas	3 667.66	1 407.08	3 546.79
4	Bofedal	363.65	359.73	224.21	8	Red vial y terrenos asociados	749.57	1 448.80	1 169.03
					9	Centros poblados	5.00	42.66	93.56

*Fuente:* Elaboración propia.

En todas las unidades del paisaje las áreas evidenciaron cambios entre los años 2009 (Figura 20), 2014 (Figura 21) y 2019 (Figura 22). En este sentido, los datos más relevantes correspondieron al pajonal andino que presentó una reducción considerable (2 613.38 ha en el año 2009, 1 948.10 ha en el año 2014 y 1 273.03 ha en el año 2019), asimismo, al bofedal que también disminuyó (363.65 ha en el año 2009, 359.73 ha en el año 2014 y 224.21 ha en el año 2019). Por otro lado, el tejido urbano presentó un crecimiento progresivo (5.00 ha en el año 2009, 42.66 ha en el año 2014, y 93.56 ha en el año 2019), mientras que, las demás unidades presentaron valores fluctuantes como la agricultura andina y plantaciones forestales, la red vial y terrenos asociados, afloramientos rocosos, área altoandina con escasa

o sin vegetación y las tierras degradadas que incrementaron su área en los años 2009 al 2014 y luego disminuyeron para el año 2019. Finalmente, las unidades que se mantienen constantes por su baja variación de áreas en los años 2009, 2014 y 2019 fueron las afloraciones rocosas que variaron incrementado en 28.58 ha y las laderas y cimas de montaña que incrementó su variación en 35.84 ha.

Acorde a la ecología del paisaje que define a tres elementos como los más importantes, matriz, corredores y fragmentos (parches); se determinó que en el año 2009 la unidad que cumplió la función de matriz, por su extensión y predominancia, fue laderas y cimas de montaña; la unidad que presentó mejores condiciones para corredor fue pajonal andino; mientras que, la unidad de tierras degradadas fue la segunda unidad con mayor número de parches, después de laderas y cimas de montaña. Para el año 2014 la matriz correspondió a la unidad laderas y cimas de montaña, la unidad más apta para corredores fue afloramientos rocosos y los parches más numerosos correspondieron al pajonal andino. Finalmente, para el año 2019 la matriz fue la unidad laderas y cimas de montaña, los corredores correspondieron al pajonal andino y la unidad con mayor cantidad de parches fue para afloramientos rocosos (ver Apéndice 18) (ver Apéndice 19) (ver Apéndice 20).

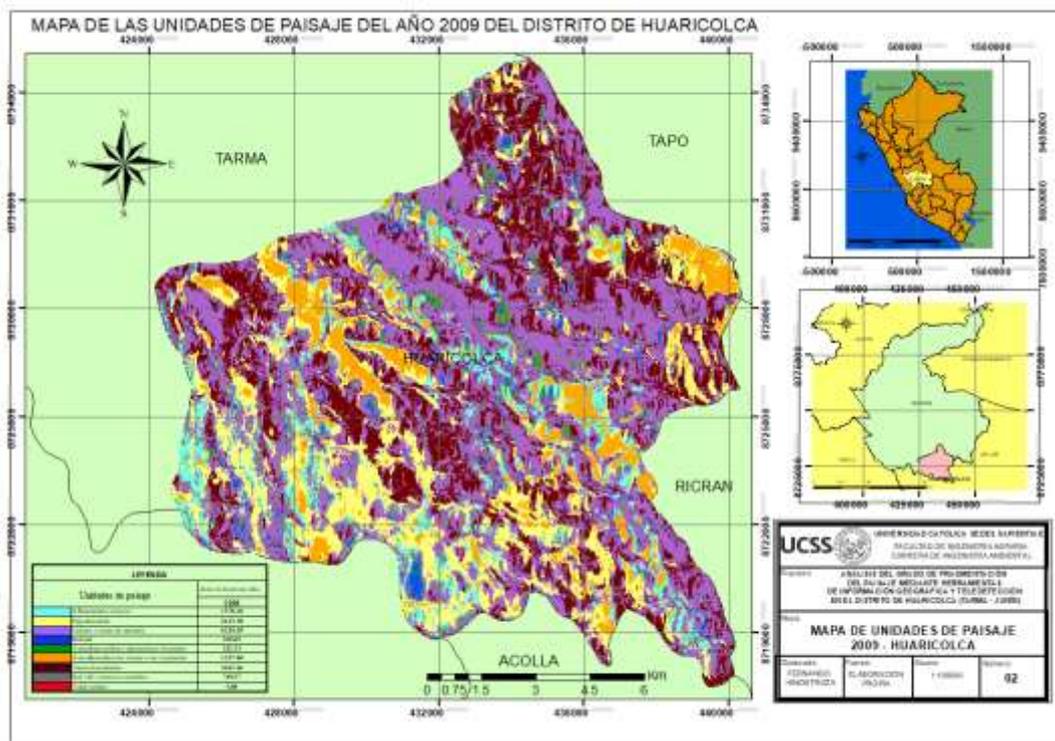


Figura 20. Mapa de las unidades de paisaje de Huaricolca 2009. Fuente: Elaboración propia.

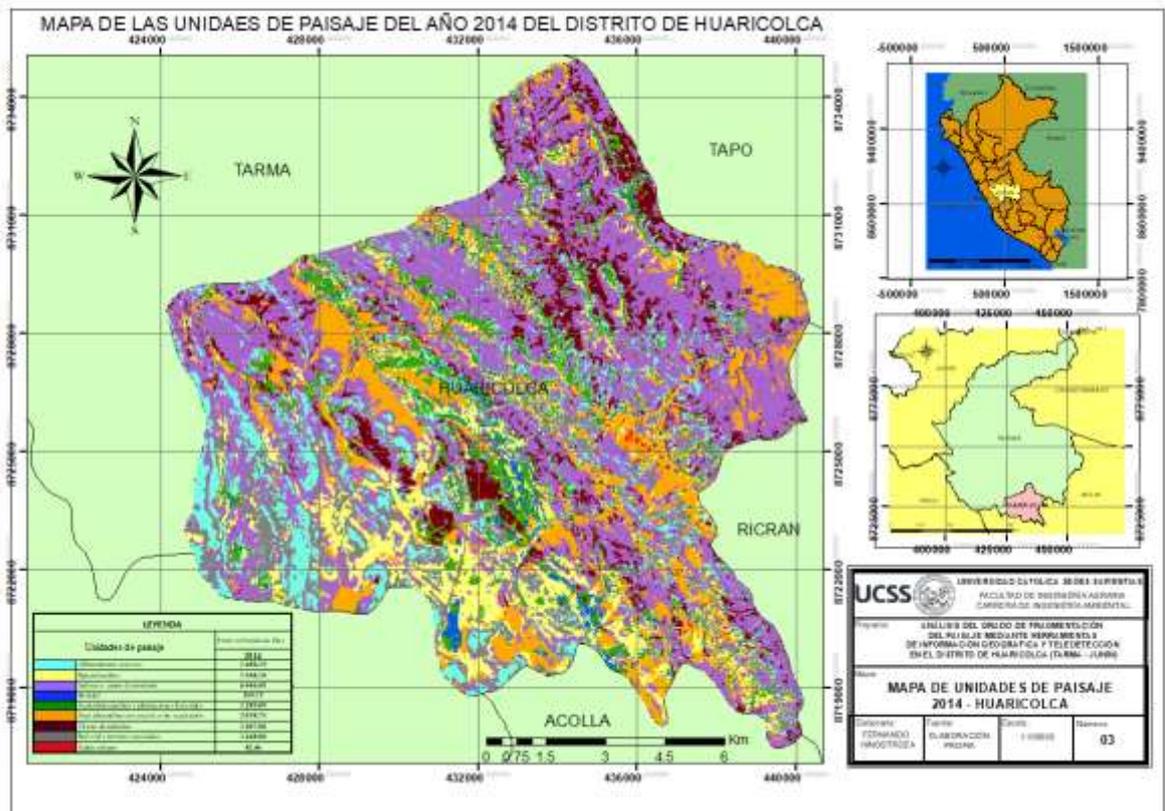


Figura 21. Mapa de las unidades de paisaje de Huaricolca 2014. Fuente: Elaboración propia.

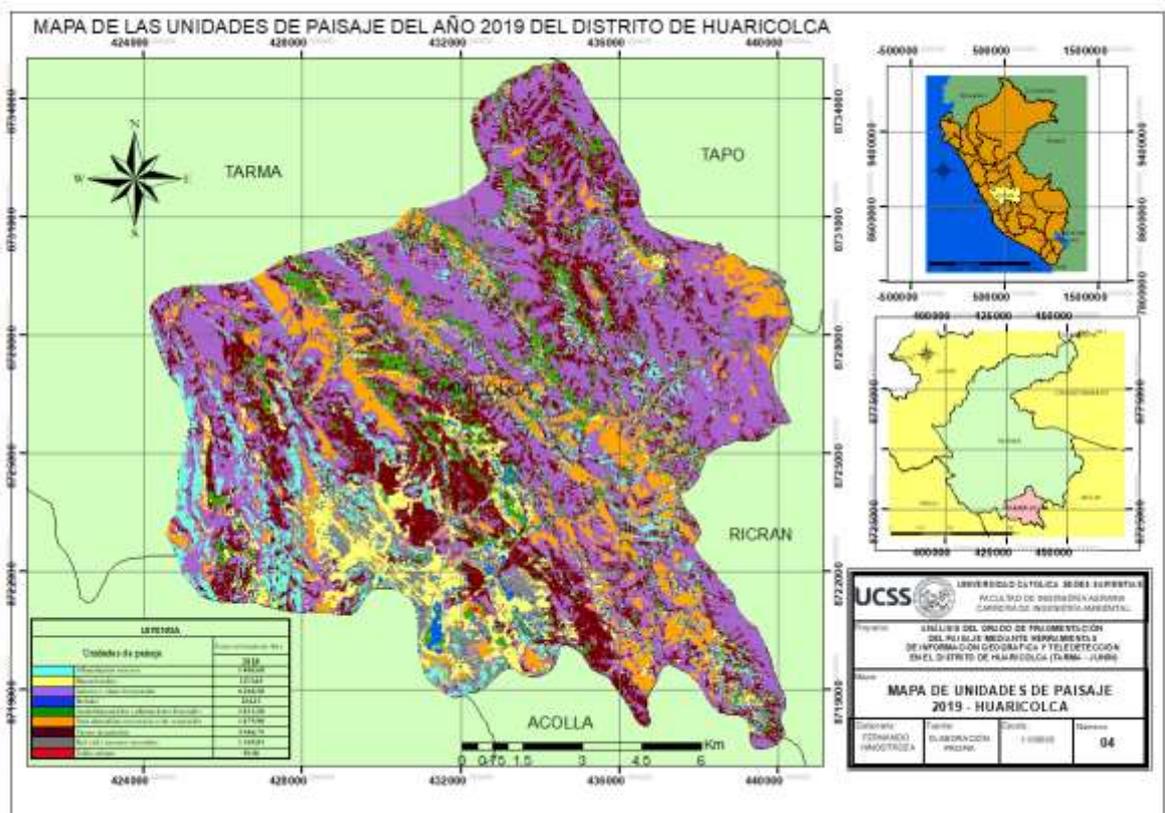


Figura 22. Mapa de las unidades de paisaje de Huaricolca 2019. Fuente: Elaboración propia.

### **3.2. Análisis de las variaciones de las coberturas de la tierra en las unidades de paisaje**

A continuación, se presentan los resultados del análisis de las variaciones de las coberturas de suelo aplicando las métricas de áreas y bordes, métricas de intrincación, métricas de diversidad y la métrica de fragmentación.

#### **3.2.1. Variación de métricas de áreas y bordes de las unidades de paisaje**

##### **Áreas de las unidades del paisaje**

Las variaciones resaltantes en las unidades de paisaje fueron las reducciones de pajonal andino entre los años 2009-2014 en 665.28 ha y entre los años 2014-2019 en 675.07 ha; dando una reducción total de 1 340 ha y la unidad de bofedal tuvo reducciones periódicas entre los años 2009-2014 en 3.92 ha y entre los años 2014-2019 en 135.52 ha reduciéndose en un total de 139.44 ha entre el intervalo de años analizados. La unidad de paisaje que incrementó sus áreas en los dos periodos fue el tejido urbano con 37.66 ha entre los años 2009-2014 y 50.9 ha entre los años 2014-2019 con un total de 88.56 ha. Las unidades que aumentaron y disminuyeron durante los tres años de estudio sus áreas fueron la agricultura andina y plantaciones forestales con una reducción total de 790.07 ha, los afloramientos rocosos aumentaron en total 28.58 ha, las laderas y cima de montaña aumentaron en total de 35.84 ha, el área altoandina con escasa o sin vegetación aumentó en total 238.14 ha y la red vial con terrenos asociados aumento en total 419.46 ha. Por último, la unidad que disminuyó y luego aumentó fue la tierra degradada con valores entre los años 2009-2014 en 2 260.58 ha y entre los años 2014-2019 en 2 139.71 ha con una disminución total de 120.87 ha (Tabla 7). De acuerdo con la cubierta de la tierra, la suma total de las unidades de paisaje que conforman el mosaico de Huaricolca fue de 16 460.84 ha.

Tabla 7

Áreas de las unidades de paisaje en los años 2009, 2014 y 2019 estimadas mediante la métrica Land cover (Cubierta de tierra)

Unidades de paisaje	Áreas en hectáreas (ha) por años			Variaciones en hectáreas (ha)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	1 378.10	1 480.19	1 406.68	+ 102.09	- 73.51
Pajonal andino	2 613.38	1 948.10	1 273.03	- 665.28	- 675.07
Laderas y cimas de montaña	6 224.54	6 446.45	6 260.38	+ 221.91	- 186.07
Bofedal	363.65	359.73	224.21	- 3.92	- 1 35.52
Agricultura andina y plantaciones forestales	221.13	1 289.09	1 011.20	+ 1 067.96	- 277.89
Área altoandina con escasa o sin vegetación	1 237.84	2 038.75	1 475.98	+ 800.91	- 562.77
Tierras degradadas	3 667.66	1 407.08	3 546.79	- 2 260.58	+ 2 139.71
Red vial y terrenos asociados	749.57	1 448.80	1 169.03	+ 699.23	- 279.77
Tejido urbano	5.00	42.66	93.56	+ 37.66	+ 50.9

Fuente: Elaboración propia.

### Proporciones de las unidades del paisaje

De acuerdo a la proporción del paisaje, en los tres años evaluados, la unidad de paisaje más grande fue el paisaje de laderas y cimas de montaña con 37.81 % en el año 2009, 39.16 % en el año 2014 y 38.03 % en el año 2019; seguido por las tierras degradadas con valores 22.28 % en el año 2009, 8.55 % en el año 2014 y 21.55 % en el año 2019; y por el pajonal con 15.88 % en el año 2009, 11.84 % en el año 2014 y 7.73 % en el año 2019. El resto de las unidades paisajísticas presentaron valores menores al 10% en el intervalo de años 2009, 2014 y 2019. La unidad que presentó mayor variación en porcentaje fue el pajonal andino con una reducción total de 8.15 %; mientras que, la unidad con menos variación fue el de afloramientos rocosos con un aumento de 0.18 % ha (Tabla 8).

Tabla 8

*Proporción de las unidades de paisaje en los años 2009, 2014 y 2019 estimadas mediante la métrica Landscape proportion (Proporción del paisaje)*

Unidades de paisaje	Valores en porcentajes (%) por años			Variaciones en porcentaje (%)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	8.37	8.99	8.55	+ 0.62	- 0.44
Pajonal andino	15.88	11.84	7.73	- 4.04	- 4.11
Laderas y cimas de montaña	37.81	39.16	38.03	+ 1.35	- 1.13
Bofedal	2.21	2.19	1.36	- 0.02	- 0.83
Agricultura andina y plantaciones forestales	1.34	7.83	6.14	+ 6.49	- 1.69
Área altoandina con escasa o sin vegetación	7.52	12.39	8.97	+ 4.87	- 3.42
Tierras degradadas	22.28	8.55	21.55	- 13.73	+ 13.00
Red vial y terrenos asociados	4.55	8.80	7.10	+ 4.25	- 1.7
Tejido urbano	0.03	0.26	0.57	+ 0.23	+ 0.31

*Fuente:* Elaboración propia.

Las métricas *Land cover* (Cubierta de tierra) y *Landscape proportion* (Proporción paisajística) revelaron que las unidades de paisaje naturales disminuyeron paulatinamente del 64.27 % en el año 2009 (10 579.658 ha), al 62.17 % en el año 2014 (10 234.463 ha) y finalmente 55.67 % en el año 2019 (9 164.30 ha). Por otro lado, las unidades artificiales adquirieron mayores dimensiones, que variaron desde 35.73 % en el año 2009 (5 881.19 ha), 37.83 % en el año 2014 (6 226.38 ha) y 44.33 % en el año 2019 (7 296.55 ha). Esto significa que los parches y fragmentación tuvieron un incremento notable (Tabla 9).

Tabla 9

*Comparación entre las dimensiones de unidades naturales y las antropizadas*

Grupos	Superficie del área por año evaluado					
	2009		2014		2019	
	ha	%	ha	%	ha	%
Unidades naturales	10579.66	64.27	10234.46	62.17	9164.30	55.67
Unidades antropizadas	5881.19	35.73	6226.38	37.83	7296.55	44.33
Área total	16460.84	100	16460.84	100	16460.84	100

*Fuente:* Elaboración propia.

**Bordes de las unidades de paisaje**

Según el análisis de la longitud de borde, para los años 2009, 2014 y 2019 las unidades que aumentaron sus valores de perímetro fueron los afloramientos rocosos con valores de 12 510 m entre los años 2009-2014 y 38 4180 m entre los años 2014-2019 con un valor de incremento total de 396 690 m, este mismo comportamiento se observó en la red vial y terrenos asociados con valor de incremento total de 386 340 m; además del tejido urbano con un valor de incremento total de 143 040 m. También hay unidades que oscilaron sus valores aumentando y disminuyendo en los tres años analizados, caso de la unidad de agricultura andina y plantaciones forestales con un incremento total de 595 530 m, también está el área altoandina con escasa o sin vegetación con un incremento total de 181 740 m, la unidad de los bofedales tuvo una reducción en un total de 133 680 m y la unidad de pajonal andino con un valor total que disminuyó en 181 740 m. Por el contrario, hay unidades que disminuyeron y luego aumentaron en los tres años analizados, como las laderas y cimas de montaña con un valor total de pérdida total de 116 040 m y las tierras degradadas que aumentaron en un valor total de 687 120 m. (Tabla 10).

Tabla 10

*Bordes de las unidades de paisaje de los años 2009, 2014 y 2019 mediante la métrica Edge length (Longitud de borde)*

Unidades de paisaje	Metros lineales (m) por años			Variaciones en metros lineales (m)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	982 770	995 280	1 379 460	+ 12 510	+ 384 180
Pajonal andino	1 089 810	1 321 770	908 070	+ 23 1960	- 413 700
Laderas y cimas de montaña	3 304 050	2 342 550	3 188 010	- 961 500	+ 845 460
Bofedal	350 550	406 590	216 870	+ 56 040	- 189 720
Agricultura andina y plantaciones forestales	197 760	992 970	793 290	+ 795 210	- 199 680
Área altoandina con escasa o sin vegetación	400 950	912 150	582 690	+ 511 200	- 329 460
Tierras degradadas	2 033 460	929 310	2 720 580	- 110 4150	+ 1 791 270
Red vial y terrenos asociados	763 740	971 910	1 150 080	+ 208 170	+ 178 170
Tejido urbano	9 720	52 950	152 760	+ 43 230	+ 99 810

*Fuente:* Elaboración propia.

La métrica Edge length (Longitud de borde) permitió deducir una oscilación de disminución y aumento en todas las unidades de paisaje, con un total de incremento de 1 959 000 m; otro rasgo, es la reducción en las unidades naturales en los años de estudio, es así que, en el año 2009 representó el 62.71 % (5 727 180 m), posteriormente en el año 2014 fue el 56.76 % (5 066 190 m) y finalmente para el año 2019 fue 51.32 % (5 692 410 m). En contraste, las unidades antropizadas aumentaron del 37.29 % (3 405 630 m) en el año 2009, 43.24 % (3 859 290 m) para el año 2014 y 48.68 % (5 399 400 m) para el año 2019. (Tabla 11).

Tabla 11

*Comparación entre las dimensiones de unidades naturales y las antropogénicas*

Grupos	Bordes de las unidades de paisaje por años evaluado					
	2009		2014		2019	
	m	%	m	%	M	%
Unidades naturales	5 727 180	62.71	5 066 190	56.76	5 692 410	51.32
Unidades antropogénicas	3 405 630	37.29	3 859 290	43.24	5 399 400	48.68
Perímetro total	9 132 810	100	8 925 480	100	11 091 810	100

*Fuente:* Elaboración propia

**Número de parches de las unidades de paisaje**

La unidad paisajística con mayor número de parches correspondió a las laderas y cimas de montaña, por su extensión y predominancia, sus valores fueron oscilantes con valores de 4 508 u en el año 2009, 2 533 u en el año 2014 y 5 921 u en el año 2019, le siguieron las afloraciones rocosas con número de parches similares, pero más pequeños, las tierras degradadas, red vial y terrenos asociados y pajonal andino; la unidad que menos parches presentó fue la zona urbana con valores de 102 u en el año 2009, 306 u en el año 2014 y 1 281 u en el año 2019. Por otro lado, las unidades con más variaciones en el número de parches fue la unidad de afloraciones rocosas con un incremento total de 3 407 u, le siguieron las zonas degradadas con incremento total de 2 541 u, luego estuvieron la agricultura andina y las plantaciones forestales que crecieron en total 1 618 u, la red vial y terrenos asociados con un incremento general de 1 425 u, también las laderas y cimas de montaña aumentaron en total 1 413 u, el pajonal andino se incrementó en total 1 324 u, el tejido urbano se acrecentó en total 1 179 u y el área altoandina con escasa o sin vegetación creció en general 411 u. La única unidad que decreció en su valor total de parches fue el bofedal con un total de 609 u (Tabla 12).

Tabla 10

*Variación de los números de parches de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Number of patches (Número de parches)*

Unidades de paisaje	Unidades (u) por años			Variaciones en unidades (u)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	2 899	2 939	6 306	+ 40	+ 3 367
Pajonal andino	1 410	3 226	2 734	+ 1 816	- 492
Laderas y cimas de montaña	4 508	2 533	5 921	- 1 975	+ 3 388
Bofedal	1 510	2 047	901	+ 537	- 1 146
Agricultura andina y plantaciones forestales	945	2 799	2 563	+ 1 854	- 236
Área altoandina con escasa o sin vegetación	725	2 041	1 136	+ 1 316	- 905
Tierras degradadas	3 400	2 621	5 941	- 779	+ 3 320
Red vial y terrenos asociados	3 200	2 645	4 625	- 555	+ 1 980
Tejido urbano	102	306	1 281	+ 204	+ 975

*Fuente:* Elaboración propia.

Como el área del mosaico es la misma para los tres años de estudio, el aumento de parches hizo que las áreas de las unidades de paisaje en Huaricolca se fragmenten afectando directamente sus extensiones. Se observó en los años de estudio, un incremento de parches, al ser el año 2009 la referencia, tuvo un valor de 18 699 u, mientras que para el año 2014 fue 21 157 u y para el año 2019 fue 31 408 u, el incremento total de parches en los años de estudio fue de 12 709 u. Allí se advirtió que en los grupos naturales y antropogénicas sucedió algo parecido, la cantidad de parches que generaron fragmentación aumentaron notablemente; porcentualmente los años 2014 y 2019 fueron iguales, pero presentaron diferentes valores numéricos (Tabla 13).

Tabla 11

*Variación del número de parches en las unidades naturales y las antropogénicas*

Grupos (%)	Número de parches en las unidades del paisaje por año evaluado					
	2009		2014		2019	
	u	%	u	%	U	%
Unidades naturales	10 327	55.23	10 745	50.79	15 862	50.79
Unidades antropogénicas	8 372	44.77	10 412	49.21	15 546	49.21
Total	18 699	100	21 157	100	31 408	100

*Fuente:* Elaboración propia.

**Área de parche más grande**

De acuerdo al análisis de esta métrica, la unidad de laderas y cimas de montaña presentó el parche más grande, con áreas que aumentaron consecutivamente de 2 084.83 ha en el año 2009, 2 235 ha en el año 2014 y 2 262.15 ha en el año 2019 y la unidad con el parche grande con menores dimensiones corresponde al tejido urbano con valores que aumentan y disminuyen con 0.23 ha en el año 2009, 3.2 ha en el año 2014 y 2.61 en el año 2019. Las unidades que mostraron mayores variaciones en los años estudiados fueron las tierras degradadas, con una reducción total de 490.92 ha, le siguieron las laderas y cimas de montaña que aumentaron en total 177.32 ha, la red vial y terrenos asociados con un incremento total de 59.47 ha, agricultura andina y plantaciones forestales aumentaron en general 20.59 ha, el área altoandina con escasa o sin vegetación disminuyó en general 11.79 ha, continuó el pajonal con un decrecimiento total de 10.26 ha, luego los afloramientos rocosos con un incremento total de 10.24 ha, continuó el tejido urbano que aumento total de 2.38 ha y finalmente los bofedales decayeron en general 0.47 ha (Tabla 14).

Tabla 12

*Dimensionamiento de los parches más grandes en cada unidad de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Greatest patch (Área de parche más grande)*

Unidades de paisaje	Áreas en hectáreas (ha) por años			Variaciones en hectáreas (ha)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	56.79	98.12	67.03	+ 41.33	- 31.09
Pajonal andino	366.98	168.03	356.72	- 198.95	+ 188.69
Laderas y cimas de montaña	2 084.83	2 235.17	2 262.15	+ 150.34	+ 26.98
Bofedal	31.48	26.39	31.01	- 5.09	+ 4.62
Agricultura andina y plantaciones forestales	13.14	39.24	33.73	+ 26.1	- 5.51
Área altoandina con escasa o sin vegetación	135.74	203.22	123.95	+ 67.48	- 79.27
Tierras degradadas	781.22	75.42	290.30	- 705.8	+ 214.88
Red vial y terrenos asociados	15.41	149.96	74.88	+ 134.55	- 75.08
Tejido urbano	0.23	3.20	2.61	+ 2.97	- 0.59

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Área de parche más pequeño**

La métrica del área de parche más pequeño nos indicó la dimensión en hectáreas del parche más pequeño que tiene cada unidad de paisaje. Los resultados evidenciaron que todas las clases tuvieron como tesela más pequeña, la mínima unidad espacial en hectáreas que representó 0.02 ha (Tabla 15).

Tabla 13

*Dimensionamiento de los parches más pequeños para cada unidad de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Smallest patch área de las escenas (Área del parche más pequeño)*

Unidades de paisaje	Áreas en hectáreas (ha) por años			Variaciones en hectáreas (ha)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	0.02	0.02	0.02	0	0
Pajonal andino	0.02	0.02	0.02	0	0
Laderas y cimas de montaña	0.02	0.02	0.02	0	0
Bofedal	0.02	0.02	0.02	0	0
Agricultura andina y plantaciones forestales	0.02	0.02	0.02	0	0
Área altoandina con escasa o sin vegetación	0.02	0.02	0.02	0	0
Tierras degradadas	0.02	0.02	0.02	0	0
Red vial y terrenos asociados	0.02	0.02	0.02	0	0
Tejido urbano	0.02	0.02	0.02	0	0

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Área media del parche**

Las variaciones que tuvieron más relevancia en los años 2009, 2014 y 2019 fueron los incrementos de los parches en cada unidad de paisaje. El incremento más significativo fue para la unidad de paisaje de agricultura andina y plantaciones forestales con un total de 0.17 ha, esta misma tendencia presentó la unidad de red vial y terrenos asociados junto al tejido urbano que aumentó en total 0.02 ha, la unidad que menos disminuyó fue bofedales con un total de 0.01 ha. Las pérdidas más resaltantes fueron para el pajonal andino con una reducción total 1.38 ha, las unidades de paisaje que siguieron esta tendencia fueron las tierras degradadas con una disminución total de 0.48 ha, área altoandina con escasa o sin vegetación disminuyó en total 0.41 ha, las laderas y cimas de montaña se redujeron en total 0.32 ha y por último los afloramientos rocosos que disminuyeron en general 0.26 ha (Tabla 16).

Tabla 14

*Media de los parches que cada unidad de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Mean patch área (Área media del parche)*

Unidades de paisaje	Áreas en hectáreas (ha) por años			Variaciones en hectáreas (ha)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	0.48	0.50	0.22	+ 0.02	- 0.28
Pajonal andino	1.85	0.60	0.47	- 1.25	- 0.13
Laderas y cimas de montaña	1.38	2.55	1.06	+ 1.17	- 1.49
Bofedal	0.24	0.18	0.25	- 0.06	+ 0.07
Agricultura andina y plantaciones forestales	0.23	0.46	0.40	+ 0.23	- 0.06
Área altoandina con escasa o sin vegetación	1.71	1.00	1.30	- 0.71	+ 0.3
Tierras degradadas	1.08	0.54	0.60	- 0.54	+ 0.06
Red vial y terrenos asociados	0.23	0.55	0.25	+ 0.32	- 0.3
Tejido urbano	0.05	0.14	0.07	+ 0.09	- 0.07

*Fuente:* Elaboración propia.

Los promedios del área media del parche a nivel de paisaje tuvieron como puntos críticos los valores de 0.0225 ha y 16 460.84 ha, por tanto, los datos para toda el área permitieron conocer la media con un valor en hectáreas que van disminuyendo de 0.88 ha para el año 2009; 0.78 ha para el año 2014 y 0.52 ha en el año 2019; disminuyendo en un total de 0.36 ha en los tres años de estudiados (Tabla 17).

Tabla 15

*Variaciones de la métrica Mean patch área (Área media del parche)*

Área de estudio	Variaciones en hectáreas (ha)		
	2009	2014	2019
Huaricolca	0.88	0.78	0.52

*Fuente:* Elaboración propia.

## Mediana del área del parche

Los cambios más resaltantes de los años 2009, 2014 y 2019 en la métrica de la mediana del área del parche fueron los aumentos en la unidad de paisaje afloramientos rocosos con un total de 0.06 ha, también aumentaron, tanto la red vial y terrenos asociados y la agricultura andina y plantaciones forestales en un total de 0.02 ha. La unidad de paisaje que tuvo una disminución más alta que las otras es el pajonal andino con un total de 0.09 ha, seguido de las unidades de área altoandina con escasa o sin vegetación y los bofedales que se redujeron en total en 0.02 ha. Las demás unidades de paisaje como las laderas y cimas de montaña, tierras degradadas y el tejido urbano no tuvieron una variación total (Tabla 18).

Tabla 16

*Mediana de los parches para de cada unidad de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Median patch área (Mediana del área del parche)*

Unidades de paisaje	Áreas en hectáreas (ha) por años			Variaciones en hectáreas (ha)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	0.07	0.09	0.05	+ 0.02	+ 0.04
Pajonal andino	0.16	0.07	0.07	- 0.09	0
Laderas y cimas de montaña	0.05	0.09	0.05	+ 0.04	- 0.04
Bofedal	0.09	0.05	0.07	- 0.04	+ 0.02
Agricultura andina y plantaciones forestales	0.05	0.09	0.07	+ 0.04	- 0.02
Área altoandina con escasa o sin vegetación	0.16	0.09	0.14	- 0.07	+ 0.05
Tierras degradadas	0.07	0.09	0.07	+ 0.02	- 0.02
Red vial y terrenos asociados	0.05	0.09	0.07	+ 0.04	- 0.02
Tejido urbano	0.05	0.07	0.05	+ 0.02	- 0.02

*Fuente:* Elaboración propia.

La métrica mediana del área del parche, complementó la métrica del área media; en este sentido, la mediana determinó las áreas de las teselas más comunes en Huaricolca que van de 0.07 ha en el año 2009; 0.09 ha en el año 2014 y 0.07 ha en el año 2019, resultando oscilante, además, se confirmó que el año 2014 presenta condiciones particulares y que no hubo variaciones totales a nivel de paisaje (Tabla 19).

Tabla 17

*Variaciones de la métrica Median patch área (Mediana del área del parche)*

Área de estudio	Variaciones en hectáreas (ha)		
	2009	2014	2019
Huaricolca	0.07	0.09	0.07

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Índice de parche más grande**

La métrica del parche más grande mostró resultados porcentuales, los cuales evidenciaron que el parche de la unidad laderas y cimas de montaña fue la más grande de todo el mosaico de Huaricolca, durante los tres años de evaluación, al representar porcentajes de 12.67 % en el año 2009, 13.58 % en el año 2014 y 13.74 % en el año 2019, la unidad que posee el porcentaje más pequeño de esta métrica fue el tejido urbano con valores menores a 0 % en el año 2009, 0.02 % en el año 2014 y 0.02 % en el año 2019. Las unidades con más variaciones totales fueron las reducciones de las tierras degradadas con un total de 2.99 %, el área altoandina con escasa o sin vegetación con un total de 0.08 % y el pajonal andino con un total de 0.06 %. El incremento más grande en porcentajes totales fue la de laderas y cimas de montaña con un total 1.07 %, seguido de la red vial y terrenos asociados con un total de 0.37 %, luego estuvo la agricultura andina y plantaciones forestales con un total de 0.13 % y por último los afloramientos rocosos con un total de 0.06 %. La unidad de paisaje sin ningún cambio total fue los bofedales. Cabe precisar que, ningún parche sobrepasó el 15 % de área sobre su unidad de paisaje, e incluso en la mayoría de los casos, se registraron por debajo del 1 %, lo que expuso teselas muy pequeñas y fragmentación alta (Tabla 20).

Tabla 18

*Análisis porcentual de los parches más grandes en las unidades en los años 2009, 2014 y 2019 a través de la métrica Largest patch index (Índice del parche más grande)*

Unidades de paisaje	Valores en (%) por años			Variaciones en porcentajes (%)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	0.35	0.60	0.41	+ 0.25	- 0.19
Pajonal andino	2.23	1.02	2.17	- 1.21	+ 1.15
Laderas y cimas de montaña	12.67	13.58	13.74	+ 0.91	+ 0.16
Bofedal	0.19	0.16	0.19	- 0.03	+ 0.03
Agricultura andina y plantaciones forestales	0.08	0.24	0.21	+ 0.16	- 0.03
Área altoandina con escasa o sin vegetación	0.83	1.24	0.75	+ 0.41	- 0.49
Tierras degradadas	4.75	0.46	1.76	- 4.29	+ 1.3
Red vial y terrenos asociados	0.09	0.91	0.46	+ 0.82	- 0.45
Tejido urbano	0.00	0.02	0.02	+ 0.02	0

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.2.2. Variación de las métricas de intrincación en las unidades de paisaje

#### Porcentaje de adyacencias similares

La métrica de porcentaje de adyacencias similares tiene un rango de 0 a 100 siendo el valor mínimo para una disgregación al máximo y el más alto valor cuanto todo el paisaje es un solo parche; las evidencias obtenidas fueron que la unidad de paisaje de tejido urbano obtuvo los valores más bajos que las demás presentando valores de 27.03 % en el año 2009, 53.46 % en el año 2014 y 38.77 % en el año 2019; las unidades con los valores más altos fueron para el área altoandina con escasa o sin vegetación con valores 87.85 % en el año 2009, 83.22 % en el año 2014 y 85.20 % en el año 2019 y las laderas y cimas de montaña con valores de 80.10 % en el año 2009, 86.37 % en el año 2014 y 80.90 % en el año 2019. Las

unidades de paisaje con mayores variaciones totales en el rango de años estudiados fueron el tejido urbano con un incremento total de 11.74 %, seguido del pajonal andino que disminuyó en total 11.11 % y los afloramientos rocosos con una disminución total de 10.03 %. Las demás unidades de paisaje presentaron variaciones totales menores al 5 % como la agricultura andina y plantaciones forestales con un aumento total de 4.12 %, el área altoandina con escasa o sin vegetación disminuyó en total 2.65 %, la red vial y terrenos asociados elevaron su porcentaje en total 1.32 %, las laderas y cimas de montaña aumentaron en total 0.8 %, el bofedal disminuyó en general 0.12 % y las tierras degradadas disminuyeron en total 0.01 % (Tabla 21).

Tabla 19

*Análisis del porcentaje de adyacencias similares de los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Percentage of like adjacencies (Porcentaje de adyacencias similares)*

Unidades de paisaje	Valores en (%) por años			Variaciones en porcentajes (%)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	73.26	74.79	63.23	+ 1.53	- 11.56
Pajonal andino	84.36	74.56	73.25	- 9.8	- 1.31
Laderas y cimas de montaña	80.10	86.37	80.90	+ 6.27	- 5.47
Bofedal	63.85	57.62	63.73	- 6.23	+ 6.11
Agricultura andina y plantaciones forestales	66.46	71.11	70.58	+ 4.65	- 0.53
Área altoandina con escasa o sin vegetación	87.85	83.22	85.20	- 4.63	+ 1.98
Tierras degradadas	79.21	75.23	71.24	+ 3.98	- 3.99
Red vial y terrenos asociados	61.79	74.84	63.11	+ 13.05	- 11.73
Tejido urbano	27.03	53.46	38.77	+ 26.43	- 14.69

*Fuente:* Elaboración propia.

El porcentaje de adyacencias similares evidenció a nivel de paisaje Huaricolca tuvo un pequeño incremento y luego una disminución, lo que significa mayor disgregación de los parches, al hacer más difícil la asociación en las mismas clases. En referencia al año 2009 tuvo un valor de 79.19 %, aumentó levemente para el año 2014 en 79.67 % y disminuyó de 74.73 % para el año 2019, en total disminuyó 4.46 % en los tres años estudiados (Tabla 22).

Tabla 20

*Variaciones de la métrica Porcentaje of like adjacencies (Porcentaje de adyacencias similares)*

Área de estudio	Porcentaje de adyacencias (%) por año evaluado		
	2009	2014	2019
Huaricolca	79.19	79.67	74.73

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Tamaño de malla efectiva**

El tamaño de malla efectivo tiene como rango el mínimo tamaño de pixel y el área total del mosaico de Huaricolca, la unidad de paisaje con los valores más altos fue las laderas y cimas de montaña con 297.94 ha en el año 2009, 371.00 ha en el año 2014 y 376.32 ha en el 2019; la unidad de paisaje con menos cantidades fue el tejido urbano con 0.00002 ha en el año 2014, 0.0015 ha en el año 2014 y 0.0015 ha en el año 2019. Las variaciones totales más resaltantes en los tres años de estudio le correspondieron a la unidad de paisaje laderas y cimas de montaña con un incremento total de 78.38 ha, siguió las tierras degradadas con una disminución total de 29.07 ha, continuo el pajonal andino que se redujo en total 5.35 ha. Las demás unidades de paisaje presentaron diferenciaciones totales menores a 1 ha, como la red vial y terrenos asociados con un aumento total de 0.68 ha, la agricultura andina y plantaciones forestales aumentado en total 0.35 ha, el área altoandina con escasa o sin vegetación se redujo en general 0.75 ha, los afloramientos rocosos descendieron en total 0.06 ha, el bofedal se incrementó en general 0.01 ha y por último el tejido urbano aumentó en total 0.00148 ha (Tabla 23).

Tabla 21

*Análisis del tamaño de malla efectiva de los años 2009, 2014 y 2019 a través de la métrica Effective mesh size (Tamaño de malla efectivo)*

Unidades de paisaje	Área en hectáreas (ha) por años			Variaciones en hectáreas (ha)	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	0.89	1.56	0.83	+ 0.67	- 0.73
Pajonal andino	14.11	5.67	8.76	- 8.44	+ 3.09
Laderas y cimas de montaña	297.94	371.00	376.32	+ 73.06	+ 5.32
Bofedal	0.08	0.09	0.09	+ 0.01	0
Agricultura andina y plantaciones forestales	0.04	0.64	0.39	+ 0.6	- 0.25
Área altoandina con escasa o sin vegetación	3.36	7.25	2.61	+ 3.89	- 4.64
Tierras degradadas	42.97	1.65	13.90	- 41.32	+ 12.25
Red vial y terrenos asociados	0.12	2.36	0.80	+ 2.24	- 1.56
Tejido urbano	0.00002	0.0017	0.0015	+ 0.00168	- 0.0002

*Fuente:* Elaboración propia.

La métrica *effective mesh size* (Tamaño efectivo de malla) mostró un incremento en el tamaño focal de los parches, con valores de 359.51 ha para el año 2009; 390.21 ha para el año 2014 y 403.70 ha para el año 2019. Lo cual influyó directamente en la subdivisión de parches, la variación total fue un aumento de 44.19 ha (Tabla 24).

Tabla 22

*Comparaciones de la métrica Effective mesh size (Tamaño efectivo de malla)*

Área de estudio	Unidades en hectáreas (ha)		
	2009	2014	2019
Huaricolca	359.51	390.21	403.70

*Fuente:* Elaboración propia.

## Índice de división

Los resultados del índice de división, complementaron la métrica del tamaño de malla efectivo, exponiendo valores altos (parche focal cada vez más pequeño), para la unidad de paisaje tejido urbano y valores bajos (parche focal cada vez más grande) para la unidad de paisaje de laderas y cimas de montaña demostrando lo cambiante que puede ser un paisaje (Tabla 25).

Tabla 23

*Análisis del índice de división en los años 2009, 2014 y 2019 con la métrica Splitting index (Índice de división)*

Unidades de paisaje	Años evaluados (no presenta unidades)			Sin unidades	
	2009	2014	2019	2009 – 2014	2014 – 2019
Afloramientos rocosos	18 535.69	10 555.47	19 924.63	- 7980.22	+ 9369.16
Pajonal andino	1 166.68	2 903.66	1 878.43	+ 1736.98	- 1025.23
Laderas y cimas de montaña	55.25	44.37	43.74	- 10.88	- 0.63
Bofedal	197 562.17	184 268.19	194 693.26	- 13293.98	+ 10425.07
Agricultura andina y plantaciones forestales	418 481.25	25 862.15	41 738.82	- 392619.1	+ 15876.67
Área altoandina con escasa o sin vegetación	4 893.49	2 271.22	6 317.14	-2622.27	+ 4045.92
Tierras degradadas	383.05	10 008.73	1 184.47	+ 9625.68	- 8824.26
Red vial y terrenos asociados	141 076.17	6 967.32	20 497.20	- 134108.85	+ 13529.88
Tejido urbano	755972200.07	9799127.02	10964198.58	- 746173073.1	+ 1165071.56

*Fuente:* Elaboración propia.

La métrica de índice de división señaló para los años de estudio 2009, 2014 y 2019 el decrecimiento de los valores, con valores de 45.79 para el año 2009, 42.19 para el año 2014 y 40.78 para el año 2019 con un valor total de disminución de 5.01 en los tres años analizados (Tabla 26).

Tabla 24

*Comparaciones de la métrica splitting index (Índice de división)*

Área de estudio	No presenta unidades		
	2009	2014	2019
Huaricolca	45.79	42.19	40.78

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.2.3. Variación en diversidad de las unidades de paisaje

#### Índice de diversidad de Shannon

La métrica del índice de diversidad de Shannon mostró una oscilación en sus valores, iniciando con 1.68 en el año 2009, luego aumentó en el 2014 con 1.82, para finalmente disminuir en el 2019 a 1.77 con una variación leve de aumento de 0.09 en los años de estudio; cabe indicar que el año 2014 presentó un comportamiento particular (Tabla 27).

Tabla 25

*Comparación de índice de diversidad de Shannon entre los años 2009, 2014 y 2019*

Unidades de paisaje (u)	No presenta unidades		
	2009	2014	2019
Índice de diversidad de Shannon	1.68	1.82	1.77

*Fuente:* Elaboración propia.

#### Índice de diversidad de Simpson

Para el mosaico de Huaricolca el valor del índice estuvo oscilando ligeramente con valores de 0.77 en el año 2009, a un aumento de 0.79 en el año 2014 y disminución ligera de 0.78 en el año 2019; con una variación general que incremento en 0.01 en los años de estudio (Tabla 28).

Tabla 26

*Comparación del índice de diversidad de Simpson para los años 2009, 2014 y 2019*

Unidades de paisaje (u)	No presenta unidades		
	2009	2014	2019
Índice de diversidad de Simpson	0.77	0.79	0.78

*Fuente:* Elaboración propia.

Los índices de diversidad son muy particulares, pues no reflejan datos espaciales, sino las composiciones de los mosaicos a través del porcentaje de terreno ocupado por cada unidad del paisaje; incluso permiten dilucidar la riqueza y cantidad de los tipos de parches, todo a nivel de mosaico.

### 3.2.4. Variación en el índice de Fragmentación

Para el mosaico que se estudió, el cual tiene referencia el año 2009 se pudo observar que los valores del índice de fragmentación disminuyeron en 0.00004, es decir, la fragmentación aumentó 20 % entre los años 2009 y 2014; esta misma tendencia se observó entre los años 2014 y 2019 con una disminución de 0.00008, es decir, un aumento en la fragmentación de un 50 %. Cabe precisar que, en este índice la interpretación es a la inversa, constatando el aumento de la fragmentación (Tabla 29).

Tabla 27

*Comparación del índice de fragmentación, escenas 2009, 2014 y 2019*

Unidades de paisaje (u)	Años evaluados (sin unidad)		
	2009	2014	2019
Índice de fragmentación	0.00020	0.00016	0.00008

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.3. Causas de la fragmentación

De acuerdo con las salidas de campo y la corroboración por medio de la teledetección, procesamiento de imágenes y las métricas analizadas, se determinó que, los principales problemas que generan fragmentación en el distrito de Huaricolca fueron:

### 3.3.1. Causas generales de la fragmentación

- La ampliación de la frontera agrícola, obligó a las unidades de paisaje aledañas a cambiar las características de su propia unidad, cuando se ven sobrepasadas por nuevos cultivos, generando un cambio de uso de suelo. En el área de estudio se evidenció el incremento de las áreas de cultivos de zanahoria, arveja, habas, cebada, maíz, entre otros. Estas áreas, se localizaron en las zonas cerca del tejido urbano de Huaricolca, Apaycanchilla y Congas Antacucho. Cabe indicar que, los sembríos de papa y maca fueron aquellos que más influyeron en esta causa, principalmente en las zonas altas de Suacancha y Garbanzo Cancha (Figura 23).



*Figura 23.* Incremento de la frontera agrícola. *Fuente:* Elaboración propia.

- Las actividades de ganadería se evidenciaron en las zonas de Ancara, Ucrocancha y Cuartelmachay, principalmente de ganado ovino y caprino; la práctica más común realizada por los pastores corresponde al traslado del ganado en busca de pastizales naturales, donde permanecen hasta agotar los recursos vegetales, al menguar los pastos en una zona rotan a otra donde realizan las mismas acciones. Cabe señalar que, la comunidad del distrito es la que más cabezas de ganado tuvo en comparación con otras cooperativas del distrito (Figura 24).



*Figura 24.* Pastoreo en la zona de estudio. *Fuente:* Elaboración propia.

- La práctica de quema de pastizales es una actividad llevada a cabo por costumbres de cosmovisión andina, que muchas veces arrasó con grandes extensiones de pastizales y otras unidades de paisaje. Las zonas afectadas con este problema fueron aquellas donde se pretendía realizar algún cultivo transitorio; se identificaron zonas quemadas en el sector de Apaycanchilla (Puti) y de Huancal Huaricolca (Ancara), (Figura 25).



*Figura 25.* Suelo sometido a quema y preparado para cultivos. *Fuente:* Elaboración propia.

- La erosión natural y la erosión inducida, están relacionadas a procesos naturales geológicos y al mal manejo del recurso suelo, lo cual ha generado una tendencia hacia la pérdida de las propiedades productivas del suelo. A estos fenómenos se suman los terrenos que fueron abandonados desprovistos de vegetación, los cuales fueron empleados por un tiempo corto en la actividad agrícola (campana agrícola). Esto se visualizó en la zona aledaña a Huaricolca y Apaycanchilla y zona de Congas Antacucho (Huamanpinta y Cementuyoc), cabe precisar que, en la actualidad no presentan ningún tipo de control (Figura 26).



*Figura 26.* Área altoandina con escasa o sin vegetación de cultivos estacionales. *Fuente:* Elaboración propia.

- La apertura de trochas y caminos nuevos, fue evidenciado en los lugares donde existe presencia de cultivos nuevos y estos son usados como vías de acceso para llegar a las áreas de cultivos. Se observó apertura de trochas en las zonas de Tangacucho y Lliplliloma; estos generan fracturas a nivel de unidades de paisaje incluso en la más constante que fue las cimas de montaña. Un ejemplo, de esto, corresponde a la carretera de índole departamental Tarma – Jauja (Lomo largo), que atraviesa todo el distrito, fragmentando en dos el paisaje de Huaricolca (Figura 9).



*Figura 27.* Trocha recién ejecutada. *Fuente:* Elaboración propia.

- La extracción de sedimento a través de minería artesanal es una práctica nueva en el distrito especialmente en la zona de Huancal Huaricolca llamada de Tangacucho y que en el último quinquenio se está haciendo más notoria por los daños ambientales que deja suelos completamente expuestos a la erosión natural e inducida (Figura 10).



*Figura 28.* Sedimentos explotados. *Fuente:* Elaboración propia.

### 3.3.2. Causas de la fragmentación por unidad de paisaje

- La unidad de afloramientos rocosos presentó un aumento de área, bordes y parches por la edafogénesis y la erosión natural que pone en descubierto nuevas coberturas rocosas, además es la unidad más constante del distrito de Huaricolca, a la fecha, no existe un control legal regulatorio sobre ella.
- La unidad de pajonal fue la unidad más afectada por ver interrumpidos los procesos de ecesis y aislamiento de sus metapoblaciones, sumado a la reducción de sus áreas, teniendo en cuenta el año 2009 como referencia, se evidenció disminución a menos de la mitad en su extensión, las prácticas que afectaron esta unidad, fueron la agricultura, pastoreo, quemas y la apertura de caminos.
- La unidad de laderas y cimas de montaña fue la unidad predominante tanto en área, bordes y parches en el paisaje de Huaricolca; presenta el parche más grande en todo el distrito de Huaricolca y la principal causa de segmentación fue la apertura de caminos y trochas.
- La unidad de bofedales presentó una tendencia a la reducción área, bordes y parches lo que es preocupante por lo valioso de sus servicios ecosistémicos, principalmente asociado al incremento de la frontera agrícola.
- La unidad de paisaje agricultura andina y plantaciones forestales presentó un incremento de área y perímetro de bordes por el crecimiento de la frontera agrícola y la plantación de especies exóticas arbóreas de rápido crecimiento generando cambios en las coberturas de la tierra en el paisaje de Huaricolca, los parches de esta unidad están dispersos por todo el mosaico.
- La unidad de área altoandina con escasa o sin vegetación fue dinámica por sus modificaciones que van de acuerdo con las preferencias de agricultura; se observó también, la extracción de sedimentos a través de actividades mineras artesanales, estos presentaron un aumento significativo en los años de estudio.
- La unidad de tierras degradadas es la segunda con mayor extensión de área y bordes también fue tercera en el aumento de parches, debido a las actividades antrópicas como la quema y agricultura estacionaria.
- La unidad de red vial y terrenos asociados incrementaron moderadamente sus extensiones por la apertura de caminos y trochas; además, hubo presencia de erosión

natural e inducidas a los bordes de las trochas, las pistas generaron fragmentación del paisaje por la aparición de nuevas estructuras viales.

- La unidad de tejido urbano aumentó de forma prominente por la edificación de nuevas infraestructuras; pero resultó la unidad más pequeña y dispersa de todo el paisaje de Huaricolca.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

### 4.1. Las unidades de paisaje del distrito de Huaricolca

Las unidades de paisaje son descritas como porciones de territorio con características propiedades únicas que son distinguibles entre ellas, originados por los vestigios que las sociedades dejaron en ellas. En el distrito de Huaricolca (Tarma-Junín) se realizó la clasificación empleando el algoritmo Maximum Likelihood, determinando nueve unidades de paisaje (afloramientos rocoso, pajonal andino, laderas y cimas de montaña, bofedal, agricultura andina y plantaciones forestales, área altoandina con escasa o sin vegetación, tierras degradadas, red vial y terrenos asociados y tejido urbano), las mismas que fueron obtenidas a partir del análisis de los documentos: análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina donde se destaca la propuesta de leyenda de cobertura de la tierra para el Perú, mapa nacional de cobertura vegetal y la ZEE-Junín. Las unidades de paisaje pueden variar de acuerdo al alcance, enfoque y zona de estudio, esto se pudo evidenciar al comparar los resultados obtenidos por Gamarra (2017) en su investigación realizada en el distrito de San Ramón (provincia Chanchamayo), distinguió una mayor diversidad de unidades de paisaje logrando establecer a través del algoritmo Random Forest 13 clases de paisaje (centros poblados, red vial, mosaico agropecuario, bosque húmedo, arbustos y matorrales, puna, áreas pedregosas naturales, tierras desnudas o poca vegetación, zonas quemadas, tierras altoandinas sin vegetación, bofedales, ríos y quebradas y, lagunas). Estas diferencias se deben al mayor rango y variaciones en los pisos altitudinales, así como, la biodiversidad ecológica propia de la zona selvática.

Por otro lado, el coeficiente de Kappa de Cohen es un indicador estadístico que apoya la credibilidad del proceso de clasificaciones supervisadas, el cual fue aplicado a la investigación según la escala de Landis y Koch (1997) citado por López y Pita (2001, p. 1). Este coeficiente dio resultados positivos para la presente investigación, es decir, el mosaico

referencial del 2009 presentó una buena concordancia, debido a que esta imagen necesitó de una corrección de bandeo, por tener un error de origen; además, el Programa Landsat 7 tiene una resolución radiométrica inferior a la de Landsat 8, lo que mengua las posibilidades de ser muy precisa; lo contrario ocurre con las escenas Landsat 8, que tienen en la escala una concordancia muy buena. Asimismo, esto concuerda con lo indicado en el trabajo de Suárez (2016), quien refiere que, no siempre las clasificaciones supervisadas y no supervisadas tienen buena correspondencia, sin embargo, son eficaces para determinar que metodología sirve para determinado trabajo.

## **4.2. Análisis de la variación en las métricas del paisaje**

Las métricas del paisaje son variadas y poseen una alta gama de explicaciones para paisajes específicos, para esta investigación se eligió 15 métricas, separadas en cuatro niveles que ayudaron sólidamente a detallar los objetivos de la tesis explicando las variaciones que tuvieron en los años de estudio 2009, 2014 y 2019.

### **4.2.1. Análisis de las variaciones en las métricas de áreas y bordes**

El primer nivel de las métricas de paisaje correspondió a las variaciones de áreas de las unidades de paisaje y los bordes que no solo representan el perímetro de los parches sino también a la zona de transición o ecotono que sirve de hábitat filtro o barrera esta puede determinar la velocidad con la que transiten la materia y energía de intercambio entre parches, a nivel de clase o mosaico aporta datos importantes de fragmentación. Los resultados evidenciaron aumento de las unidades paisajísticas antrópicas y disminución de las unidades de áreas naturales, como es el caso del pajonal que disminuyó en área y borde, e incrementó el número de parches; esto debido al aumento de la frontera agrícola, apertura de caminos, quema de pastizales, erosión natural e inducidas; además, de la construcción de nuevas infraestructuras. Esto concuerda con el estudio de Lara (2014), quien estudió pastizales en Argentina, y determinó que hubo disminución del área del pajonal natural y su desplazamiento por coberturas antrópicas de pasturas rastreras, en cuanto a los bordes, determinó fluctuaciones con inclinación a la baja.

En la presente investigación, la unidad de bofedal presentó comportamiento similar al pajonal; sin embargo, en cuanto al número de parches, se pudo apreciar que fueron disminuyendo a lo largo del tiempo, esto podría estar relacionado con la desaparición de muchos parches producto de la presión de las unidades antropizadas. Al respecto, cabe precisar que el bofedal es una de las más pequeñas, representando en el año 2019 solo el 1.36 % del área del distrito, lo que la convierte en un área sensible, tal como lo mencionó Calvo (2016), los bofedales están amenazados por causas antrópicas, entre ellas, la fragmentación, construcción de carreteras y caminos, expansión de actividades productivas (agrícola). En el caso de la unidad de paisaje laderas y cimas de montaña, corresponde a la unidad natural con mayor área, bordes y parches del distrito representando 38.06 % del área total en el año 2019, evidenció variaciones considerables en aumento de área, disminución de bordes e incremento en número de parches, cabe precisar, que esta unidad corresponde a las zonas más agrestes, que impiden el desarrollo de actividades agrícolas y con escasas especies palatables para el ganado, por lo cual, esta unidad no registró presión antropogénica considerable. Lo contrario se evidenció en el caso del tejido urbano, puesto que fue la unidad con menos área, bordes y parches; presentó variaciones de aumento de áreas, bordes y parches; además fue la unidad con más variación positiva en el porcentaje de adyacencias esto estaría indicado que, aunque su crecimiento fue grande aun es la unidad más dispersa del todo el distrito de Huaricolca.

A nivel de paisaje las métricas de área y bordes, determinaron el grado de fragmentación en el distrito de Huaricolca; es así como que en el año 2009 el área antrópica representó el 35.73 %; mientras que para en el año 2014 fue 37.83 % y finalmente en el año 2019 fue el 44.33 %, evidenciando una tendencia al incremento de la fragmentación durante los años evaluados. Al respecto y de acuerdo con la escala propuesta por McIntyre y Hobbs (1999) citado por Brenes (2009, p. 24), puede afirmarse que el distrito de Huaricolca presentó un paisaje variado con categoría de salpicado (rango de fragmentación de 10 % al 40 %) en el año 2009, hasta llegar a un paisaje fragmentado (rango de fragmentación que varía de 40 % a 60 %) en el año 2019. Es importante precisar que la fragmentación produce cambios en el paisaje a nivel funcional y estructural, tal como lo indican Castro *et al.* (2002), un paisaje fragmentado se caracteriza por presentar una baja conectividad, y a la vez puede influir en el desplazamiento de las especies y la configuración espacial de las unidades del paisaje, el

grado de modificación de los hábitats va de bajo a alto y el patrón de modificación de los hábitats remanentes tienen una gradiente con fragmentos menos evidentes.

Es necesario recalcar que a nivel de paisaje se evidenció una reducción de las dimensiones de las unidades naturales, lo que es, inversamente proporcional con el aumento de las unidades antropizadas; debido a la interacción humana y todas sus actividades que modifican un paisaje. Además, se comprobó el aumento consecutivo de número de parches y oscilación con aumento total positivo en la exposición de los bordes; los mismos que, puede generar diversos efectos al paisaje; como lo indicaron Castro *et al.* (2002), estos efectos pueden ser vulnerabilidad a las condiciones ambientales, cambio de condiciones para las especies y variación en la dinámica de flujos de materia y energía. Del mismo modo, la media del parche indica una tendencia a la baja y la mediana, una oscilación que presenta valores similares para los años 2009 y 2019.

#### **4.2.2. Análisis de las variaciones en las métricas de intrincación**

En el segundo nivel de las métricas de paisaje referente a la intrincación, se determinó que el área altoandina con escasa o sin vegetación fue la unidad con menos dispersión, esto por poseer parches en todas las zonas del distrito. Al respecto es preciso tener en cuenta tanto la degradación natural como la antrópica, dejan sin cobertura a los suelos en periodos temporales o permanentes debido a la agricultura, quemadas, y construcción de caminos. Otra unidad con menor dispersión fue la montaña, que corresponde a la zona dominante por la geografía andina. En contraposición, la zona más dispersa fue el tejido urbano, por tener zonas pequeñas y muy distantes unas de otras. Esto concuerda con lo registrado por Otavo y Echeverría (2017) quienes determinaron un aumento entre las distancias de los parches del bosque nativo primario pertenecientes a un paisaje boscoso en Chile, lo que generó mayor dispersión; mientras que, el bosque achaparrado mantuvo la distancia entre sus parches vecinos; asimismo, la agregación disminuyó para el bosque nativo primario y aumento para el bosque nativo secundario.

En cuanto a nivel de mosaico de todo Huaricolca, se mostró una oscilación de aumento leve en el año 2014 y posteriormente un descenso considerable en el 2019, que se relacionó con

la disociación de los parches; por otro lado, también se evidenció la aparición de nuevos parches focales, donde las teselas nuevas fueron pequeñas en el paisaje generando acortamiento de distancias entre los parches de las mismas unidades de paisaje. Con respecto al mosaico, se determinó que las laderas y cimas de montaña presentaron las teselas más grandes y el tejido urbano tuvo los parches con las dimensiones más pequeñas.

#### **4.2.3. Análisis de las variaciones en las métricas de diversidad**

El tercer nivel de las métricas del paisaje, referente a la diversidad, mostró resultados con oscilaciones, evidenciando que el año 2014 presentó el valor más alto, haciendo notar su singularidad; en este sentido, la inclinación de ambas métricas hacia una pequeña alza en sus variaciones totales de los años 2009, 2014 y 2019 indicó mayor cantidad de diversidad de parches en el paisaje del distrito de Huaricolca, caso contrario se evidenció en la tesis de Bermúdez (2018) donde presentó una reducción entre los años 2000 y 2017 de estas métricas. Estos índices explicaron la composición del mosaico a través del área ocupada por cada unidad del paisaje, la distribución y la riqueza de los tipos de los parches (Matteucci, 2004, citado por Buzai, 2004, p. 23).

#### **4.2.4. Análisis de la variación en el índice de fragmentación**

El índice de fragmentación indicó que existe una disminución total de 0.00012 en los años 2009, 2014 y 2019; es decir aumentó la fragmentación entre los años 2009 y 2014 en 20 %, y entre los años 2014 y 2019 se incrementó en un 50 %, este resultado se contrapone al obtenido por Sanjuan y Tellez (2017) que tuvo un aumento de 0.000206 en el año 2006 hasta 0.00123 en el año 2016 aumentando en casi 600 % reflejando una disminución de la fragmentación en la reserva natural de Colombia. De este modo se permitió corroborar los resultados obtenidos del análisis, en referencia a la reducción de la superficie de unidades de paisaje naturales, la intrincación de los parches y la variación de los índices de diversidad.

Cabe mencionar que las métricas del paisaje poseen algunas limitaciones, tanto para áreas, bordes y proporción, es preciso conocer los puntos críticos de extensión como el mínimo y máximo tamaño del mosaico, que para este estudio fue de 0.02 ha y 16 460.84 ha respectivamente. Del mismo modo es importante mencionar que, existe una variación entre

el área que proporcionó el Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], (2017) para el distrito de Huaricolca (16 2310 ha) y el cálculo de área total de parte del programa LecoS (16 4610.84 ha). Esto proporciona un exceso de área del 1.41 %, generado por el efecto de borde en forma de escalera, lo cual incrementa el área total. Por otro lado, las métricas dependientes de la matriz de adyacencias y sus respectivos cálculos también están sujetas a la resolución espacial de la imagen y lo conveniente es aplicarlo a paisajes que no varíen en tamaño y mantengan sus escalas para sus comparaciones. Las áreas para las escenas 2009, 2014 y 2019 fueron idénticas, lo mismo ocurre para la resolución espacial.

### **4.3. Análisis de las causas de la fragmentación**

Las causas de fragmentación encontradas y verificadas en campo fueron diversas, las más evidentes para el distrito fueron, el aumento de la frontera agrícola que amenaza principalmente a la unidad de bofedales, esto se corrobora con los resultados obtenidos, que muestran a los bofedales como la segunda unidad que más área perdió y la segunda unidad más dispersa en el mosaico. Cabe precisar que, además del cambio de uso de suelo producto del incremento de la frontera agrícola en el distrito de Huaricolca, pueden existir otros factores extrínseco e intrínseco que podrían provocar la degradación de los bofedales; tal como lo indica el MINAM (2019) además del cambio de uso de suelo hay amenazas en los bofedales del Perú como la ganadería, cambios en la provisión y cantidad de agua que alimenta el bofedal, cosecha de la turba y quemas. En este sentido, se debe agregar que debido a su vulnerabilidad, características singulares y servicios ecosistémicos que brindan, los bofedales corresponde a área prioritaria de conservación, toda vez que, son denominados ecosistemas frágiles de acuerdo a la Ley general del ambiente N° 28611 (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2005) y la Ley 29895, Ley que modifica el artículo 99 de la ley 28611, Ley general del ambiente e incorpora los páramos y jalcas al conjunto de ecosistemas frágiles (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2018).

Por otro lado, la unidad paisajística del pajonal también se ha visto considerablemente afectada por las actividades agrícolas; cabe precisar que, además de ser una de las principales causas del cambio de uso de suelo, la agricultura está relacionada a la pérdida de nutrientes, disminución de la retención de agua, mengua la capacidad de regeneración natural, reduce la biodiversidad, entre otros (Hofstede 2001 y Calvo, 2016). Esto concuerda con la opinión

de Puerta-Piñero *et al.* (2013), que indicó que los cambios de uso generados por el desarrollo urbano y agrícola propician consecuencias sobre la distribución de especies, procesos ecosistémicos, variación de las relaciones y conectividad entre seres vivos y cambios en los bienes y servicios, generando en consecuencia pérdida de hábitats acompañado de fragmentación

Otra de las causas de la fragmentación fue las actividades de ganadería, que en el distrito de Huaricolca se llevó a cabo con prácticas inadecuadas principalmente en el pajonal andino, esto coincide con Pruna (2016) que en su tesis relacionó las actividades de ganadería con la generación de efectos de compactación de terreno, pérdida de nutrientes de suelo, cambios y pérdidas de coberturas vegetales y degradación acelerada de los suelos.

Por otro lado, la quema de pastizales, es una práctica que ha ocurrido desde hace varios años, en muchos casos relacionada a la cosmología y creencias andinas, que busca generar un ambiente propicio para el aprovechamiento de la agricultura y obtener brotes nuevos para el pastoreo; sin embargo, estas prácticas tradicionales sin un adecuado control y manejo, pueden causar la pérdida de la cobertura vegetal, dejando paso a los factores ambientales (heladas y sequedad), pisoteo y arrastre por las lluvias, generando erosión que disminuye la calidad del sustrato esto concuerda con lo mencionado por Vargas (2000) es su trabajo de tesis.

El incremento de la erosión natural y erosión inducida se debió a la presencia de zonas altoandinas con pendientes elevadas, prácticas de cultivos temporales, abandono de terrenos y zonas sin cobertura de vegetal que incrementaron su vulnerabilidad; además, el efecto de borde aumentó sus extensiones en el terreno; esta causa de la fragmentación generó cambios oscilantes en la unidad de área altoandina con escasa o sin vegetación que presentó el mayor aglutinamiento, encontrándose distribuida en todo el distrito de Huaricolca, esto concuerda con Winschel (2017) que describió que la degradación de los suelos y su desertificación inciden en el nivel ecológico generando fragmentación a través de la formación de dunas, cárcavas y pavimentos que resultan de la erosión eólica, generando pérdida de biodiversidad, afecta la calidad del ambiente y altera los ciclos hídricos disminuyendo la captura de carbono.

La apertura de nuevos caminos fragmentó evidentemente las unidades de paisaje del mosaico de Huaricolca, la mayoría de los caminos fueron del tipo trocha que provocaron el desbroce de las coberturas vegetales, dejando estas zonas vulnerables e impedidas de recuperar su vegetación natural principalmente a los lados de tales vías. Esto concuerda con Castro *et al.* (2002) que mencionó que “la ampliación de las redes de carreteras y de ferrocarriles son una de las causas de la fragmentación, no tanto por la pérdida de superficie neta sino por la ruptura en el funcionamiento del conjunto del territorio”.

Por último, la extracción de sedimentos generó la eliminación de coberturas de las tierras dejándolas al descubierto, exponiendo a los suelos a erosión, pérdida de sus propiedades, capacidades productivas así como la generación de contaminación por los residuos de desmonte, esto concuerda con Corcuera (2015) que describió los efectos de la minería artesanal tales como la afectación del suelo por los residuos del desmonte, la aparición de los procesos erosivos, deterioro de la calidad del suelo y el cambio de los usos de suelo.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. El distrito de Huaricolca presentó nueve clases de unidades de paisaje, distribuidas en cuatro unidades naturales: los afloramientos rocosos, pajonal andino, laderas y cimas de montaña y bofedales y cinco unidades antropogénicas: la agricultura andina y plantaciones forestales, área altoandina con escasa o sin vegetación, tierras degradadas, red vial y terrenos asociados además del tejido urbano.
2. Entre los años 2009 y 2019 existió una tendencia a la disminución del área y bordes; así como, un incremento del número de parches de las unidades de paisaje naturales; en contraposición, las unidades de paisajes antrópicas fueron ganando área a lo largo estos años. Las unidades paisajísticas naturales de bofedal y pajonal presentaron reducciones considerables en su área, lo que las pone en situación vulnerable. Las afloraciones rocosas presentaron la mayor variación en el número de parches. La unidad de área altoandina con escasa o sin vegetación incrementó sus adyacencias a lo largo de tiempo, mientras el tejido urbano continuó con altos porcentajes de dispersión, en ambos casos se evidenció el aumento en su área como unidad de paisaje. Para determinar la tendencia en valores de la diversidad se requiere de mayor tiempo de evaluación.
3. La fragmentación y la pérdida de coberturas naturales se incrementó a lo largo del tiempo, pasando de un paisaje salpicado (35.73 % en el año 2009 y 37.83 % en el año 2014) hasta un paisaje fragmentado (44.33 %, en el año 2019); siendo las principales causas de fragmentación el aumento de la frontera agrícola, la ganadería sin orientación técnica, la quema de pastos naturales por prácticas anticuadas, el incremento de suelos descubiertos, la apertura de caminos nuevos y el inicio de minería artesanal que extrae sedimentos.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

- Para una adecuada identificación de las unidades de paisaje, se deben mejorar los mapas de identificación y caracterización de coberturas vegetales y ecosistemas vulnerables que tiene el país, dado que la información que actualmente contiene es muy general.
- Es primordial realizar estudios similares donde se optimice la calidad de resolución espacial de las imágenes satelitales, con el fin de obtener resultados más detallados sobre las unidades del paisaje de los distritos de Tarma y el departamento de Junín.
- Debido a las numerosas métricas sobre un paisaje y sus aplicaciones, se recomienda utilizar otros índices en tesis futuras para la determinación de diversos objetivos como corredores biológicos y zonas con aptitudes de preservación.
- Como las unidades naturales más vulneradas a la fragmentación fueron el pajonal andino y bofedales, es primordial establecer mediante gobiernos departamentales, provinciales, distritales y los pobladores ecoespacios y medidas para proteger estas zonas; pues los servicios ambientales que brindan son únicos y muy importantes.
- Es preciso establecer medidas de gestión para la prevención, control, remediación y mitigación, sobre las causas y efectos de fragmentación que tiene el distrito de Huaricolca.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre temas no cubiertos en esta investigación, como la valorización de los servicios ecosistémicos, las condiciones ecológicas y grado de degradación del bofedal, riquezas de especies animales y vegetales, de modo que complemente la presente investigación.

## REFERENCIAS

- Acuña, C. (2010). *Identificación de áreas prioritarias de conservación enfocadas hacia la conectividad estructural del corredor Encenillo (Municipios de la Calera, Guasca, Sopo, Sesquilé, Guatavita), Cundinamarca*. (Tesis de grado) Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/9796>
- Arnold, M. y Osorio, F. (1998). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. *Cinta de Moebio*. 3 (1998), pp. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10100306>
- Badii, M. H. y Landeros, J. (2006). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con sustentabilidad. *International journal of good conscience*. 2 (1), 26-38. Recuperado de: [http://www.spentamexico.org/v2-n1/2\(1\)%2026-38.pdf](http://www.spentamexico.org/v2-n1/2(1)%2026-38.pdf)
- Bermúdez, G. (2018). *Evaluación del cambio de uso de la tierra y fragmentación de la cobertura forestal en el corredor biológico lago arenal tenorio, mediante técnicas de teledetección, Costa Rica*. (Tesis de maestría) Universidad de Costa Rica. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11056/14282>
- Bocco, M. (2010). Carl Troll y la ecología del paisaje. *Investigación ambiental*. 2 (1), 92-93. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906807.pdf>
- Bravo, N. (2017). *AGIS más complemento de clasificación semiautomático. Teledetección espacial Landsat, Sentinel2, Aster it y Modis*. Perú, Huánuco: Geomática Ambiental.
- Bravo, N. (2018). *Teledetección espacial y procesamiento de imágenes satelitales de acceso gratuito con el uso de software libre*. Perú, Huanuco: Geomática Ambiental S.R.L.
- Brenes, C. (2009). *Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo y dinámica del paisaje en el Corredor Biológica Volcánica Central Talamanca, Costa Rica*. (Tesis de maestría) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4473>

- Buzai, G. (2004). *Memorias del primer seminario argentino de geografía cuantitativa*. Argentina, Buenos aires: Grupo de de ecología del paisaje y medio ambiente.
- Calvo, A. (2009). *Determinación de índices de fragmentación y modelamiento de la conectividad en los corredores biológicos de Costa Rica*. (Tesis de grado) Instituto Tecnológico de Costa Rica. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2238/5678>
- Calvo, V. (2016). *Marco conceptual y metodológico para estimar el estado de salud de los bofedales*. (Tesis de grado) Universidad Nacional Agraria la Molina. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2604>
- Castañeda, E., Suárez, J. y Marie, P. (2013). Composición y estructura del paisaje mediante la integración de parámetros sociales y económicos en sistemas productivos. *Ingenierías y Amazonía*. 6 (2), 71-85. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/288003021\\_Composicion\\_y\\_estructura\\_del\\_paisaje\\_mediante\\_la\\_integracion\\_de\\_parametros\\_sociales\\_y\\_economicos\\_en\\_sistemas\\_productivos](https://www.researchgate.net/publication/288003021_Composicion_y_estructura_del_paisaje_mediante_la_integracion_de_parametros_sociales_y_economicos_en_sistemas_productivos)
- Castro, H., Múgica de la Guerra, M., Vicente de Lucio, J., Martínez, C., Sastre, P., Atauri, J. y Montel del Olmo, C. (2002). *Integración territorial de espacios naturales, protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. España, Andalucía: Tecnographic, s.l. Recuperado de <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnnextoid=69afec2faab67010VgnVCM1000000624e50aRCRD&>
- Congedo, L. (2016). *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation*. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L. y Böhner, J. (2015). *Sistema para análisis geocientíficos automatizados (SAGA)*. DOI: <https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- Corcuera, C., A., (2015). Impacto de la contaminación de la minería informal en el Cerro El Toro – Huamachuco. (Tesis de maestría) Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2969>

- Coronado, M. (2014). *Análisis de la fragmentación en el Parque Nacional Cerro Azul Meámbar (Panacam)*. (Tesis de grado) Escuela Agrícola Panamericana. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3320/1/IAD-2014-004.pdf>
- Correia, R., Duarte, L., Teodoro, A. y Monteiro, A. (2018). Processing Image to Geographical Information Systems (PI2GIS) A Learning Tool for QGIS. *Education Sciences*. 8 (83), 3-15. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/educsci8020083>
- Didham, R., Hammond, P., Eggleton, J. L. y Stork, N. (1998). Beetle species responses to tropical forest fragmentation. *Ecological Monographs*. 68 (3), 295-323. Recuperado de <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/0012-9615%281998%29068%5B0295%3ABSRTTF%5D2.0.CO%3B2>
- Di Gregorio, A. y Jansen, L.J.M. (2005) *Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual*. Italia, Roma. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1998. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/x0596e00.HTM>
- Duarte, A. (2014). *Usando herramientas código fuente para la caracterización de un paisaje. El complemento LecosS*. Recuperado el 14 de mayo del 2019 de QGIS: [https://qgis.org/es/site/about/case\\_studies/portugal\\_coimbra.html](https://qgis.org/es/site/about/case_studies/portugal_coimbra.html)
- EAS 6. (2018). *Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de los recursos naturales vivos*. (1). Washington: Banco mundial. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/622431548346078140/ESF-Guidance-Note-6-Biodiversity-Conservation-Spanish.pdf>
- Etter, A. (1991). *Introducción a la ecología del paisaje: un marco de integración para los levantamientos ecológicos*. DOI: 10.13140/2.1.4464.5121
- Fernández, R. (2013). Metodología para la caracterización y diferenciación de las unidades de paisaje de un espacio de montaña: las sierras de béjar y candelario. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 62 (2013), 101-127. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/327953120\\_Metodologia\\_para\\_la\\_caracterizacion\\_y\\_diferenciacion\\_de\\_las\\_unidades\\_de\\_paisaje\\_de\\_un\\_espacio\\_de\\_montana\\_las\\_sierras\\_de\\_Bejar\\_y\\_Candelario/link/5baeefa2299bf13e6054ad22/download](https://www.researchgate.net/publication/327953120_Metodologia_para_la_caracterizacion_y_diferenciacion_de_las_unidades_de_paisaje_de_un_espacio_de_montana_las_sierras_de_Bejar_y_Candelario/link/5baeefa2299bf13e6054ad22/download)

- Galván, S., Ballut, G. y Ossa, J. D. (2015). Determinación de la fragmentación del bosque seco del arroyo Pechelín, Montes de María, Caribe, Colombia. *Biota Colombiana*. 16 (2), 149-157. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49144024007>
- Gamarra, S. (2017). *Análisis de la cobertura y uso de la tierra utilizando imágenes de resolución espacial media para el distrito de San Ramón-Chanchamayo-Junín-Perú*. (Tesis de grado) Universidad Nacional Agraria la Molina.. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3292>
- García, D. (2011). Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas*, 20 (2), 1-10. Recuperado de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=687>
- Gobierno Regional de Junín (2015). *Memoria descriptiva. Zonificación ecológica y económica del departamento de Junín a nivel meso escala 1:100000*. Perú, Huancayo: Gerencia regional de recursos naturales. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/memoria-descriptiva-zonificacion-ecologica-economica-departamento>
- Gobierno regional de Piura (2015). Memoria descriptiva. mapa de cobertura vegetal. Provincia Huancabamba - Ámbito San Miguel de El Faica. Perú, Piura: Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Recuperado de [https://www.regionpiura.gob.pe/dir\\_euroecotraden/documentos/memorias/sanmiguel\\_faique/cobertura\\_vegetal\\_faique.pdf](https://www.regionpiura.gob.pe/dir_euroecotraden/documentos/memorias/sanmiguel_faique/cobertura_vegetal_faique.pdf)
- Guzmán, A. (2001). La problemática ambiental desde la perspectiva geográfica. análisis de las ii jornadas platenses de geografía. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*. 6(2001). Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Biblio3w/article/view/65729>
- Haila, Y. (2002). A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications*. 12 (2), 321-334. Recuperado de [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[0321:ACGOFR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[0321:ACGOFR]2.0.CO;2)

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación, Quinta edición. México: McGraw-Hill. Recuperado de [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)
- Hofstede, R. (2001). 2001. El impacto de las actividades humanas sobre el páramo (pp.161-185). Quito: Abya Yala. Recuperado de [http://origin.portalces.org/sites/default/files/references/095\\_Hofstede%202001%20Páramo%20Ecuador%20impacto.pdf](http://origin.portalces.org/sites/default/files/references/095_Hofstede%202001%20Páramo%20Ecuador%20impacto.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2007*. Recuperado de <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2017*. Recuperado de <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- Ivars, A. y Vega, C. (2008). Ejemplo teórico de aplicación de las herramientas de la ecología del paisaje en la ordenación por rodales en la Cerdaña. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*. 27 (1), 87-94. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2982983>
- Jung, M. (2013). LecoS-A python plugin for automated landscape ecology analysis. *Science Direct*. 31, 18-21. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.11.006>
- Kapelle, M. (2004). *Diccionario de la biodiversidad. Instituto Nacional de la Biodiversidad (INBio) & Cooperación Española (AECI). Including 5,739 terms. INBio Press, Santo Domingo de Heredia, 2004*. Recuperado de [http://www.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/glosario\\_kapelle\\_2004.pdf](http://www.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/glosario_kapelle_2004.pdf)
- Lara, B. (2014). *Fragmentación de pastizales en el centro de la provincia de Buenos Aires mediante imágenes Landsat*. (Tesis de maestría) Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Recuperado de <https://www.revistasipgh.org/index.php/rcar/article/view/439>

León, D. (2014). *Diagnóstico de la fragmentación antropogénica del paisaje para el municipio de Gutiérrez (Cundinamarca)*. (Tesis de grado) Universidad de la Sabana. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10818/10134>

Ley N° 28611, Ley general del ambiente. Diario Oficial El Peruano. 15 de octubre del 2005.

Ley N° 29895, Ley que modifica el artículo 99 de la Ley 28611, Ley General del Ambiente, e incorpora los páramos y jalcas al conjunto de ecosistemas frágiles. Diario Oficial El Peruano. 16 de julio del 2018.

López y Pita (2001). Medidas de concordancia: el índice de Kappa. *Cad Aten Primaria* 1999. 6, 169-171. Recuperado de <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf>

Lucchesi, A. (2017). *Glosario de términos referidos al ordenamiento territorial*. Recuperado de [https://www.academia.edu/32907314/GLOSARIO\\_de\\_t%C3%A9rminos\\_referidos\\_al\\_ordenamiento\\_territorial](https://www.academia.edu/32907314/GLOSARIO_de_t%C3%A9rminos_referidos_al_ordenamiento_territorial)

Martín, B. (2006). *Estudio sobre la fragmentación de los hábitats de la red natura 2000 afectados por el PEIT (Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte)*. (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/1209/1/PFC\\_BELEN\\_MARTIN\\_RAMOS.pdf](http://oa.upm.es/1209/1/PFC_BELEN_MARTIN_RAMOS.pdf)

Martínez, P., Palacios, J. J., Matínez, M., Zárate, R., García, J. Y Escobedo, R. (2015). *Cobertura y uso de la tierra de las provincias de Alto Amazonas y Ramón Castilla*. Perú, Iquitos: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Recuperado de <http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/285>

McGarigal, K., Cushman, S. y Ene, E. (2012). *FRAGSTATS v4: Programa de análisis de patrones espaciales para mapas categóricos y continuos*. Windows 10. Amherst: Universidad de Massachusetts. Recuperado de <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

Ministerio de Agricultura y Riego [Minagri]. (2015). *Acrónimos y Glosario de Términos PESEM - MINAGRI 2015-2021*. Recuperado de

<http://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/626/1/glosarioPESEM%20-%20MINAGRI.pdf>

Ministerio del Ambiente del Perú [Minam]. (2012). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. Dirección de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental*. Recuperado de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/504.pdf>

Ministerio de Ambiente del Perú [Minam]. (2015). *Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina*. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>

Ministerio de Ambiente del Perú [Minam]. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

Ministerio del Ambiente del Perú [Minam]. (2016). *Glosario de términos. Sitios contaminados*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>

Ministerio del Ambiente del Perú [Minam]. (2019). *Guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-estado-ecosistema-bofedal>

Ministerio del Ambiente del Perú [Minam]. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú. Memoria descriptiva*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>

Morales, J., Carrillo, F., Farfán, L. y Cornejo, V. (2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 38 (1), 17-29. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57709>

- Morláns, M. (2005). *Introducción a la ecología del paisaje*. Argentina. Buenos Aires: Editorial Científica Universitaria-Universidad Nacional de Catamarca. Recuperado de <http://editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/001-Introd-ecologia-del-paisaje.pdf>
- Ormazábal, Y., Ávila, C., Mena, C., Morales, C. y Bustos, O. (2013). Caracterización y cuantificación de fragmentos de bosque nativo, en un sector del secano interior de la región del Maule, Chile. *Ciência Florestal*. 23 (3), 449-460. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53428117018>
- Ortega, M. (2007). *Análisis de la estructura del paisaje en la VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins*. (Tesis de grado) Universidad Austral de Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifo.77a/doc/fifo.77a.pdf>
- Otavo, S. y Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista mexicana de biodiversidad*. 88 (2017), 924-935. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>
- Pérez, A., Borobio, M., Castillo, F. y Payán, M. (2014). Metodología y clasificación de tipos de paisaje en Galicia. *Geografía e Ordenamiento do Territorio (GOT)*. 6 (1), 259-282. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/270448455\\_Metodologia\\_y\\_clasificacion\\_de\\_tipos\\_de\\_paisaje\\_en\\_Galicia](https://www.researchgate.net/publication/270448455_Metodologia_y_clasificacion_de_tipos_de_paisaje_en_Galicia)
- Plataforma Virtual SIGAM. (s.f.). Ambiente natural. Recuperado el 20 de marzo del 2020, de SIGAM webside: <http://sigam.car.gov.co/mod/glossary/showentry.php?eid=244>
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Banco mundial (BM) y Universidad de Costa Rica (UCR). (2004). *Iniciativa Latinoamericana y del Caribe para el Desarrollo Sostenible: Indicadores de Seguimiento*. Costa Rica, San José: PNUMA/BM/UCR. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/ilac-2004-iniciativa-latinoamericana-caribena-desarrollo-sostenible>
- Pruna, J. P. (2016). *Determinación de los efectos ocasionados por el pastoreo bovino sobre la fertilidad del suelo natural del páramo de salayambo, provincia Cotopaxi, periodo*

2015 - 2016. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3257>

Puerta-Piñero, C., Brotons, Ll., Zamora, R. y Díaz, M. 2013. *Cambios en los usos del suelo y fragmentación*. *Conservar aprovechando* 2013, 37-43. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/259781510\\_Cambios\\_en\\_los\\_usos\\_del\\_suelo\\_y\\_fragmentacion](https://www.researchgate.net/publication/259781510_Cambios_en_los_usos_del_suelo_y_fragmentacion)

QGIS Development Team (2019). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. (3.10.2) [Software]. Recuperado de <http://qgis.osgeo.org>

Rodríguez, M. y Alonso, F. (2019). *Clasificación de imágenes Landsat 8 en la Demarcación Hidrográfica del Segura*. *Revista de teledetección* 2019 (53), 33-44. Recuperado de <https://doi.org/10.4995/raet.2019.11016>

Sánchez, P. (2012). *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales*. (Tesis de grado). Universidad de Cuenca. Recuperado de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>

Sanjuan, M. y Tellez, G. (2017). *Análisis de la fragmentación del paisaje como herramienta de conservación del área natural denominada “reserva natural de las aves hormiguero de torcoroma” municipio de Ocaña, norte de Santander, Colombia*. (Tesis de grado) Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Recuperado de [repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/1556](https://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/1556)

Santos, T. y Tallería, J. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. 15 (2), 3-12. Recuperado de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/180>

Saunders, D., Hobbs, R. y Margules, C. (1991). Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology*. 5 (1), 18-32. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x>

- Serrano, D. (2012). Consideraciones en torno al concepto de unidad de paisaje y sistematización de propuestas. *Estudios geográficos*. 73 (272), 215-237. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/186952384.pdf>
- Suárez, D. (2016). *Análisis de la utilización de la dimensión fractal y multifractal para la clasificación del uso y la cobertura del suelo en una imagen de radar de apertura sintética SAR, en una zona urbana*. (Tesis de grado) Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4260/1/SuarezArevaloDavidAntonio2016.pdf>
- Szek, M. (2012). Fragmentación del paisaje en áreas protegidas. (Tesis de doctorado) Universidad de Barcelona. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2445/41998>
- United States Geological (USGS). (2019). Landsat Missions Landsat 7. Recuperado de [https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-7?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con)
- Vargas, G. (1992). Estudio del uso actual y capacidad de uso de la tierra en América Central. *Anuario de Estudios Centroamericanos*. 18 (2), 7-23. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/view/2273>
- Vargas, O. (2000). *Sucesión - regeneración del páramo después de quemas*. (Tesis de grado) Universidad de Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/50412>
- Vila, J., Varga, D., Llausàs, A. y Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documento de análisis geográfico*. 48(2006), 151-166. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2328164>
- Winschel, C., I., (2017). *Integración por medio de geotecnologías de la información ambiental en estudios de degradación de los suelos para los partidos de villarino y patagones, provincia de Buenos Aires-Argentina*. (Tesis de doctorado) Universidad Nacional del Sur. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3832/383257036008/html/index.html>

## TERMINOLOGÍA

- **Ambiente natural.** Según la Plataforma Virtual SIGAM (s.f., p. 1) es:

Conjunto de áreas naturales y sus elementos constitutivos dedicados a usos no urbanos ni agropecuarios del suelo, que incluyen como rasgo fisonómico dominante la presencia de bosques, estepas, pastizales, bañados, vegas, turbales, lagos y lagunas, ríos, arroyos, litorales y masas de agua marina y cualquier otro tipo de formación ecológica inexplorada o escasamente explotada.

- **Biodiversidad.** Diversidad biológica, variabilidad entre los organismos vivientes de toda procedencia, incluidos aéreos, terrestres y acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales forman parte. Esto incluye la diversidad dentro de las especies, entre especies y de los ecosistemas (EAS 6, 2018).
- **Cobertura de suelo.** Es la parte superficial del suelo que explica los elementos que componen esta estructura, pueden ser elementos físicos y biofísicos. De esta manera, su identificación brinda datos muy importantes para reconocer la importancia ecológica y su valorización en bienes y servicios ambientales, además de la toma de decisiones adecuada con tipo de cobertura de suelo (Di Gregorio y Jansen, 2005).
- **Cobertura de la tierra.** Materiales y elementos que cubren la superficie de la tierra (barrios residenciales, nubes, pastizales), (Lucchesi, 2017, p 5).
- **Ecesis.** “Proceso de colonización de plantas por medio de la germinación o el establecimiento de ellas en nuevas áreas” (Sarmiento 2000 citado por Kapelle, 2004, p. 78).
- **Ecoespacio.** “Espacio en el cual la protección ambiental a diferentes escalas sirve como prerrequisito para la seguridad social, económica y también política de la población humana” (Kapelle, 2004, p. 78).
- **Efecto de borde.** “Proceso que caracteriza la fragmentación de un hábitat y la creación consecuente de bordes” (Santos y Tellería, 2006, p.7).

- **Georreferenciación.** “Es el procedimiento técnico-científico por el cual se define la localización espacial de un objeto, en un sistema de coordenadas y *datum* determinado” (MINAM, 2016, p. 10).
- **Mapeo ecológico.** “Visualización de una estructura espacial de un ecosistema mediante la producción de mapas” (Kapelle, 2004, p. 153).
- **Resiliencia.** Según el MINAM (2012, p. 106) “En términos ecológicos, es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad, de adaptarse a los disturbios y cambios mientras mantiene sus funciones y servicios, a un nivel aceptable de funcionamiento y estructura”.
- **Tierras.** Según el MINAGRI, (2015, p. 23):

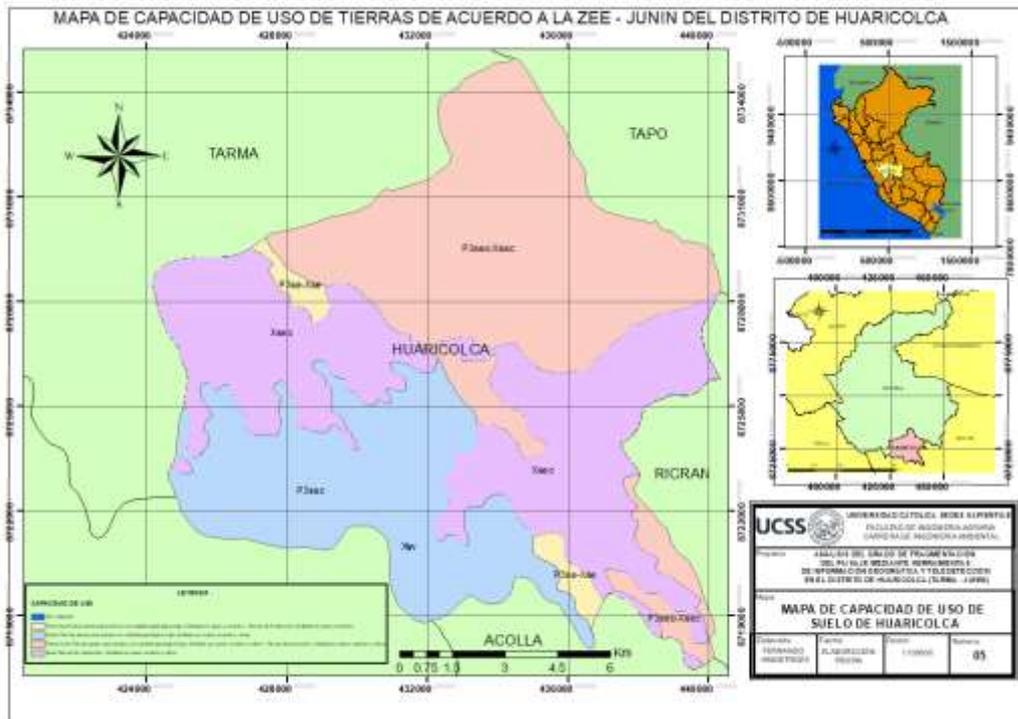
Es uno de los factores de producción más importantes, el concepto constitucional “tierras” en el régimen agrario comprende a todo predio susceptible de tener uso agrario. Entre otras, están comprendidas las tierras de uso agrícola, de pastoreo, las tierras con recursos forestales y de fauna, las eriazas, así como las riberas y márgenes de álveos y cauces de ríos, en general, cualquier otra denominación legal que reciba el suelo del territorio peruano. El régimen jurídico de las tierras agrícolas se rige por el Código Civil y la presente ley.

- **Unidades de cobertura vegetal.** Es la estratificación a través de divisiones consecutivas de un terreno con el objeto de obtener unidades espaciales básicas con determinadas características físicas (clima, relieve, suelo) y biológicas (diversidad florística), denominadas “unidades de vegetación”. (Gobierno Regional de Piura, 2015).
- **Unidades de paisaje.** “Dominios con una identidad propia y diferenciada, sujeta a dinámicas claramente identificables, con una combinación de elementos propios como consecuencia de la huella que en ellas han dejado las distintas sociedades a lo largo de la historia”. (Bolòs, (2006) citado por Serrano, 2012, p. 218).
- **Unidades de vegetación.** Son asociaciones de especies con características exclusivas, dominantes y diferenciales, pueden tener valores sociológicos bajos, pero están determinados por un tipo de vegetación (Rangel y Velázquez, 1997, p. 67).

- **Uso actual.** “Es parte del estudio de la ZEE donde se analiza la ocupación actual de tierras, interpretando e identificado el uso de ésta, en diferentes escenarios Físico - Biológico - Antrópico y en la interrelación entre los mismos” (Gobierno Regional de Junín, 2015).
- **Uso de los suelos.** Son los procesos y configuraciones que se efectúan en el tiempo sobre la cobertura del suelo, estas acciones humanas son motivadas por procesos sociales y económicos, con el fin de obtener beneficios de tales acciones (Vargas, 1992, p.8).
- **Uso sostenible.** Es el empleo de los componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasione su disminución a largo plazo, con lo cual se mantienen las posibilidades de esta para satisfacer las necesidades humanas (MINAM, 2012, p. 117).
- **UTM.** “La Proyección Transversal Universal de Mercator, es un sistema utilizado para convertir coordenadas geográficas esféricas en coordenadas cartesianas planas” (MINAM, 2016, p. 17).
- **Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) o Zonificación Económica Ecológica.** Instrumento del ordenamiento territorial que consistente en un proceso participativo, concertado, dinámico y flexible, que genera información sobre diversas alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales (MINAM, 2012, p 121).

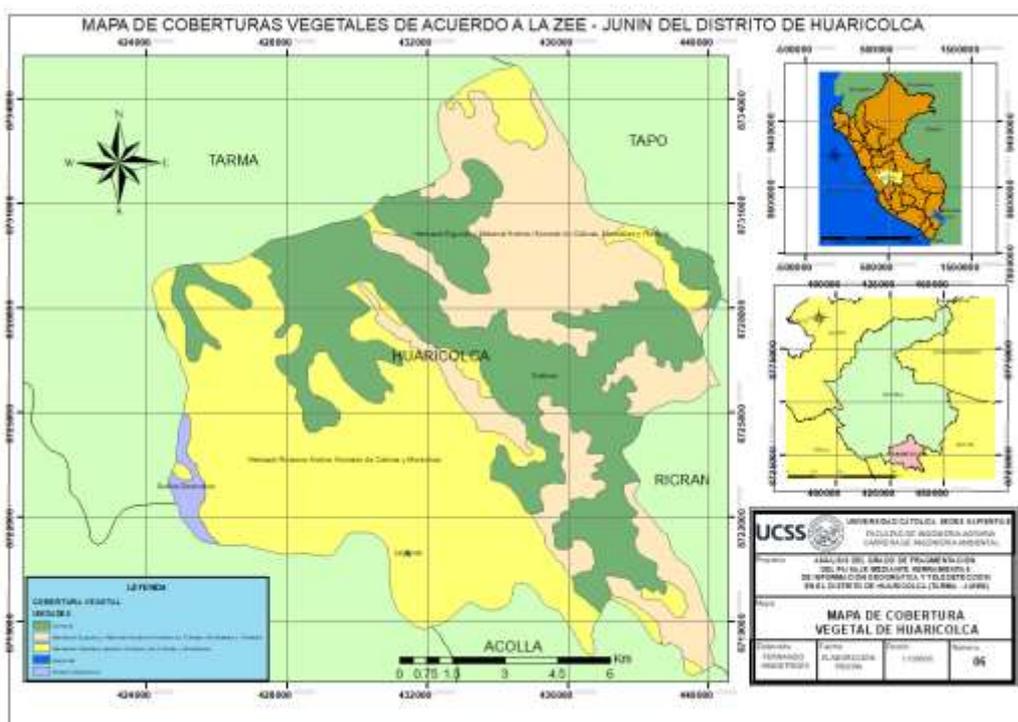
# APÉNDICES

Apéndice 1. Mapas de la capacidad de uso de tierras de suelo de Huaricolca



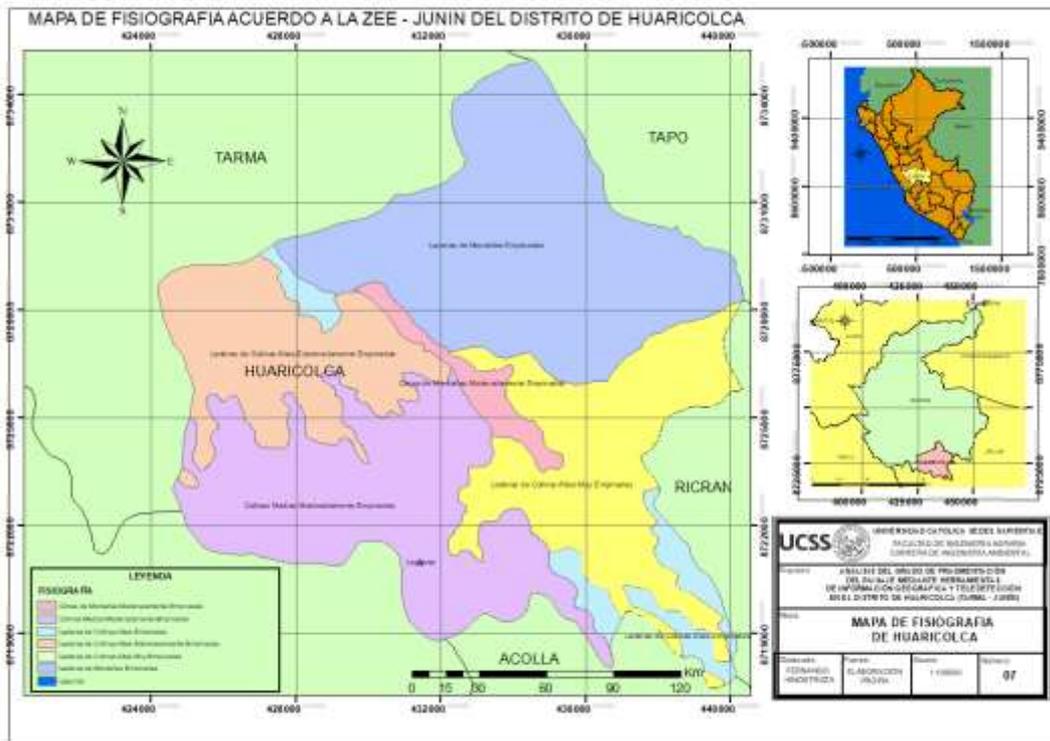
Fuente: Elaboración propia con base en memoria descriptiva del uso actual de tierras de la ZEE-Junín (2015).

Apéndice 2. Mapa de la cobertura vegetal de Huaricolca



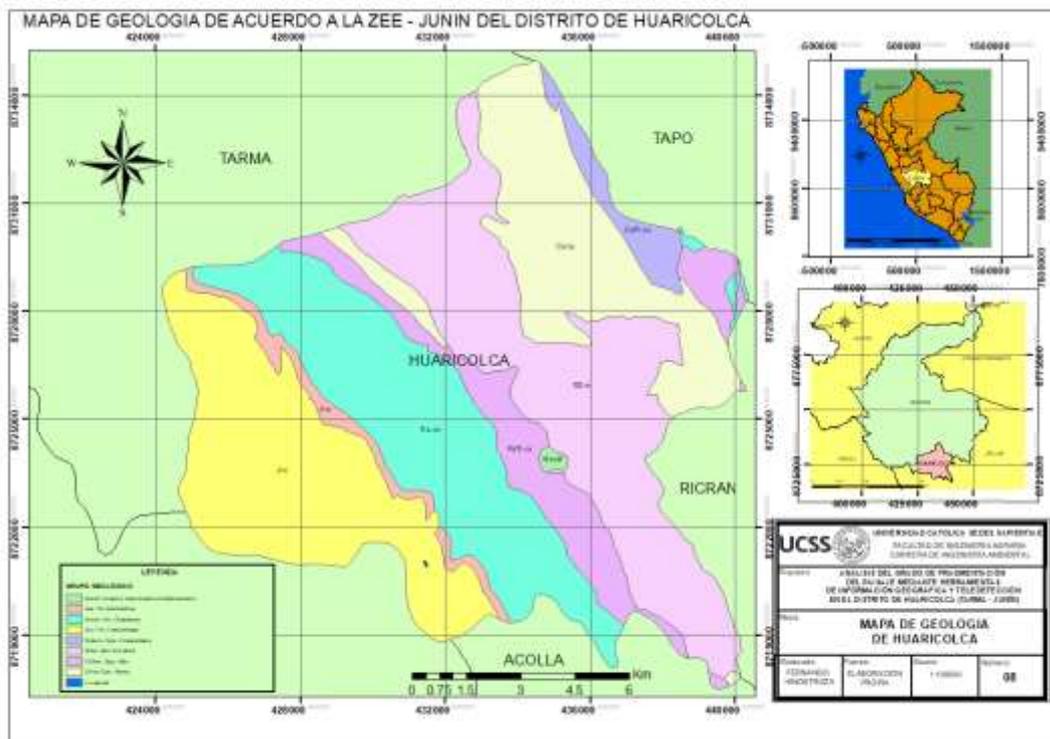
Fuente: Elaboración propia con base en la memoria descriptiva de cobertura vegetal de la ZEE-Junín (2015).

Apéndice 3. Mapa de fisiografía de Huaricolca



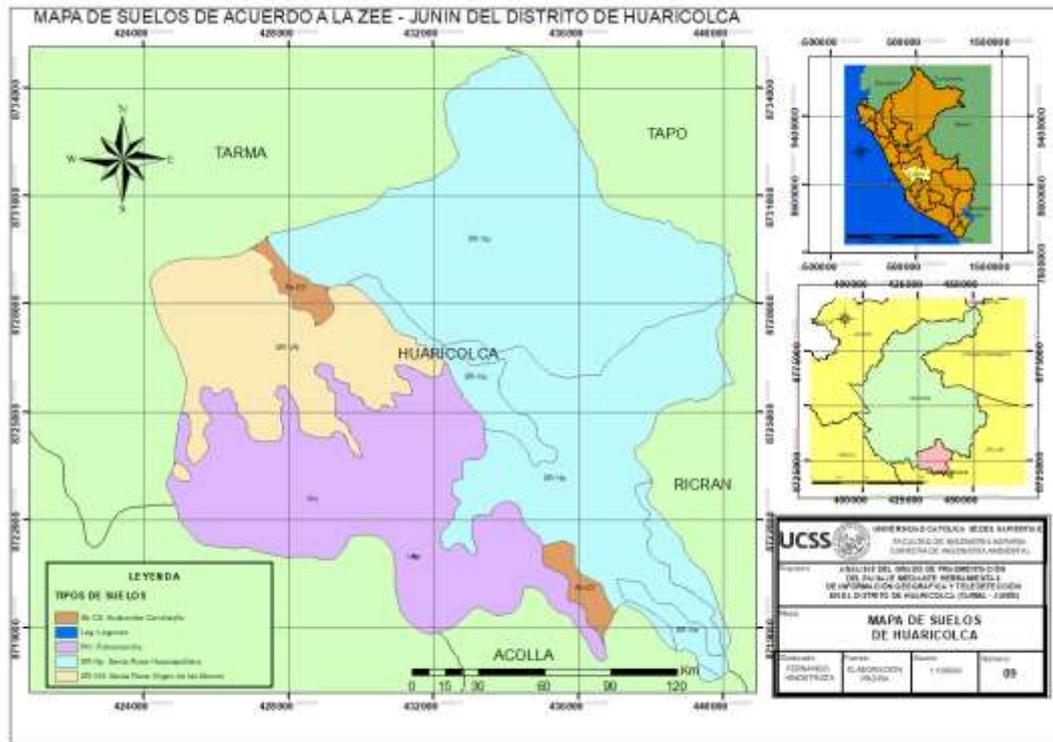
Fuente: Elaboración propia con base en memoria descriptiva de fisiografía de la ZEE-Junín (2015).

Apéndice 4. Mapa de geología de Huaricolca



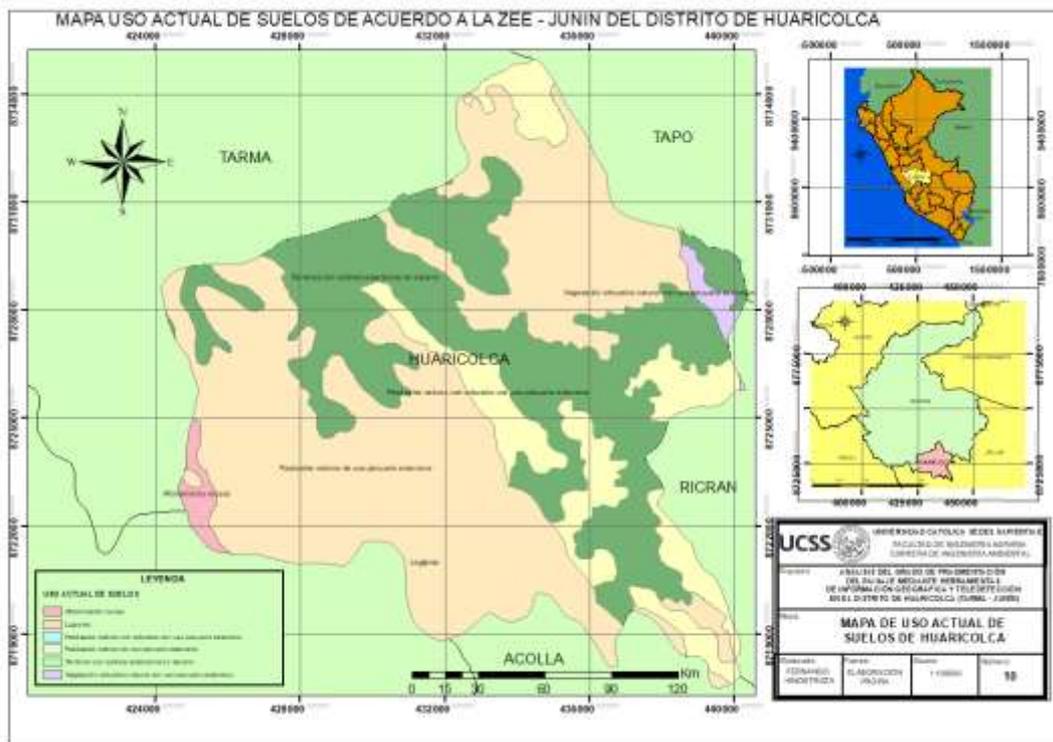
Fuente: Elaboración propia con base en memoria descriptiva de geología de la ZEE-Junín (2015).

Apéndice 5. Mapa de suelos de Huaricolca



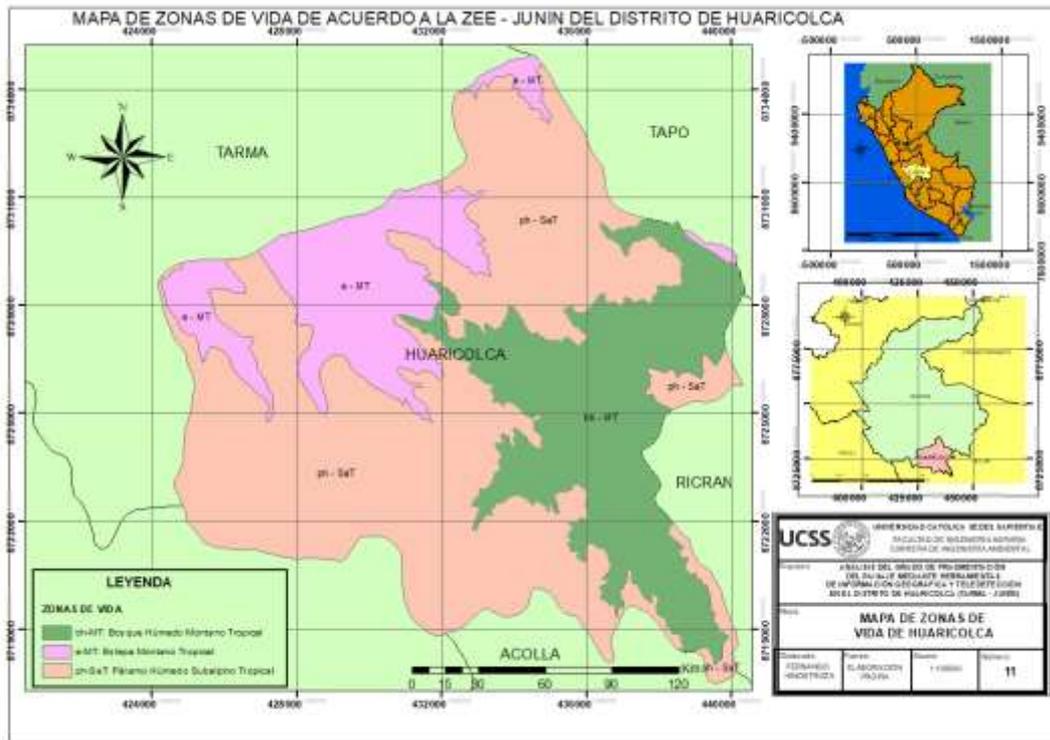
Fuente: Elaboración propia con base en la memoria descriptiva de suelos y capacidad de uso mayor de la ZEE-Junín (2015).

Apéndice 6. Mapa de uso actual de suelos de Huaricolca



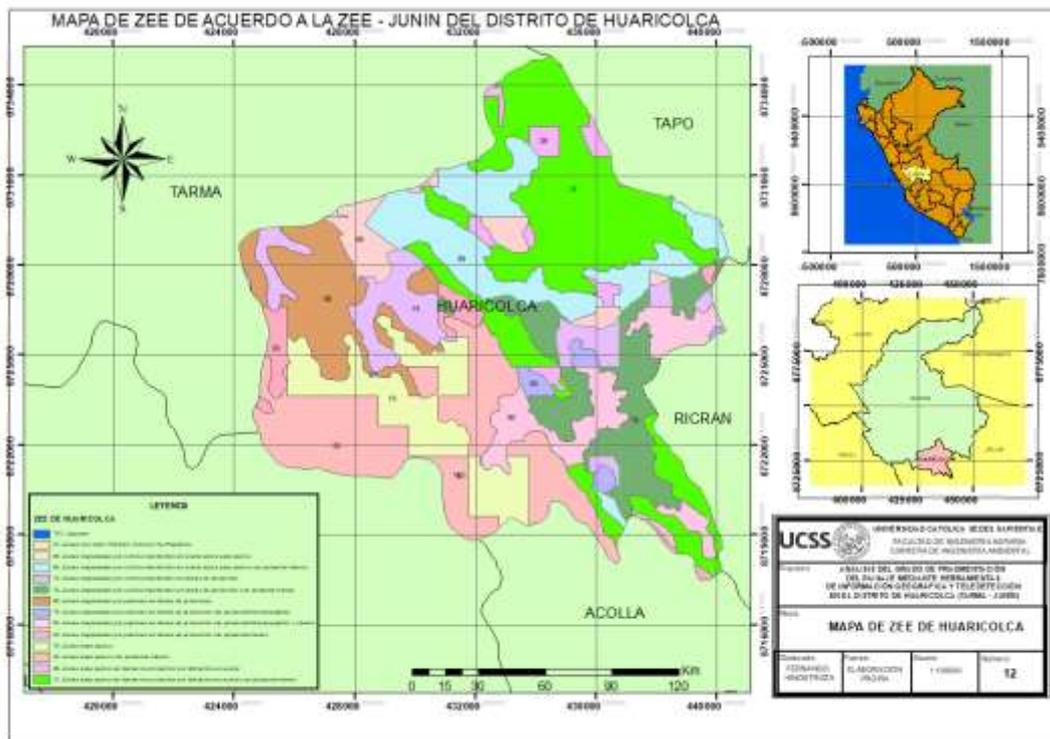
Fuente: Elaboración propia con base en memoria descriptiva del uso actual de tierras de la ZEE-Junín (2015).

Apéndice 7. Mapa zonas de vida de Huaricolca



Fuente: Elaboración propia con base en el estudio climático y zonas de vida de la ZEE-Junín (2015).

Apéndice 8. Mapa de la Zonificación ecológica y económica de Huaricolca



Fuente: Elaboración propia con base en la ZEE-Junín (2015).

## Apéndice 9. Información obtenida de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE)

El mapa y memoria descriptiva del estudio de suelos y capacidad de uso mayor de la región Junín arrojó que Huaricolca tiene 3 de las 45 unidades de suelos, con 5 clasificaciones de acuerdo con el uso mayor.

### *Capacidad de uso para Huaricolca*

Unidades	Símbolo	Descripción
Ústico: Subgrupo taxonómico caracterizado por tener un clima mediterráneo con inviernos fríos y cálidos veranos que generan sequías prolongadas. El periodo de lluvias coincide con el verano, causando máxima evapotranspiraciones.	P3se-Xse	Tierras aptas para pastos con calidad agrológica baja, limitada por suelo y erosión. Tierras de protección, limitada en suelo y erosión.
Críco: Subgrupo taxonómico que tiene como características suelos congelados con materiales orgánicos y minerales.	P3sec	Tierras aptas para pastos con calidad agrológica baja, limitada por suelo, erosión y clima.
	P3sec-Xsec	Tierras aptas para pastos con calidad agrológica baja, limitada por suelo, erosión y clima. Tierras de protección, limitada en suelo, erosión y clima.
Údico: Subgrupo taxonómico caracterizado por lluvias acumulativas distribuidas por largos periodos.	Xsec	Tierras de protección, limitada en suelo, erosión y clima.
	Xw	Lagunas.

*Fuente:* Elaboración propia con base en ZEE de la región Junín (2015).

El mapa y memoria descriptiva de la indagación de la cobertura vegetal de la región Junín tiene 29 coberturas y Huaricolca presenta 4 de estas.

### *Cobertura vegetal para Huaricolca*

Cobertura	Vegetación	Descripción
Área agrícola	Cultivos	Zonas ubicadas en llanuras o andenerías donde se cultivan varios productos.
Herbazal	Herbazal erguido y matorral andino. Húmedo de colinas, laderas y cimas de montaña y planicie	Herbazales compuestos por pajonal andino ( <i>Festucas, Stipa y Calamagrostis</i> ) y especies que viven en relación a cuerpos de agua como totorales y juncales ( <i>Thypa sp.</i> ). Los matorrales formados por especies del mismo nombre.
Herbazal	Herbazal rastrero andino húmedo de colinas y laderas y cimas de montaña	Constituidos por especies de poáceas que crecen a ras de suelo ( <i>Distichia sp.</i> ).
Sin vegetación	Área altoandina con escasa o sin vegetación	Formaciones con nula o sin ninguna vegetación, con pronunciada pendiente y erosión como factor de formación.
Lago y lagunas	Laguna	Cuerpos de agua de pequeñas dimensiones.

*Fuente:* Elaboración propia con base en ZEE de la región Junín (2015).

El mapa y memoria descriptiva del estudio de la fisiografía de la región Junín tiene 51 elementos de paisaje y Huaricolca presenta 7 de ellas.

### *Estudio de fisiografía para Huaricolca*

Paisaje	Subpaisaje	Elementos del paisaje
Colinas	Colinas altas	Laderas de colinas altas empinadas  Laderas de colinas altas extremadamente empinadas Laderas de colinas altas muy empinadas
	Colinas medias	Colinas medias moderadamente empinadas
Laderas y cimas de montaña	Cimas de laderas y cimas de montaña	Cimas de laderas y cimas de montaña moderadamente empinadas

Continuación:

Paisaje	Subpaisaje	Elementos del paisaje
	Laderas de laderas y cimas de montaña	Laderas de laderas y cimas de montaña empinadas
Laguna	Laguna	Laguna

*Fuente:* Elaboración propia con base en ZEE de la región Junín (2015)

El mapa y memoria descriptiva de la investigación de la geología de la región Junín tiene 100 unidades de estratos, Huaricolca posee 9 de estas.

*Estudio de geología para Huaricolca*

Simbología	Descripción	Era	Tipo de roca	Litología
Cs-ta	Gpo. Tarma	Paleozoico	Sedimentaria	Lutitas y calizas silicias
CsPi-co	Gpo. Copacabana			Calizas, lutitas, areniscas
Ji-a	Fm. Aramachay	Mesozoico		Calizas, limoarcillitas
Ji-c	Fm. Condorsinga			Calizas
L	Laguna	No Aplica	No Aplica	No Aplica
N-indf	Cuerpos subvolcánicos indiferenciado	Cenozoico	Intrusivas	Indiferenciado
PSTi-m	Gpo. Mitu	Paleozoico Mesozoico	Volcánica- Sedimentaria	Conglomerados, areniscas, lutitas, andesitas
SD-e	Gpo. Excelsior	Paleozoico	Metamórfica	Pizarras, Esquistos, Cuarcita
Trs-ch	Fm. Chambara	Mesozoico	Sedimentaria	Calizas, silicificadas, areniscas y lutitas

*Fuente:* Elaboración propia con base en ZEE de la región Junín (2015).

El mapa y memoria descriptiva del análisis del suelo de la región Junín tiene 45 unidades de suelo, Huaricolca presenta 7 de ellas.

*Estudio de suelos para Huaricolca*

Nombre	Símbolo	Taxonomía del suelo	Profundidad	Textura
Lagunas	Lag	Lagunas	No utilizado	No utilizado
Pomacancha	Pm	<i>Lithic Calcicryolls</i>	Superficial	Franco arenosos
Santa Rosa-Huaytapallana	SR-Hp	<i>Typic Cryorthents-Lithic Cryorthents</i>	Moderadamente profundo Superficial	Franco arenosos- Arenosa
Santa Rosa-Huaytapallana	SR-Hp	<i>Typic Cryorthents-Lithic Cryorthents</i>	Moderadamente profundo Superficial	Franco arenosos- Arenosa
Santa Rosa-Huaytapallana	SR-Hp	<i>Typic Cryorthents-Lithic Cryorthents</i>	Moderadamente profundo Superficial	Franco arenosos – Arenosa
Acobamba-Canchayllo	Ab-CII	<i>Typic Ustorthents-Lithic Calcustepts</i>	Profundo Superficial	Franco arcillo arenoso
Santa Rosa Virgen de las Nieves	SR-VN	<i>Typic Cryorthents-Typic Haplocryepts</i>	Moderadamente profundo Superficial	Franco arenosos –

Fuente: Elaboración propia con base en ZEE de la región Junín (2015)

El mapa y memoria descriptiva de a zonificación ecológica y económica de la región Junín tiene 101 diferenciaciones (UGI), Huaricolca presenta 15 de estas.

*Estudio de uso actual de suelos para Huaricolca*

ZEE grande	Unidades (UGI)
Zonas de recuperación	Tierras degradadas por cultivos transitorios en suelos aptos para pastos. Tierras degradadas con potencial minero. Tierras degradadas por cultivos transitorios en tierras de protección.

Continuación:

ZEE grande	Unidades (UGI)
Zonas de recuperación	<p>Tierras degradadas por cultivos transitorios en tierras de protección con potencial minero.</p> <p>Tierras degradadas por pastoreo en tierras de protección con potencial hidroenergético.</p> <p>Tierras degradadas por pastoreo en tierras de protección con potencial hidroenergético y minero.</p> <p>Tierras degradadas por pastoreo en tierras de protección con potencial minero.</p> <p>Tierras degradadas por pastoreo en tierras de protección.</p> <p>Tierras degradadas por cultivos transitorios en suelos aptos para pastos.</p>
Zonas de tratamiento especial	Zonas con valor histórico cultural prehispánico.
Zonas productivas	<p>Lagunas.</p> <p>Zonas para pastos.</p> <p>Zonas para pastos con potencial minero.</p> <p>Zonas para pastos en tierras de protección por limitación en suelos.</p> <p>Zonas para pastos en tierras de protección por limitación en suelos con potencial minero.</p>

*Fuente:* Elaboración propia con base en ZEE de la región Junín (2015)

El mapa y memoria descriptiva del estudio de zonas de vida para la región Junín tiene 23 zonas de vida, Huaricolca posee 3 de estas.

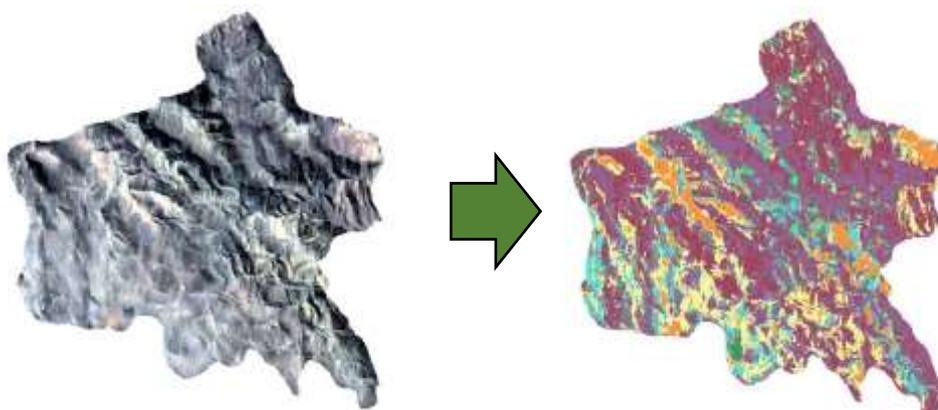
#### *Estudio de zonas de vida para Huaricolca*

Símbolo	Descripción	Altitud
Ph - sat	Páramo húmedo subalpino tropical	4000-4500
E - mt	Estepa montano tropical	3000-4000
Bh - mt	Bosque húmedo montano tropical	3000-4000

*Fuente:* Elaboración propia con base en ZEE de la región Junín (2015).

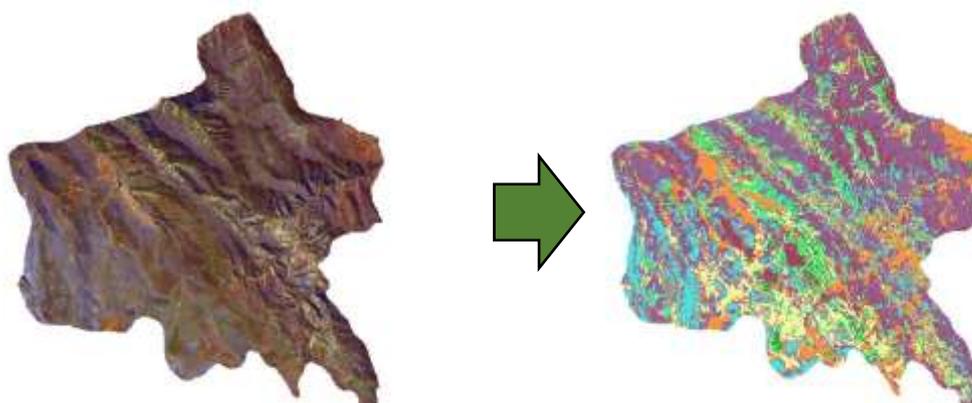
Apéndice 10. Procesamiento del mosaico de Huaricolca en los años 2009, 2014 y 2019

Mosaico de Huaricolca y unidades del paisaje del 2009



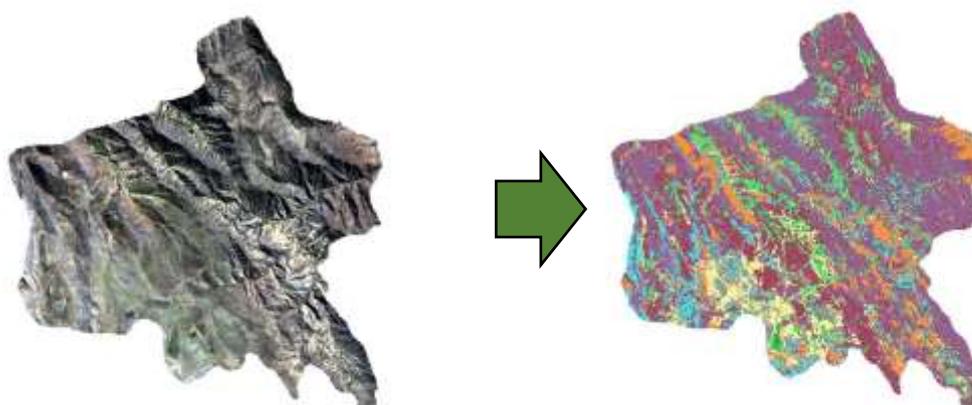
*Fuente:* Elaboración propia.

Mosaico de Huaricolca y unidades del paisaje del 2014



*Fuente:* Elaboración propia.

Mosaico de Huaricolca y unidades del paisaje del 2019



*Fuente:* Elaboración propia.

Apéndice 11. Puntos georreferenciados de la malla aleatoria para las imágenes Landsat

Número	2009		2014		2019	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	430115	8726416	425738	8721693	432751	8727878
2	431504	8719369	436412	8722135	425406	8729096
3	434778	8728822	425679	8725775	435786	8724246
4	425510	8727667	437642	8719954	437842	8724358
5	432988	8728698	432991	8723943	432560	8721357
6	426582	8725837	430494	8725201	428873	8724144
7	427630	8725110	434754	8723964	427386	8721261
8	432336	8719698	434003	8728729	432622	8723124
9	429535	8725457	430525	8722284	433431	8725898
10	430228	8723008	424930	8727014	436705	8724690
11	424679	8728198	424976	8727555	433726	8732195
12	432111	8723027	433566	8725856	428741	8728800
13	433676	8728319	431174	8720603	425796	8722365
14	431183	8727306	428765	8728334	425788	8725838
15	438436	8719145	437498	8722127	437053	8728028
16	433870	8731734	431496	8722478	436537	8725069
17	426603	8729247	430343	8726261	435762	8719858
18	433901	8734408	432777	8732239	436989	8726132
19	437608	8728704	428427	8722741	427704	8729038
20	435240	8726544	431080	8724771	431762	8720493
21	434548	8721624	433597	8720965	439238	8727701
22	429611	8729618	432905	8727071	427137	8725714
23	436585	8730740	429669	8730181	435425	8720713
24	432607	8719423	432463	8727585	433382	8724978
25	427454	8723792	430063	8721906	435171	8722510
26	425859	8725860	426971	8727141	433752	8723028
27	433398	8723432	429394	8728454	427501	8726994
28	432539	8725629	434535	8730527	433496	8733055
29	435597	8722943	427288	8723658	428000	8727576
30	428483	8727354	435826	8725359	438039	8720473
31	439233	8719820	431333	8729378	430154	8727197

Continuación:

Número	2009		2014		2019	
	X	Y	X	Y	X	Y
32	430598	8727266	429267	8728199	436131	8729744
33	437224	8728475	432203	8723569	431689	8724093
34	436844	8721747	439230	8719201	433896	8727181
35	436400	8721173	436709	8719603	432235	8726114
36	429623	8728893	427366	8724784	431566	8727766
37	436531	8724531	432638	8719708	425871	8727243
38	437717	8719810	438646	8727591	426558	8721549
39	432960	8730236	430775	8722842	437164	8721180
40	436773	8725077	439537	8726188	432913	8733592
41	430182	8724765	431698	8719188	430393	8725728
42	430231	8730328	437327	8720546	429872	8726151
43	425213	8728519	427717	8723522	436666	8718947
44	433891	8721374	426480	8722186	437897	8729774
45	438461	8728293	435253	8723612	433672	8725361
46	433145	8726029	437081	8719864	427698	8726981
47	433816	8722941	434931	8726275	430278	8722891
48	429955	8728855	427406	8726654	438838	8718532
49	435543	8725430	433612	8724039	438057	8719523
50	430827	8721772	436139	8728873	427437	8729708
51	439082	8728656	428715	8724574	437916	8721079
52	433048	8725058	427145	8722031	430723	8721451
53	430796	8730325	424648	8727648	434679	8726499
54	427119	8724430	438099	8720757	431208	8730696
55	431982	8730552	436064	8722738	431662	8727709
56	427438	8722961	433830	8726035	434999	8722907
57	434009	8734522	435475	8726033	436616	8719873
58	434662	8721227	425896	8724318	434639	8724751
59	425774	8723168	433918	8721637	432878	8723320
60	439800	8718143	435786	8721621	430929	8724787
61	435531	8730911	429316	8723717	427047	8723844
62	430715	8723957	428522	8730021	431938	8719925
63	436040	8721825	435811	8731841	437617	8727368
64	429478	8724516	426733	8726440	426593	8727316

Continuación:

Número	2009		2014		2019	
	X	Y	X	Y	X	Y
65	428814	8721166	429414	8721310	430384	8726865
66	430955	8730660	433413	8733636	438995	8719386
67	434927	8731835	436643	8729376	438841	8727670
68	433223	8731907	434364	8720552	433467	8727235
69	427953	8729188	436015	8720552	425945	8722664
70	433373	8722113	436495	8726168	425868	8725950
71	433929	8724185	426036	8727840	427234	8724301
72	428370	8721874	432771	8730844	426290	8725208
73	436971	8724965	431793	8724680	431771	8723997
74	430664	8728135	437214	8725643	436372	8726963
75	435361	8722447	424685	8728290	432436	8726814
76	429270	8727128	434779	8721573	428540	8728941
77	429454	8725454	428989	8722551	435837	8720396
78	434089	8728568	431230	8724612	431385	8730410
79	434466	8723741	429056	8721976	431282	8723575
80	426202	8729169	434273	8727295	427160	8728020
81	433754	8731496	430208	8723319	434361	8730061
82	431708	8725807	431188	8725564	439320	8729430
83	430462	8727395	427753	8725535	431367	8730181
84	425361	8723912	425446	8722443	436299	8729988
85	437136	8728381	436030	8728091	434787	8731505
86	435058	8730421	439384	8719249	426763	8721469
87	433411	8732171	426074	8723554	436195	8723666
88	426883	8722674	430247	8729545	434220	8729891
89	426942	8727246	427129	8729462	435445	8721663
90	433967	8721540	433956	8732779	432947	8726134
91	434670	8722802	436940	8728776	433952	8733609
92	426820	8725225	437505	8730014	440007	8717836
93	437654	8725559	427995	8726055	439650	8728291
94	436695	8722886	434001	8732070	433864	8734034
95	438529	8721528	427942	8729241	425250	8722923
96	426697	8727846	434865	8727249	434611	8727891
97	433728	8728707	427668	8726336	436230	8721004

Continuación:

Número	2009		2014		2019	
	X	Y	X	Y	X	Y
98	428464	8729125	428365	8727988	436128	8724829
99	432011	8723259	437800	8722948	438386	8719722
100	433307	8729678	436461	8727872	426127	8723007
101	436058	8723182	433674	8732663	436102	8727455

Fuente: Elaboración propia

## Apéndice 12. Tablas de confusión del año 2009

### Resumen de procesamiento de casos

#### QGIS Y Google Earth Pro Casos

Válido		Perdido		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
101	100.0 %	0	0.0 %	101	100.0 %

#### Tabla cruzada QGIS y Google Earth Pro

		Google Earth						
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	
QGIS	1.00	Recuento	13	0	1	0	1	0
		% del total	12.9 %	0.0 %	1.0 %	0.0 %	1.0 %	0.0 %
	2.00	Recuento	0	1	0	0	0	0
		% del total	0.0 %	1.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
	3.00	Recuento	0	0	6	0	0	0
		% del total	0.0 %	0.0 %	5.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
	4.00	Recuento	0	0	1	8	0	1
		% del total	0.0 %	0.0 %	1.0 %	7.9 %	0.0 %	1.0 %

Continuación:

Tabla cruzada QGIS y Google Earth Pro							
5.00	Recuento	0	0	1	2	34	0
	% del total	0.0 %	0.0 %	1.0 %	2.0 %	33.7 %	0.0 %
6.00	Recuento	0	0	0	0	2	18
	% del total	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	2.0 %	17.8 %
7.00	Recuento	0	0	0	1	0	0
	% del total	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.0 %	0.0 %	0.0 %
Total	Recuento	13	1	9	11	37	19
	% del total	12.9 %	1.0 %	8.9 %	10.9 %	36.6 %	18.8 %

Medidas simétricas

	Valor	Error estándar	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Medida de Kappa de acuerdo	782	.047	16.137	.000
N de casos válidos	101			

Fuente: Elaboración propia

Apéndice 13. Tablas de confusión del año 2014

Resumen de procesamiento de casos						
QGIS y Google Earth	Casos Válido		Perdido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
	101	100%	0	0.0 %	101	100.0 %

Continuación:

		Tabla cruzada QGIS y Google Earth						
		Google Earth Pro						
		1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	
QGIS	1.00	Recuento	12	0	2	0	0	0
		% del total	11.9 %	0.0 %	2.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
	2.00	Recuento	0	8	0	0	1	0
		% del total	0.0 %	7.9 %	0.0 %	0.0 %	1.0 %	0.0 %
	3.00	Recuento	0	0	18	0	0	0
		% del total	0.0 %	0.0 %	17.8 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
	4.00	Recuento	0	0	0	2	0	0
		% del total	0.0 %	0.0 %	0.0 %	2.0 %	0.0 %	0.0 %
	5.00	Recuento	0	0	0	0	9	1
		% del total	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	8.9 %	1.0 %
	6.00	Recuento	2	0	0	0	0	0
		% del total	2.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
	7.00	Recuento	0	0	0	0	0	0
		% del total	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
	8.00	Recuento	2	0	0	0	1	0
		% del total	2.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.0 %	0.0 %
	9.00	Recuento	0	0	0	0	0	0
		% del total	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
Total		Recuento	16	8	20	2	11	1
		% del total	15.8 %	7.9 %	19.8 %	2.0 %	10.9 %	1.0 %

Continuación:

		Medidas simétricas				
		Valor	Error asintótico <sup>a</sup>	estándar	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Medida de Kappa	de acuerdo	.880	.036		20.464	.000
N de casos válidos		101				

Fuente: Elaboración propia

#### Apéndice 14. Tablas de confusión del año 2019

Resumen de procesamiento de casos						
QGIS y Google Earth Pro	Casos Válido		Perdido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
	101	100.0 %	0	0.0 %	101	100.0 %

#### Tabla cruzada QGIS\*Google Earth

		Google Earth						
		2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	
QGIS	2.00	Recuento	8	0	0	0	1	1
		% del total	7.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.0 %	1.0 %
	3.00	Recuento	1	15	0	0	0	0
		% del total	1.0 %	14.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
	4.00	Recuento	0	0	7	0	0	1
		% del total	0.0 %	0.0 %	6.9 %	0.0 %	0.0 %	1.0 %
	5.00	Recuento	0	0	0	5	0	1
		% del total	0.0 %	0.0 %	0.0 %	5.0 %	0.0 %	1.0 %

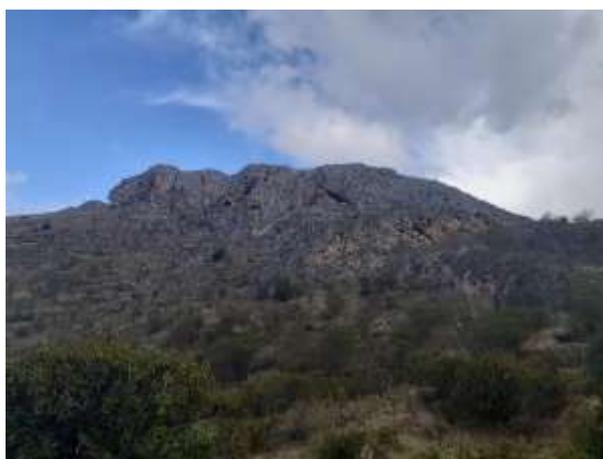
Continuación:

Tabla cruzada QGIS*Google Earth							
6.00	Recuento	0	1	0	0	7	0
	% del total	0.0 %	1.0 %	0.0 %	0.0 %	6.9 %	0.0 %
7.00	Recuento	0	0	0	0	1	24
	% del total	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.0 %	23.8 %
9.00	Recuento	1	0	0	0	1	2
	% del total	1.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	1.0 %	2.0 %
Total	Recuento	10	16	7	5	10	29
	% del total	9.9 %	15.8 %	6.9 %	5.0 %	9.9 %	28.7 %

Medidas simétricas					
	Valor	Error asintótico <sup>a</sup>	estándar	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Medida de Kappa acuerdo	.854	.039		18.757	.000
N de casos válidos	101				

Fuente: Elaboración propia

## Apéndice 15. Registro fotográfico de las salidas de campo



**Imagen 1.** Paisaje mixto



**Imagen 2.** Instrumentos usados en las salidas de campo



**Imagen 3.** Animales pastando y suelos cultivados



**Imagen 4.** Bofedal y pastos naturales



**Imagen 5.** Cultivos en faldas de los roquedales



**Imagen 6.** Suelos sometidos a quemas



**Imagen 7.** Predominio de la fisiografía andina



**Imagen 8.** Cultivos estacionales



**Imagen 9.** Paisaje mixto



**Imagen 10.** Roquedales y pajonal andino



**Imagen 11.** Apertura de caminos



**Imagen 12.** Bosques de especies endémicas



**Imagen 13.** Suelos de cultivos en descanso



**Imagen 14.** Zonas erosionadas



**Imagen 15.** Cultivos que reemplazan al pajonal andino



**Imagen 16.** Frontera agrícola en expansión

Apéndice 16. Categorización y denominación de las unidades de paisaje en los documentos temáticos

Ítem	Unidades de paisaje	Propuesta de leyenda de cobertura de la tierra - Perú	Mapa nacional de cobertura vegetal	ZEE del departamento de Junín
1	Afloramientos rocosos	Afloramientos rocosos	No presenta	Afloramiento rocoso
2	Pajonal andino	Herbazal	Pajonal andino	Herbazal
3	Laderas y cimas de montaña	Glaciares	Glaciar	Laderas y Cimas de montaña
4	Bofedal	Turberas y bofedales	Bofedal	Bofedal
5	Agricultura andina y plantaciones forestales	Áreas agrícolas Bosques plantados	Agricultura andina Plantación forestal	Cultivos Bosque
6	Área altoandina con escasa o sin vegetación	Tierras desnudas	Área altoandina con escasa y sin vegetación	Suelos desnudos
7	Tierras degradadas	Tierras degradadas	No presenta	Áreas intervenidas
8	Red vial y terrenos asociados	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	No presenta	Carreteras
9	Tejido urbano	Tejido urbano	Área urbana	Centros poblados

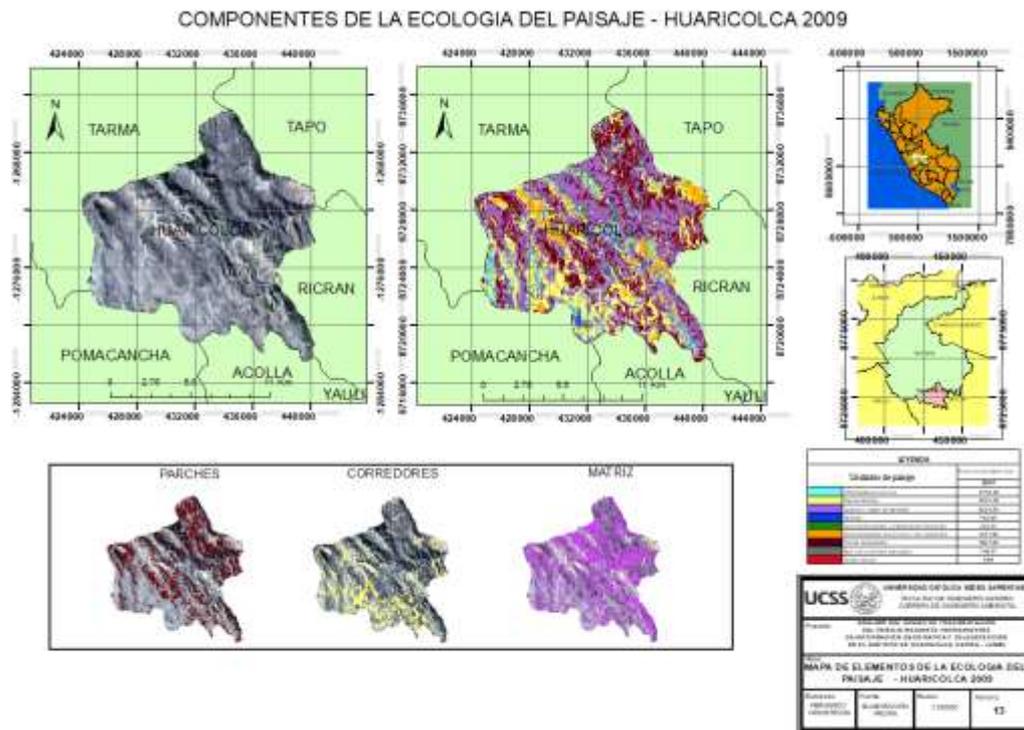
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 17. Categorías y grupos de las unidades de paisaje

1	1. Bosques y áreas mayormente naturales
	1.1. Áreas sin o con poca vegetación
	1.1.1. Afloramientos rocosos
2	2. Bosques y áreas mayormente naturales
	2.1. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo
	2.1.1. Pajonal andino
3	3. Bosques y áreas mayormente naturales
	3.1. Áreas sin o con poca vegetación
	3.1.1. Laderas y cimas de montaña
4	4. Áreas
	4.1. Áreas húmedas continentales (Herbazales)
	4.1.1. Bofedal
5	5. Unidades antrópicas de cobertura vegetal
	5.1. Áreas agrícolas heterogéneas
	5.1.1. Agricultura andina
	5.2. Bosques plantados
	5.2.1. Plantaciones forestales
6	6. Bosques y áreas mayormente naturales
	6.1. Áreas sin o con poca vegetación
	6.1.1. Área altoandina con escasa o sin vegetación
7	7. Bosques y áreas mayormente naturales
	7.1. Áreas sin o con poca vegetación
	7.1.1. Tierras degradadas
8	8. Áreas Artificializadas
	8.1. Áreas industriales e infraestructura
	8.1.1. Red vial y terrenos asociados
9	9. Áreas Artificializadas
	9.1. Áreas urbanizadas
	9.1.1. Tejido urbano

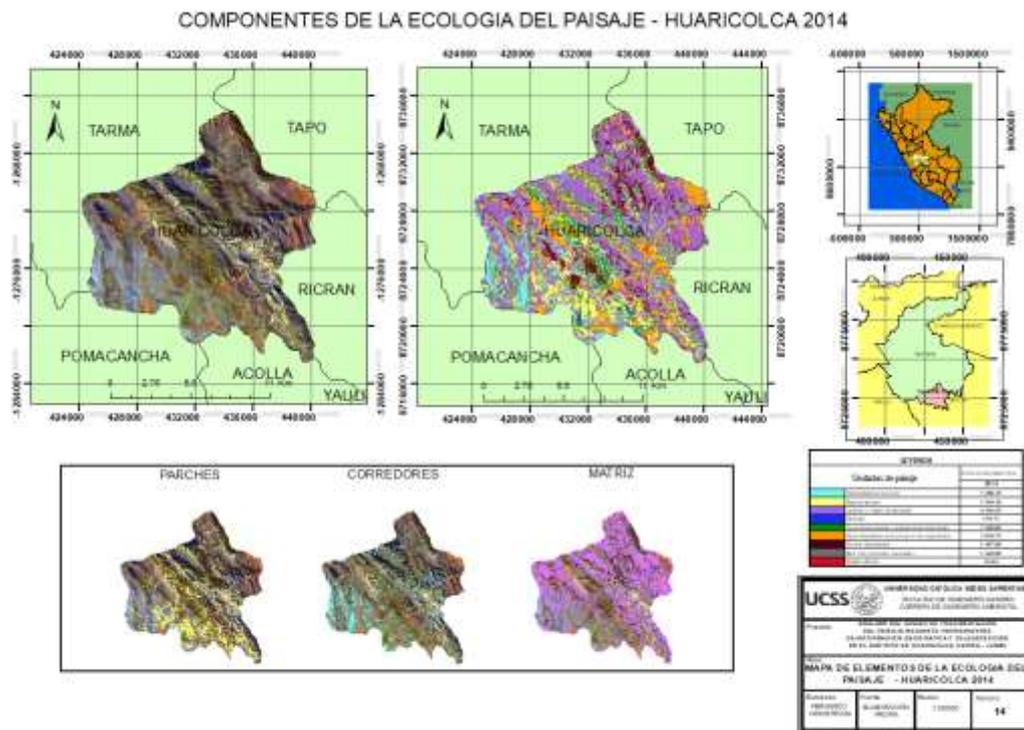
Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 18. Componentes de la ecología del paisaje 2009



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 19. Componentes de la ecología del paisaje 2014



Fuente: Elaboración propia.

