



# Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 153-2023-FCA/UNACH

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que el Informe Final de Tesis Titulado. “**Análisis de la cobertura y usos de la tierra en el periodo 2000-2020 del distrito de Chalamarca-Chota-Perú**”; desarrollado por el **Bach. Eduar Nann Lumba Huamán** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesor: M. Sc. Duberlí Geomar Elera Gonzáles** y **coasesor: Ing. Deyner Tarrillo Cieza**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 25%** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 15 de setiembre de 2023.

Atentamente

Dra. Doris Elena Delgado Tapia  
Directora de la Unidad de Investigación  
de la Facultad de Ciencias Agrarias

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.repositorio.unach.edu.pe">www.repositorio.unach.edu.pe</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
4	<a href="http://repositorio.unach.edu.pe">repositorio.unach.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Francisco de Vitoria Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="http://www.repositorio.unasam.edu.pe">www.repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

# World Congress: Forest Research and Cooperation for Sustainable, 2019

Publicación

74

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL**



**Análisis de la cobertura y usos de la tierra en el periodo 2000-2020 del distrito de  
Chalamarca-Chota-Perú.**

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

**AUTOR**

Bach. Eduar Nann Lumba Huamán

**ASESOR**

M.Sc. Duberlí Geomar Elera Gonzáles

**COASESOR**

Ing. Deyner Tarrillo Cieza

**CHOTA – PERÚ**

**JULIO, 2023**

# ACTA DE SUSTENTACIÓN

## Anexo 01:

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 026-2023/EPIFA - FCA/UNACH

Siendo las 16 horas, del día 23 de agosto de 2023, nos reunimos en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, los miembros del Jurado de Tesis titulada: “Análisis de la cobertura y usos de la tierra en el periodo 2000-2020 del distrito de Chalamarca – Chota - Perú”, designado mediante Resolución de Coordinación N° 318-2023-FCA/UNACH de fecha 14 de agosto de 2023, integrado por:

1. Dra. Azucena Chávez Collantes                      Presidente
2. M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito                Secretario
3. Dr. Alfonso Sánchez Rojas                         Vocal

Sustentada por el Bach. Eduar Nann Lumba Huamán, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, se acuerda aprobar la tesis, calificándola con la nota de: 17 (Diecisiete), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título de Ingeniero Forestal y Ambiental.

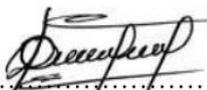
Firmado en: Colpa Matara, 23 de agosto del 2023.

  
.....  
Dra. Azucena Chávez Collantes  
Presidente

  
.....  
M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito  
Secretario

  
.....  
M.Sc. Alfonso Sánchez Rojas  
Vocal

  
.....  
M. Sc. Duberli Geomar Elera Gonzáles  
Asesor

  
.....  
Ing. Deyner Tarrillo Cieza  
Coasesor

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme vivir y alcanzar mis metas, incluida mi preparación profesional.

A mis padres, Eduardo Lumba Chuquimango y Silvia Aurora Huamán Acuña, quienes son mi inspiración y apoyo inquebrantable a través de sus acciones, me demuestran que un obstáculo no es impedimento para lograr lo que uno se propone. Comparto este logro con ustedes, honrando sus esfuerzos.

A mis hermanos, Noemi Elita, Lenin Omar, Fanny Editha y mi sobrino James Smith por estar siempre a mi lado y la motivación para ser mejor cada día.

A todos mis amigos, que desempeñan un papel crucial en mi vida. Agradezco por su presencia tanto en las partes buenas como en las difíciles de este viaje hacia el desarrollo profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todopoderoso por ayudarme a avanzar en mi trabajo y por darme fuerza de voluntad para completar mi objetivo.

A la UNACH y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, en cuyos claustros me cobijaron durante mi desarrollo académico y profesional.

A mi asesor M.Sc. Duberlí Geomar Elera Gonzáles y mi Coasesor Ing. Deyner Tarrillo Cieza, por compartir sus invaluable enseñanzas y dedicarme tiempo, profesionalismo para lograr este trabajo de investigación.

Al Ing. Yolmer Mírez Rubio por el apoyo en la ejecución de la investigación. Para terminar, quiero agradecer a todos mis profesores, compañeros y amigos por su ayuda para llevar a cabo mi trabajo de investigación de tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. Planteamiento del problema .....	11
1.2. Formulación del problema .....	11
1.3. Justificación de la investigación .....	12
1.4. Objetivos .....	12
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	12
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	13
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	14
2.1. Antecedentes .....	14
2.2. Bases teórico-científicas .....	17
2.2.1. <i>Cambios del uso de la tierra</i> .....	17
2.2.2. <i>Herramientas para identificar la cobertura de la tierra</i> .....	17
2.3. Definición de conceptos .....	25
2.3.1. <i>Teledetección</i> .....	25
2.3.2. <i>Imágenes satelitales</i> .....	25
2.3.3. <i>Análisis multitemporal</i> .....	25
2.3.4. <i>Tierra</i> .....	26
2.3.5. <i>Suelo</i> .....	26
2.3.6. <i>Actividades antrópicas</i> .....	26
2.3.7. <i>Vegetación riparia</i> .....	26
2.4. Hipótesis .....	26
2.4.1. <i>Formulación de la hipótesis</i> .....	26
2.5. Variables e indicadores .....	26
2.5.1. <i>Variables independientes</i> .....	26
2.5.2. <i>Variables dependientes</i> .....	27
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....	28
3.1. Tipo y nivel de investigación .....	28

3.2. Diseño de la investigación .....	28
3.3. Métodos de investigación .....	28
3.4. Población, muestra y muestreo .....	30
3.4.1. Población .....	30
3.4.2. Muestra .....	30
3.4.3. Muestreo .....	31
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	31
3.5.1. Técnicas de recolección de datos .....	31
3.5.2. Instrumentos para la recolección de datos .....	31
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	31
3.6.1. Procesamiento.....	31
3.6.2. Presentación.....	31
3.6.3. Análisis e interpretación .....	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. Descripción de resultados.....	34
4.1.1 Identificación de coberturas .....	34
4.2. Análisis de la cobertura y uso de la tierra ocurrido en el periodo 2000 – 2020 ..	39
4.2.1. Cobertura y uso de la tierra año 2000 .....	39
4.2.2 Cobertura y uso de la tierra año 2020 .....	46
4.3. Análisis del cambio de la cobertura de la tierra .....	53
4.3.1. Cambio y no cambio de uso de la tierra periodo 2000-2020 .....	53
4.4. Análisis de la transición de la cobertura y uso de la tierra periodo 2003-2019 ..	57
4.4.1. Análisis de los cambios por cada cobertura .....	57
4.5. Contrastación de hipótesis .....	61
4.6. Discusión de resultados .....	61
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS .....	66
CAPÍTULO VII. ANEXOS .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Características del Satélite Landsat 5 .....	20
Tabla 2 Características del Satélite Landsat 8 .....	21
Tabla 3 Valoración del coeficiente Kappa .....	25
Tabla 4 Operacionalización de variables .....	27
Tabla 5 Categorías de coberturas identificadas para el distrito de Chalamarca .....	34
Tabla 6 Clasificación de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Chalamarca para el año 2000 .....	43
Tabla 7 Matriz de confusión sobre la clasificación de la imagen satelital del año 2020 ..	48
Tabla 8 Clasificación de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Chalamarca para el año 2020 .....	50
Tabla 9 Ganancia y pérdida de la cobertura de la tierra en ha periodo 2000-2022 .....	54
Tabla 10 Transición de la cobertura y uso de la tierra periodo 2000-2020 .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Espectro electromagnético .....	19
<b>Figura 2</b> Firmas espectrales tipo de algunos elementos habituales .....	19
<b>Figura 3</b> Esquema metodológico .....	33
<b>Figura 4</b> Tejido Urbano Continúo de la ciudad del distrito de Chalamarca .....	35
<b>Figura 5</b> Áreas con cultivos transitorios ubicados en la comunidad del Nogal .....	35
<b>Figura 6</b> Área de pastos del centro poblado la Libertad-Chalamarca .....	36
<b>Figura 7</b> Bosque plantado de Pinus patula .....	36
<b>Figura 8</b> Cobertura herbácea de ichu (Stipa ichu)- Bella Andina .....	37
<b>Figura 9</b> Vegetación arbustiva- Rosas pampa,Chalamarca .....	37
<b>Figura 10</b> Afloramiento rocos Cerro de Huasmin- Lucmar-Chalamarca .....	38
<b>Figura 11</b> Tierras desnudas de la cantera de arena La Libertad .....	38
<b>Figura 12</b> Representación de la distribución porcentual de la cobertura año 2000 .....	44
<b>Figura 13</b> Mapa de cobertura y usos de la tierra para el año 2000 .....	45
<b>Figura 14</b> Representación de la distribución porcentual de la cobertura año 2020 .....	51
<b>Figura 15</b> Mapa de cobertura y usos de la tierra para el año 2020 .....	52
<b>Figura 16</b> Dinámica de la cobertura y uso de la tierra de los años 2000-2020 .....	53
<b>Figura 17</b> Ganancia y pérdida de la cobertura de la tierra periodo 2000-2020 .....	55
<b>Figura 18</b> Cambio y persistencia de la cobertura y usos de la tierra periodo 2000-2020 .....	56
<b>Figura 19</b> Cambio de la cobertura y usos de la tierra periodo 2000-2020 .....	58
<b>Figura 20</b> Cambios de la cobertura y uso de la tierra periodo 2000-2020 .....	60
<b>Figura 21</b> Casificación de imágenes satelitales .....	74
<b>Figura 22</b> Aplicación de filtros .....	74
<b>Figura 23</b> Aplicación de la función CLOUD_MASKS .....	75
<b>Figura 24</b> Recopilación de datos de entrenamiento .....	75
<b>Figura 25</b> Validación supervisada .....	79
<b>Figura 26</b> Supervisión del área urbana .....	79
<b>Figura 27</b> Cobertura de cultivos transitorios .....	80
<b>Figura 28</b> Cobertura de Pastos del distrito de Chalamarca .....	80
<b>Figura 29</b> Cobertura de bosques plantados del distrito de Chalamarca .....	81
<b>Figura 30</b> Cobertura de Vegetación herbazal del distrito de Chalamarca .....	81
<b>Figura 31</b> Área con cobertura de vegetación arbustal .....	82

## RESUMEN

En la investigación se planteó como objetivo analizar el cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca, durante el período 2000-2020. Se utilizó la metodología Corine Land Cover en los niveles I, II y III en la plataforma Google Earth Engine. Se identificó un cambio de cobertura y uso de la tierra de 9 571,58 ha, que representa el 53,82%; y sin cambio de 8 215,31 ha, que representa el 46,17%. También se clasificaron ocho tipos de cubierta vegetal: cultivos transitorios (CT), tejido urbano continuo (TUC), pastos (PA), bosque plantado (BP), vegetación herbácea (HER), vegetación arbustiva (AR), afloramientos rocosos (AFR) y tierra desnuda (TD). Las categorías que mostraron un mayor cambio fueron: bosques plantados (BP) 2 642,82 ha (14,85%), cultivos transitorios (CT) 848,05 ha (4,77%) y la categoría pastos (PA) 322,20 ha (1,81%). Además, las coberturas que disminuyeron en extensión fueron las categorías vegetación herbácea (HER) 2 943,94 ha (-16,50%) y arbustal 909,55 ha (-5,55%). La expansión de la frontera agrícola, el sobrepastoreo y la deforestación de bosques naturales y plantados son los factores que han influido en el cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca en el periodo 2000-2020. En conclusión, el cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca durante el periodo 2000-2020 alcanzó el 53,82%.

**Palabras clave:** Cambio de cobertura, Corine Land Cover, uso de la tierra, Google Earth Engine.

## ABSTRACT

The objective of the research was to analyze land cover and land use change in the district of Chalamarca, during the period 2000-2020. The Corine Land Cover methodology was used at levels I, II and III in the Google Earth Engine platform. A change in land cover and land use of 9 571,58 ha was identified, representing 53,82%; and no change of 8 215,31 ha, representing 46,17%. Eight land cover types were also classified: transient crops (CT), continuous urban fabric (TUC), pasture (PA), planted forest (BP), herbaceous vegetation (HER), shrubby vegetation (AR), rocky outcrops (AFR) and bare soil (TD). The categories that showed the greatest change were: planted forests (BP) 2 642,82 ha (14,85%), transient crops (TC) 848,05 ha (4,77%) and the pasture category (PA) 322,20 ha (1,81%). In addition, the coverages that decreased in extension were the categories herbaceous vegetation (HER) 2 943,94 ha (-16,50%) and shrubland 909,55 ha (-5,55%). The expansion of the agricultural frontier, overgrazing and deforestation of natural and planted forests are the factors that have influenced land cover and land use change in the district of Chalamarca in the period 2000-2020. In conclusion, land cover and land use change in the district of Chalamarca during the period 2000-2020 reached 53.82%.

**Key words:** Change of coverage, Corine Land Cover, land use, Google Earth Engine.

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Es primordial la protección de los recursos naturales para garantizar las funciones ambientales de sustentabilidad, conservación y restauración ecológica (Campos, 2018). Sin embargo, los malos hábitos humanos y la mala administración de los recursos incrementan la pérdida de cobertura de la superficie terrestre (Morales *et al.*, 2016).

Según Bernal (2021) los cambios en la cubierta vegetal (CCV) y el uso de la tierra (UT) es el producto de una dinámica complicada en la que intervienen diversos factores, como el tipo de vegetación, las interrelaciones ecológicas, el entorno físico, la actividad socioeconómica y el ámbito social. Por su parte Vásquez (2018), establece que el crecimiento de las ciudades provoca la pérdida de áreas naturales.

Vásquez *et al.* (2015) establecen que el Perú no es ajeno a estos cambios, pues las tasas de crecimiento urbano cada vez son mayores, ya que a nivel nacional se le da diferentes usos a la cobertura y suelo, como convertir bosques en cultivos, pastos, minería y asentamientos humanos. Además, se incluye la quema de vegetación antes de convertirla en pastos y cultivos. Como tal, estos subsectores representan principalmente la dinámica de las prácticas agrícolas, que se caracterizan por la ocupación y exhiben un uso rotativo de la tierra (Rojas, 2017).

Chalamarca, está ubicado en la región de Cajamarca perteneciente al territorio peruano, tiene riqueza en cuanto a flora y fauna, además, cuenta con valles interandinos producto de la cordillera de los andes; sin embargo, el desconocimiento y la deficiente administración de los recursos nativos afectan a la cobertura vegetal producto de las actividades antrópicas, causando degradación e inestabilidad en la actividad agrícola, forestal y ganadera. El área de estudio fue fuertemente influenciada por el desarrollo de proyectos forestales entre el 2000 a 2020, desarrollados por el gobierno regional y local, las plantaciones se incrementaron de manera significativa que han modificado la cobertura de la tierra; además, de la mejora de las actividades como pastoreo y la expansión agrícola.

### 1.2. Formulación del problema

¿Cuánto es la variación de la cobertura y usos de la tierra en el distrito de Chalamarca, durante el periodo 2000 al 2020?

### **1.3. Justificación de la investigación**

Con la investigación se proporciona información científica sobre la variabilidad temporal de la presión antrópica y la incompatibilidad ambiental del uso de la tierra que se acumula con el tiempo, deteriorando y alterando rápidamente los ecosistemas naturales, dando como resultado los CCV y UT (Rojas, 2018).

Se generaron datos del mundo real para verificar los cambios sufridos durante un período de tiempo de 20 años, que sirve como base para futuros trabajos de investigación para demostrar y cuantificar las áreas que sufrieron modificaciones en la cobertura (deforestación, degradación y la pérdida de biodiversidad).

Estos estudios apoyan tanto el conocimiento del proceso de deterioro como el desarrollo de políticas y claves en el mantenimiento, planificación y gestión eficiente de los recursos (Oriol, 2016).

Mediante la clasificación supervisada de imágenes satelitales se realizó la comparación de los cambios de cobertura vegetal del distrito de Chalamarca de los últimos 20 años. La investigación se fundamentó en estudios previos realizados tanto a nivel, nacional, internacional y local, donde esta problemática se ha generalizado, en que, los ecosistemas y la biodiversidad se han dinamizado producto de las actividades antrópicas que han generado una fuerte presión sobre la cobertura de la tierra. Además, los datos proporcionados serán base de información para el desarrollo de nuevas investigaciones que permita comparar la variación de la cobertura con la temporalidad. A nivel práctico se proporcionaron datos concretos se servirán para la toma de acciones de los sectores implicados.

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo general***

Analizar el cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca, durante el periodo 2000-2020.

#### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Realizar la clasificación supervisada de cobertura y uso de tierra mediante imágenes satelitales LANSAT en la plataforma de Google Earth Engine (GEE) del distrito de Chalamarca.
- Identificar los cambios de cobertura y usos de la tierra del distrito de Chalamarca en el periodo 2000- 2020.
- Analizar la dinámica de los cambios de cobertura y usos de la tierra del distrito de Chalamarca en el periodo 2000- 2020.
- Identificar los factores que han influenciado en el cambio de cobertura y usos de la tierra en el distrito de Chalamarca para el periodo 2000-2020.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Bernal (2021) en México, se planteó como comparar la pérdida de cobertura arbórea en el municipio de Cerrejón, utilizó datos de cobertura terrestre proporcionados por Google Earth Engine, USGS y NASA. Como resultados obtuvo que el uso, construcción y montaje de minas en 2017, aumentó en 0,86%, lo que provocó la pérdida de cobertura arbórea. Concluyó que se generó una pérdida y remoción de vegetación y mortalidad por minería entre 2001 y 2018 en tres municipios del departamento de la Guajira.

Babativa (2021) en su investigación realizada en Colombia, se planteó como objetivo realizar un análisis multitemporal del sistema de humedales en Villavicencio, realizó un análisis multitemporal para los periodos 2012, 2016 y 2020 con la metodología Corine Land Cover (CLC). Como resultados se obtuvo que las áreas naturales disminuyeron en 5%, el tejido urbano aumentó en 14,6%, las tierras desnudas y desgradadas aumentaron en 0,08%. Concluyó que se analizaron 294,91 ha y se clasificó en 12 tipos de cobertura, determinando que la presión antrópica provocó en gran parte el deterioro de la CV, hábitat y fragmentación progresiva del paisaje.

May *et al.* (2021) en su investigación realizada en México, se plantearon como objetivo analizar la zona de cultivos y cuerpos de agua, se analizaron las masas de agua mediante el análisis de índices radiométricos con imágenes Sentinel-2 en la temporada 2018-2020. Como resultados obtuvieron que los incrementos de cambios ocurrieron en la temporada de lluvias de 2018; concluyendo que el efecto se debe al cambio climático provocando cambios en los ciclos de siembra que reducen la obtención de alimentos.

Aldás (2019) en su investigación realizada en Ecuador, se planteó como objetivo analizar la dinámica temporal del NDVI en la Reserva Ecológica de Imbabura. Para el desarrollo de la investigación utilizó tres series temporales con imágenes Landsat OLI y TM, entre 1986 y 2017 usando Google Earth Engine. Como resultados obtuvo que la tierra agropecuaria se incrementó en 9,28%; la categoría herbazal en 8,81% y la categoría cuerpos de agua disminuyó en 0,24%. Concluyó que la deforestación fue severa y la pérdida de vegetación natural fue por actividad agrícola.

Palacios *et al.* (2020) en su estudio realizado en Iquitos, se plantearon como objetivo predecir la pérdida de CV por aumento de áreas urbanas, para el procesamiento de la metodología de datos del NDVI de imágenes Landsat de 1999 y 2018. Como resultados obtuvo que durante los años 1999-2018 se generó una pérdida de 318 ha y hasta 2029 se perderán 375 ha. Concluyeron que el Google Earth Engine, es una herramienta clave para analizar los cambios de cobertura.

Zumaeta (2019) en su investigación realizada en Amazonas, analizaron el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en la cuenca Yuyac, para el desarrollo de la investigación se utilizó imágenes del satélite Landsat y la plataforma Google Earth Engine. Como resultados obtuvieron que la cobertura boscosa generó una pérdida de 474,20 ha, la categoría herbazal disminuyó en 13,0 ha y el afloramiento rocoso se redujo en 7,80 ha. Concluyó que se identificaron seis clases de cobertura terrestre, revelando que la cobertura forestal perdió 592,40 ha, y se prevé una pérdida de 129,40 ha; para el año 2030 con una concentración extremadamente alta del 0,53% ,

Ochochoque (2017) en Madre de Dios, se planteó como objetivo aplicar la teledetección en el avance de la explotación minera, para el desarrollo de la investigación se utilizaron imágenes satelitales para el período 1990-2016 utilizando Google Earth Engine y el software ArcGIS. Como resultados obtuvo que 33 km<sup>2</sup> de bosque amazónico se perdieron durante el período de evaluación y en la matriz de confusión, logró un 95% de precisión. Concluyó que la minería ha generado modificaciones significativas en el uso de la tierra.

Tuesta (2018) en su investigación realizada en Madre de Dios, se planteó como objetivo analizar los cambios de cobertura para determinar las áreas deforestadas en los periodos 2004, 2011, 2016 y 2030, para el desarrollo de la investigación se emplearon imágenes satelitales Landsat 5 TM (2004 y 2011) y Landsat 8 OLI (2016). Como resultados obtuvo que para el 2004, 2011 y 2016 se perdieron 4 824,09; 12 260,08 y 17 063,72 ha y para el año 2030 se estima que se perderán 25 139,51 ha. Concluyendo que la identificación de áreas de cambio utilizando imágenes de contraste revela áreas de declive donde el cambio gradual aumentó en 7 767,78 ha, en 2004-2011 y en 5 123,71 hectáreas en 2011-2016.

Tarrillo *et al.* (2021) en su investigación realizada en Chota, se plantearon como objetivo analizar el CV y uso de la tierra por actividades antrópicas, para el desarrollo de la investigación se utilizaron imágenes satelitales Landsat, mediante la técnica CLC. Como resultados obtuvo que la categoría herbazal se generó una pérdida de 6,91%, afloramiento rocoso decreció en 0,06%, mientras que las categorías bosques plantados aumentó en 0,53% y los cultivos transitorios aumentaron en 10,94%. Llegaron a la conclusión de que el crecimiento demográfico ejerce presión sobre estas zonas, siendo así una clara tendencia para aumentar las zonas agrícolas y el crecimiento urbano, haciendo que estos factores son los responsables del cambio con un 25,36% de la cobertura en el distrito de Chota.

Rubio (2018) en su estudio realizado en Lajas, se planteó como objetivo analizar los CV y uso de la tierra para el periodo 1987-2002-2016. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron imágenes satelitales Landsat, mediante la técnica Corine Land Cover. Como resultados se obtuvo que la cobertura creciente se debe a una estructura urbana continua (25,46 ha), cultivos temporales (324,01 ha) y pastos (1 463,60 ha); asimismo, la cobertura del suelo del área perdida fue vegetación arbustal/herbácea (359,17 ha), arbustal (722,49 ha), herbazal (731,39 ha), y. Concluyendo que las actividades antrópicas ejercen presión negativa y reducen la vegetación natural.

Ñontol (2018) en su estudio realizado en Cajamarca, se planteó analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra en Asunción. Para el desarrollo de la investigación se utilizó imágenes satelitales y para la categorización se realizó mediante la metodología CLC. Como resultados se obtuvo que la mayor extensión alcanzado fue de 20,42 hectáreas de estructura urbana continua entre 2002 y 2017; 2 293,69 hectáreas de pastos; 4 476,52 ha de tierra agrícola; 494,44 ha de bosque; 7 013,66 ha de pastos; 6 546,96 ha de matorral; 620,94 ha de afloramiento rocoso y 2,22 ha de lagunas; en conclusión, se determinó que las actividades antrópicas modificaron la vegetación.

## **2.2. Bases teórico-científicas**

### **2.2.1. Cambios del uso de la tierra**

**2.2.1.1. Cobertura vegetal.** La vegetación es crucial en la planificación regional en la definición, mapeo y definición de unidades ecológicas, áreas de riesgo, soporte económico, actividad humana y su impacto en la formación y desarrollo del suelo (Briceño *et al.*, 2019)

**2.2.1.2. Uso de la tierra.** Según Nanni, *et al.* (2020) nos menciona que uso de la tierra afecta a la característica de la franja terrestre, incluida la gestión del balance de radiación del sistema superficie-atmósfera, así como los flujos de masa y energía.

**2.2.1.3. Cambio de cobertura y uso actual de los suelos.** Según Briceño *et al.* (2019) confirman que la transformación de los cultivo y vegetación es una referencia para el conocimiento de las trayectorias de desarrollo de varios procesos relacionados con la pérdida de bosques, la degradación y perturbación del hábitat, desertificación del suelo y la erosión que genera la pérdida de biodiversidad.

Estos procesos de transformación o cambios que experimenta la vegetación y el cultivo de una determinada zona o región se consideran la principal causa de la degradación ambiental en muchos países (Lieja *et al.*, 2021).

### **2.2.2. Herramientas para identificar la cobertura de la tierra**

**2.2.2.1. Teledetección .** Es la ciencia que incluye el conjunto de información y métodos para conocer sucesos u objetos distantes sin tocarlos realmente, permitiendo su análisis desde una perspectiva de aplicación específica (Ferrerías, 2014).

**2.2.2.2. Google Earth Engine.** Es una herramienta de computación en nube donde se puede acumular y procesar un conjunto de datos, para realizar un análisis en profundidad y la toma de decisiones. Google Earth Engine guardó los conjuntos de datos y los enlazo a la data base de computación en nube una vez que la serie Landsat estuvo disponible gratuitamente en 2008 para su utilización en código abierto (Zhao *et al.*, 2021).

En el repositorio de datos actual se incluyen imágenes de satélite, conjuntos de datos vectoriales basados en el (SIG), capas de datos sociológicos, demográficos, meteorológicos, de modelado digital de elevaciones y climáticos (Mutanga y Kumar, 2019).

El catálogo público GEE es una colección de datos geográficos que incluye más de 40 años de imágenes de satélite combinadas. El vasto almacén de datos, que contiene imágenes procedentes de una serie de sensores y satélites integrados, cuenta con los equipos y la capacidad computacional necesarias para analizarlas y examinarlas (Gregory *et al.*, 2015).

La identificación de la deforestación, la categorización de la cobertura terrestre, el cálculo de la biomasa forestal y el carbono, la cartografía de las zonas sin carreteras en todo el mundo son ejemplos de las aplicaciones actuales (Gregory *et al.*, 2015).

**2.2.2.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG).** Dado que la cartografía derivada de los sensores refleja variables que se incluyen en un SIG, históricamente, el uso de estos sensores en el ámbito medioambiental ha estado para la creación de mapas temáticos, que suelen representar la fase final de un proyecto (Rojas, 2017).

Según Camargo y Sandoval (2020) el SIG es un elemento informático que permite la gestión y la evaluación de datos georreferenciados para abordar cuestiones territoriales y medioambientales.

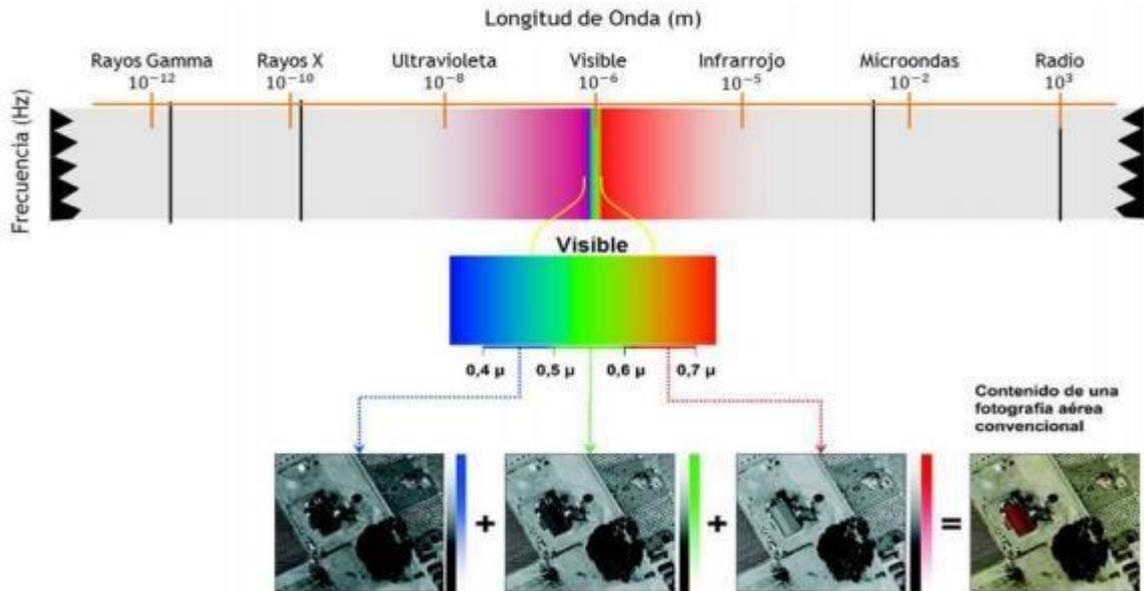
La base de un SIG es una colección de capas de datos espaciales en forma digital, que requiere tanto de hardware (equipos) como de software (programas), datos geográficos, procedimientos y personal para llevar a cabo las tareas mencionadas en el procesamiento de datos geográficos, con el fin de atender problemáticas o necesidades que se presentan en el mundo real (Araque, 2014).

**2.2.2.4. El espectro electromagnético.** Es la gama de longitudes de onda que puede utilizar la radiación (Figura 1). Se suele dividir en numerosas zonas por razones prácticas.

Cada zona se subdivide a su vez en categorías. Aunque existe un continuo de tonalidades, la luz visible suele clasificarse en 0,4-0,5  $\mu$  azul, 0,5-0,6  $\mu$  verde y rojo (0,6-0,7  $\mu$ ). La radiación infrarroja cercana (0,7-1,3  $\mu$ ), la radiación infrarroja media (1,3-8  $\mu$ ) y la radiación infrarroja térmica (8-14  $\mu$ ) son los tres tipos de radiación infrarroja (Rojas, 2017).

**Figura 1**

*Espectro electromagnético*

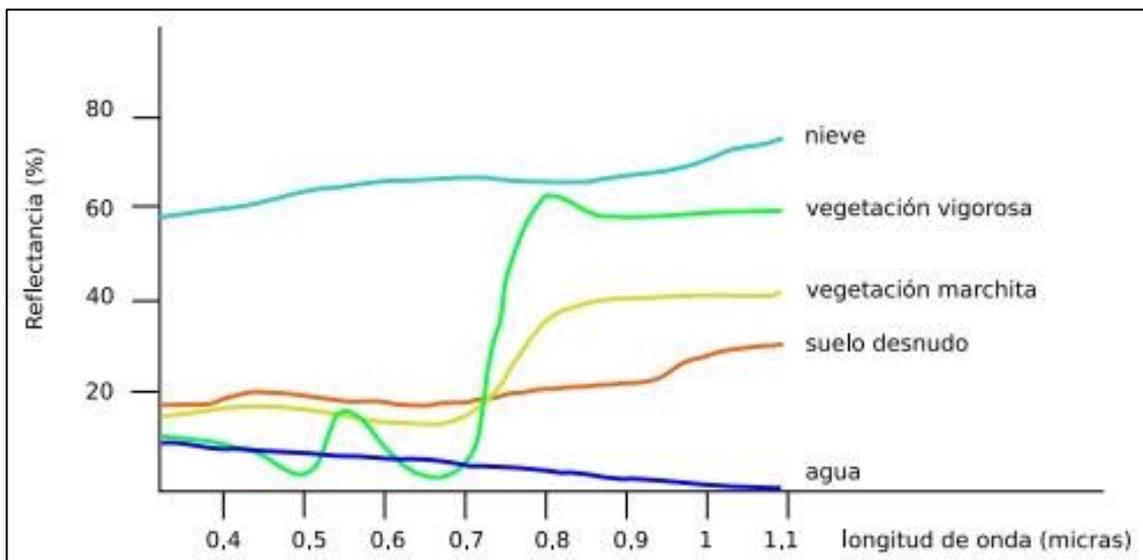


Fuente: (Bravo, 2017)

**2.2.2.5. Firmas espectrales.** Son el conjunto de reflectancias de una sustancia u objeto en varias longitudes de onda. En otras palabras, la firma espectral es la "huella dactilar" que identifica de forma única a cada elemento y es el resultado directo de estas propiedades y de cómo afectan a la forma en que el elemento refleja la radiación incidente (Olaya, 2014).

**Figura 2**

*Firmas espectrales tipo de algunos elementos habituales*



Fuente: (Olaya, 2014).

**2.2.2.6. Satélite Landsat.** Varias misiones de satélites de observación de la Tierra forman parte del programa Landsat, gestionado el SGEU y la NASA. El lanzamiento del ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite, posteriormente llamado Landsat 1) en 1972 marcó el inicio de una nueva etapa en la que, desde entonces, varios satélites no han dejado de recoger datos desde el espacio sobre la tierra (Guzmán y Flórez, 2019).

Landsat Data Continuity Mission (LDCM), a menudo conocida como Landsat 9, el último satélite de la serie Landsat, que entro en vigencia el 27/09/2021 (Alvarado y Mainato, 2021).

**2.2.2.7. Satélite Landsat 5.** Fue puesto en marcha el 1 de marzo de 1984, las imágenes incluyen una resolución espectral de 30 metros, siete bandas espectrales y una composición cromática falsa que emplea las bandas 4, 3 y 2 en el infrarrojo cercano, el rojo y el verde (Bravo, 2017).

**Tabla 1**

*Características del Satélite Landsat 5*

<b>Landsat 5. Sensor: Thematic Mapper</b>		
<b>Banda</b>	<b>Longitud de onda (µm)</b>	<b>Resolución (metros)</b>
1. Azul	0,45-0,52	30
2. Verde	0,52-0,60	30
3. Rojo	0,63 – 0,69	30
4. Infrarrojo Cercano (NIR)	0,76 – 0,90	30
5. Onda corta infrarroja (SWIR) 1	1,55 – 1,75	30
6. Termal	10,40 – 12,50	120 * (30)
7. Onda corta infrarroja (SWIR) 2	2,08 – 2,35	30

La banda TM 6 se capturó con una resolución de 120 metros, aunque el resultado final se ha reducido a píxeles de 30 metros. Fuente: (Bravo, 2017).

**2.2.2.8. Satélite Landsat 8.** Las imágenes están compuestas por nueve bandas espectrales, las bandas 1 a 7 y 9 tienen una resolución espacial de 30 metros. La resolución de la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Cada escenario abarca más de 170 kilómetros en el norte y el sur y 183 kilómetros en el este y el oeste (Bravo, 2017).

**Tabla 2**

*Características del Satélite Landsat 8*

<b>Landsat 8. Sensores: Operativa Imagen Tierra (OLI) y térmica infrarroja del sensor (SITR)</b>		
<b>Banda</b>	<b>Longitud de onda</b>	
	<b>(<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Resolución (metros)</b>
1. Ultra azul (costero/aerosol)	0,43 – 0,45	30
2. Azul	0,45 – 0,51	30
3. Verde	0,53 – 0,59	30
4. Rojo	0,64 – 0,67	30
5. Infrarrojo Cercano (NIR)	0,85 – 0,88	30
6. Onda corta infrarroja (SWIR) 1	1,57 – 1,65	30
7. Onda corta infrarroja (SWIR) 2	02,11 – 02,29	60 * (30)
8. Pancromática	0,50 – 0,68	30
9. Cirrus	1,36 – 1,38	30
10. infrarrojo térmico (SITR) 1	10,60 – 11,19	100 * (30)
11. infrarrojo térmico (SITR) 2	11,50 – 12,51	100 * (30)

\* Las bandas TIRS se capturan con una resolución de 100 metros, mientras que los datos proporcionados por el producto se remuestran a 30 metros.

Fuente:(Bravo, 2017)

**2.2.2.9. Procesamiento de imágenes satelitales.** Se trata de un conjunto de procedimientos y trucos para obtener datos a partir de fotografías de satélite. Según Fernández y Rincón (2020) el objetivo es mejorar el procesamiento la imagen que se utilizará para el estudio y la interpretación del entorno geográfico.

Según Gaitán y López (2018) se pueden considerar tres grupos de procesamiento de datos satelitales:

- **Correcciones**, permiten corregir errores en los datos recibidos por el sensor, los errores pueden deberse a la distorsión de la geometría específica por las condiciones atmosféricas, que mantienen la plataforma y el sensor junto con la vista y la fuente de luz (Castillo, 2014).
- **Mejoramiento**, permite mejorar la imagen cambiando los datos para resaltar ciertos patrones (López y Torres, 2017).
- **Extracción de información**, se empleó la toma de decisiones y se realiza a través de la extracción de datos y el procesamiento de información (Castillo, 2014).

**2.2.2.10. Clasificación de la cobertura terrestre.** Moreno (2017) considera que la categorización de imágenes satelitales es una herramienta básica, permite monitorear la cobertura del suelo y principalmente clasifica los objetos de acuerdo con píxeles individuales basados en datos espectrales y luego es representado por números digitales.

Silva y Flores (2017) afirman que el objetivo de la categorización es dividir los píxeles de las imágenes de satélite en varias clases o agrupaciones (como cultivos, bosques, praderas y humedales) para crear mapas temáticos.

**2.2.2.11. Sistema de clasificación Corine Land Cover.** El enfoque CLC utiliza una leyenda ordenada para conectar diversos grados de datos espaciales con varios niveles de contenido temático a la hora de crear mapas de ocupación y uso del suelo.

Según Córdova y Sánchez (2020), la definición y debate de la técnica utilizada para la elaboración de mapas de cobertura en Perú, se centró en extraer lecciones de las experiencias locales y buscar una metodología que perfeccione la consistencia y efectividad del procesamiento de imágenes satelitales.

La base de datos se adaptó de Corine Land Cover Colombia (CLC), que permite la elaboración de mapas de cobertura terrestre a escala 1:100 000 mediante la descripción,

clasificación, caracterización y comparación de las características de la cobertura terrestre interpretadas a partir del uso de imágenes Landsat (Patiño, 2015).

**2.2.2.12. Clasificaciones no supervisadas.** Según Acosta (2017) las clasificaciones no supervisadas se refieren a identificar elementos por color, tonalidad o valor relativo de un grupo.

El impacto del operador en la clasificación no supervisada se limita esencialmente a elegir el método de clasificación que debe aplicarse. Al utilizar estos enfoques de clasificación, el mismo procedimiento debe repetirse numerosos tiempos para lograr diversos resultados, que luego se combinan para ofrecer un verdadero resultado final (Acosta, 2017).

La influencia del operador en la clasificación no supervisada se limita en gran medida a la selección del método de clasificación que se va a utilizar. Cuando se emplean estos sistemas de clasificación, el mismo procedimiento debe realizarse numerosas veces hasta obtener diferentes resultados, que luego se fusionan para ofrecer un verdadero resultado (Acosta, 2017).

**2.2.2.13. Clasificación supervisada.** Para delinear en una imagen zonas o regiones específicas que sean típicas de las muchas categorías que se van a investigar, el enfoque de clasificación supervisada necesita cierta información sobre el área de investigación (Vargas y Campos, 2018).

Conviene utilizar muchas regiones de entrenamiento para cada clase en la clasificación supervisada a fin de reflejar con precisión su variedad en el área de investigación. A continuación, el ordenador tiene que calcular los estadísticos básicos de cada clase, incluida la media, el rango, la desviación estándar y la matriz de varianza-covarianza (Vergas y Campos, 2018).

**2.2.2.14. Random Forest.** En teledetección, es un popular sistema de clasificación de imágenes que ofrece una estimación de la precisión interna mediante validación cruzada. Debido a que no se mantiene la independencia estadística requerida entre las muestras de entrenamiento y validación, esta técnica subestima el error de predicción cuando se categorizan las coberturas terrestres utilizando regiones de entrenamiento de varios píxeles (Cánovas et al., 2016).

Entre las técnicas de clasificación supervisada más populares, los árboles de decisión de Breiman e Ihaka (1984) es un método no paramétricos, fiables y fáciles de entender. Para optimizar la homogeneidad de las particiones resultantes, buscan continuamente la variable y su valor umbral. A continuación, realizan particiones consecutivas en el espacio de las variables.

La homogeneidad de una partición puede cuantificarse de diversas maneras, la más popular de las cuales es el índice de Gini:

$$G = \sum f_k (1 - f_k) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde G: índice de Gini; k: clases de partición, f: Proporción acumulada de la variable población.

**2.2.2.15. Índice Kappa.** Según Borrás *et al.* (2017) muestran que el índice Kappa se utiliza para evaluar la concordancia entre dos o más métodos de clasificación de resultados categóricos.

A continuación, se muestra cómo se calcula el índice Kappa:

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: K = índice Kappa, 1-Pe = indica concordancia o la mejor concordancia posible no resultante del azar, Pe = proporción de concordancia prevista, P0 = proporción de concordancia observada, Pe = proporción de concordancia prevista.

El índice Kappa puede variar entre 0 a 1, donde 0 significa concordancia nula y 1 concordancia exacta de la clasificación. Según el valor, el índice Kappa puede ser organizado de acuerdo con la siguiente escala:

**Tabla 3** *Valoración del coeficiente Kappa*

<b>Coeficiente de kappa (K)</b>	<b>Fuerza de concordancia</b>
<b>0,00</b>	Pobre
0,01 – 0,20	Leve
0,21 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Casi considerable
0,81 – 1,00	Casi perfecta

Fuente: Landis y Koch (1977) .

## **2.3. Definición de conceptos**

### **2.3.1. Teledetección**

Según Romero (2016) considera que las teledetecciones son un método para recopilar datos sin entrar en contacto directo con ella. Sin embargo, en el campo de las ciencias de la tierra, se considera en un sentido más estricto como unas ciencias aplicadas utilizada para recoger, analizar y examinar imágenes analógicas obtenidas por satélites artificiales.

### **2.3.2. Imágenes satelitales**

La energía o irradiada por los objetos del área terrestre se capta para crear imágenes de satélite, que son digitales y comprenden una colección de píxeles, la unidad más pequeña de identificación digital. Según las características biofísico-químicas de los cuerpos, cada píxel de una imagen tiene un valor numérico que dicta cómo reaccionan los elementos de la superficie ante una fuente de energía. Esta reacción permite la diferenciación en una imagen (Rosero, 2018).

### **2.3.3. Análisis multitemporal**

El análisis multitemporal permite conocer las circunstancias anteriores y sus posibilidades futuras en relación con el cambio global mediante la cartografía metódica de

la superficie terrestre utilizando modelos de datos de imágenes aéreas o de satélite. El resultado final es la cartografía de los cambios de vegetación y uso del suelo en una serie transitoria de fotografías (Alvear, 2018).

#### **2.3.4. Tierra**

Según Aguilar *et al.* (2023) el globo es la región de la superficie terrestre que abarca el clima, los suelos y las formas del relieve próximos, así como las capas hidrológicas y sedimentarias próximas y los recursos de aguas subterráneas relacionados, la superficie del suelo contiene comunidades de flora y fauna, pruebas de la colonización y las repercusiones físicas de las actividades humanas pasadas y contemporáneas.

#### **2.3.5. Suelo**

Es una capa de materia productiva que cubre la superficie terrestre que aprovechan las raíces de las plantas y de la que reciben soporte, nutrientes y agua (Alcántara, 2014).

#### **2.3.6. Actividades antrópicas**

Son inherentes a las personas ya que pueden alterar los ciclos y el equilibrio de la naturaleza. Por su magnitud, muchas de estas acciones pueden provocar cambios y amenazar la existencia de diferentes organismos en el planeta (Gómez, 2019).

#### **2.3.7. Vegetación riparia**

La vegetación inmediatamente adyacente a los arroyos o en los bordes de los lagos y estanques se caracteriza por especies de plantas y formas de vida diferentes a los bosques circundantes y se denomina paisaje ribereño (González *et al.*, 2022).

### **2.4. Hipótesis**

#### **2.4.1. Formulación de la hipótesis**

El cambio de la cobertura y usos de la tierra en el distrito de Chalamarca para el periodo 2000 al 2020 es de 20 % del área distrital.

### **2.5. “Variables e indicadores**

#### **2.5.1. Variables independientes “Análisis de la cobertura”**

- "Imagen Landsat 5, bandas 3-2-1
- Imagen Landsat 8, bandas 4-3-2

### 2.5.2. Variables dependientes “Usos de la tierra”

- Clases de uso de la tierra
- Cambio de clases de usos de la tierra.

**Tabla 4** *Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
Variable independiente “Análisis de la cobertura”	Imagen Landsat 5	Tipos de cobertura y uso de la tierra. Comportamiento temporal de la cobertura y uso de la tierra Efectos generados por la pérdida de cobertura y el uso de la tierra.
	Imagen Landsat 8	Tipos de cobertura y uso de la tierra. Comportamiento temporal de la cobertura y uso de la tierra
Variable dependiente “Usos de la tierra”	Clases de uso de la tierra	Áreas artificializadas Áreas agrícolas Bosques y en su mayoría áreas naturales
	Cambio de clases de uso de la tierra	Efectos causados por pérdida de área de cobertura y cultivo. Impacto de las actividades humanas en la cobertura del suelo y el cultivo

## CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo descriptiva, retrospectiva, comparativa y de nivel simple se analizó los CV y usos de la tierra del distrito de Chalamarca en el periodo del 2000 al 2020.

### 3.2. Diseño de la investigación

La presente investigación fue de corte transversal, no experimental, la recolección de datos se realizó sin manipular deliberadamente las variables, basándose en la observación de los cambios en un periodo de tiempo, tal y como se producen en su contexto natural, posteriormente fueron analizados y procesados para presentar los resultados mediante mapas temáticos.

### 3.3. Métodos de investigación

En el primer paso, se aplicaron archivos de órbita a cada escenario, proporcionando las posiciones precisas de los satélites. Posteriormente, se utilizaron algoritmos de eliminación de ruido térmico y borde GRD.

Para la eliminación de ruido térmico se realizó siguiendo lo sugerido por Kakooei *et al.* (2018) eliminando el ruido aditivo en las sub-bandas para reducir las discontinuidades en cada escena. Los valores de los píxeles digitales se convirtieron en coeficientes de retro dispersión SAR mediante calibración radiométrica

#### 3.3.1. Pre-verificación del método

Para la pre- verificación del método se realizó siguiendo lo sugerido por Mamani (2021) se utilizaron dos imágenes satelitales de época húmeda o época seca respectivamente. Para seleccionar las imágenes se tuvo que apoyar con la base de datos Earth Explore (<https://earthexplorer.usgs.gov>) plataforma gratuita que permite visualizar y descargar imágenes satelitales, seleccionándose las imágenes con menor porcentaje de nubosidad.

Las imágenes de satélite utilizadas para generar los mapas de cobertura se procesaron en la plataforma GEE (<https://earthengine.google.com/>) (Anexo -Figura 21), utilizando la interfaz “code editor” y una búsqueda de las imágenes Landsat con menor porcentaje de nubes para los años 2000 y 2020. Con el fin de lograr una mayor precisión y exactitud en el

software, las imágenes clasificadas fueron posteriormente controladas y exportadas en formato ráster utilizando el software ArcMap 10.3. A continuación, se llevó a cabo la corrección topológica de los polígonos para obtener zonas clasificadas con el mejor carácter y reducir los errores cartográficos (Angulo, 2017).

### 3.3.2. *Procesamiento en Google Earth Engine*

- **Selección de colección de imágenes**

A través de Google Earth Engine se accedió a los datos de Landsat mediante el siguiente link ([https://code.earthengine.google.com/.](https://code.earthengine.google.com/)) para el año 2000 se tomó el registro del mes de setiembre, y para el 2020 se tomó el registro del mes de diciembre. Se consideró de imágenes de esas fechas de registro por que brindaron información más precisa y puntual.

La selección y colección de imágenes LANDSAT/LC05/C01/T1\_TOA y LANDSAT/LC08/C01/T1\_TOA para los años 2000 y 2020 se muestra en el Anexo - Figura 22, junto con la aplicación de filtros en la interfaz “code editor” de Google Earth Engine.

- **Aplicación de filtros**

Se aplicó filtros (*Filterdate*, *Filterbods*, *Metadata*, *Sorft*, *Mosaic*) para evitar imágenes incompletas y obtener la mejor imagen para la investigación, se tuvo que definir el rango de fecha y el porcentaje de nubosidad que fue establecida en un 10 % (Mamani, 2021).

Para eliminar las nubes y sombras de la imagen ráster se aplicó la función *cloud\_masks* del interfaz del Google Earth Engine. La eliminación de píxeles ruidosos, oscuros y muy brillantes se realizó siguiendo lo sugerido por Mamani (2021) mediante la producción con *median* de un mosaico (Anexo-Figura 23).

- **Recopilación de datos de entrenamiento**

Se utilizó la clasificación supervisada de imágenes, datos de etiquetas manejadas para informar el clasificador y predecir la clase de cobertura terrestre más cercana en cada pixel de la imagen (Anexo-Figura 6). El proceso para recopilar datos de entrenamiento en GEE fueron:

- Se creó una clase de objetos por cada tipo de cobertura terrestre para almacenar los datos de entrenamiento.
- La selección de muestras se realizó sobre las composiciones RGB falso color, color verdadero y verificado con el mapa base de google earth.
- Se recopiló los datos de entrenamiento a través de la definición manual de puntos de entrenamiento.
- Se exportaron los datos de entrenamiento.

- **Descarga de imagen y elaboración de mapas de cobertura**

La imagen procesada de acuerdo con la clasificación se guardó en drive en formato ráster, posteriormente se descargaron para procesarlo y analizarlo en un software externo. Se elaboraron dos mapas de cobertura tanto para el año 2000 y para el año 2020.

- **Modelo de script utilizado**

Los siguientes hipervínculos permitieron acceder a los scripts creados para generar la categorización de la cobertura del distrito de Chalamarca. El URL (<https://code.earthengine.google.com/758f4b23c8cbf694eae47fcfa9948050?noload=true>) muestra el código de programación que se utilizó para elaborar la categorización de la cobertura terrestre de una imagen satelital Landsat 5 del año 2000. El código de programación utilizado para elaborar la categorización de la cubierta terrestre de una imagen del satélite Landsat 8 del año 2020 puede consultarse en la siguiente URL (<https://code.earthengine.google.com/136be865452a2ef4d9d3c3f3cb76e7cb?noload=true>)

### **3.4. Población, muestra y muestreo**

#### **3.4.1. Población**

Estuvo distribuida en los 177,9089 km<sup>2</sup> de la extensión territorial que comprende el distrito de Chalamarca (Ministerio del Ambiente, 2014).

#### **3.4.2. Muestra**

En la muestra se incluyeron un mínimo de 40 puntos de cada clase que componen las distintas coberturas identificadas dentro del área de investigación.

### **3.4.3. Muestreo**

Se realizó un muestreo selectivo. Los puntos de muestra fueron colectados en forma manual a partir de la evaluación visual de los tipos de cobertura en una composición de RGB de bandas de color natural (SWIR1-NIR-RED).

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### ***3.5.1. Técnicas de recolección de datos***

Para la recogida de datos se realizó siguiendo lo sugerido por Wahap y Shafri (2021), accediendo vía internet a la base de datos Landsat disponible en Google Earth Engine - GEE (<https://developers.google.com/earth-engine/datasets>).

#### ***3.5.2. Instrumentos para la recolección de datos***

Para recopilar los datos de este estudio se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Se utilizó un computador con conexión a Internet y una cuenta registrada en la plataforma GEE para adquirir los datos de satélite (Landsat 8 y Landsat 5 TM OLI/TIRS).
- Base de datos de publicaciones científicas de Google académico, Scopus, Scielo, Springer Open, Science Direct, etc.
- Software, ArcMap y Microsoft Office 2016 se utilizan para crear elementos visuales, procesar información y ofrecer resultados.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### ***3.6.1. Procesamiento***

Inicialmente, se aplicaron algoritmos de preprocesamiento a las imágenes Landsat 5 y Landsat 8 disponibles en GEE. Estos algoritmos de preprocesamiento permitieron la corrección de archivos de órbita, eliminación de ruido térmico y de los bordes del rango de la tierra detectado (GRD-reflectancia de espectro visible), la calibración radiométrica y la corrección del terreno.

#### ***3.6.2. Presentación***

Los resultados se presentan en mapas de cobertura de la tierra para el distrito de Chalamarca, los cuales fueron creados utilizando todas las categorías obtenidas durante el proceso de clasificación de imágenes satelitales, teniendo en cuenta además la digitalización

de texturas, el color de las clases, las clases de cobertura a representar, la definición de códigos y la elaboración de la leyenda.

### 3.6.3. *Análisis e interpretación*

Para examinar el alcance y el grado de cambio, se analizaron los datos detectando cambios aleatorios y sistemáticos en tres niveles: intervalo, transición y categorías.

Para el análisis e interpretación se utilizó los años del 2000 y 2020 en donde se obtendrá los siguientes indicadores.

$$\text{Ganancia: } G = P_2 - P_1 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde  $G$  = Ganancia,  $P_2$  = la proporción de categorías en el tiempo 2, y  $P_1$  = la proporción de suelo que sigue presente en la categoría en el tiempo 1.

$$\text{Pérdida: } P = P_2 - P_1 \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:  $P$  = Pérdida;  $P_2$  = Representa a la columna de tiempo 2;  $P_1$  = representa la fracción del suelo que persiste en la categoría 2.

$$\text{Cambio neto: } C = | P - G | \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:  $C$  = Cambio neto;  $P$  = pérdida;  $G$  = ganancia

$$I = 2 \times \text{MIN} ( P_2 - P_1, P_2 - P_1 ) \quad \text{Ecuación 6}$$

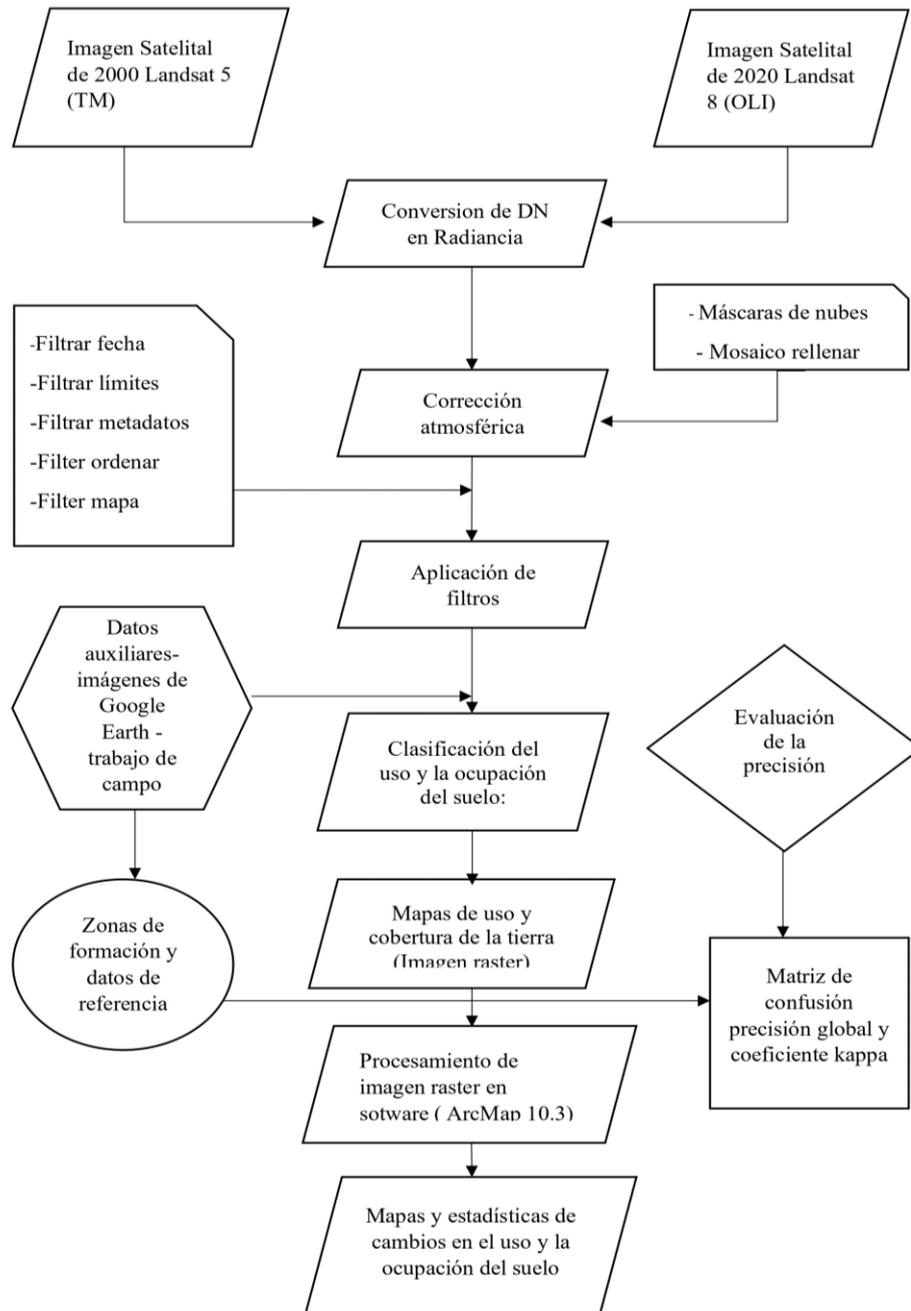
Dónde:  $I$  = Intercambio;  $P_2 - P_1$  = representa la pérdida;  $P_2 - P_1$  = representa la ganancia.

$$CT = G + P \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:  $CT$  = Cambio total;  $G$  = Ganancia;  $P$  = pérdida.

**Figura 3**

*Esquema metodológico*



**Nota.** Diagrama de flujo de la metodología propuesta para la clasificación de la cobertura del suelo (LC) basada en objetos en toda la plataforma de Google Earth Engine (GEE) (Anchang et al., 2020). \* Rondón foret (RF) \*Rango de tierra detectado (GRD) \*cobertura del suelo (LC) Fuente: (Ghorbanian *et al.*, 2020).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción de resultados

#### 4.1.1 Identificación de coberturas

En el distrito de Chalamarca se identificó 8 tipos de clase de cobertura, TUC, CT, PA, BP, HER, AR, AFR y TD (Tabla 5). Las categorías bosques plantados y tierras desnudas no se identificaron para el año 2000.

**Tabla 5** *Categorías de coberturas identificadas en el distrito de Chalamarca*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido Urbano Continuo	TUC
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		CT
	2.3 Pastos		PA
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Bosques plantados		BP
	3.3 Área con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	HER
		3.3.2. Arbustal	AR
	3.4. Área sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramiento rocoso	AFR
		3.4.3. Tierras desnudas	TD

La clasificación se realizó mediante el nivel I, II y III de Corine Land Cover- Perú.

#### 4.1.1.1. Áreas Artificializadas

##### a. 1.1.1. Áreas urbanizadas

##### 1.1.1.1. Tejido urbano continuo (TUC)

Se tomó en consideración gran parte de la ciudad de Chalamarca y centro poblado El Verde, debido que esta cobertura hace referencia a las áreas cubiertas por construcciones de viviendas u otro tipo de infraestructuras urbanas.

**Figura 4**

*Tejido Urbano Continuo de la ciudad del distrito de Chalamarca*

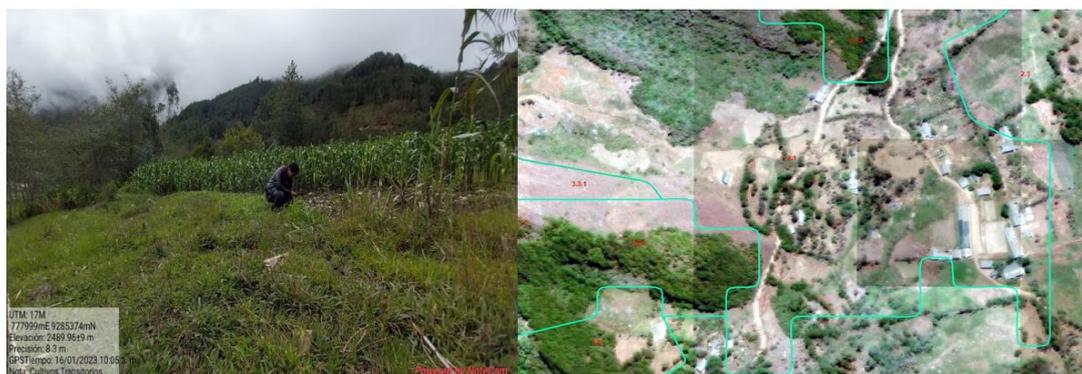


#### 4.1.1.2. Áreas agrícolas

a. 2.1. Cultivos transitorios. (CT). Es la categoría que mayor área ocupa dentro del distrito de Chalamarca, se identificaron en las partes de la llanura a especies como el maíz (*Zea mays*), arveja (*Pisum sativum*), avena (*Avena sativa*), y papa (*Solanum tuberosum*); y en la jalca del distrito se distribuyen los cultivos de oca (*Oxalis tuberosa*), papa (*Solanum tuberosum*) y Olluco (*Ullucus tuberosus*).

**Figura 5**

*Áreas con cultivos transitorios ubicados en la comunidad del Nogal*



**b. 2.3. Pastos.** Esta categoría en el distrito de Chalamarca, las especies con mayor representatividad son la alfalfa (*Medicago sativa*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), grama (*Cynodon dactylon*), rye grass (*Lolium multiflorum*), trébol blanco (*Trifolium repens*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*).

**Figura 6**

*Área de pastos del centro poblado la Libertad-Chalamarca*



**4.1.3. 3. Bosques y áreas mayormente naturales**

**a.3.2. Bosques plantados .** En el distrito de Chalamarca, estas coberturas están conformadas por plantaciones de vegetación arbórea que en su mayor predominancia las especies de *Pinus patula* y *Pinus radiata*, mientras que en menores extensiones se encuentra los bosques de *Eucalyptus globulus* y *Salix Alva*.

**Figura 7**

*Bosque plantado de Pinus patula*



### b. 3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo

#### 3.3.1 Herbazal

Esta cobertura se encuentra con mayor abundancia en el distrito de Chalamarca siendo con más predominancia las especies de: paja o ichu (*Stipa ichu*); cortadera (*Cortaderia selloana*), Gara Gara (*Pteridium aquilinum*).

#### Figura 8

Cobertura herbácea de ichu (*Stipa ichu*)- Bella Andina



**3.3.2. Arbustal.** En el distrito de Chalamarca se encuentran plantas arbustales con mayor abundancia como la chilca (*Baccharis latifolia*), pushgay (*Vaccinium floribundum*), matico (*Piper aduncum*), zarzamora (*Rubus praecox*), cabuya (*Furcraea andina*), lanche (*Calypranthes sp.*) y tallanco (*Baccharis nítida*).

#### Figura 9

Vegetación arbustiva- Rosas pampa, Chalamarca



### c 3.4 Áreas sin o con poca vegetación

**3.4.2. Afloramiento rocoso** . Este tipo de cobertura en el distrito de Chalamarca es más notorio en la parte baja, dentro de ellos los más representativos son el cerro Huasmin perteneciente al centro poblado de Lucmar y Pabellón que pertenece a Huangamarquilla.

**Figura 10**

*Afloramiento rocoso Cerro de Huasmin- Lucmar-Chalamarca*



**3.4.3. Tierras desnudas:** esta categoría se caracteriza por no contener vegetación o esta influenciada por la alteración por el proceso de erosión, gran parte de esta categoría se ubica en las localidades de Huangamarquilla a las orillas del Río Llaucano y las canteras de arena de las comunidades la Libertad y Las Rosas.

**Figura 11**

*Tierras desnudas de la cantera de arena La Libertad*



## **4.2. Análisis de la cobertura y uso de la tierra ocurrido en el periodo 2000 – 2020 .**

Las imágenes satelitales analizadas, permitieron crear mapas de cobertura y uso de la tierra para cada época como se explica a continuación.

### **4.2.1. Cobertura y uso de la tierra año 2000**

#### **4.2.1.1. Análisis de la clasificación para el año 2000**

**4.2.1.1.1 Matriz de confusión** . En la Tabla 4, se presenta el análisis de cobertura y uso de la tierra para el año 2000, los resultados de la matriz incluyen 41 pixeles seleccionados al azar sobre la imagen de estudio, que corresponde a los datos de validación (30%), en la columna izquierda, con respecto a los usos observados en la imagen de referencia de Google Earth Engine las clases son:

1.1.1. Tejido urbano continuo

3.3.2. Vegetación arbustal

3.3.1. Vegetación herbazal

2.1. Cultivos transitorios

3.4.2. Afloramientos rocosos

2.3. Pastos

La diagonal principal en negrita representa las celdas de la imagen cifrada que no se han modificado. En cambio, las clases situadas fuera de la diagonal principal muestran áreas que han cambiado durante el periodo de tiempo elegido.

En la matriz de confusión se muestra la fiabilidad del usuario.

- 1.1.1. Tejido urbano continuo: 4 - 75%;

- 3.3.2. Vegetación arbustal: 5 - 100 %;

- 3.3.1. Vegetación herbazal: 9 -100%;

- 2.1. Cultivos transitorios: 9 - 55,56%;

- 3.4.2. Afloramientos rocosos: 2 - 50%

- 2.3. Pastos: 12 - 100%

En la matriz de confusión se muestra la fiabilidad del producto .

- 1.1.1. Tejido urbano continuo: 4 - 75%;
- 3.3.2. Vegetación arbustal: 6 - 83,33%;
- 3.3.1. Vegetación herbazal: 11 - 81,82%;
- 2.1. Cultivos transitorios: 7 - 71,43%;
- 3.4.2. Afloramientos rocosos: 1 -100%;
- 2.3. Pastos: 8 - 100%;

El índice Kappa es de 0,8146 y el índice total de fiabilidad es del 82,68%.

**Tabla 4***Matriz de confusión sobre la clasificación de la imagen satelital del año 2000*

<b>Resultados de la clasificación</b>	<b>Categorías</b>						<b>Total</b>	<b>F. Usuario (%)</b>	<b>Error de comisión</b>
	<b>1.1.1</b>	<b>3.3.2</b>	<b>3.3.1</b>	<b>2.1</b>	<b>3.4.2</b>	<b>2.3</b>			
<b>1.1.1</b>	<b>3</b>			<b>1</b>			<b>4</b>	<b>75,00</b>	25,00
<b>3.3.2</b>		<b>5</b>					<b>5</b>	<b>100,00</b>	0,00
<b>3.3.1</b>			<b>9</b>				<b>9</b>	<b>100,00</b>	0,00
<b>2.1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>			<b>9</b>	<b>55,56</b>	44,44
<b>3.4.2</b>				<b>1</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>50,00</b>	50,00
<b>2.3</b>						<b>12</b>	<b>12</b>	<b>100,00</b>	0,00
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>41</b>		
<b>F. Productor (%)</b>	<b>75,00</b>	<b>83,33</b>	<b>81,82</b>	<b>71,43</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>85,37</b>	<b>Fiabilidad total (%)</b>	<b>82,68</b>
<b>Error de omisión (%)</b>	25,00	16,67	18,18	28,57	0,00	0,00			

#### 4.2.1.2. Índice Kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2000

**P<sub>o</sub>**= Proporción de concordancia observada

$$P_o = \frac{3+5+9+5+1+12}{41} = 0,8536$$

**P<sub>e</sub>**= Proporción de concordancia esperada al azar

$$P_e = \frac{(4*4)+(6*5)+(11*9)+(7*9)+(1*2)+(12*12)}{41^2} = 0,2105$$

**K**= Índice Kappa

$$K = \frac{0,8536 - 0,2105}{1 - 0,2105} = 0,8146$$

De acuerdo con la fuerza de concordancia, el resultado del cálculo del índice kappa de 0,8146 es casi perfecto (Tabla 3). Cerda y Villarroel (2008) indican que el grado de concordancia es mayor si el valor kappa se aproxima a la unidad (0 a 1).

**4.2.1.3. Porcentaje correctamente clasificado.** Según el examen del índice Kappa, la precisión de la categorización para el año 2000 fue del 81,46%, lo que se considera casi perfecta. Con el resultado proporcionado, podemos estar seguros de que las clases se tomaron donde realmente existen, lo que significa que la clasificación indicada refleja efectivamente el nivel de confianza en los resultados.

Los resultados de la clasificación de cobertura para el año 2000, determinados mediante la metodología Corine Land Cover, figuran en la tabla 6.

**Tabla 6**

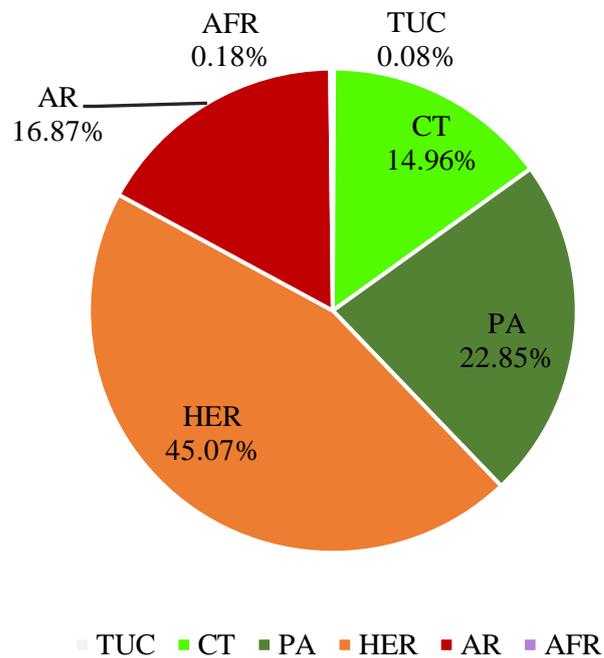
*Clasificación de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Chalamarca para el año 2000*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Áreas(ha)	(%)
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido Urbano Continuo	TUC	13,71	0,08
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		CT	2 660,72	14,96
	2.3 Pastos		PA	4 064,78	22,85
3.3 Área con vegetación herbacea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal		HER	8 018,55	45,07
		3.3.2. Arbustal	AR	3 001,56	16,87
	3.4. Área sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramiento rocoso		AFR	31,57
<b>Total</b>				<b>17 790,89</b>	<b>100,00</b>

En la Tabla 6 se puede observar que la cobertura con mayor predominancia en el año 2000 fue la categoría herbazal alcanzando el 45,07%, seguido de la categoría pastos con 22,85% y en menor proporción las categorías arbustal, cultivos transitorios, afloramiento rocoso y tejido urbano continuo con 16,87; 14,96; 0,18 y 0,08% respectivamente.

**Figura 12**

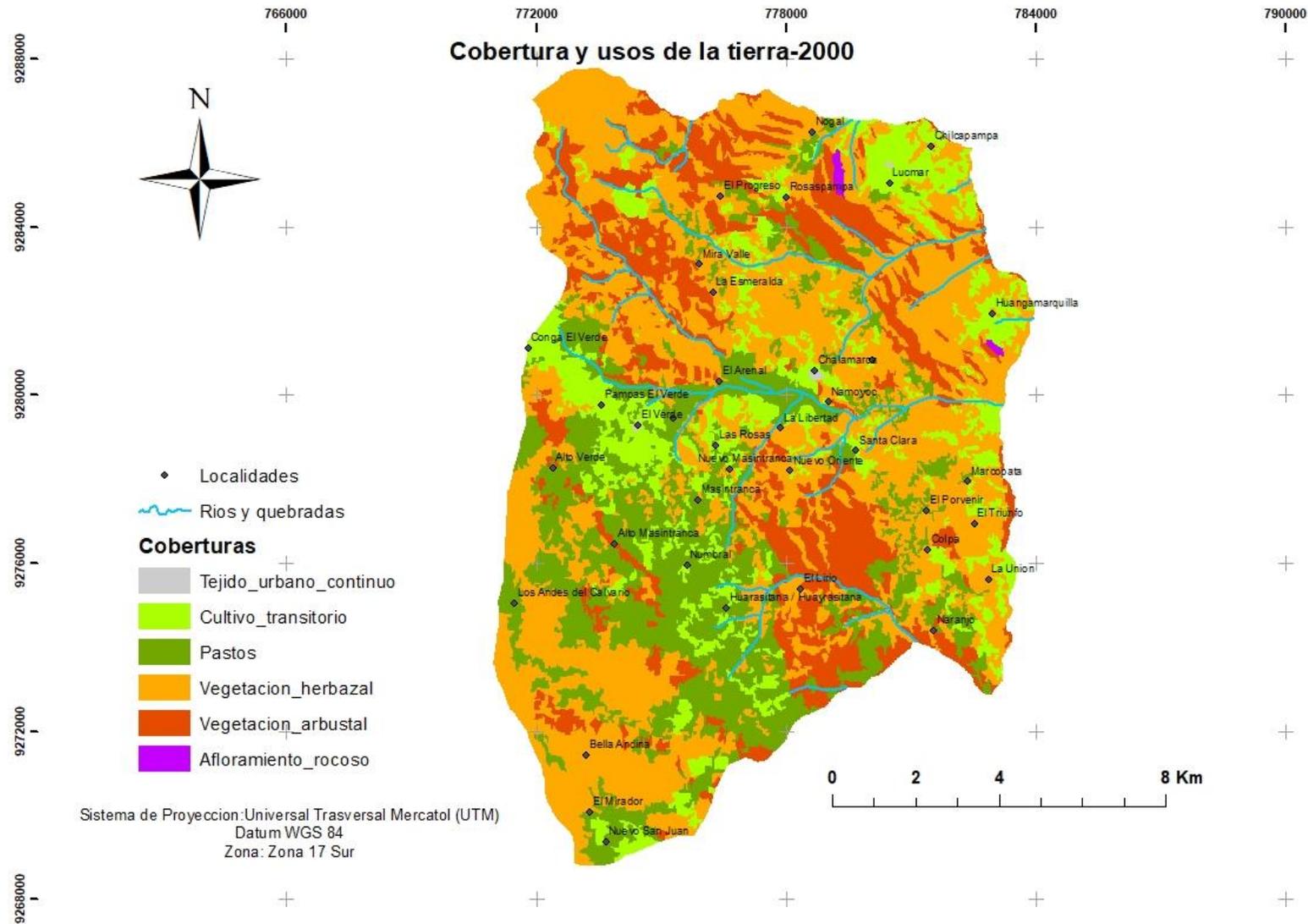
*Representación de la distribución porcentual de la cobertura año 2000*



El porcentaje de las coberturas para el año 2000 (Figura 12), muestra que la vegetación herbazal, pastos y la vegetación arbustal son los que mayor área ocupan en el distrito de Chalamarca, seguido por los cultivos transitorios y en menores espacios se encuentra las coberturas de afloramiento rocoso y tejido urbano continuo.

**Figura 13**

*Mapa de cobertura y usos de la tierra para el año 2000*



## **4.2.2 Cobertura y uso de la tierra año 2020**

### **4.2.2.1. Análisis de la clasificación para el año 2020**

**4.2.2.1.1. Matriz de confusión** . En la Tabla 7, se presenta el análisis de cobertura y uso de la tierra para el año 2020, los resultados de la matriz incluyen 52 píxeles seleccionados al azar sobre la imagen de estudio, que corresponden a los datos de validación (30%), en la columna izquierda, con respecto a los usos observados en la imagen de referencia de Google Earth Engine las clases son:

1.1.1. Tejido urbano continuo

3.3.2. Vegetación arbustal

3.3.1. Vegetación herbazal

2.1. Cultivos transitorios

3.4.2. Afloramientos rocosos

2.3. Pastos

3.2. Bosques plantados

3.4.3 Tierras desnudas

La diagonal principal en negrita representa las celdas de la imagen cifrada que no se han modificado. En cambio, las clases situadas fuera de la diagonal principal muestran áreas que han cambiado durante el periodo de tiempo elegido.

En la matriz de confusión se muestra la fiabilidad del usuario.

1.1.1. Tejido urbano continuo: 6 - 83,33%;

3.3.2. Vegetación arbustal: 6 - 83,33 %;

3.3.1. Vegetación herbazal: 9 – 88,89%;

2.1. Cultivos transitorios: 11 – 72,73%;

3.4.2. Afloramientos rocosos: 2 - 100%

2.3. Pastos: 12 - 100%

3.2. Bosques plantados: 4 -100%

3.4.3 Tierras desnudas: 2 – 0,00%

En la matriz de confusión se muestra la fiabilidad del producto .

1.1.1. Tejido urbano continuo: 7 – 71,43%;

3.3.2. Vegetación arbustal: 5 - 100%;

3.3.1. Vegetación herbazal: 10 - 80%;

2.1. Cultivos transitorios: 10 - 80%;

3.4.2. Afloramientos rocosos: 2 - 100%;

2.3. Pastos: 14 – 85,71%;

3.2. Bosques plantados: 4, 100 %.

3.4.3. Tierras desnudas: 0 -0,00

El índice de fiabilidad global es de 77,83 % y el índice Kappa 0,8146 %.

**Tabla 7***Matriz de confusión sobre la clasificación de la imagen satelital del año 2020*

<b>Resultados de la Clasificación</b> \ <b>Categorías</b>	<b>1.1.1</b>	<b>3.3.2</b>	<b>3.3.1</b>	<b>2.1</b>	<b>3.4.2</b>	<b>2.3</b>	<b>3.2</b>	<b>3.4.3</b>	<b>Total</b>	<b>F. Usuario (%)</b>	<b>Error de comisión (%)</b>
<b>1.1.1</b>	<b>5</b>			<b>1</b>					<b>6</b>	<b>83,33</b>	16,67
<b>3.3.2</b>		<b>5</b>				<b>1</b>			<b>6</b>	<b>83,33</b>	16,67
<b>3.3.1</b>			<b>8</b>	<b>1</b>					<b>9</b>	<b>88,89</b>	11,11
<b>2.1</b>			<b>2</b>	<b>8</b>		<b>1</b>			<b>11</b>	<b>72,73</b>	27,27
<b>3.4.2</b>					<b>2</b>				<b>2</b>	<b>100,00</b>	0,00
<b>2.3</b>						<b>12</b>			<b>12</b>	<b>100,00</b>	0,00
<b>3.2</b>							<b>4</b>		<b>4</b>	<b>100,00</b>	0,00
<b>3.4.3</b>	<b>2</b>						<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0,00</b>	100,00
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>52</b>		
<b>F. Productor (%)</b>	<b>71,43</b>	<b>100,00</b>	<b>80,00</b>	<b>80,00</b>	<b>100,00</b>	<b>85,71</b>	<b>100,00</b>	<b>0,00</b>	<b>84,62</b>	<b>Fiabilidad global (%)</b>	
<b>Error de emisión (%)</b>	28,57	0,00	20,00	20	0,00	14,28	0,00	0,00		<b>77,83</b>	

#### 4.2.2.2. Índice Kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2020

**P<sub>o</sub>**= Proporción de concordancia observada

$$P_o = \frac{5+5+8+8+2+12+4+0}{52} = 0,8462$$

**P<sub>e</sub>**= Proporción de concordancia esperada al azar

$$P_e = \frac{(7*6)+(5*6)+(10*9)+(10*11)+(2*2)+(14*12)+(4*4)+(0*2)}{52^2} = 0,1701$$

**K**= índice Kappa

$$K = \frac{0,8462 - 0,1701}{1 - 0,1701} = 0,8146$$

De acuerdo con la fuerza de concordancia, el resultado del cálculo del índice kappa de 0,8146 es casi perfecto (Tabla 3). Cerda y Villarroel (2008) indican que el grado de concordancia es mayor si el valor kappa se aproxima a la unidad (0 a 1).

**4.2.2.3. Porcentaje correctamente clasificado.** Según el examen del índice Kappa, la precisión de la categorización para el año 2020 fue del 81,46%, lo que se considera casi perfecta. Con el resultado proporcionado, podemos estar seguros de que las clases se tomaron donde realmente existen, lo que significa que la clasificación indicada refleja efectivamente el nivel de confianza en los resultados.

**Tabla 8**

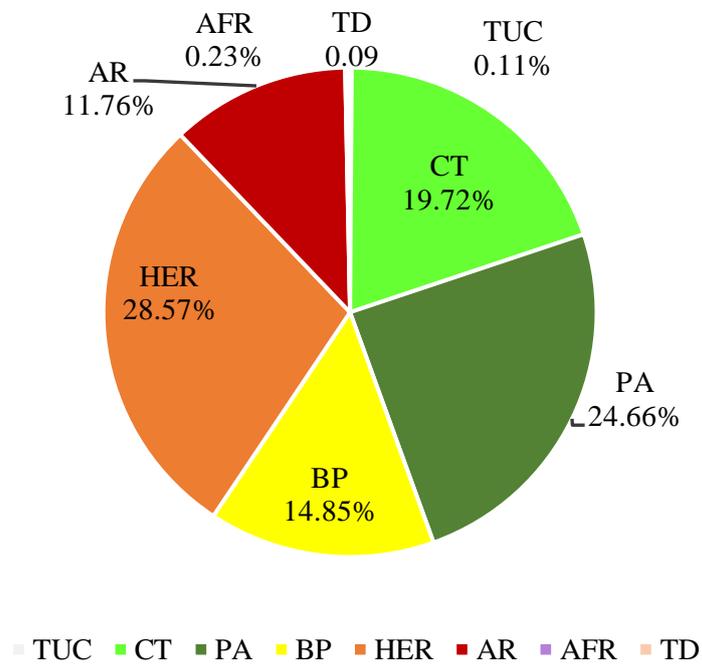
*Clasificación de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Chalamarca para el año 2020 .*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Áreas (ha)	(%)
1.Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido Urbano Continuo	TUC	20,38	0,11
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		CT	3 508,77	19,72
	2.3 Pastos		PA	4 386,92	24,66
3.Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Bosques plantados		BP	2 642,82	14,85
	3.3 Área con vegetación herbacea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	HER	5 083,61	28,57
		3.3.2. Arbustal	AR	2 092,01	11,76
	3.4. Área sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramiento rocoso		AFR	40,42
3.4.3 Tierras desnudas			TD	15,96	0,09
<b>Total</b>				<b>17 790,89</b>	<b>100,00</b>

En la Tabla 8 se puede observar que la cobertura con mayor predominancia fue la categoría vegetación herbazal con 28,57%, seguido de las categorías patos, cultivos transitorios, bosque plantados y vegetación arbustal con 24,66; 19,72; 14,85; 11,76 % respectivamente y menor proporción la categoría de afloramiento rocoso, tejido urbano continuo y tierras desnudas.

**Figura 14**

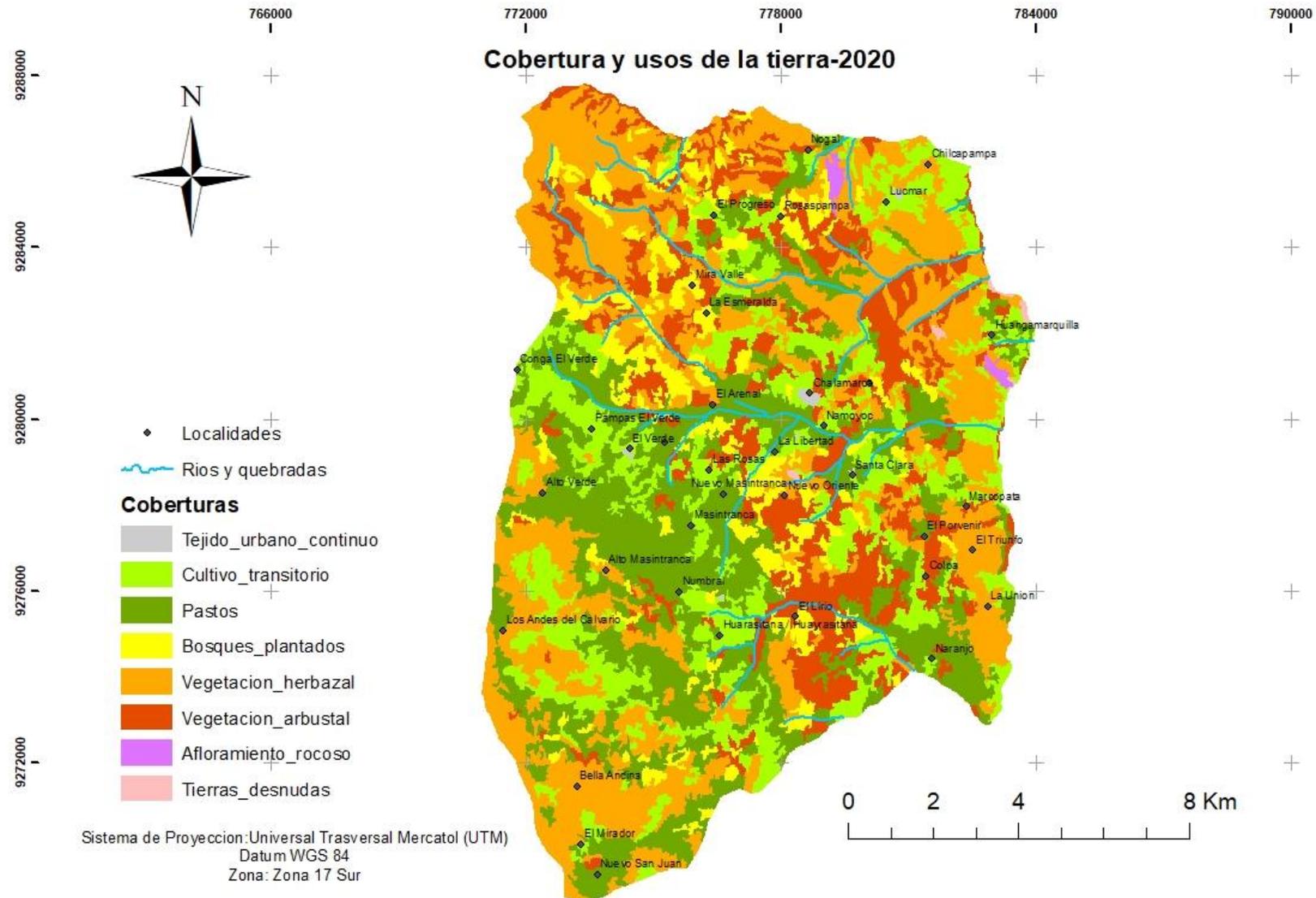
*Representación de la distribución porcentual de la cobertura año 2020*



El porcentaje de la cobertura para el año 2020 (Figura 14), muestra que las categorías de vegetación herbazal, pastos, cultivos transitorios, bosques plantados y la vegetación arbustal son los que ocupan mayor área, seguido de afloramiento rocoso, y en menor proporción las coberturas de TUC y TD.

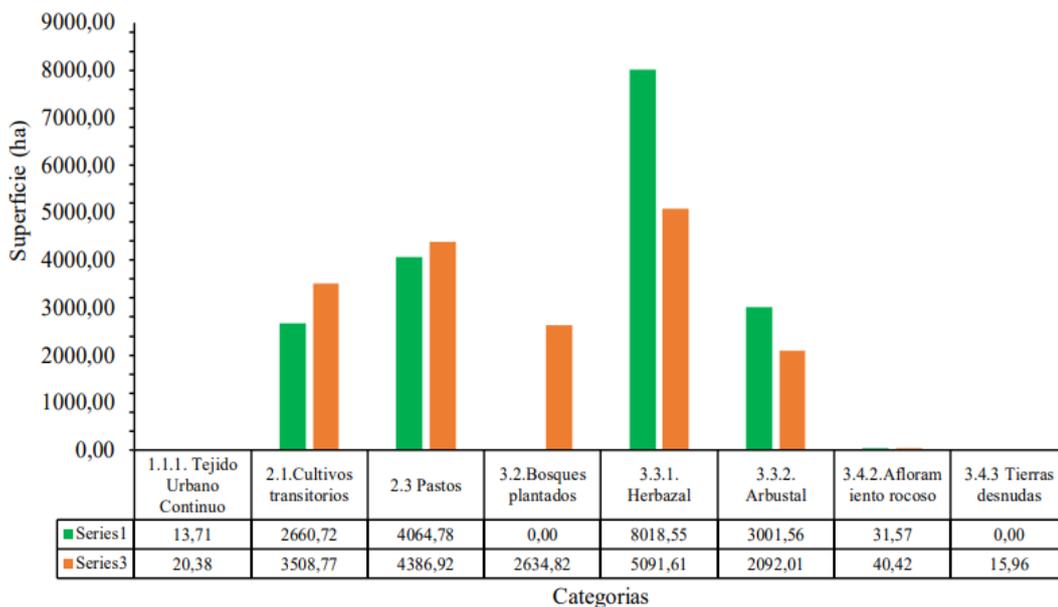
**Figura 15**

*Mapa de cobertura y usos de la tierra para el año 2020*



**Figura 16**

*Dinámica de la cobertura y uso de la tierra de los años 2000-2020*



La dinámica de la cobertura y uso de la tierra para el periodo 2000-2020 (Figura 16), las coberturas con más representatividad son la vegetación herbazal, cultivos transitorios, pastos y vegetación arbustal. De estas coberturas los cultivos transitorios aumentaron en un 19,91%, los bosques plantados en 5,93% y la vegetación arbustal solo en 3,22%. Sin embargo, las coberturas vegetación herbazal disminuyeron en un -24,63% y los pastos en -4,60%.

#### **4.3. Análisis del cambio de la cobertura de la tierra**

Para este análisis, la intersección de los polígonos tuvo que realizarse de forma general entre cada periodo de evaluación 2000-2020, de modo que pudieran obtenerse las regiones que cambiaron y las que no cambiaron en sus coberturas en todos los periodos de estudio.

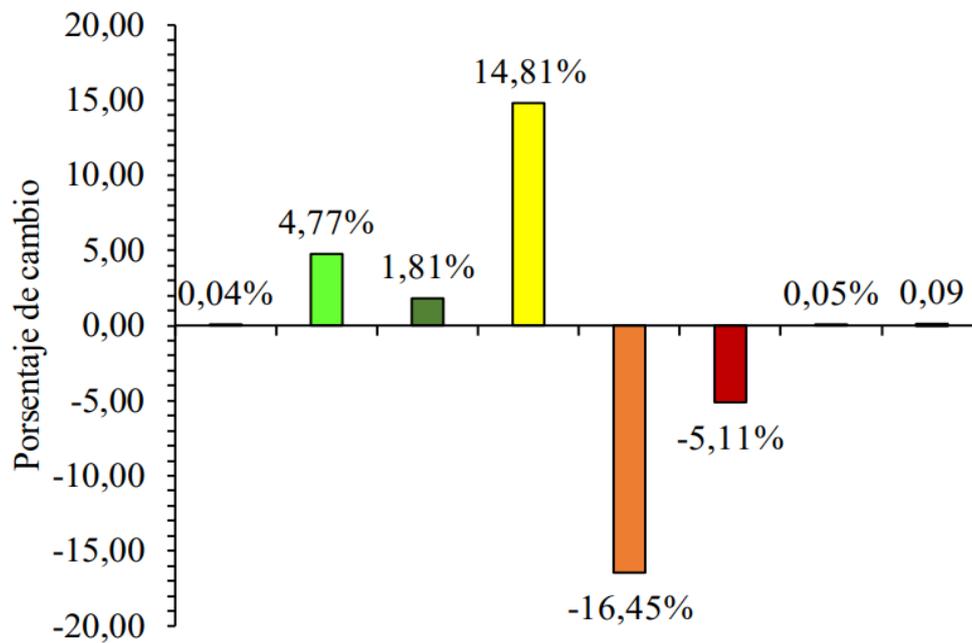
##### **4.3.1. Cambio y no cambio de uso de la tierra periodo 2000-2020**

**Tabla 9***Ganancia y pérdida de la cobertura de la tierra en ha periodo 2000-2022*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	simbología	Superficie 2000		Superficie 2020		2000-2020	
				Áreas (ha)	(%)	Áreas (ha)	(%)	Áreas (ha)	(%)
1.Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido Urbano Continuo	TUC	13,71	0,08	20,38	0,11	6,67	0,04
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		CT	2 660,72	14,96	3 508,77	19,72	848,05	4,77
	2.3 Pastos		PA	4 064,78	22,85	4 386,92	24,66	322,14	1,81
3.Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Bosques plantados		BP	0,00	0,00	2 642,82	14,85	2 642,82	14,85
	3.3 Área con vegetación herbacea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	HER	8 018,55	45,07	5 083,61	28,57	-2 934,94	-16,50
		3.3.2. Arbustal	AR	3 001,56	16,87	2 092,01	11,76	-909,55	-5,11
	3.4. Área sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramiento rocoso	AFR	31,57	0,18	40,42	0,23	8,85	0,05
		3.4.3 Tierras desnudas	TD	0,00	0,00	15,96	0,09	15,96	0,09
<b>Total</b>				<b>17 790,89</b>	<b>100,00</b>	<b>17 790,89</b>	<b>100,00</b>		

**Figura 17**

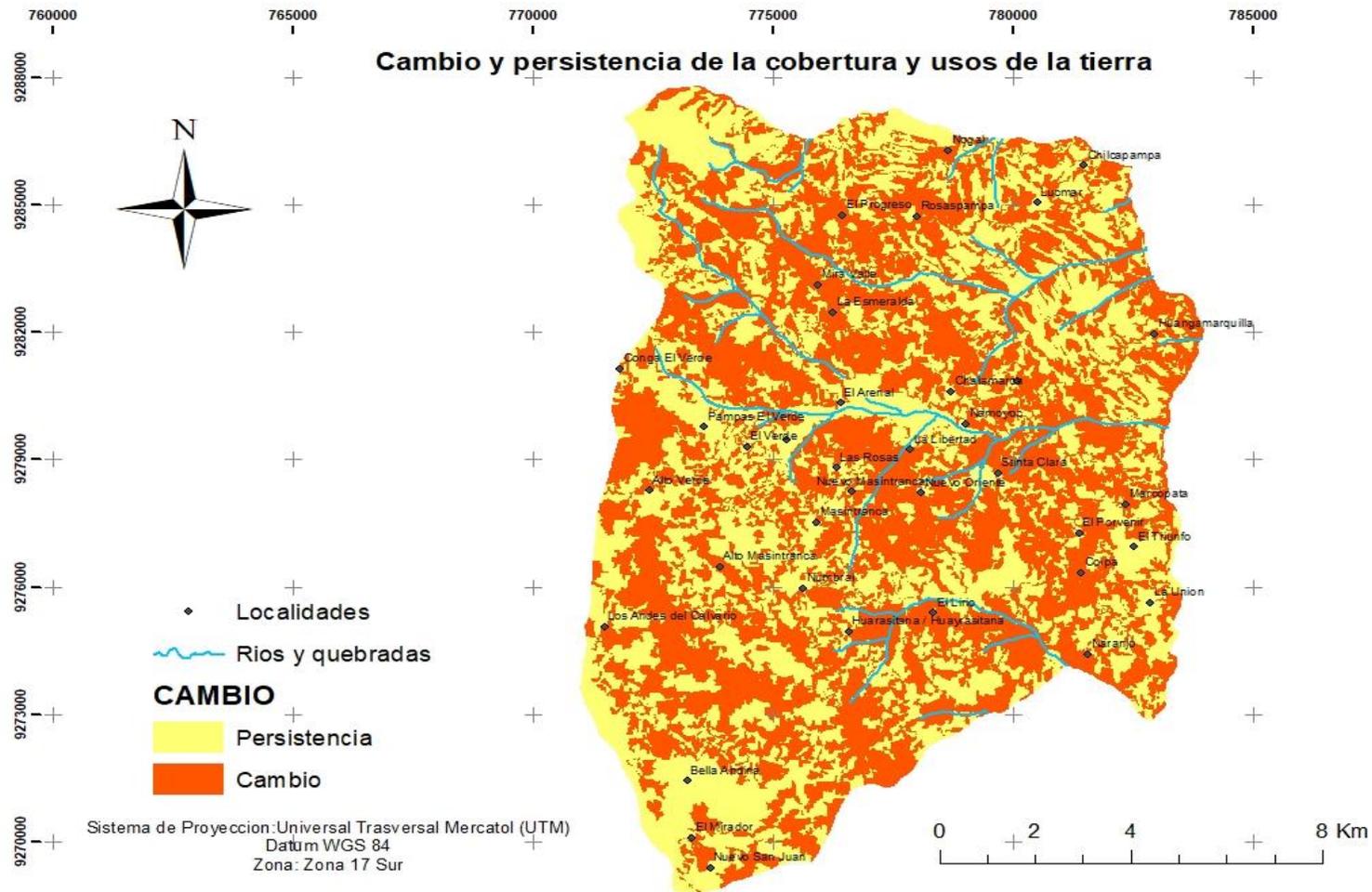
*Ganancia y pérdida de la cobertura de la tierra periodo 2000-2020*



En el distrito de Chalamarca en el periodo 2000 al 2020 (Tabla 9 y Figura 17), se generó una ganancia del 53,82% en las categorías bosques plantados, cultivos transitorios, pastos, tierras desnudas, afloramientos rocosos y tejido urbano continuo, representando un total de 9 571,58 ha que fueron reemplazadas por otras coberturas. Mientras que 8 215,31 ha (46,17%) no cambiaron, lo que indica que la cobertura terrestre observada en 2000 se mantuvo sin cambios hasta el 2020.

**Figura 18**

*Cambio y persistencia de la cobertura y usos de la tierra periodo 2000-2020*



#### **4.4. Análisis de la transición de la cobertura y uso de la tierra periodo 2000-2020**

##### **4.4.1. Análisis de los cambios por cada cobertura**

Se realizó mediante evaluación de todas las coberturas que cambiaron, es decir, las que fueron sustituidas por otras a lo largo del periodo de investigación, razón por la cual hay un antes y un después de la cobertura.

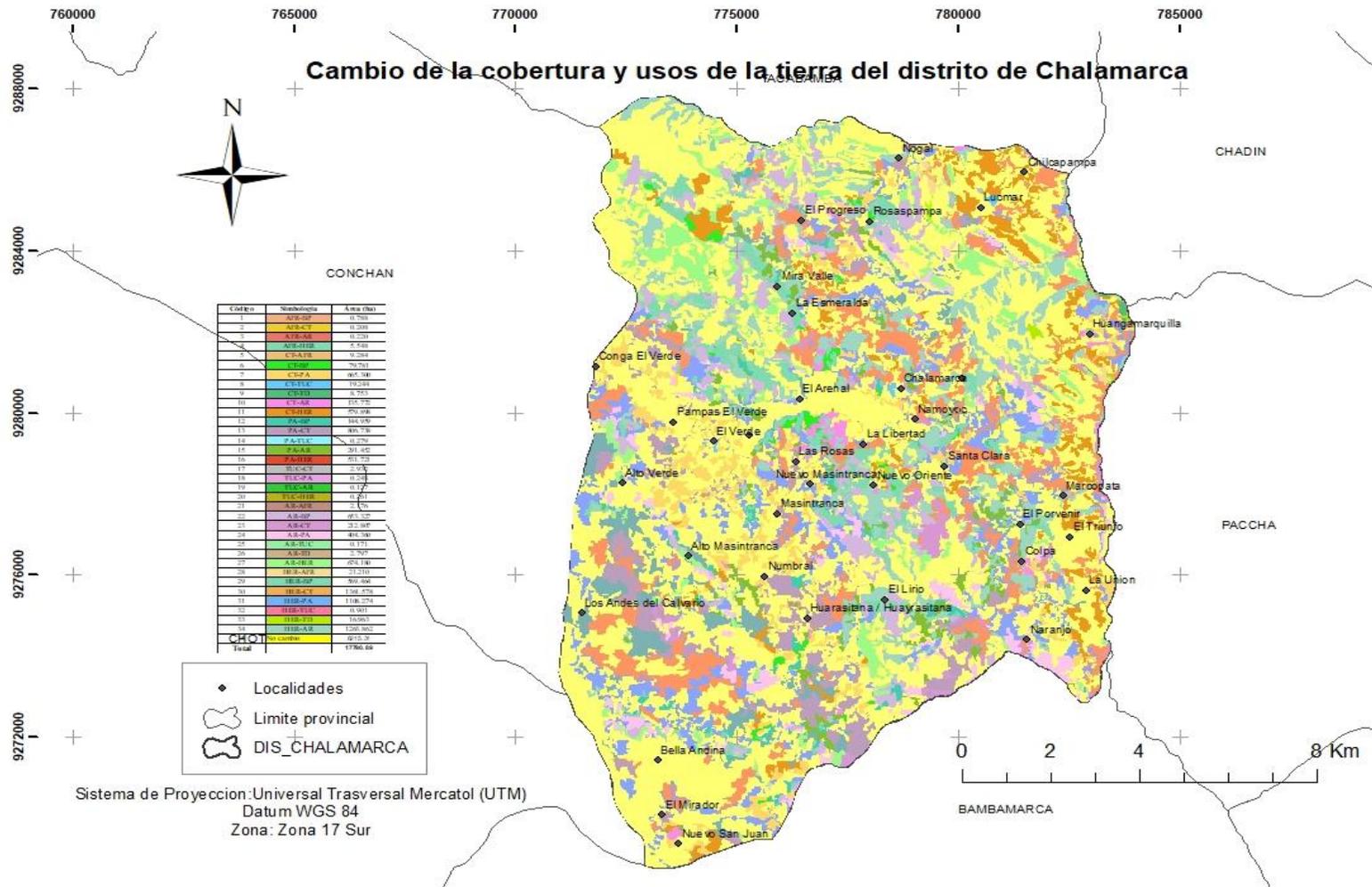
##### **4.4.1.1. Cambios de cobertura y uso de la tierra periodo 2000-2020 .**

Al examinar los cambios de cobertura que sufrió el distrito de Chalamarca durante el periodo 2000-2020, se determinó que existió 34 cambios de cobertura, como se indica en la Figura 19 y Tabla 10.

Se descubrió que hubo 34 variaciones en la cobertura que el distrito de Chalamarca experimentó entre los años 2000 y 2020, como se ilustra en la Figura 19 y la Tabla 10.

**Figura 19**

*Cambio de la cobertura y usos de la tierra periodo 2000-2020*



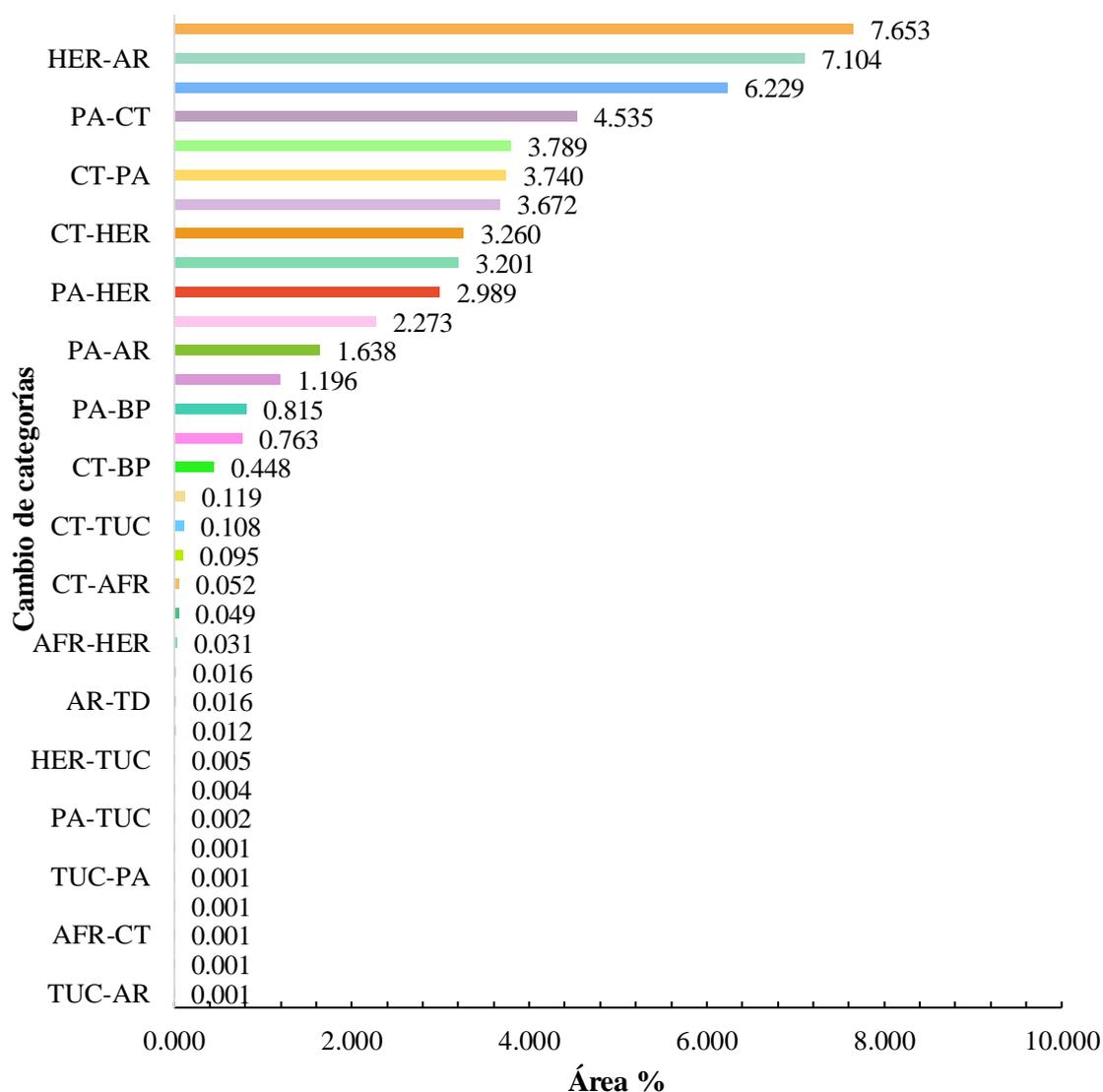
**Tabla 10** *Transición de la cobertura y uso de la tierra periodo 2000-2020*

Código	Simbología	Cut-2000	Cut-2020	Área (ha)	%
1	AFR-BP	Afloramiento-Rocoso	Bosques plantados	0,788	0,004
2	AFR-CT	Afloramiento-Rocoso	Cultivo transitorio	0,208	0,001
3	AFR-AR	Afloramiento-Rocoso	Vegetacion_arbustal	0,220	0,001
4	AFR-HER	Afloramiento_rocoso	Vegetacion_herbazal	5,548	0,031
5	CT-AFR	Cultivos-Transitorios	Afloramiento_rocoso	9,284	0,052
6	CT-BP	Cultivos-Transitorios	Bosques plantados	79,781	0,448
7	CT-PA	Cultivos-Transitorios	Pastos	665,300	3,740
8	CT-TUC	Cultivos-Transitorios	Tejido_urbano_continuo	19,244	0,108
9	CT-TD	Cultivos-Transitorios	Tierras desnudas	8,753	0,049
10	CT-AR	Cultivos-Transitorios	Vegetacion_arbustal	1 35,772	0,763
11	CT-HER	Cultivos transitorios	Vegetacion_herbazal	579,898	3,260
12	PA-BP	Pastos	Bosques plantados	144,959	0,815
13	PA-CT	Pastos	Cultivos transitorios	806,738	4,535
14	PA-TUC	Pastos	Tejido_urbano_continuo	0,279	0,002
15	PA-AR	Pastos	Vegetacion_arbustal	291,452	1,638
16	PA-HER	Pastos	Vegetacion_herbazal	531,721	2,989
17	TUC-CT	Tejido -urbano continuo	Cultivo transitorio	2,932	0,016
18	TUC-PA	Tejido_urbano_continuo	Pastos	0,248	0,001
19	TUC-AR	Tejido_urbano_continuo	Vegetacion_arbustal	0,127	0,001
20	TUC-HER	Tejido_urbano_continuo	Vegetacion_herbazal	0,261	0,001
21	AR-AFR	Vegetación-Arbustal	Afloramiento_rocoso	2,176	0,012
22	AR-BP	Vegetación-Arbustal	Bosques plantados	653,327	3,672
23	AR-CT	Vegetación-Arbustal	Cultivo transitorio	212,807	1,196
24	AR-PA	Vegetacion_arbustal	Pastos	404,360	2,273
25	AR-TUC	Vegetacion_arbustal	Tejido_urbano_continuo	0,171	0,001
26	AR-TD	Vegetacion_arbustal	Tierras desnudas	2,797	0,016
27	AR-HER	Vegetacion_arbustal	Vegetacion_herbazal	674,180	3,789
28	HER-AFR	Vegetación-Herbazal	Afloramiento_rocoso	21,210	0,119
29	HER-BP	Vegetación-Herbazal	Bosques plantados	569,464	3,201
30	HER-CT	Vegetacion_herbazal	Cultivo transitorio	1 361,578	7,653
31	HER-PA	Vegetacion_herbazal	Pastos	1 108,274	6,229
32	HER-TUC	Vegetacion_herbazal	Tejido_urbano_continuo	0,901	0,005
33	HER-TD	Vegetacion_herbazal	Tierras desnudas	16,963	0,095
34	HER-AR	Vegetacion_herbazal	1 Vegetacion_arbustal	263,862	7,104
35	No cambio			8 215,31	46,177
<b>Total</b>				<b>17 790,890</b>	<b>100,000</b>

Las dinámicas de cambio de cubierta más significativas fueron los cambios de vegetación herbazal a cultivos transitorios 7,65%, seguidos de los cambios de vegetación de herbazal a arbustal 7,10%; de vegetación de herbazal a pastos 6,22%, de pastos a cultivos de transición 4,63%, y los cambios menos significativos fueron los cambios de vegetación de arbustal a herbazal 3,79%, de vegetación arbustal a bosques plantados 3,67%, y de vegetación arbustal a tierra desnuda 0,01%. Sin embargo, no se produjo ningún cambio en 8 215,31 ha.

**Figura 20**

*Cambios de la cobertura y uso de la tierra periodo 2000-2020*



De acuerdo con los resultados (Figura 20), las categorías con mayor porcentaje de cambio de superficie fueron herbazal (HER)-cultivos transitorios (CT), lo que equivale al 7,65%, seguidas de herbazal (HER) a arbustal (AR), lo que equivale al 7,10%, y la categoría con menor cambio fue de arbustal (AR) a tierra desnuda (TD).

#### **4.5. Contrastación de hipótesis**

Como hipótesis se planteó: el cambio de cobertura y usos de la tierra en el distrito de Chalamarca para el periodo 2000 al 2020 es de 20 % del área distrital. Se refuta la hipótesis nula y se reconoce la hipótesis alternante, estableciéndose que el cambio de cobertura y uso de la tierra en el distrito de Chalamarca del 2000 al 2020 es del 53,82%.

#### **4.6. Discusión de resultados**

En el distrito de Chalamarca en el periodo 2000 al 2020 se generó un cambio de cobertura y uso de la tierra de 53,82% (9 571,58 ha). Resultados parecidos se reportaron en otros lugares, en México Bernal (2021) reportó un cambio de 736 ha en el periodo 2001 al 2018 y la actividad principal influyente fue la actividad minera, En Colombia Babativa (2021) en los periodos 2012, 2016 y 2020 se generó un cambio de 186,26 ha, donde; las áreas naturales cambiaron en 5%, el tejido urbano en 14,6%, las tierras desnudas y desgradadas aumentaron en 0,08%; en otro contexto, May *et al.* (2021) en su estudio realizado en México establecieron que los mayores cambios de la cobertura y uso de la tierra ocurren en la temporada de lluvia; en Ecuador, Aldás (2019) reportó que entre los años 1986 y 2017 se generó un cambio de 244,96 ha, las categorías que cambiaron fueron tierra agropecuaria en 9,28%; la categoría herbazal en 8,81% y la categoría cuerpos de agua disminuyó en 0,24%. A nivel nacional, se ha reportado resultados similares en Iquitos Palacios *et al.* (2020) en su estudio realizado para el año 1999-2018, se generó un cambio de 318 ha, por su parte Zumaeta (2019) realizó un análisis del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en la cuenca Yuyac, y reportó que las categorías cobertura boscosa generó un cambio de 474,20 ha, la categoría herbazal disminuyó en 13,0 ha y el afloramiento rocoso se redujo en 7,80 ha, en Ucayali se reportaron mayores cambios de cobertura y uso de la tierra en su estudio realizado por Tuesta (2018) estimó los cambios para los periodos 2004, 2011, 2016, 2030 y reportó que en el 2004 se cambiaron 4 824,09 ha; 12 260,08 ha en 2011 y 17 063,72 ha en el 2016 y para el año 2030 se estima que se perderán 25 139,51 ha.

El tejido urbano continuo alcanzó un incremento de 0,04%, este incremento se debe principalmente a la expansión urbana del distrito de Chalamarca y del Centro Poblado El Verde, además, de apertura de nuevas calles, avenidas y trochas carrozables. Camacho *et al.* (2022) consideran que este proceso genera una transformación radical en la cobertura terrestre, en México López *et al.* (2009) en el periodo 1990-2000, la categoría tejido urbano alcanzó un crecimiento del 16%, en Turquía Erener *et al.* (2012), reportaron que esta categoría en tres años alcanzó un incremento de 35%, sin embargo, en China se reportó lo contrario en 22 años el tejido urbano se incrementó solamente en 0,67% (Liping *et al.*, 2018).

Los cultivos transitorios se incrementaron en 4,77%, debido que la expansión agrícola cada vez es mayor y que su ciclo de producción anual es cada vez disminuye, sus cultivos principales del distrito es la producción de tubérculos, cereales y legumbres. Reportes del INEI (2020) determinaron que la actividad agrícola se incrementó de 0,84 ha/persona a 1,72 ha/persona y esto podría continuar paulatinamente hasta que el área de vegetación natural sea completamente suprimida. En Chota, Cajamarca Tarrillo *et al.* (2021) determinaron que en el periodo 2003-2019 los cultivos transitorios se incrementaron en 10,94%, resultados similares se reportó en el distrito de Matara-Cajamarca estudio realizado por Cieza (2017) en el periodo 1991-2016, determinó que el 40,30% es de predominancia de cultivos transitorios, en Puno Loza y Taype (2021) en el periodo 2000-2016 los cultivos aumentaron en 27%. En otras partes este crecimiento es mínimo, en México en una cuenca altiplánica en el periodo 2000 y 2008 se incrementó en 0,03% (Orozco *et al.*, 2012). Por su parte Camacho *et al.* (2015) aporta que en América latina las áreas de mayor predominancia son la agricultura y la urbanización.

La categoría pastos aumentó en 1,81%, debido que la población ha incrementado la actividad agrícola y forestal, lo contrario se reportó para el distrito de Chota en el periodo 2003-2019 estudio realizado por Tarrillo *et al.* (2021) determinó que la categoría pastos disminuyó en -1,55%, en otros lugares también ocurre lo mismo en Colombia Álvarez *et al.* (2021) determinaron que la categoría pastos disminuyó de 4 212 ha (año 1989) a 4 838 ha (año 2022), por su parte, en Cuba Figueredo *et al.* (2020) reportaron que los pastos en el periodo 1986 y 2016 la categoría de pastos disminuyeron en 6,38 km<sup>2</sup>.

Bosques plantados alcanzó un incremento de 14,85%, el incremento se debe a que desde el año 2003 el gobierno regional y local impulsaron la reforestación con especies exóticas (*Pinus patula*, *Pinus radita*, eucaliptos) y especies nativas (*Alnus acuminata* y

*Salix alva*) , López *et al.* (2021) consideran que los bosques plantados en la sierra representan el 35 % del territorio, Tarrillo *et al.* (2021) en Chota determinaron que en el periodo 2003-2019, esta categoría se incrementó solamente en 0,53%, Gutiérrez y Vílchez (2021) determinaron que en el distrito de Cajamarca en el periodo 2000 -2020 los bosques plantados se incrementaron en 0,006%,

La vegetación herbazal disminuyó en -16,50%, debido al aumento de bosques plantados, pastos y cultivos transitorios, siendo los de mayor predominancia en la zona alta la *So lanum tuberosum* (papa), *Ullucus tuberosus* (olluco) y *Oxalis tuberosa* (oca) principalmente en las comunidades de Bella Andina, El Mirador, Alto Verde, Nuevo San Juan y Conga El Verde y en el valle *Zea mays* (Maíz), *Manihot esculenta* (yuca) y *Saccharum officinarum* (caña) en las comunidades de Marcopata, La Libertad, Santa Clara, La Unión, Huangamarquilla y Chilcapampa, en Cajamarca, resultados similares reportaron Gutiérrez y Vílchez (2021) en el 2000 -2020 la categoría herbazal disminuyó en -11,65, sin embargo, en Chota en el periodo 2003-2019 la disminución de esta categoría fue menor -6,91 % (Tarrillo *et al.*, 2021).

La vegetación arbustal disminuyó en -5,11%, debido al incremento de plantaciones forestales, resultados similares reportó Tarrillo *et al.* (2021) en el distrito de Chota en el periodo 2003-2019 esta categoría disminuyó en -4,79% y en el distrito de Matara- Cajamarca, Cieza (2017) reportó que en periodo 2003-2016 la cobertura disminuyó en -4,79%.

La categoría afloramiento rocoso se incrementó en 0,05%, debido que durante el periodo de estudio ocurrió incendios forestales principalmente en las localidades de Lucmar, Naranjo, Huangamarquilla y Marcopata, estudios realizados por Tarrillo *et al.* (2021) y Cieza (2017) determinaron lo contrario, debido que esta categoría fue menos impactada en los ámbitos de estudio se han establecido como áreas de turismo.

La categoría tierras desnudas se incrementó en 0,09%, debido que en los últimos 20 años se ha incrementado la extracción de arena para la comercialización en el distrito de Chota y lugares aledaños, para satisfacer la gran demanda en el sector de construcción, además, del deslizamiento a orillas del Río Llaucano y la apertura de nuevas trochas carrozables, Resultados similares reportó Tarrillo *et al.* (2021) que la categoría tierras desnudas tuvo un incremento mínimo de 1,11%, en Huancayo en el periodo 1987-2017, Mucha (2020) reportó que esta categoría se incrementó en 0,05%.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

En el distrito de Chalamarca durante el periodo 2000-2020, se logró identificar un cambio de cobertura y uso de la tierra de 9 571,58 hectáreas, que representa el 53,82%. En cambio, 8 215,31 hectáreas que representa el 46,17% no experimentó cambio.

Mediante plataforma de Google Earth Engine se logró clasificar ocho tipos de cobertura vegetal de los cuales son: tejido urbano continuo (TUC), cultivos transitorios (CT), pastos (PA), bosques plantados (BP), vegetación herbazal (HER), vegetación arbustal (AR), afloramiento rocoso (AFR) y tierras desnudas (TD).

Durante el periodo 2000-2020 las categorías que presentaron incrementos fueron los bosques plantados (BP) 2 642,82 (14,85%), cultivos transitorios (CT) 848,05 (4,77%) y la categoría pastos (PA) 322,20 (1,81%) Por su parte, las clases de coberturas que disminuyeron su extensión fueron vegetación herbazal (HER) 2 943,94 ha (-16,50%) y arbustal 909,55 ha (-5,55%).

Durante el periodo 2000-2020, el mayor porcentaje en cambio de área fue herbazal (HER) a arbustal (AR) fue de 7,10%, seguido de las categorías herbazal (HER) a pastos (PA) con 6,22% y menor porcentaje se encuentra la vegetación arbustal (AR) a tierras desnudas (TD) 0,01%.

Los factores que han influenciado en el cambio de cobertura y usos de la tierra para Chalamarca en el periodo 2000-2020 fue el establecimiento cultivos transitorios y el desarrollo de plantaciones forestales principalmente de *Pinus patula*, *Pinus radiata* y *Eucaliptos globulus*.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar un estudio de zonificación para el desarrollo de proyectos forestales, para poder identificar las áreas adecuadas para reforestar.
- Realizar la gestión y protección de los recursos naturales en el distrito de Chalamarca, orientado principalmente evitar la erosión de suelo, regulación hídrica en las zonas altoandinas.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Alcántara, G. (2014). Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra. [https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/EE\\_CUT\\_primera\\_version\\_julio\\_2014.pdf](https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/EE_CUT_primera_version_julio_2014.pdf)
- Aldás, A. P. (2019). *Análisis de la dinámica temporal del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) para los años 1986, 2001 y 2017 en la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, Imbabura, mediante el uso de google Earth Engine*. [Tesis pregrado, Universidad Católica del Ecuador] <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/16619>
- Alvarado Brito, N. C., & Mainato Mayancela, F. X. (2021). *Herramientas SIG para el estudio de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo en el cantón Chunchi, provincia del Chimborazo*. [Tesis pregrado, Universidad Politécnica Salesiana] <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20104>
- Álvarez, A. J. Á., Quintero, L. F. Y., & Ivanova, Y. (2021). Estimación del cambio de la capacidad de regulación hídrica como respuesta a los cambios de coberturas de la tierra: (Caso de estudio: Cuenca alta del río Chinchiná, Caldas, Colombia). *Revista EIA*, 18(35), *Article 35*. <https://doi.org/10.24050/reia.v18i35.1465>
- Alvear, N. (2018). *Estudio Multitemporal de cambio y usos del suelo, en la microcuenca del río Escudillas*. [Posgrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7879/1/PG%20602%20TESIS.pdf>
- Angulo, M. A. (2017). *Uso de imágenes satelitales para la conservación regional en el departamento del Cusco*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3417>
- Araque, D. G. D. (2014). Variables clave de los sistemas integrados de gestión (SIG). *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 4(13), 18-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215045726003>
- Briceño, N. B. R., Castillo, E. B., Quintana, J. L. M., Cruz, S. M. O., & López, R. S. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambios de cobertura

y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (81). <https://doi.org/10.21138/bage.2538a>

Babativa, I. A. (2021). *Análisis multitemporal del área del Sistema de Humedales kirpas Pinilla la Cuerera ubicando en Villavicencio – Meta para los años 2012, 2016 y 20200* [Tesis pregrado, Universidad Militar Nueva Granada] <http://hdl.handle.net/10654/39047>

Bernal, L. F. (2021). *Análisis de la pérdida de cobertura arbórea en el complejo del Cerrejón en los municipios Albania, Barranca y Hatonuevo (la Guajira) desde el 2001 hasta 2018*. [Tesis pregrado, Universidad Militar Nueva Granda] <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38934>

Bravo, N. (2017). Geomática Ambiental S.R.L. [Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. [https://acolita.com/wp-content/uploads/2018/01/Teledeteccion\\_espacial\\_ArcGeek.pdf](https://acolita.com/wp-content/uploads/2018/01/Teledeteccion_espacial_ArcGeek.pdf)

Camacho, C. O., Jara, & González, J. L. (2022). Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Morona Santiago. *Polo del Conocimiento*, 7(1), 797-807. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8331416>

Camacho-Sanabria, J. M., Juan Pérez, J. I., Pineda Jaimes, N. B., Cadena Vargas, E. G., Bravo Peña, L. C., & Sánchez López, M. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y bosques*, 21(1), 93-112. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n1/v21n1a8.pdf>

Camargo, O. F., & Sandoval, J. M. (2020). *Sistema de información geográfica para el desarrollo de un plan de gestión urbana*. [Tesis pregrado, Universidad Ricardo Palma] . <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3675>

Campos, C. L. (2018). *Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal para el desarrollo de un modelo probabilístico prospectivo en la cuenca*. [Tesis pregrado, Universidad Internacional SEK] <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3133>

- Castillo, S. (2014). *Corrección automática de la geometría de fotogramas capturados desde plataformas aéreas no tripuladas* [Posgrado, Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/handle/10396/12214>
- Cieza, D. A. (2017). *Análisis de cambio de Cobertura y Uso Actual de la Tierra con imágenes satelitales del distrito de Matara 1991–2003–2016* [Tesis posgrado, Universidad Nacional de Cajamarca] <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1675?show=full>
- Cordova Reyes, J. R., & Sanchez De Souza, L. O. (2020). *Análisis de la variación multitemporal de la cobertura vegetal entre los años 2010-2018, en la cuenca del río Neshuya, Ucayali, Perú* [Tesis pregrado, Universidad nacional de Ucayali] <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4318>
- Erener, A., Düzgün, S. y Yalciner, AC (2012). Evaluar el uso de la tierra/cambio de cobertura con datos satelitales temporales y sistemas de información. *Tecnología Procedia* , 1 , 385-389. <https://dx.doi.org/10.15359/ru.35-2.3>
- Ferreras, A. (2014). *Caracterización de Variables Geoespaciales Mediante Teledetección Multiespectral y su Integración de la Modelación Hidráulica de la Cuenca del Rio Tinguiririca (Chile)* [Tesis de pregrado, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energías de Madrid]. [http://oa.upm.es/34159/1/PFC\\_Alba\\_Ferreras\\_gonzalez.pdf](http://oa.upm.es/34159/1/PFC_Alba_Ferreras_gonzalez.pdf)
- Fernández, L. T. L., & Rincón, L. N. G. (2020). Procesamiento de imágenes satelitales. *L'esprit Ingénieux*, 11(1), 33-49. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/2332>
- Figueredo, J. L., Ramón, A. M., & Barrero, H. (2020). Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo " Los Números" Guisa, Granma. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8(1), 1-15. [http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v8n1/en\\_2310-3469-cfp-8-01-1.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v8n1/en_2310-3469-cfp-8-01-1.pdf)
- Gaitán, D. J., & López, M. I. (2018). *Examen multitemporal de la especie vegetal invasora Retamo espinoso (Ulex europaeus) mediante algoritmos de clasificación a partir de fotos satelitales Sentinel 2 y Landsat 8 en el embalse la Regadera, región rural de la localidad de Usme.* [Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Pregrado]. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13799>

- Gomez, V. (2019, marzo 4). Las 6 actividades antrópicas principales y sus efectos. Lifeder. <https://www.lifeder.com/actividades-antropicas/>
- González, B. B., Saá, L. M., Simba, L. F., Barragán, R., & Cadme, M. L. (2022). Vegetación riparia y la calidad del recurso hídrico en la zona centro del litoral ecuatoriano. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1070>
- Guzmán, J., & Flórez, A. C. (2019). Fragmentación del paisaje empleando análisis multitemporal de imágenes de satélite Landsat TM y ETM+ en el municipio de Montelíbano, Córdoba-Colombia. *Gestión y Ambiente*, 22(1), 31-41. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n1.76116>
- Gregory, A. S., Ritz, K., McGrath, S. P., Quinton, J. N., Goulding, K. W. T., Jones, R. J. A., Harris, J. A., Bol, R., Wallace, P., Pilgrim, E. S., & Whitmore, A. P. (2015). A review of the impacts of degradation threats on soil properties in the UK. *Soil Use and Management*, 31(S1), 1-15. <https://doi.org/10.1111/sum.12212> <https://doi.org/10.1111/sum.12212>
- Gutierrez, F., & Vilchez, K. I. (2022). Gutierrez Rosado, F., & Vilchez Ortiz, K. I. (2021). *Evaluación de cobertura vegetal en el distrito de Cajamarca utilizando dos técnicas espectrales del 2000 al 2020*. [Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte] <https://hdl.handle.net/11537/31750>
- Ghorbanian, A., Kakooei, M., Amani, M., Mahdavi, S., Mohammadzadeh, A., & Hasanlou, M. (2020). Improved land cover map of Iran using Sentinel imagery within Google Earth Engine and a novel automatic workflow for land cover classification using migrated training samples. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 167, 276-288. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.07.013>
- Kakooei, M., Nascetti, A., & Ban, Y. (2018, July). Sentinel-1 global coverage foreshortening mask extraction: An open-source implementation based on Google Earth Engine. In *IGARSS 2018-2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 6836-6839). IEEE.
- Leija, E. G., Pavón, N. P., Sánchez-González, A., & Ángeles-Pérez, G. (2021). Dinámica espacio-temporal de uso, cambio de uso y cobertura de suelo en la región centro

- de la Sierra Madre Oriental: implicaciones para una estrategia REDD+ (Reducción de Emisiones por la Deforestación y Degradación). *Revista cartográfica*, (102), 43-68. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i102.832>
- Liping, C., Yujun, S. y Saeed, S. (2018). Monitoreo y predicción de cambios en el uso de la tierra y la cobertura de la tierra utilizando técnicas de sensores remotos y GIS: un estudio de caso de un área montañosa, Jiangle, China. *PloS uno*, 13 (7), e0200493. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000400099>
- López Vázquez, V. H., & Plata Rocha, W. (2009). Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. *Investigaciones geográficas*, (68), 85-101. <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n68/n68a7.pdf>
- López, C. O. C., Paqui, N. S. C., & Villa, A. F. J. (2021). Análisis multitemporal de la deforestación y cambio de la cobertura del suelo en Zamora Chinchipe. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(11), 1228-1241. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8219372>
- Lopez, D., & Torres, A. (2017). Diploma en en analisis de informacion geoespacial. 34.
- Loza-Del-Carpio, A., & Taype-Huamán, I. (2021). Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambios de uso del suelo en una localidad altoandina, Puno-Perú. *Uniciencia*, 35 (2), 1-19. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.35-2.3>
- Mamani Vargas, A. J. P. (2021). *Determinación del vínculo entre los índices de vegetación y el cambio climático en la laguna Paucarani-Tacna mediante una evaluación multitemporal de datos Landsat desde 1972 hasta 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1925>
- May, F. P., Hernández, J. V. S., & Jacinto, H. S. (2021). Análisis de zonas de cultivo y cuerpos de agua mediante el cálculo de índices radiométricos con imágenes Sentinel-2. *Lámpsakos*, (24), 48-59. <https://doi.org/10.21501/21454086.3601>
- MINAM. (2014). Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina (Primera Edición; p. 78). Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wpcontent/uploads/sites/18/2>

013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf

- Morales, J. C., Carrillo, F. M., Farfán, L. M., & Cornejo, V. M. (2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de bahía de banderas, México. *Caldasia*, 38(1), 17-29. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57831>
- Moreno, A. V. (2017). *Análisis de las transiciones de los cambios de uso y cobertura del suelo mediante técnicas estadísticas y sistemas de información geográfica de los años (2001-2016) en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo*. [Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4206>
- Mucha, D. C. (2020). *Análisis de la variación de la cobertura y uso actual de tierras de la subcuenca del Cunas durante el periodo 1987-2017* [Tesis pregrado, Universidad Continental] <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8451>
- Mutanga, O., & Kumar, L. (2019). Google Earth Engine Applications. *Remote Sensing*, 11(5), 591. <https://doi.org/10.3390/rs11050591>
- Nanni, A. S., Piquer Rodríguez, M., Rodríguez, M. D., Núñez Regueiro, M. M., Periago, M. E., Aguiar, S., ... & Gasparri, N. I. (2020). Presiones sobre la conservación asociadas al uso de la tierra en las ecorregiones terrestres de la Argentina. <http://hdl.handle.net/11336/142201>
- Ñontol, Y. (2018). *Análisis de cambios de bobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Asunción periodo 2002—2017* [Pregrado, Universidad Nacional De Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2601>
- Orozco, J. A. G., Gutiérrez, J. G. C., Pérez, J. I. J., & Plata, M. Á. B. (2012). Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el altiplano mexicano. El caso del Río San José en el Estado de México. *Papeles de geografía*, (55-56), 63-73. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/176211>
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de información geográfica*. <https://hdl.handle.net/11537/25452>

- Patiño, N. A. P. (2015). *Clasificación de la cobertura de la tierra en el suelo rural del municipio de pipiales – Nariño mediante la aplicación de herramientas SIG* [Pregrado, Universidad de Manizales].  
[https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2510/04\\_Patino\\_Nicolas\\_2015.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2510/04_Patino_Nicolas_2015.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Rojas, D. (2018). *Examen multitemporal del cambio en la cobertura vegetal y su influencia en la desecación del espejo de agua en la laguna de Tota utilizando imágenes Landsat desde 1991 hasta 2017*. [Tesis pregrado, Universidad Militar de Granada] <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17715>
- Rojas, F. L. (2017). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos—Cajamarca, período 1989—2015* [Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].  
<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/212>
- Rosero, M. M. (2018). *Análisis multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del Río Tahuando y proyección de cambios al año 2031, en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura* [Posgrado, Universidad Técnica del Norte].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7745>
- Rubio, Y. A. (2018). *Análisis del cambio de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Lajas periodos 1987—2002—2016* [Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca ].  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3160>
- Romero, F. S. (2016). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista AquaTIC*, (24).  
<http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=196>
- Tarrillo, D. T., Gonzáles, D. G. E., Tarrillo, D. A. C., Abanto, H. M. S., Juanito, Y. A. C., & Cieza, R. T. (2021). Cambio de cobertura y uso de la tierra por actividades antrópicas en el distrito de Chota, periodo 2003/2019. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 4(2), 14-24. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p14>
- Tuesta, E. (2018). *Prospectiva del cambio de uso de suelo en el distrito de iberia, tahuamanu—madre de dios, periodo 2004-2030*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Amazónica] <http://hdl.handle.net/20.500.14070/315>

- Vargas-Sanabria, D., & Campos-Vargas, C. (2018). Sistema multi-algoritmo para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 58-69. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-58.pdf>
- Wahap, N., & Shafri, H. Z. (2021). Utilización de Google Earth Engine (GEE) para el monitoreo de la cobertura terrestre en el valle de Klang, *Malasia. IGRSM*. <https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/540/1/012003>
- Zhao, Q., Yu, L., Li, X., Peng, D., Zhang, Y., & Gong, P. (2021). Progress and trends in the application of Google Earth and Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(18), 3778. <https://doi.org/10.3390/rs13183778>
- Zumaeta, D. L. (2019). *Análisis multitemporal y predictivo del cambio de uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal en la microcuenca Yuyac, Amazonas, 2018*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza] <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1986>.

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

Figura 21

*Clasificación de imágenes satelitales*

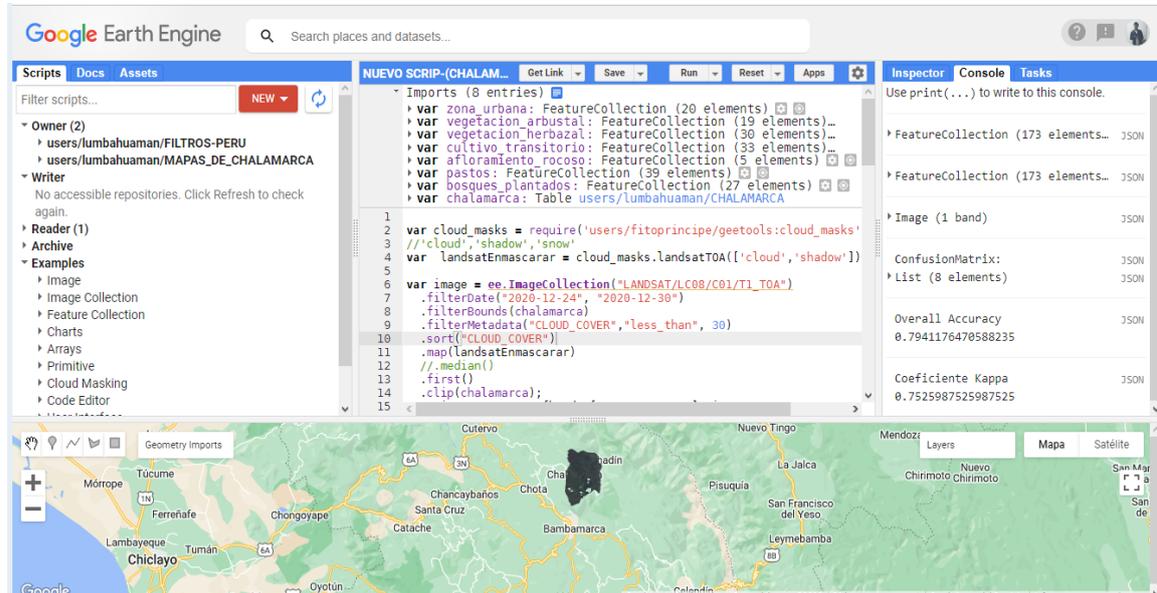


Figura 22

*Aplicación de filtros*

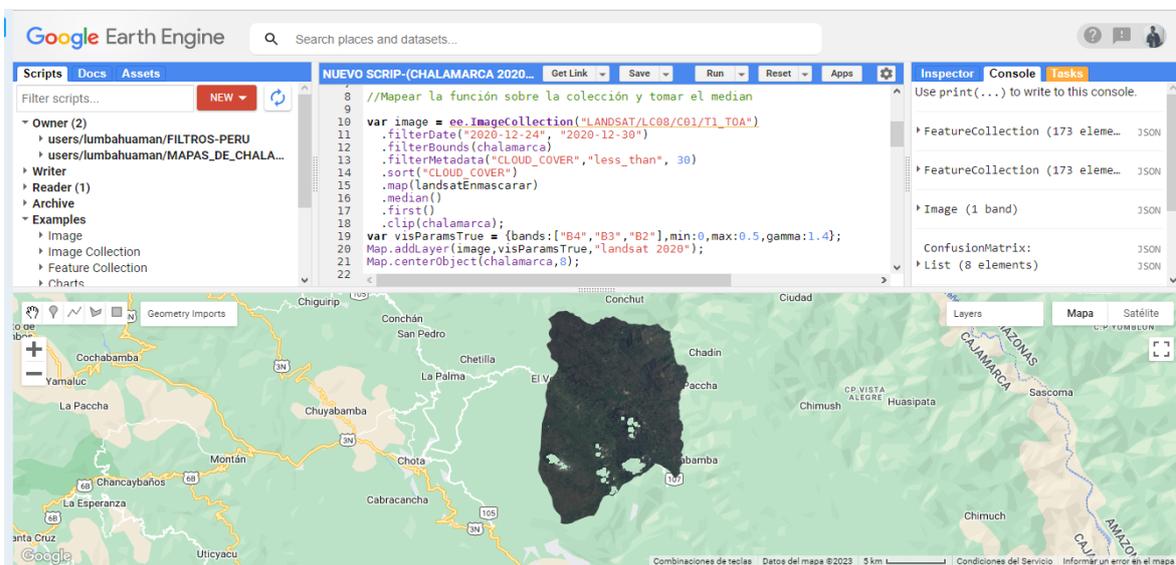


Figura 23

Aplicación de la función CLOUD\_MASKS

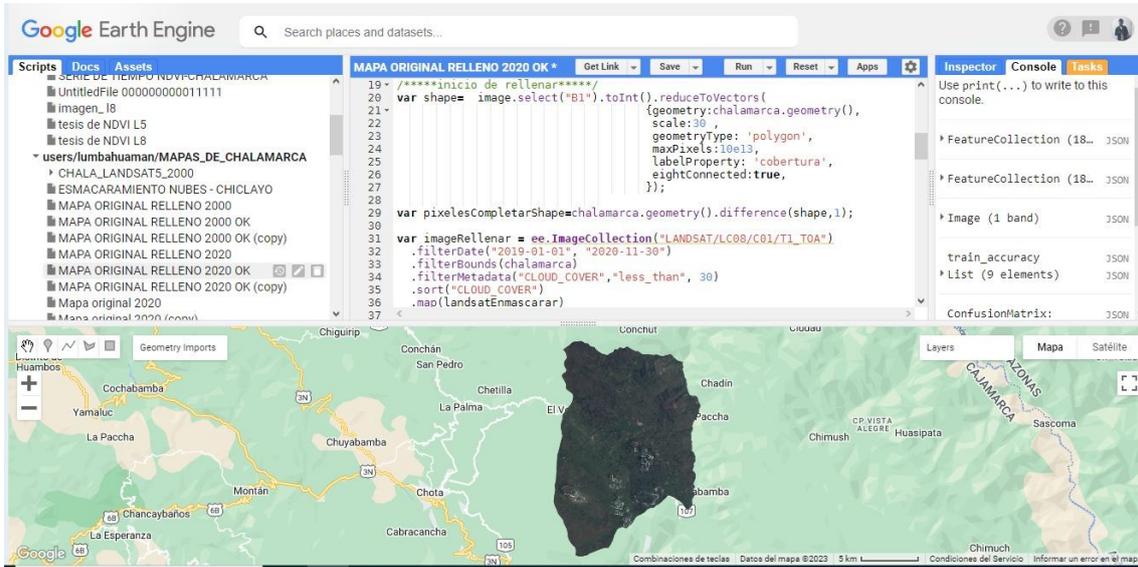
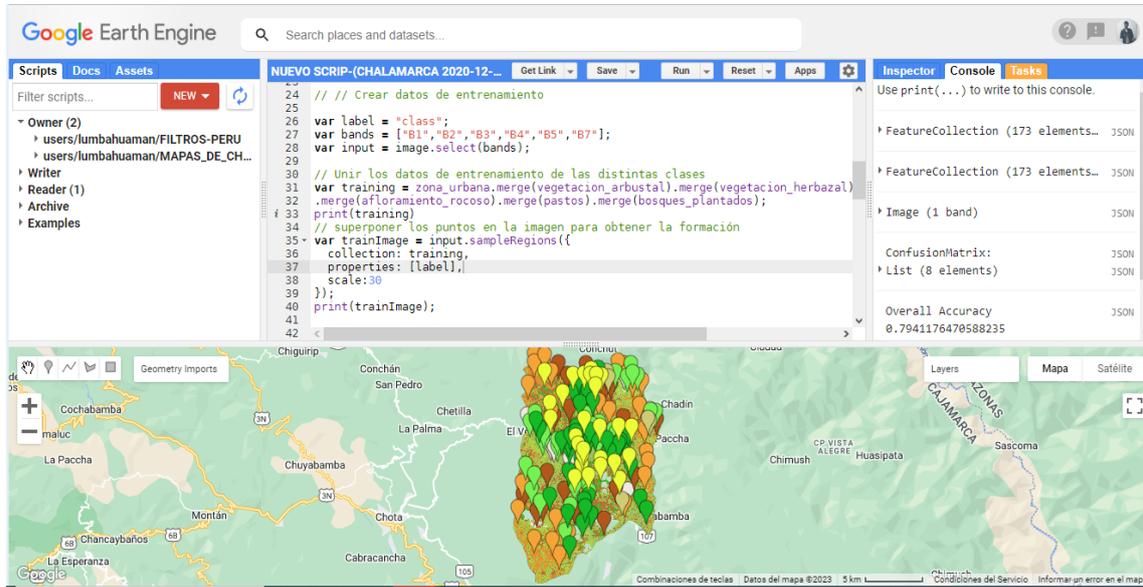


Figura 24

Recopilación de datos de entrenamiento



## Anexo 02:

### Sistema de clasificación de la cobertura Corine Land Cover adaptado para el Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Definición nivel II	Comentario
1. Áreas Artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo 1.1.2 Tejido urbano continuo		Las áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación asociadas con ella, que configuran un tejido urbano.	Requiere información secundaria
	1.2 Áreas industriales e infraestructura	1.2.1 Áreas Industriales o comerciales 1.2.2 Red vial, ferroviaria y terrenos asociados 1.2.3 Áreas portuarias 1.2.4 Aeropuertos 1.2.5 Obras hidráulicas		Comprende áreas cubiertas por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.	Requiere información secundaria
	1.3 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombrecar	1.3.1 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos 1.3.2 Áreas de disposición de residuos		Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras e hidrocarburiíferas, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen. (Incluye colas y desmontes)	Requiere información secundaria
	1.4 Áreas verdes artificiales no agrícolas	1.4.1 Áreas verdes urbanas 1.4.2 Instalaciones recreativas		Comprende las áreas verdes localizadas en las zonas urbanas, sobre las cuales se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación donde los diferentes usos no requieren de infraestructura construida apreciable. En general, estas áreas verdes son el resultado de procesos de planificación urbana o áreas que por los procesos de urbanización quedaron embebidas en el perímetro de la ciudad	
2. áreas agrícolas	.1 Cultivos transitorios			Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario a sembrar o plantar para seguir produciendo. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetal es generalmente corto (hasta 2 años), llegando incluso a ser sólo de unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada, y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas, algunas especies de flores de cielo abierto.	Pe: Será necesario mapear caña a nivel 3 para luego estandarizar las estadísticas nacionales y regionales
	2.2 Cultivos permanentes			Comprende los territorios dedicados a los cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a dos años, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría de cultivos industriales de caña, los cultivos de herbáceas como plátano y banano; los cultivos arbustivos como café y cacao; y los cultivos arbóreos como palma africana y árboles frutales.	

				Comprende las tierras cubiertas con hierbas densa de composición florística denominada principalmente por las familias poaceae y fabácea, dedicadas a pastoreo permanente por un periodo de 2 o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicados en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente y en el manejo posteriores que se hace.	
	2.3 Pastos				
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas			Son unidades que se reúnen dos o más clases cobertura agrícolas y naturales. Están, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricas que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y de formas locales de tendencia de la tierra. 70% intervenido en la UMN. Si el % es menor, la cobertura continua define a la matriz.	Pe: se trabajará evaluar si es posible subdividir el 2.4 en 2.4 y 2.5
	3.1 Bosque	3.1.1 Bosque denso bajo 3.1.2 Bosque abierto bajo 3.1.3 Bosque denso alto 3.1.4 Bosque abierto alto 3.1.5 Bosque fragmentado		Altura mayor a 5m. Cobertura mayor a 10%. Umbral entre denso y abierto: 70% de cobertura los bosques riparios y otros ecológicamente discernibles entrarían como nivel 4. Se consideran excepcionales importantes definidas por restricciones bioclimáticas y biogeográficas (particularmente en Perú y Bolivia), como los bosques de polyepis o prosopis.	
	3.2 Bosques Plantados			Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación Arborea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la población y/o la siembra durante el proceso de forestación y reforestación para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes o servicios ambientales (plantaciones protectoras).	
3. Bosques y bosques mayormente naturales	3.3 áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	3.1.1.1 Herbazal denso 3.1.1.2 Herbazal abierto	Cobertura continua por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30%- 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos. tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, 1982). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o sus intervenciones han sido selectivas y no ha alterado sus estructuras originales y las características funcionales (IGAC 1999)	
		3.3.2 Arbustal	3.1.1.1 Arbustal denso 3.1.1.2 Arbustal abierto	Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrolladas en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbustivo es una planta perenne, con estructura de tallos leñoso con una altura entre 0.5 y 2, fuertemente ranificado en la base y sin copa definida (FAO 2001).	

		3.3.3 Vegetación secundaria o transición	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que se puede encontrarse en recuperación tendiendo el estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zona donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.	La categoría 3.3 se representa a nivel 3.
		3.3.4 Vegetación arbustiva/ herbases	Comprende los territorios cubiertos por una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos.	
		3.3.5 Arbustal /área intervenida 3.3.6 Herbazal / área intervenida 3.3.7 Arbustal - Herbazal / área intervenida		
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1 Áreas arenosas naturales 4.4.1 Áreas pantanosas 3.4.2 Afloramientos rocosos 3.4.3 Tierras desnudas (incluyen áreas erosionadas naturales y también degradadas) 3.4.4 Áreas quemadas 3.4.5 Glaciares 3.4.6 Solares	Comprende aquellos territorios en los cuales vegetal no existe o escasea, compuestas principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por cobertura arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.	
4. Áreas	4.1 Áreas húmedas continentales	4.4.1 Áreas pantanales 4.1.2 Tuberías y bofedales 3.4.6 Solares 4.1.3 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua		

### Anexo 3. Panel Fotográfico

**Figura 25**

*Validación supervisada*



**Figura 26**

*Supervisión del área urbana*



**Figura 27**

*Cobertura de cultivos transitorios*



**Figura 28**

*Cobertura de Pastos del distrito de Chalamarca*



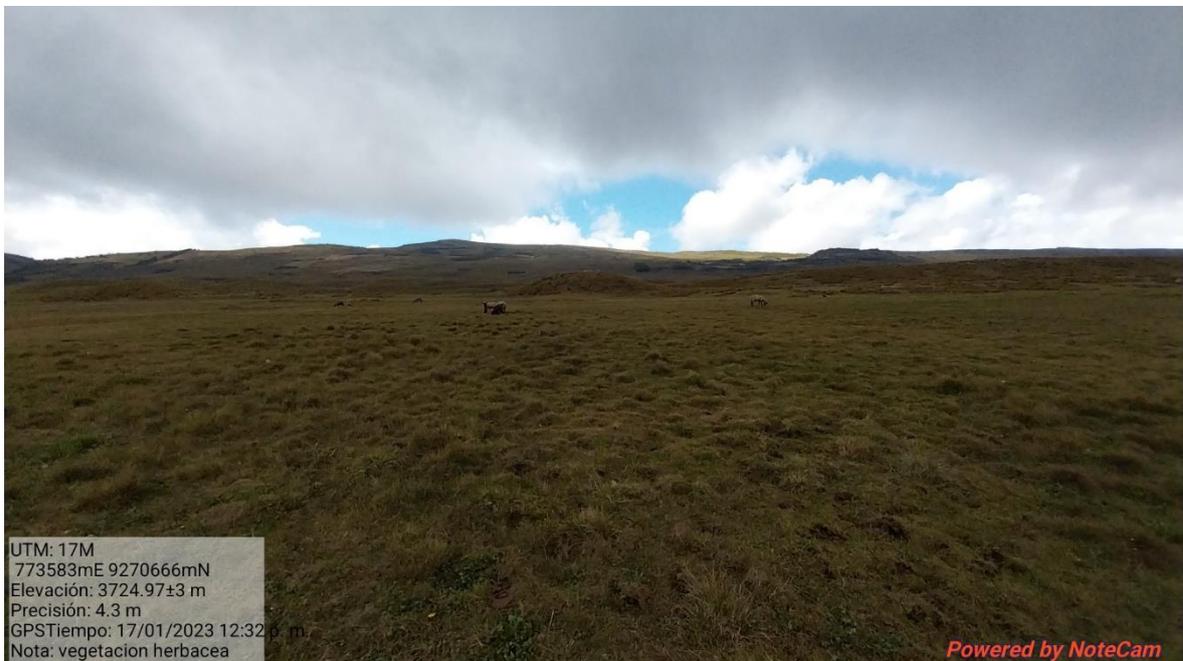
**Figura 29**

*Cobertura de bosques plantados del distrito de Chalamarca*



**Figura 30**

*Cobertura de Vegetación herbazal del distrito de Chalamarca*



**Figura 31**

*Área con cobertura de vegetación arbustal*

