

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**T E S I S**

**ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON  
IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE CHANCAY AÑOS 2001 Y 2018**

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**VÍCTOR ALEX SALDAÑA SALDAÑA**

ASESOR:

Ing. M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA – PERÚ

2019



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En Cajamarca, a los **cinco** días del mes de **junio** del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente **2A-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 73 -2018-FCA-UNC, Fecha 12 de Abril del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis titulado: **“ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE CHANCAY AÑOS 2001 Y 2018”** del Bachiller: **VÍCTOR ALEX SALDAÑA SALDAÑA** en Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.


A las **quince** horas y **diez** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **aprobación por unanimidad** con el calificativo de **Quince (15)** Por lo tanto, el graduando queda expedito para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

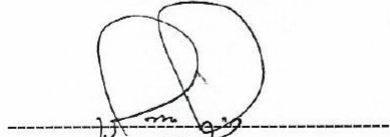
A las **dieciséis** horas y **cuarenticinco** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, **05 de junio** de 2019.

  
-----  
**Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez**  
**PRESIDENTE**

  
-----  
**Dr. José Luis Guevara Barreto**  
**SECRETARIO**

  
-----  
**Ing. Urias Mostacero Plasencia**  
**VOCAL**

  
-----  
**Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*A mi madre Hermelinda a mi padre Julio, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años.*

*A mis hermanos Mirian y Cesar quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.*

*A mis compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas.*

**EL AUTOR.**

## **AGRADECIMIENTO**

*A mis padres y hermanos, por su apoyo y cariño incondicional, durante todo este proceso.*

*A mi asesor Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas, quien con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en este trabajo de investigación.*

*Finalmente agradecer a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

**EL AUTOR.**

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE MAPAS TEMÁTICOS.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos .....	1
1.1.1. General.....	1
1.1.2. Específicos .....	1
CAPÍTULO II .....	2
REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
2.1. Cobertura del suelo.....	2
2.2. Uso del suelo.....	2
2.3. Cambio de la cobertura vegetal.....	2
2.4. Causas directas del cambio de cobertura vegetal.....	3
2.5. Causas indirectas del cambio de cobertura vegetal .....	4
2.6. Teledetección .....	5
2.7. Sistemas de información geográfica .....	5
2.8. Resolución de un sensor.....	5
2.9. Imagen de satélite .....	5

2.10.	Programa Lansat.....	5
2.10.1.	Aspectos técnicos de las imágenes landsat .....	6
2.11.	Análisis visual de las imágenes. ....	8
2.12.	Combinaciones con las bandas de sensor .....	8
2.13.	Procesamiento y análisis de imágenes satelitales .....	8
2.14.	Clasificación de imágenes .....	9
2.15.	Bosques aleatorios (Random forest).....	10
2.16.	Matriz de confusión .....	10
2.17.	Índice kappa.....	10
2.18.	Modelos Digitales de Elevación (MDE) .....	10
2.19.	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (IVDN).....	11
2.20.	Corine Land Cover (CLC) .....	11
2.21.	Salida al campo .....	12
2.22.	Regiones naturales .....	12
2.23.	Zonas de vida natural.....	14
2.24.	Estudios relacionados a la cobertura y uso del suelo. ....	14
CAPÍTULO III .....		16
MATERIALES Y MÉTODOS .....		16
3.1.	Ubicación .....	16
3.2.	Materiales y equipos .....	18
3.2.1.	Materiales cartograficos.....	18
3.2.2.	Equipos óptimo de campo .....	18
3.2.3.	Materiales de campo .....	18
3.2.4.	Equipos de escritorio .....	18
3.3.	Metodología.....	18
3.3.1.	Fase inicial de gabinete .....	20

3.3.2. Fase de campo (Etapa IV).....	23
3.3.3. Fase final de gabinete (Etapa V) .....	23
CAPÍTULO IV .....	25
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	25
4.1. Regiones naturales encontradas en el distrito de chancay .....	25
4.2. Zonas de vida natural .....	27
4.3. Hidrografía.....	29
4.4. Categorías de cobertura identificadas para el distrito de Chancay, para los años 2001- 2018. ....	31
4.4.1. Áreas artificiales .....	32
4.4.2. Áreas agrícolas.....	32
4.4.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo .....	33
4.4.4. Áreas sin o con poca vegetación .....	35
4.5. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo ocurrido en los periodos 2001 – 2018. ....	36
4.5.1. Cobertura y uso del suelo año 2001.....	36
4.5.2. Cobertura y uso del suelo año 2018 .....	43
4.6. Análisis de cambio y no cambio del uso del suelo .....	49
4.7. Cuantificación general del cambio.....	50
4.8. Análisis de transición por cobertura y uso del suelo.....	52
4.8.1. Cambios de cobertura del periodo 2001 – 2018 .....	52
4.9. Discusión.....	55
CAPÍTULO V .....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones.....	59

CAPÍTULO VI.....	60
BIBLIOGRAFÍA .....	60
GLOSARIO.....	66
ANEXOS .....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

NÚMERO	PÁGINA
1. Características de Landsat5 .....	7
2. Características de Landsat8 - sensor (OLI) y (TIRS) .....	7
3. Valor del índice Kappa .....	10
4. Corine Land Cover adaptada para Perú .....	12
5. Datos de las imágenes descargadas .....	20
6. Valores obtenidos de la segmentación .....	21
7. Categorías del uso actual del suelo identificadas en el distrito de Chancay ..	31
8. Categorías obtenidas para el año 2001 .....	37
9. Matriz de confusión para el año 2001 .....	39
10. Categoría obtenidas para el año 2018 .....	43
11. Matriz de confusión para el año 2018 .....	45
12. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso del suelo, período 2001 – 2018....	49
13. Superficie y porcentaje de las áreas con cambio en la cobertura y uso del suelo. ....	50
14. Transición de la cobertura y uso del suelo, período 2001 - 2018.....	52
15. Población del distrito de Chancay para los años 1993, 2007, 2017.....	56
16. Población estimada para los períodos de estudio distrito Chancay .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

NÚMERO	PÁGINA
1. Cobertura histórica del satélite Landsat.....	6
2. Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de Chancay.....	19
3. Parte de la zona urbana continuo del distrito de Chancay.....	32
4. Cultivos transitorios en el distrito de Chancay.....	33
5. Categoría de hierbas en el distrito de Chancay.....	33
6. Categoría de arbustos en el distrito de Chancay.....	34
7. Categoría de vegetación arbustiva / herbácea.....	35
8. Afloramiento rocoso en el cerro Las banderillas.....	35
9. Suelos desnudos en el caserío La Huaylla.....	36
10. Distribución porcentual de cobertura año 2001.....	38
11. Distribución porcentual de cobertura de año 2018.....	44
12. Dinámica de la cobertura y uso del suelo, período 2001 - 2018.....	55
13. Descarga de imágenes satelitales para el área de estudio de <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a> .....	69
14. Geoprocesamiento del área de estudio distrito de Chancay.....	70
15. Creación del shapefile margen del área de estudio.....	71
16. Segmentación del área de estudio Scale level.....	72
17. Digitalización de las áreas de entrenamiento.....	73
18. Aplicación de ModelBuilder para generar la información complementaria.....	74
19. Resultados de la ejecución del ModelBuilder generalización de las áreas de entrenamiento.....	75
20. Ejecución del script RStudio.....	76
21. Verificación in situ del mapa CUT 2018.....	77
22. Verificación in situ del mapa CUT 2018.....	77
23. Verificación in situ del mapa CUT 2018.....	78
24. Cultivo de trigo en el distrito de chancay.....	78
25. Identificación de especies encontradas en campo.....	79
26. "ollas de piedra - Chancay" Patrimonio Cultural de la Nación.....	79

## ÍNDICE DE MAPAS TEMÁTICOS

<b>NÚMERO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Ubicación del distrito de Chancay .....	17
2. Regiones naturales del distrito de Chancay .....	26
3. Mapa zonas de vida del distrito de Chancay .....	28
4. Mapa de hidrografía del distrito de Chancay .....	30
5: Mapa de cobertura y uso del suelo - 2001 .....	42
6: Mapa de cobertura y uso del suelo - 2018 .....	48
7: Mapa de cambio y no cambio, período 2001 - 2018 .....	51
8: Mapa de cambios de cobertura, período 2001 - 2018 .....	54

## RESUMEN

La presente investigación se realizó mediante el uso de imágenes satelitales Landsat5TM y Landsat8 ETM+, cumpliéndose el objetivo de analizar los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo del distrito de Chancay provincia de San Marcos departamento de Cajamarca en los años 2001 – 2018, realizando la clasificación supervisada con la metodología Corine Land Cover identificando 7 clases de cobertura: 9.07 ha, de área urbana; 1104.97 ha, cultivos transitorios; de la familia Poaceae, Fabaceae, Solanaceae, Basellaceae; 919.74 ha, de hierbas de la familia Poaceae, Asteraceae; 506.38 ha, de arbustos de la familia Rosaceae, Asteraceae, Fabaceae, Ericaceae; 3601.21 ha, de vegetación arbustiva / herbácea; 356.39 ha, afloramiento rocoso; 612.47 ha, de tierras desnudas, los resultados muestran en un período de 17 años un cambio de 2470.29 ha, representando el 34.74 % del área total, donde tenemos a la categoría hierbas de 220.35 ha a 699.39 ha, aumentando 479.04 ha, esta categoría ha tenido un crecimiento considerable, implicando la pérdida de otras coberturas, como la categoría cultivos transitorios de 1916.79 ha a 1104.97 ha, perdiendo 811.82 ha.

**Palabras clave:** Cobertura vegetal, uso del suelo de Chancay, imágenes satelitales.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out through the use of Landsat5TM and Landsat8 ETM + satellite images, fulfilling the objective of analyzing changes in vegetation cover and land use in the district of Chancay, province of San Marcos department of Cajamarca in the years 2001 - 2018, making the supervised classification with the Corine Land Cover methodology identifying 7 classes of coverage: 9.07 ha, of urban area; 1104.97 ha, transient crops; of the family Poaceae, Fabaceae, Solanáceae, Basellaceae; 919.74 ha, of herbs of the family Poaceae, Asteraceae; 506.38 ha, of shrubs of the family Rosaceae, Asteraceae, Fabaceae, Ericaceae; 3601.21 ha, of shrub / herbaceous vegetation; 356.39 ha, rocky outcrop; 612.47 ha, of bare lands, the results show a change of 2470.29 ha in a period of 17 years, representing 34.74% of the total area, where we have the herbs category from 220.35 ha to 699.39 ha, increasing 479.04 ha, this category has had a considerable growth, implying the loss of other coverages, such as the transitory crops category from 1916.79 ha to 1104.97 ha, losing 811.82 ha.

**Key words:** Vegetation coverage, Chancay land use, satellite images.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

En el distrito de Chancay, provincia de San Marcos, región Cajamarca la intervención del hombre a través de las distintas actividades agrícolas, forestales, ganaderas y el crecimiento urbano no planificado están alterando en forma paulatina el ecosistema del lugar; por lo que requieren ser orientados sobre el uso racional del suelo y su dinámica de cambio ya que son acciones fundamentales para el manejo sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente de este distrito.

Este es el motivo por el cual se desarrolló el presente trabajo de investigación utilizando imágenes satelitales Landsat5 y Landsat8, con la metodología de determinar la cobertura vegetal (Corine Land Cover) del distrito, contribuyendo a mejorar la comprensión de la actividad antrópica, cambio racional de la cobertura y uso del suelo en el tiempo, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo en bienestar de la población del distrito.

### **1.1. Objetivos**

#### **1.1.1. General**

Analizar los cambios de cobertura y uso del suelo del distrito de Chancay provincia de San Marcos departamento de Cajamarca en los años 2001-2018.

#### **1.1.2. Específicos**

Generar el mapa de cobertura y uso actual del suelo del distrito de Chancay períodos 2001 - 2018.

Elaborar el mapa temático de cobertura y uso actual del suelo del distrito de Chancay años 2001 - 2018 utilizando la metodología Corine Land Cover.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **2.1. Cobertura del suelo**

Es la cobertura biofísica tal cual se observa sobre la superficie de la tierra a través de sensores remotos, independiente de su origen; incluyen la vegetación natural o cultivada, afloramientos rocosos, depósitos de arena, hielo, agua, construcciones hechas por el hombre (Lara *et al.* 2002).

El conocimiento de la cobertura del suelo es un paso fundamental para la gestión sustentable de los recursos naturales, la conservación de la biodiversidad, mitigación de los impactos en las dinámicas territoriales y en el cambio climático (FAO 2015).

#### **2.2. Uso del suelo**

Está caracterizado por las funciones que se desarrollan sobre la cobertura del suelo, actividades realizadas por el hombre para producir, cambiarla o mantenerla, con la finalidad de obtener beneficios mediante la producción de bienes y servicios (Lara *et al.* 2002)

#### **2.3. Cambio de la cobertura vegetal**

Los cambios de la cobertura vegetal son generados a partir de la influencia de factores naturales como climáticos (meteorológicos), hídricos y factores antrópicos como el cambio de uso del suelo, cultivos, incendios, construcciones, así mismo estos factores pueden influir en la ascendencia y/o descendencia de las superficies de coberturas vegetales (Ramos *et al.* 2007).

A pesar de que el cambio de la cobertura del suelo es un proceso natural, las actividades humanas son responsables de la mayoría de los cambios cuya influencia es más significativa en la capacidad de los ecosistemas para prestar ciertos servicios ambientales (Velásquez, Durán, Larrasábal, López y Medina, 2010).

## **2.4. Causas directas del cambio de cobertura vegetal**

### **a) La expansión agropecuaria**

Según la FAO (2000), la intensificación de los cultivos y las actividades ganaderas han llevado a la conclusión de que la agricultura es un importante factor causante de la deforestación y cambio de uso de los suelos en todo el mundo.

Actualmente aprovechar al suelo al realizar actividades agrícolas con fines económicos para incrementar la producción de alimentos de una población creciente ha propiciado que los suelos se transformen y vayan perdiendo constante potencial productivo y no la recuperan, de igual manera ocurre con la vegetación natural (Pérez y Carrera 2008).

### **b) Deforestación**

Las causas de la deforestación son los factores que desencadenan la pérdida de cubierta vegetal. Los conductores de la deforestación son elementos de la actividad humana que afectan directamente al ambiente y constituyen la fuente principal del cambio en el uso de suelo (Lambin *et al.* 2001).

En la Comunidad de Granja Porcón, cada día, mes, se cortan árboles, hay casos donde demasiados son cortados al mismo tiempo, lo que hace casi imposible la restauración del bosque a su estado natural; esta actividad no solo deja sin hábitat a los animales y aniquila una gran cantidad de especies vegetales, sino que colabora con el calentamiento global cuyos efectos están también incrementando la pérdida de la diversidad biológica en todo el Perú y el Mundo (Angeles y Jauregui Nuñez 2015).

### **c) La Minería**

Es una actividad a corto plazo, pero con efectos a largo plazo. Cuando se realiza actividades mineras en zonas de bosque constituye una depredación. La minería, junto con la explotación de petróleo, amenaza el 30% de las últimas extensiones de bosques primarios del mundo (Lillo 2006).



Productos químicos peligrosos utilizados en las distintas fases de procesamiento de los metales, como cianuro, ácidos concentrados y compuestos alcalinos terminan en el sistema de drenaje. La alteración y contaminación del ciclo hidrológico tiene efectos graves que afectan a los ecosistemas cercanos, de manera especialmente agravada a los bosques, y a las personas (Yupari 2002)

Actualmente en el departamento de Cajamarca tiene un área total de concesiones mineras de 1350473.5 ha, equivalente el 40.983 % del área total del departamento (Cerdán 2015).

Yanacocha es la mina de oro de mayor importancia para nuestro país, ya que su producción ha ido creciendo muy rápidamente, sin embargo ha generado diversos impactos negativos al ambiente y a la sociedad como el derrame de sustancias tóxicas, el descuido en el tratamiento de los relaves y la contaminación de aguas que ha generado una serie de denuncias (Zavaleta 2013).

## **2.5. Causas indirectas del cambio de cobertura vegetal**

### **d) Las políticas gubernamentales**

Como se recuerda en nuestro país, en la década 1980-1990 se produjo una de las etapas más intensas de la deforestación de la Amazonía. Los Proyectos Especiales (PE) de Colonización de la Amazonia Peruana, promovidos por el estado, se encontraban en fase de ejecución, siendo su principal objetivo la promoción de la ocupación planificada del territorio y la articulación regional a través de la Carretera Marginal de la Selva, incrementar la producción y productividad del agro, lógicamente la ampliación de la infraestructura vial (IIRSA-SUR 2006).

### **e) Migración**

El incremento de la población andina, cada vez con menos posibilidades de tener tierras para vivir, como única opción, le queda migrar a la selva y posesionarse del bosque, inicialmente en forma ilegal, sin ningún tipo de planificación lo cual resulta inminente la deforestación (Ministerio del Ambiente 2014)

### **f) Apertura de Vías de comunicación**

La construcción de nuevas carreteras implica directamente el asentamiento de nuevos pueblos cuya población va a ejercer una fuerte presión sobre los recursos

naturales del bosque, convirtiéndolas al poco tiempo en áreas de cultivos agropecuarios (Martino 2007)

## **2.6. Teledetección**

Arbelo Holds (1999), recalca que la teledetección es la ciencia y arte de obtener información acerca de la superficie de la tierra sin entrar en contacto con ella. Esto es posible debido a la relación sensor – cobertura, basado en las propiedades de la radiación electromagnética y en su interacción con la superficie terrestre.

## **2.7. Sistemas de información geográfica**

Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión (Carmona 1999 y Sarria 2006).

## **2.8. Resolución de un sensor**

En un sistema sensor existe: la resolución espacial, que hace referencia al objeto más pequeño posible de distinguir en una imagen: la resolución espectral indica número y anchura de las bandas del sensor; la resolución radiométrica se refiere a la capacidad del sensor para detectar variaciones de radiancia espectral; la resolución temporal es la frecuencia o periodicidad con la que el sensor adquiere las imágenes; y la resolución angular se refiere a los ángulos en los que la misma zona puede ser observada por el sensor (Chuvieco 2010).

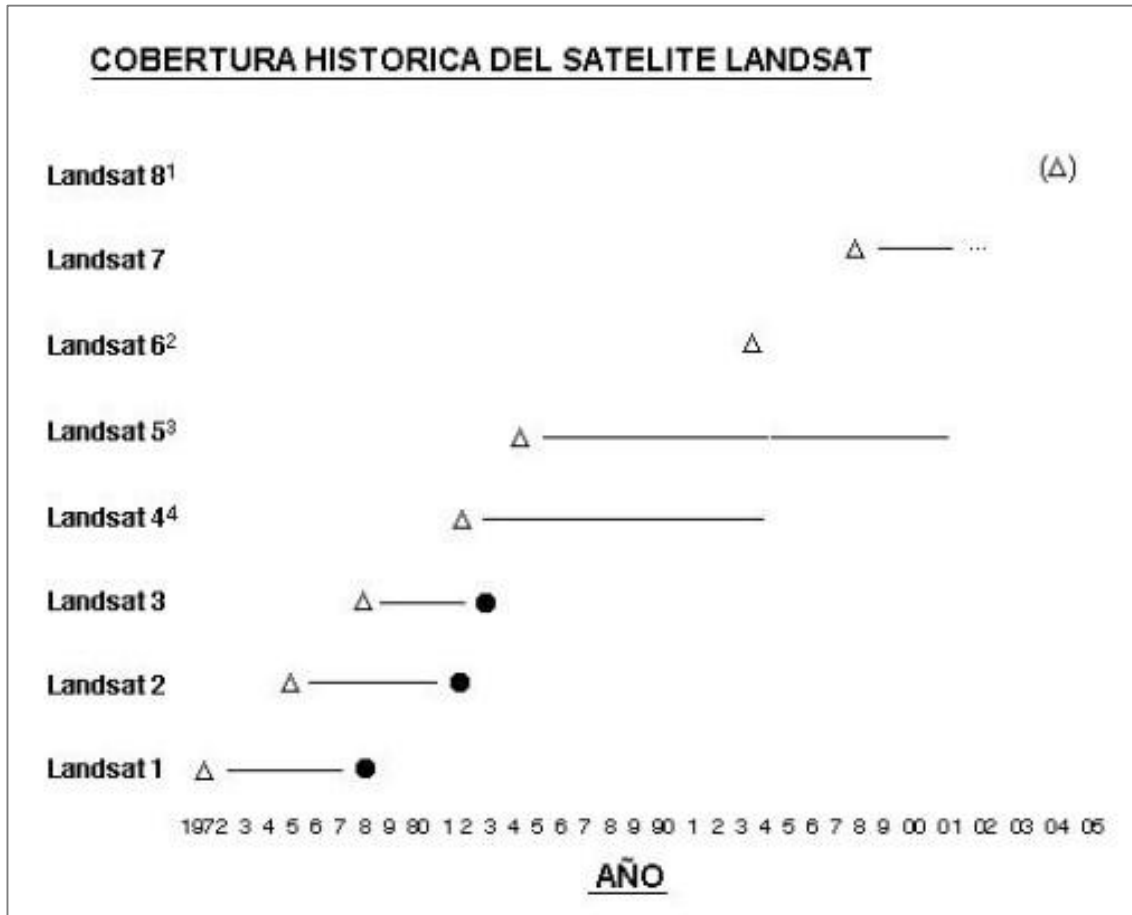
## **2.9. Imagen de satélite**

Es un registro de los niveles de energía electromagnética reflejada o emitida por los elementos de la superficie de la tierra. Resulta en una representación gráfica o descripción de una escena típicamente producida por un dispositivo o electrónico (un sensor), que en este caso se encuentra ubicado en un satélite (Mendoza 2018).

## **2.10. Programa Landsat**

El programa Landsat ha revolucionado la forma de ver y estudiar nuestro planeta. Esta serie de datos, que se inició en 1972, es la más larga de la historia y continúa registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido

el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la cubierta de la tierra con una resolución moderada (IGAC 2013).



**Figura 1.** Cobertura histórica del satélite Landsat

**Fuente:** (Fernández Coppel 2001).

### 2.10.1. Aspectos técnicos de las imágenes landsat

#### a. Landsat 5

Es un avanzado sensor de barrido multiespectral, opera a la vez en 7 bandas espectrales, siendo 3 en el visible, una en el infrarrojo cercano, 2 en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Tiene una resolución espacial de 30 m en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 m en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es de 185 km<sup>2</sup> ([https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos\\_tecnicos\\_landsat.pdf](https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf))

**Tabla 1.** Características de Landsat5

Banda	Resolución espectral (um)	Resolución espacial (m)	Resolución Radiométrica	Resolución Temporal
1 Azul	0.45 - 0.52	30	8 bits	16 Días
2 Verde	0.52 - 0.60	30	8 bits	16 Días
3 Rojo	0.63 - 0.69	30	8 bits	16 Días
4 Infrarrojo cercano	0.76 - 0.90	30	8 bits	16 Días
5 Infrarrojo medio	1.55-1.75	30	8 bits	16 Días
6 Infrarrojo térmico	10.40-12.50	120	8 bits	16 Días
7 Infrarrojo lejano	2.08-2.35	30	8 bits	16 Días

**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos tomados de INEGI

## b. Landsat8

Las imágenes Landsat8 adquiridas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de 9 bandas espectrales con una resolución espacial de 30 m para las bandas de 1 a 7 y 9. La banda nueva (1) es útil para estudios costeros y aerosoles; la banda (9) es útil para la detección de cirrus; la banda 8 (pancromática) consta de una resolución de 15 m; las bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 m de resolución espacial (IGAC 2013)

**Tabla 2.** Características de Landsat8 - sensor (OLI) y (TIRS)

Banda	longitud de onda (micrómetros)	Resolución espacial (m)
Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
Banda 2 – Azul	0.45-0.51	30
Banda 3 – Verde	0.53-0.59	30
Banda 4- Rojo	0.64 - 0.67	30
Banda5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
Banda 6- SWIR	1 1.57-1.65	30
Banda 7 – SWIR	2 2.11-2.29	30
Banda 8 – Pancromático	0.50 - 0.68	15
Banda 9-Cirrus	1.36-1.38	30
Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS)	1 10.60-11.19	100
Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS)	2 11.50-12.51	100

**Fuente:** USGS, citado por IGAC 2013

### **2.11. Análisis visual de las imágenes.**

Se ejecuta empleando tres bandas del sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores, empleados en informática, monitores RGB. Los monitores poseen en total tres cañones, RGB, red, Green y blue – Rojo / Verde / Azul, con los que, por combinación de estos tres colores básicos, se construyen el resto de los colores (Cieza 2017).

### **2.12. Combinaciones con las bandas de sensor**

#### **a) Combinación en color natural Landsat 5/Landsat 7 TM (321); Landsat 8 (432)**

Constituye la combinación más próxima a la percepción de la tierra con nuestros ojos desde el espacio, de ahí el nombre de color verdadero. Las bandas visibles dan respuesta a la luz que ha penetrado más profundamente y por tanto sirven para discriminar el agua poco profunda, aguas turbias, corrientes, batimetría y zonas con sedimentos (Fernández y Eliecer 2001).

#### **b) Combinación en falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (453); Landsat 8 (564)**

Realza detalladamente los límites entre el agua y suelo, muestra los tipos de vegetación en colores marrones, verdes y naranjas y diferencia la humedad; es usada para su análisis de humedad, generalmente el suelo aparece más oscuro (Fernández y Eliecer 2001).

#### **c) Combinación falso Color Landsat 5/Landsat 7 TM (742); Landsat 8 (753)**

Áreas urbanas aparecen en tonos magentas, pastos son verde claro. Tonos de Verde oliva a verde brillante muestran áreas forestales, suelos áridos (rosado), vegetación seca (naranja) y el agua (azul) (Fernández y Eliecer 2001).

### **2.13. Procesamiento y análisis de imágenes satelitales**

Las fuentes de error en el caso particular de las imágenes, se deben frecuentemente a distorsiones originadas por la plataforma, por la rotación terrestre, por el sensor o por la atmósfera. Algunos de estos inconvenientes se arreglan comúnmente en los centros encargados de la recepción o venta de imágenes; sin embargo, otros persisten, haciendo precisas una serie de técnicas de ajuste (González 2012).

### **a) Correcciones geométricas**

La intención de las correcciones geométricas es compensar las distorsiones introducidas por estos factores para que la imagen corregida pueda tener la calidad geométrica de un mapa (González 2012).

### **b) Correcciones radiométricas**

La corrección consiste en convertir los valores digitales (ND valores crudos) de la imagen a magnitudes físicas de radiancia y reflectancia, previo a la obtención de los índices de vegetación (Pérez 2012).

### **c) Correcciones atmosféricas.**

Se realizan a causa de que no todos los componentes se ven afectados de igual forma. El espesor de la atmósfera puede variar y las nubes pueden afectar la percepción del sensor producto que no recibe la radiancia que efectivamente sale desde el suelo (Gonzaga 2014).

## **2.14. Clasificación de imágenes**

Las diversas coberturas sobre una imagen pueden ser discriminadas empleando algoritmos de clasificación, los que operan usando las características espectrales de los componentes del paisaje; esto es, la información de brillo y color contenido en cada píxel. Cada tipo de cobertura es conocido como un “tema”, y el producto de la clasificación se conoce como un “mapa temático”. Los procedimientos de clasificación pueden ser “supervisados” o “no supervisados” (BIODAMAZ 2004).

### **a) Clasificación supervisada**

Este método parte del conocimiento previo de la zona de estudio, adquirido por trabajos de campo o por experiencia previa y por ello permite delimitar sobre la imagen áreas representativas de cada categoría de la leyenda definida, estas áreas se denominan áreas de entrenamiento (Sarria 2006).

### **b) Clasificación no supervisada**

Este no requiere conocimiento del área de estudio, es un método por el cual los píxeles de una imagen son asignados a clases espectrales sin que el operador tenga conocimiento de la naturaleza de dichas categorías o áreas de entrenamiento (BIODAMAZ 2004).

### 2.15. Bosques aleatorios (Random forest)

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información. Este algoritmo emplea un sistema de “votos” entre el conjunto de árboles para “decidir” la clase. Cada árbol calibrado es un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas, la clase más popular (Breiman 2001).

### 2.16. Matriz de confusión

Llamada matriz de error o de contingencia es una herramienta que permite evaluar la precisión de una clasificación. Está compuesta por filas y columnas: sobre las columnas se ordenan las clases reales (verdad-terreno) y sobre las filas las unidades cartográficas (unidades-o clases-del mapa) (Sánchez 2016).

### 2.17. Índice kappa

Nos indica la forma de medir la exactitud de un mapa, en el cual se basa en comparar la concordancia observada en un conjunto de datos, respecto a la que podría ocurrir por mero azar, y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión, siempre y cuando se contrasten dos observadores (López de Ullibarry y Pita 2001)

**Tabla 3.** Valor del índice Kappa

Valor de K	Fuerza de la Concordancia
< 0.20	Pobre
0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

**Fuente:** Medidas de concordancia: el índice de Kappa (López 2001).

### 2.18. Modelos Digitales de Elevación (MDE)

Es una representación visual y matemática de los valores de altitud con respecto al nivel del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, el cual se genera utilizando un equipo de cómputo y software especializados (INEGI s.f.)

### **2.19. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (IVDN)**

Es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, con base a la medición (por medio de sensores remotos instalados en una plataforma espacial) de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Cecenque 2013).

### **2.20. Corine Land Cover (CLC)**

La metodología Corine Land Cover se engloba dentro del Programa CORINE (Coordination of Information of the Environment), inicia el 27 de junio de 1985, y en virtud de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea, pasa a ser responsabilidad de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en el año 1995 con el objetivo fundamental de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo a escala 1:100.000, útil para el análisis territorial y la gestión de políticas europeas (Valencia y Anaya 2009).

Corine Land Cover es una metodología para la construcción de mapas de cobertura y uso del suelo. Esta metodología emplea una leyenda jerárquica que permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura y uso de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite. Ésta leyenda vincula distintos niveles de detalle espacial (escala espacial) con distintos niveles de detalle temático (niveles de la leyenda jerárquica) (IDEAM *et al.* 2008)

En Perú, actualmente el MINAM a través de la Dirección General de Ordenamiento Territorial - DGOT, viene dando asistencia técnica a los gobiernos regionales en la aplicación de la propuesta de leyenda de coberturas, logrados a través del proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Cobertura Andina.



**Tabla 4.** Corine Land Cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Zona urbana continua
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios	
		3.3.1 Hierbas
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.2 Arbustos
3. Bosques y áreas mayormente naturales		3.3.4 Vegetación arbustiva /herbácea
		3.4.2 Afloramientos rocosos
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Suelos desnudos (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)

**Fuente:** Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).

## 2.21. Salida al campo

El levantamiento de datos de campo es fundamental tanto para la calibración de la clasificación como para la verificación de los resultados. En el proceso de calibración del clasificador, permite al intérprete conceptualizar mejor las coberturas presentes en el área de trabajo y definir mejor las áreas de entrenamiento de las mismas (MINAM 2014).

La verificación de los resultados, nos ha permitido la validación en el campo de las diferentes unidades de uso actual del suelo, lo cual nos ha servido para corregir en algunos casos las unidades digitalizadas y otros casos simplemente validar dichas unidades.

## 2.22. Regiones naturales

Pulgar Vidal (1967), categoriza en ocho regiones naturales al territorio peruano, caracterizando los de pisos ecológicos, en función al clima, flora y fauna.

**a) Región chala.** Ubicada entre los 0 - 500 m de altitud, clima templado seco con lluvias temporales (en verano), temperatura media de 13 °C, humedad relativa 60 %.

**b) Región yunga.** Ubicada entre los 500 a 2300 m de altitud en la zona occidental, marítima, y desde los 1000 hasta los 2300 m en la zona oriental, fluvial. La zona marítima es seca en la estación de verano, pero en épocas lluviosas se ocasionan aluviones y huaicos. En cambio, la zona fluvial es húmeda y cálida, temperatura media de 22 °C.

**c) Región quechua.** Se encuentra entre los 2300 a 3500 m de altitud, temperatura anual fluctúa entre 16 - 0 °C; humedad relativa entre 65 – 84 %, comprende valles interandinos, cañones, llanuras aluviales formadas por los ríos y montañas. El clima es seco y templado, con cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche, y con lluvias copiosas de diciembre hasta marzo.

**d) Región suni.** Entre los 3500 - 4000 m de altitud, temperatura de 14 – 3 °C, humedad relativa 70 %, el clima es frío, entre enero y abril la lluvia es abundante, y las heladas se presentan con frecuencia.

**e) Región puna.** Situada entre los 4000 a los 4800 m de altitud, Su clima es frío con temperaturas media 0° – 8° C, humedad relativa 50 %, clima frío baja presión atmosférica, con abundantes precipitaciones.

**f) Región janca o (cordillera).** Ubicada entre los 4800 a 6768 m de altitud, es la zona de los glaciares y nieves perpetuas con temperaturas de 7 a -3 y -8 °C.

Pulgar Vidal clasifica al territorio de la selva en:

**g) Región omagua (Selva baja).** Situada entre los 80 a 400 m de altitud, temperatura promedio 38 °C, esta inmensa llanura poblada de abundante vegetación se halla atravesada por gran cantidad de ríos, su clima se caracteriza por ser cálido, húmedo y lluvioso.

**h) Región rupa rupa (selva alta).** Situada entre los 400 y los 1000 m altitud temperatura promedio 30 °C, llueve bastante desde diciembre hasta marzo, y la neblina y humedad son permanentes. Por esta zona corren caudalosos ríos, que han permitido la aparición de pongos y cañones.

## **2.23. Zonas de vida natural**

Según Holdridge (1947), las zonas de vida permiten la clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático.

### **a) Monte espinoso Premontano (mePT)**

Se encuentra en comprendidos en una altitud 800 y 1500 m, posee un clima subhúmedo - semicálido, biotemperatura mínima 14.5 °C y máxima anual de 20.1°C.

### **b) Bosque seco Premontano Tropical (bs-PT)**

Se encuentra en comprendidos en una altitud 1 000 y 2 000 m, posee un clima subhúmedo - semicálido, biotemperatura mínima 17.4°C y máxima anual de 25.1 °C.

### **c) Bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT)**

Ocupa los valles meso andinos, entre los 2500 y 3200 m de altitud, biotemperatura anual máxima es de 16.5 °C y la media anual mínima de 10.9 °C.

### **d) Bosque húmedo Montano Tropical (bh-MT)**

Ocupa en los valles interandinos, se encuentra en comprendidos en una altitud 3000 – 4500 m, posee un clima subhúmedo-Semicálido, con una biotemperatura mínima 7.3 °C y máxima anual de 13.1 °C.

## **2.24. Estudios relacionados a la cobertura y uso del suelo.**

Según Zorogastúa Cruz y Quiroz Guerra (2011), realizaron un estudio del bosque seco localizado en la región Piura, Perú con el objetivo de evaluar el cambio de la cobertura y el uso de la tierra. Se utilizó el procesamiento digital de imágenes del satélite LANDSAT 5 registradas entre 1999 y el 2001, a través de una clasificación supervisada, usando el algoritmo de máxima verosimilitud.

Según Alcántara (2014), el estudio permitió conocer la dinámica y los principales efectos generados por los cambios en la cobertura y uso de la tierra, en el ámbito del departamento Cajamarca para el periodo 2001 - 2013 a partir de la generación

de mapas temáticos de los referidos años; los específicos fueron: analizar factores que inciden en los cambios de la cobertura y uso de la tierra.

Saldaña (2010), muestra información procesada en la determinación del cambio de cobertura vegetal en el Área de Conservación Municipal “Bosques de Huamantanga” utilizando imágenes del satélite, determino el cambio de uso de los suelos en dos periodos comparativos, un primer período para los años 1989 al 2000 y un segundo período para los años 2000 al 2006.

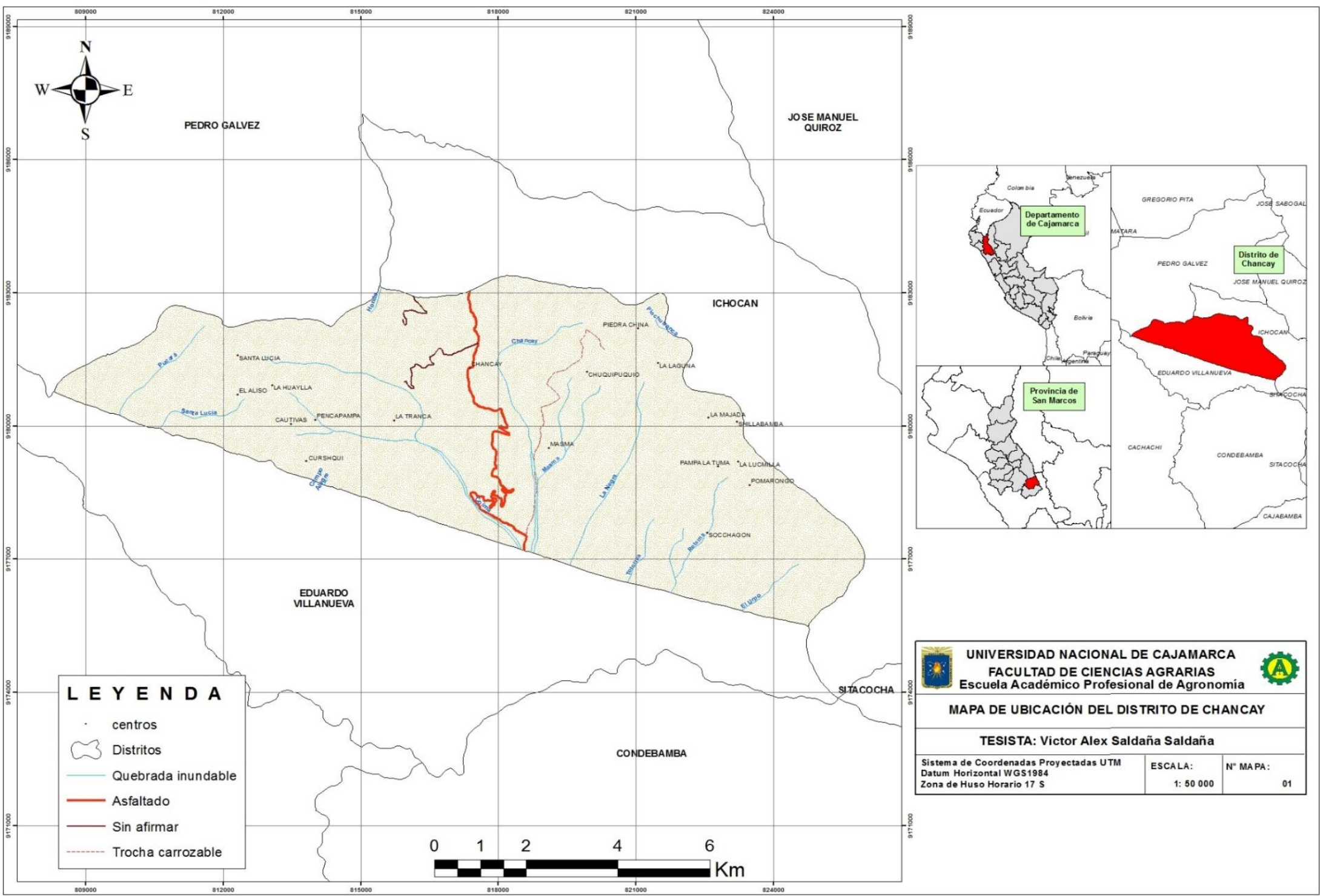
## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación**

Este trabajo se desarrolló en el distrito de Chancay, provincia de San Marcos y departamento de Cajamarca; se encuentra a una altitud de 2670 m y cuenta con un área de 7110.23 ha.

Geográficamente la zona de estudio se ubica, entre las coordenadas UTM 808313 y 825986 m Este y 9183391 y 9175501m Norte. Sus límites distritales son: por el Norte con los distritos Ichocán y Pedro Gálvez, mientras que al Sur limita con el distrito de Eduardo Villanueva, al Este con el distrito de Ichocán y al Oeste con Pedro Galvez y Eduardo Villanueva.



Mapa 1. Ubicación del distrito de Chancay

## **3.2. Materiales y equipos**

### **3.2.1. Materiales cartograficos**

Carta geográfica nacional del Perú a escala 1:100 000

Shapefile del distrito de Chancay obtenido del Gobierno regional de Cajamarca

Base de datos (ZEE) Zonificación Ecológica Económica - Cajamarca.

#### **Software**

Microsoft Windows, Microsoft office 2013, ArcGIS 10.4.1, Envi 4.8, RStudio.

#### **Imagen Satelital Landsat**

Imagen Landsat 5 TM, adquirida el 4 de noviembre de 2001 con resolución de 30 m.

Imagen Landsat 8 TM, adquirida 3 de enero de 2018 con resolución de 30 m.

### **3.2.2. Equipos óptimos de campo**

Sistema de posicionamiento global (GPS), binoculares, cámara fotográfica digital y linternas.

### **3.2.3. Materiales de campo**

Papel bond A4 y A3, formatos de campo, libreta de apunte, lápices y lapiceros.

#### **Herramientas**

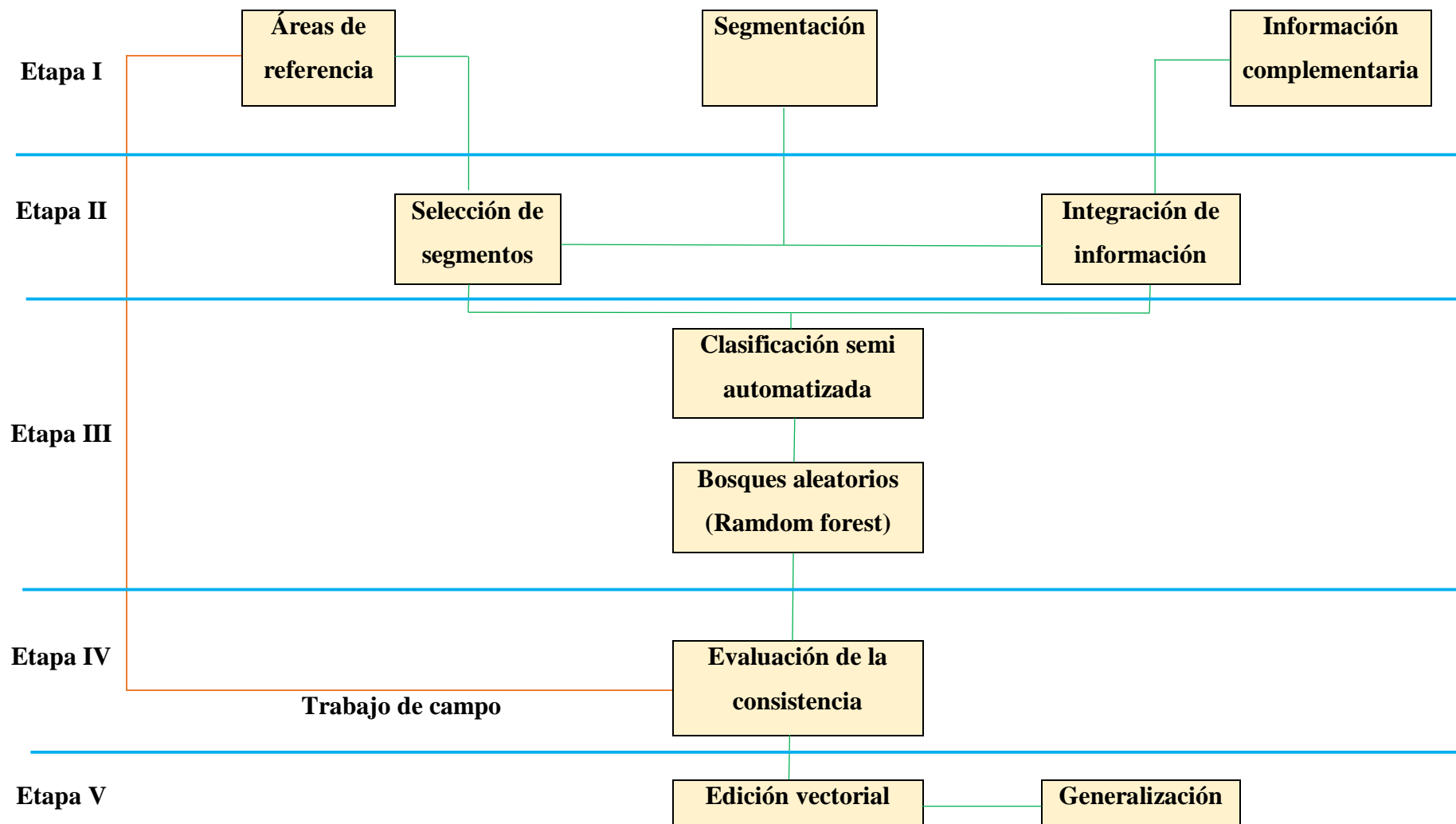
Machete, linterna, botas de jebe, poncho impermeable y wincha.

### **3.2.4. Equipos de escritorio**

Laptop implementada con sistema de información geográfica, memoria USB (16GB), Impresora y escáner

## **3.3. Metodología**

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, períodos 2001- 2018 se realizó en el ámbito del distrito de Chancay, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca. La metodología se fundamenta en la obtención de imágenes satelitales de landsat5 y landsat8, luego se trabajó en 5 etapas de clasificación como se describe en la figura número (2), la clasificación se ejecutó con la leyenda Corine Land Cover – CLC en un nivel II y III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM).



**Figura 2.** Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de Chancay



### 3.3.1. Fase inicial de gabinete

#### Recopilación y selección de información

Información cartográfica y elaboración cartográfica y elaboración de mapas base de los años 2001-2018 consistió en la recopilación de información relacionada con el uso del suelo del distrito de Chancay como: recopilación de imágenes satelitales, metodología Corine Land Cover, modelos de elevación digital (DEM).

#### a) Información de investigación regional

Gobierno regional de Cajamarca – Sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT)

Autoridad Nacional del Agua (ANA).

El Ministerio del Ambiente – MINAM, del cual se obtuvo la información temática y cartográfica.

#### b) Descarga del modelo de elevación digital DEM

Se realizó a través del geo servidor del Ministerio del Ambiente de la zona 17 S.

#### c) Selección y descarga de imágenes landsat

Imágenes Landsat del distrito de Chancay, estas fueron adquiridas del servidor de <https://earthexplorer.usgs.gov/> vía internet lo cual constituirá la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra, cuyas especificaciones son las siguientes:

**Tabla 5.** Datos de las imágenes descargadas

<b>Imagen</b>	<b>Año</b>	<b>Bandas</b>	<b>Fecha</b>
LT05L1TP00906520011104	2001	321	04/11/2001
LC08L1TP00906520180103	2018	432	03/01/2018

En la tabla 5 se muestra el año, combinación de bandas que se trabajó y la fecha de la imagen en la que fue tomada.

**En la fase inicial se trabajó en las etapas I, II y III de la Figura 2, como se detalla a continuación**

### **Etapas I**

#### **a) Áreas de referencia**

En esta etapa se utilizó el shapefile del distrito de Chancay en el software ArcMap 10.4.1 de forma geométrica (polígono) para poder delimitar el área de trabajo y posteriormente cortar las imágenes de Landsat5 la cual se trabajó con las bandas 1,2,3,4,5,7 una combinación de colores rojo, verde y azul (RGB) bandas (3-2-1) para un color natural y Landsat8 con las bandas 2,3,4,5,6,7 con un análisis RGB (4-3-2) para un color verdadero. Obteniendo como resultado un archivo con formato raster.

#### **b) Segmentación**

La segmentación se realizó utilizando el software Envi Zoom 4.8, con la finalidad de dividir en segmentos por medio de una agrupación de pixeles vecinos cuyas características (Brillo, textura, color) tienen valores similares, se consideró los siguientes parámetros:

**Escale o escala**, para segmentar las imágenes se requiere solo un parámetro (scale level), este parámetro puede variar entre 0 y 100, valores altos generan pocos segmentos.

**Merge o fusionar**, es un parámetro opcional, tiene un rango de 0 a 100 se utiliza para integrar segmentos muy pequeños a segmentos más grandes, elementos como árboles y nubes pueden generar segmentos no deseados.

**Tabla 6.** Valores obtenidos de la segmentación

<b>Segmentación</b>	<b>Landsat5</b>	<b>Landsat8</b>
<b>Escala</b>	20	30
<b>Fusionar</b>	30	40

#### **c) Información complementaria**

Se generó los indicadores en el software de ENVI 4.8 y ArcGIS 10.4.1 a partir del procesamiento de las imágenes satelitales como son:

**Brightness o brillo**, archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat5 y 8.

**Greenness, índice de verdor**, archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5 y 8.

**Slope o pendiente**, archivo en formato ráster que contiene datos sobre altitud, generados a partir del Modelo de Elevación digital (DEM).

**Curvatura**, describe las características físicas de una cuenca de drenaje para intentar entender los procesos de erosión y escorrentía. La pendiente afecta la tasa general de movimiento descendente. La orientación define la dirección del flujo. La curvatura del perfil afecta la aceleración y desaceleración del flujo y por lo tanto, influye en la erosión y la sedimentación.

La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo. En donde se nos genera una tabla llamada “Todo seg” en formato .dbf y Rdata.

## **Etapas II**

### **a) Selección de segmentos o áreas de entrenamiento**

Se creó un nuevo shapefile con el nombre de aeita\_1, que nos permite reconocer los segmentos que se muestran consistentes, constituye el conjunto de información de entrada que alimentara el proceso de clasificación automática. Por cada categoría según la metodología Corine Land Cover se debe realizar de 10 a más áreas de entrenamiento.

Además, se utilizó el Model Builder “Coberturas\_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM), que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, mediante el cual se selecciona los segmentos que se intersecan con las áreas de entrenamiento haciendo una interrelación entre ambos, asignando las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas.

### **b) Integración de información**

Se obtuvo con el software RStudio y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del MINAN, consiste en unir la información obtenida de la segmentación y la

información complementaria. De esta etapa se nos genera una tabla llamada “Todo seg” en formato .DBF y Rdata.

### **Etapa III**

#### **a) Clasificación semi automatizada**

Se obtuvo con el software RStudio y el algoritmo “filtrar. tabla. todo.rf.2” obtenido del Ministerio del Ambiente, generado en la selección de segmentos “SegSelc\_A2.shp” y el archivo obtenido de la información complementaria”, en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en formato ráster.

#### **b) Bosques aleatorios (Random forest)**

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite evaluar la veracidad del mapa obtenido en la fase inicial de gabinete.

### **3.3.2. Fase de campo (Etapa IV)**

#### **a) Evaluación de la consistencia**

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados In Situ o en el lugar y con una distribución al azar de puntos GPS, con los actores directos; es decir, sobre el mapa y la imagen satelital se realizaron las correcciones que eran necesarias, paralelamente se hizo anotaciones sobre el tipo de vegetación más importante, altitud, erosión, y datos referentes al uso actual del suelo como cultivos, hierbas, arbustos.

#### **b) Validación de las clases de cobertura identificados, luego del análisis de las imágenes satelitales a nivel de gabinete**

Se verificó la precisión cartográfica de las unidades del mapa en campo, con la ayuda de un navegador GPS, cámara fotográfica y binocular y precisar los contactos entre las coberturas, a mano alzada sobre el mapa impreso llevado a campo.

### **3.3.3. Fase final de gabinete (Etapa V)**

#### **a) Edición vectorial**

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.4.1 sobre las imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo.

## **b) Generalización**

Se desarrolló luego de haber validado en campo los mapas obtenidos utilizando como simbología una tonalidad de color para cada una de las categorías clasificadas.

## **c) Evaluación de la exactitud**

En base al análisis de la información de estos puntos se construyeron métricas e instrumentos de evaluación, como matrices de confusión, para calificar los productos.

## **d) Creación de matrices de confusión**

Para construir se empleó el algoritmo de clasificación. A partir de la matriz de confusión se calcularán otras medidas de interés desde el punto de vista de la exactitud, como:

**Índice Kappa**, evalúa si la clasificación ha discriminado las categorías de interés con exactitud significativamente mayor a la que se hubiera obtenido con una asignación aleatoria. Por lo que, un valor Kappa igual a 1, indica un acuerdo pleno entre la realidad y el mapa, mientras un valor cercano a 0 sugiere que el acuerdo observado es puramente debido al azar.

**Porcentaje correctamente clasificado (PCC)**, constituye el porcentaje de puntos correctamente clasificado.

## **Elaboración de los mapas finales de cobertura de los años 2001-2018**

Luego de la fase de campo se procedió a la digitalización definitiva de las unidades cartográficas del mapa de cobertura y uso actual del suelo. Se clasificó cada una de las unidades mediante el sistema de cobertura Corine Land Cover, las mismas que se detallaran en la leyenda final.

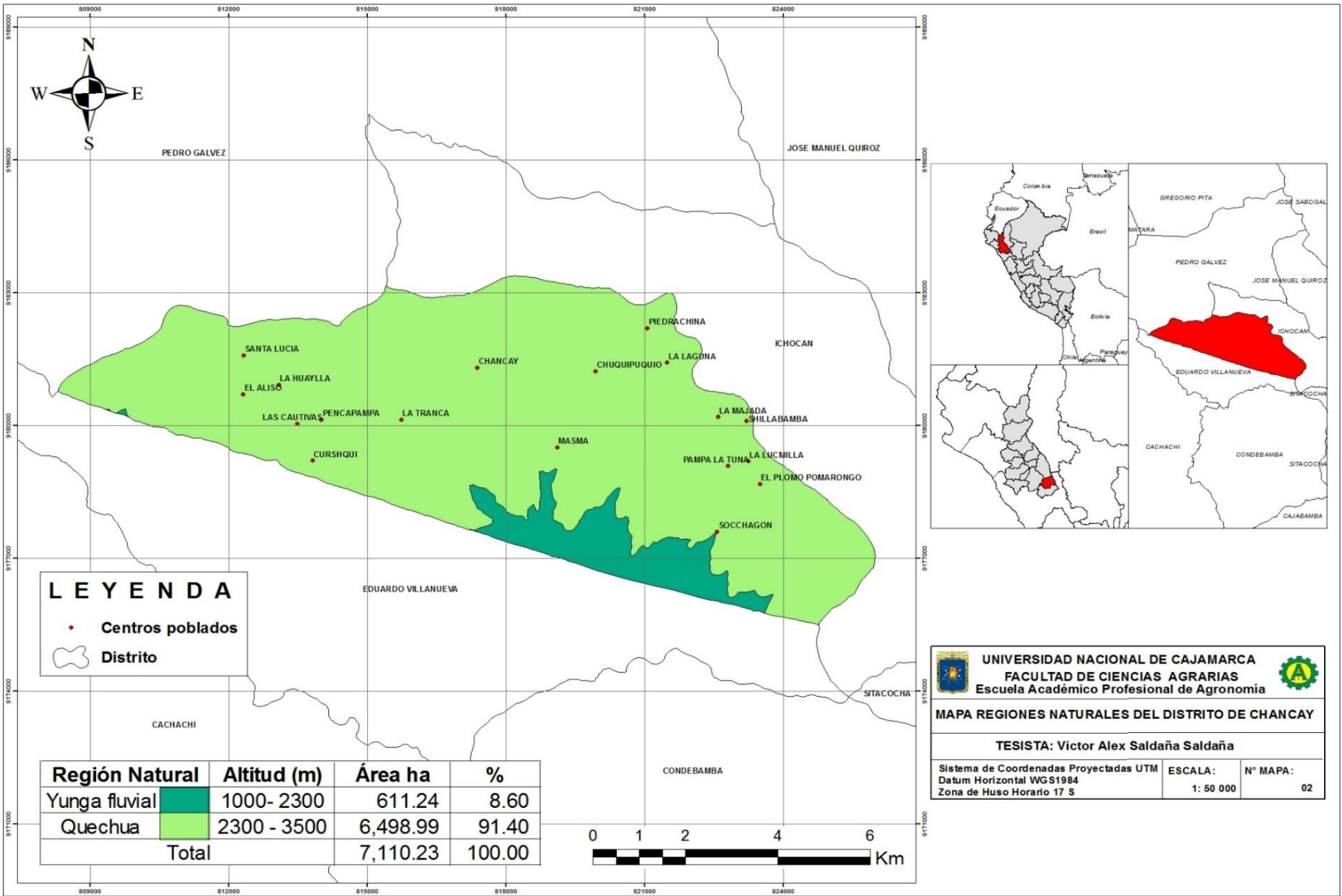
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Regiones naturales encontradas en el distrito de Chancay

Con un área de 611.24 ha, encontramos la región yunga fluvial; situada entre los 1000 - 2300 m de altitud, con una temperatura media de 22 °C, humedad 65 %, tiene un clima cálido moderado, ligeramente húmedo, lluvioso especialmente de diciembre a mayo; está constituido por la parte baja de los caseríos de la Masma y Socchagon, ubicados al límite del distrito de Eduardo Villanueva.

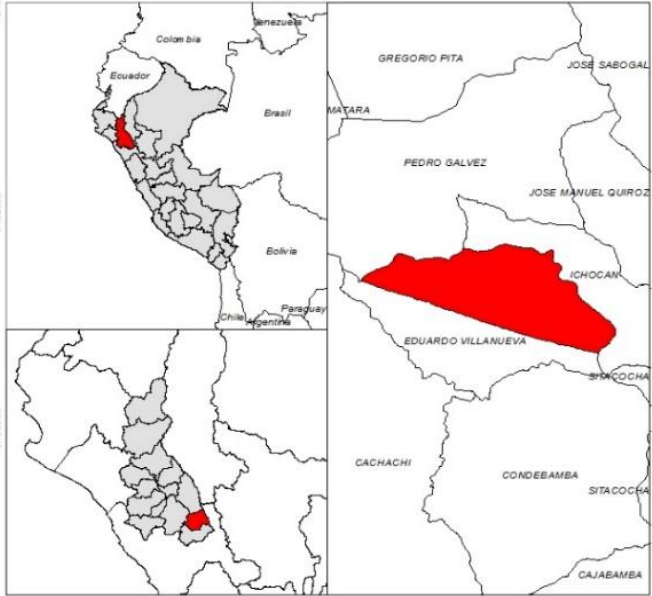
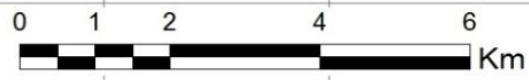
Con un área de 6498.99 ha, encontramos la región quechua; situada entre los 2300 - 3500 m de altitud, temperatura anual entre 16 - 0 °C; humedad relativa entre 65 – 84 %, clima con cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche, y con lluvias abundantes entre diciembre y marzo, son propicias para la producción de cereales; está constituida por los caseríos Santa Lucía, La Huaylla, El Aliso, Las Cautivas, Pencapampa, Curshqui, La Tranca, Chancay, Masma, Chuquipuquio, Piedra China, La Laguna, La Majada, Shillabamba, Pampa La Tuna, La Lucmilla, El Plomo Pomarongo y una parte del caserío de Socchagon.



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Distrito

Región Natural	Altitud (m)	Área ha	%
Yunga fluvial	1000- 2300	611.24	8.60
Quechua	2300 - 3500	6,498.99	91.40
<b>Total</b>		<b>7,110.23</b>	<b>100.00</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

---

**MAPA REGIONES NATURALES DEL DISTRITO DE CHANCAY**

---

**TESISTA: Victor Alex Saldaña Saldaña**

---

Sistema de Coordenadas Projectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	Nº MAPA: 02
---	----------------------	----------------

**Mapa 2.** Regiones naturales del distrito de Chancay

## 4.2. Zonas de vida natural

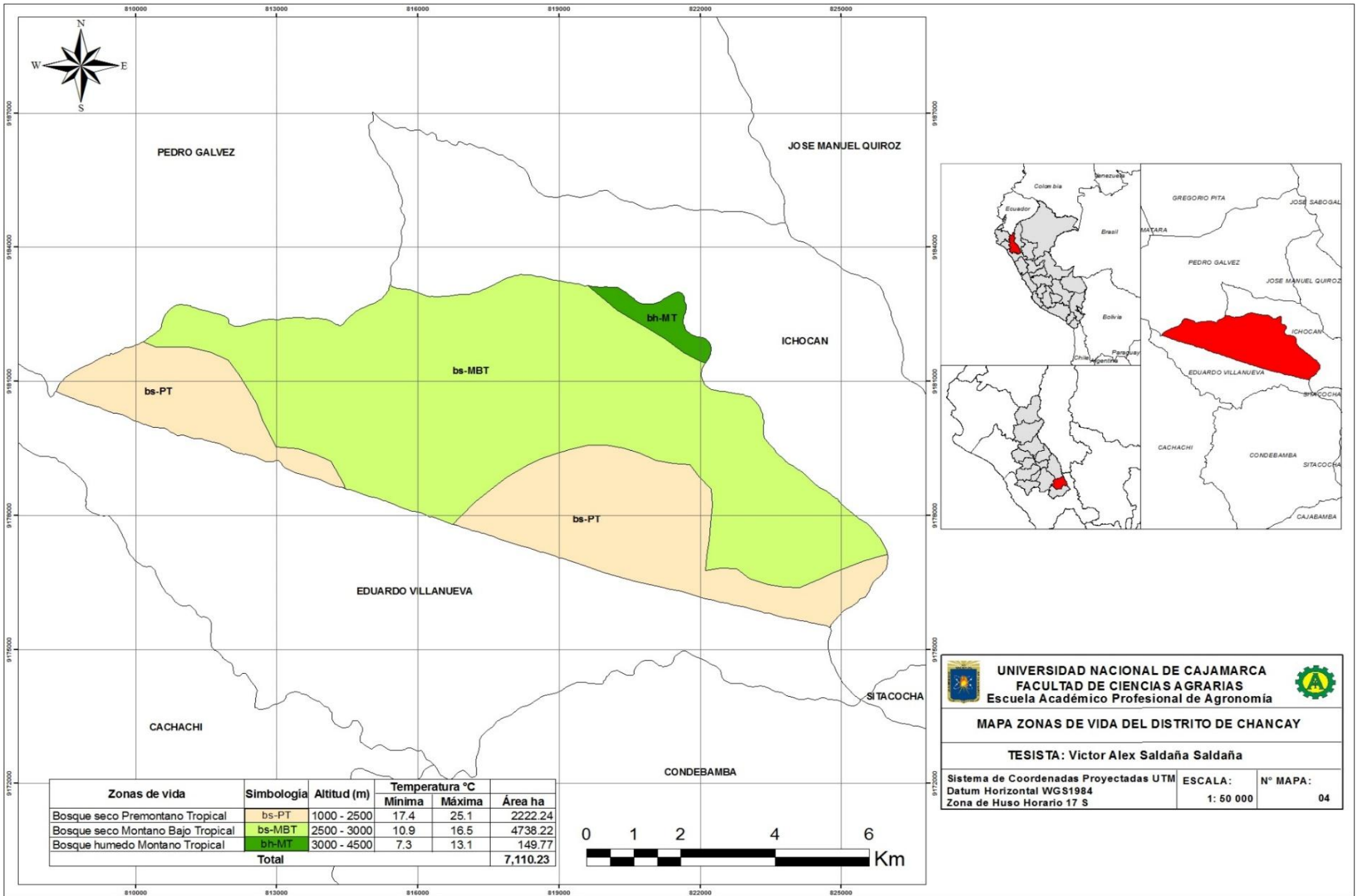
En el distrito de Chancay se encontró tres zonas de vida. A continuación, se detalla cada una de ellas.

Bosque seco Premontano Tropical (bs – PT), cuenta con un área de 2222.24 ha, se encuentra localizada entre 1000 – 2500 m de altitud, la temperatura anual máxima es de 24.1 °C y la media anual mínima es de 17.4 °C, clima subhúmedo – semicálido, encontramos especies frutales: palta (***Persea americana* Mill.**), limón (***Citrus limon* L.**), naranja (***Citrus sinensis* L.**), especies de arbustos: zarzamora (***Rubus vestitus* Weihe**), hualango (***Acacia huarango* J.F. Macbr.**), lanche (***Calypranthes* sp.**), chilca (***Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.)**), tallango (***Baccharis nitida* (Ruiz & Pav.) Pers.**), ada (***Tecoma sambucifolia* Kunth**).

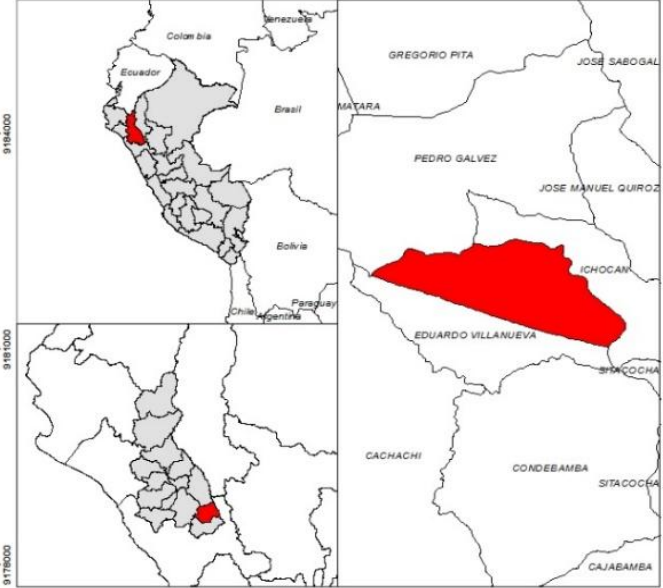
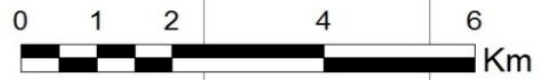
Bosque seco Montano Bajo Tropical (bs – MBT), cuenta con un área de 4738.22, se halla entre 2500 – 3000 m de altitud, la temperatura anual máxima es de 16.5 °C y la media anual mínima es de 10.9 °C; encontramos especies cebada (***Hordeum vulgare* L.**), trigo (***Triticum aestivum* L.**), avena (***Avena sativa* L.**), maíz (***Zea mays* L.**), papa (***Solanum tuberosum* L.**), olluco (***Ullucus tuberosus* Caldas.**), lenteja (***Lens culinaris* Medik.**), arveja (***Pisum sativum* L.**), haba (***Vicia faba* L.**), frijol (***Phaseolus vulgaris* L.**).


Bosque húmedo Montano Tropical (bh – MT), cuenta con un área de 149.77 ha, su altitud está entre 3000 – 4500 m, la topografía de esta formación es de montañosa a escarpada. La temperatura anual máxima es de 13.1 °C y la media anual mínima es de 7.3 °C; especies chancua ***Minthostachys mollis* (Benth.) Griseb.** ***Achyrocline alata* (Kunth) DC.** ***Eragrostis* sp.**, ***Stipa ichu* (Ruiz & Pav) Kunth**, ***Schizachyrium sanguineum* (Retz) Alston.**






Zonas de vida	Simbología	Altitud (m)	Temperatura °C		Área ha
			Mínima	Máxima	
Bosque seco Premontano Tropical	bs-PT	1000 - 2500	17.4	25.1	2222.24
Bosque seco Montano Bajo Tropical	bs-MBT	2500 - 3000	10.9	16.5	4738.22
Bosque humedo Montano Tropical	bh-MT	3000 - 4500	7.3	13.1	149.77
<b>Total</b>					<b>7,110.23</b>




**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
 Escuela Académico Profesional de Agronomía



**MAPA ZONAS DE VIDA DEL DISTRITO DE CHANCAY**

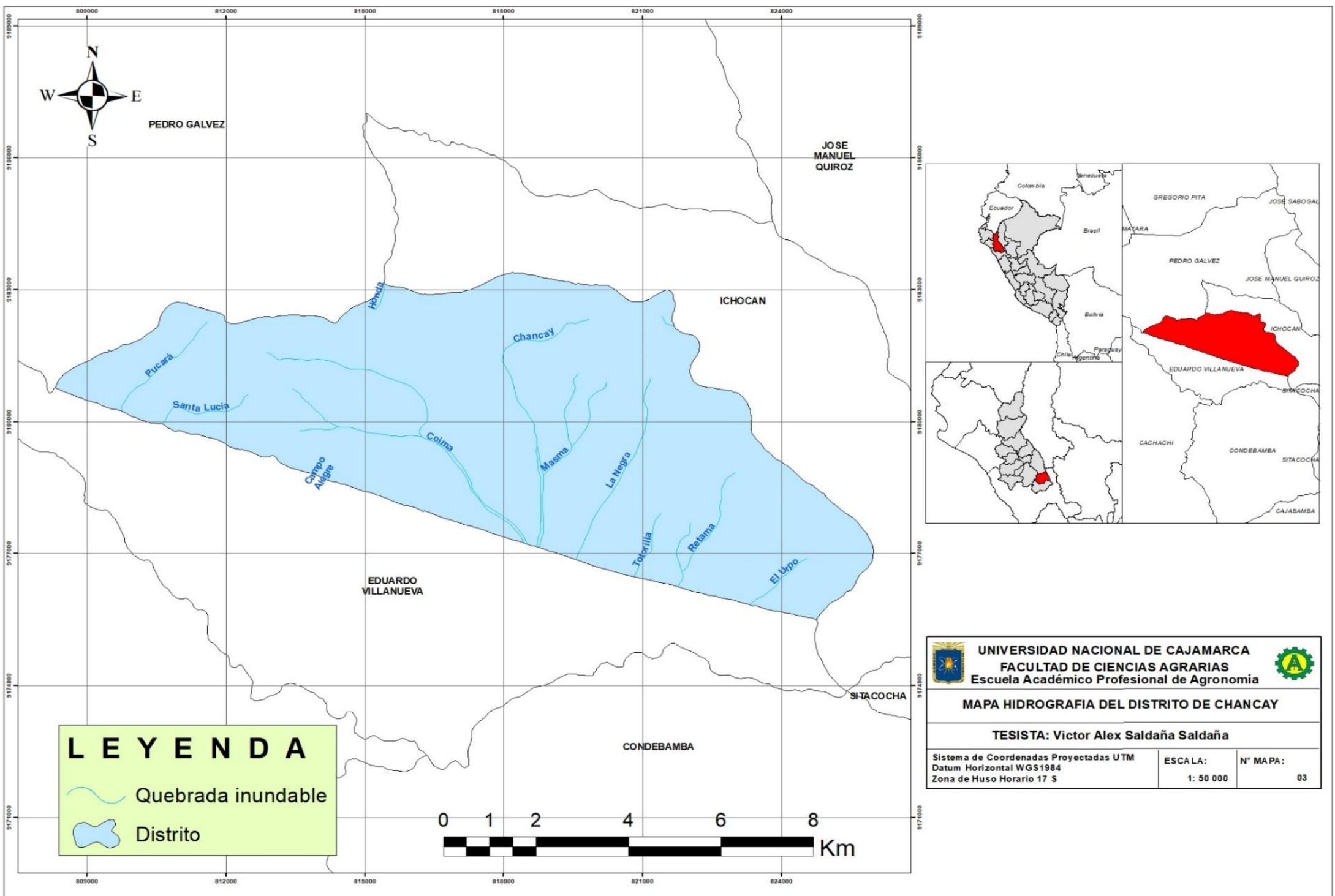
**TESISTA: Victor Alex Saldaña Saldaña**

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 04
---	----------------------	----------------

**Mapa 3.** Mapa zonas de vida del distrito de Chancay

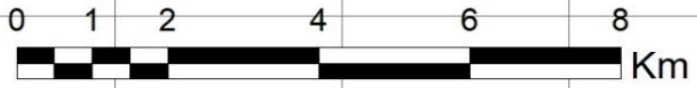
### **4.3. Hidrografía**



Las aguas que fluyen por el distrito son escasas y constituyen quebradas con poca afluencia de agua, la mayoría de estas quebradas disponen de agua solo en épocas de lluvia, en períodos de estiaje ya no escurren los flujos de agua. Las quebradas identificadas son: Pucara recorre 2.82 km, Santa Lucia 2.28 km, Honda 0.63 km y Campo Alegre 0.13 km, ingresan al distrito Eduardo Villanueva fluyen sus aguas al rio Cajamarquino, mientras que las quebradas Coima recorre 8.50 km, Chancay 6.78 km, Masma 4.39 km, La Negra 4.54 km, Totorilla 1.62 km, Retama 3.06 km y El Urpo 1.66 km, ingresan al distrito de Eduardo Villanueva fluyen sus aguas al rio Crisnejas.



**LEYENDA**

- Quebrada inundable
- Distrito




**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Agronomía**


**MAPA HIDROGRAFIA DEL DISTRITO DE CHANCAY**

**TESISTA: Victor Alex Saldaña Saldaña**

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 03
---	----------------------	----------------

**Mapa 4.** Mapa de hidrografía del distrito de Chancay

#### 4.4. Categorías de cobertura identificadas para el distrito de Chancay, para los años 2001- 2018.

De acuerdo al estudio denominado “Análisis de las dinámicas de cambio de Cobertura del suelo en la Comunidad Andina”, realizado por el MINAM en el año 2014, presenta la propuesta de clasificación Corine Land Cover adaptada para Perú, según esta leyenda se realizó la clasificación de las 2 imágenes satelitales Landsat, obteniendo 7 categorías o clases de cobertura para el año 2001 y para el año 2018 también se obtuvo la misma cantidad de categorías.

Las coberturas encontradas en el distrito de Chancay, muestra los siguientes rasgos:

**Tabla 7.** Categorías del uso actual del suelo identificadas en el distrito de Chancay

<b>NIVEL I</b>	<b>NIVEL II</b>	<b>NIVEL III</b>	<b>Código</b>
1.Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Zona urbana continua	Zu
2.Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct
3.Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas	Hie
		3.3.2 Arbustos	Arb
		3.3.4 Vegetación arbustiva - herbácea	Ar-He
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramiento rocoso	Afr
		3.4.3 Suelos desnudos	Sd

#### 4.4.1. Áreas artificiales

##### a. Zona urbana continua 1.1.1 (Zu)

Con un área de 9.07 ha, se ha encontrado infraestructura urbana en donde el material predominante es el abobe, tapial y teja, en la actualidad se puede encontrar pocas construcciones hechas a base de material noble. Asimismo, se ha encontrado espacios adyacentes a la infraestructura edificada con áreas verdes y vías asociadas con ellas, las cuales configuran una zona urbana.



Figura 3. Parte de la zona urbana continuo del distrito de Chancay

#### 4.4.2. Áreas agrícolas

##### a. Cultivos transitorios 2.1 (Ct)

Con un área de 1104.97 ha. En el distrito de Chancay se encontró los siguientes cultivos, cereales: cebada (*Hordeum vulgare* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), avena (*Avena sativa* L.), maíz (*Zea mays* L.); tubérculos: papa (*Solanum tuberosum* L.) y olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas.); legumbres: lenteja (*Lens culinaris* Medik.), arveja (*Pisum sativum* L.), haba (*Vicia faba* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).



**Figura 4.** Cultivos transitorios en el distrito de Chancay

#### **4.4.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo**

##### **a. Hierbas 3.3.1 (He)**

Con un área de 919.74 ha, se encontró las especies de hierbas como chancua *Minthostachys mollis* (Benth.) Griseb. *Achyrocline alata* (Kunth) DC. *Eragrostis* sp, *Stipa ichu* (Ruiz & Pav) Kunth, *Schizachyrium sanguineum* (Retz) Alston.



**Figura 5.** Categoría de hierbas en el distrito de Chancay.

### **b. Arbustos 3.3.2 (Ar)**

Con un área de 506.38 ha, se encontró especies como: zarzamora (*Rubus vestitus* Weihe), quishuar (*Buddleja incana* Ruiz & Pav.), hualango (*Acacia huarango* J.F. Macbr.), *Baccharis salicina* Torr. & A. Gray, chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.), lanche (*Calypranthes* sp.), chilca (*Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.)), tallanco (*Baccharis nitida* (Ruiz & Pav.) Pers.), pushgay (*Vaccinium floribundum* Kunth), ada (*Tecoma sambucifolia* Kunth), retama (*Spartium junceum* L.), *Coreopsis* sp.



**Figura 6.** Categoría de arbustos en el distrito de Chancay.

### **c. Vegetación arbustiva / herbácea 3.3.4 (Ar/He)**

Con un área de 3601.21 ha, se ha encontrado territorios cubiertos por una mezcla de arbustos y hierbas dispersos de manera natural, existen especies tales como: zarzamora (*Rubus vestitus* Weihe), quishuar (*Buddleja incana* Ruiz & Pav.), hualango (*Acacia huarango* J.F. Macbr.), *Baccharis salicina* Torr. & A. Gray, chamana (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.), lanche (*Calypranthes* sp.) chilca (*Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.)), tallanco (*Baccharis nitida* (Ruiz & Pav.) Pers.), pushgay (*Vaccinium floribundum* Kunth), ada (*Tecoma sambucifolia* Kunth), retama (*Spartium junceum* L.), *Coreopsis* sp. Chancua *Minthostachys mollis* (Benth.) Griseb. *Achyrocline alata* (Kunth) DC. *Eragrostis* sp, *Stipa ichu* (Ruiz & Pav) Kunth, *Schizachyrium sanguineum* (Retz) Alston.



**Figura 7.** Categoría de vegetación arbustiva/herbácea

#### **4.4.4. Áreas sin o con poca vegetación**

##### **a. Afloramiento rocoso 3.2.1 (Afr)**

Con un área de 356.39 ha, comprende áreas en donde la superficie del terreno está conformada por capas de rocas expuestas, en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica.



**Figura 8.** Afloramiento rocoso en el cerro Las banderillas.



### **b. Suelos desnudos 3.4.3 (Sd)**

Con un área de 612.47 ha, comprende aquellas superficies de terreno en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuestas principalmente por suelos desnudos y quemados; incluye áreas erosionadas y también degradadas.



**Figura 9.** Suelos desnudos en el caserío La Huaylla.

## **4.5. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo ocurrido en los periodos 2001 – 2018.**

Del procesamiento de las imágenes satelitales, se obtuvieron los mapas de cobertura de cada año de estudio como se describe a continuación en el cual se analizó los cambios ocurridos.

### **4.5.1. Cobertura y uso del suelo año 2001.**

#### **a. Categorías encontradas en el año 2001**

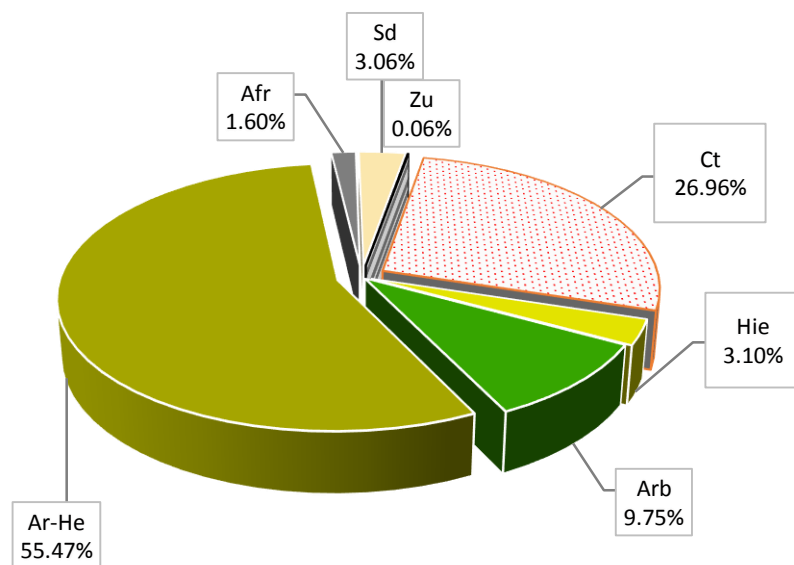
Las principales categorías de cobertura encontradas fueron:

**Tabla 8.** Categorías obtenidas para el año 2001

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Zona urbana continua	Zu	4.32	0.06
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	1916.79	26.96
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas	He	220.35	3.10
		3.3.2 Arbustos	Ar	693.35	9.75
		3.3.4 Vegetación arbustiva - herbácea	Ar-He	3943.88	55.47
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramiento rocoso	Afr	114.01	1.60
		3.4.3 Suelos desnudos	Sd	217.53	3.06
Total				7110.23	100.00

En la tabla 8, se muestra los tipos de cobertura clasificados en 3 niveles para el año 2001, donde se puede observar que la cobertura que más predomina en el distrito es la vegetación arbustiva/herbácea con 3943.88 ha, que representa el 55.47 % del territorio, este tipo de cobertura se distribuye sobre montañas, laderas largas con pendientes que van desde empinadas a extremadamente empinadas, tienen mayor densidad en épocas lluviosas. Este tipo de vegetación arbustiva/herbácea forma áreas de protección contra la erosión del suelo.

La segunda cobertura considerable del distrito es la de cultivos transitorios con 1916.79 ha, que representa el 26.96 % del área del distrito, en el que los cultivos que sembraban estaban destinados al autoconsumo y en menor cantidad destinados para la venta en el mercado. Esta actividad agrícola es una de las principales en el ámbito rural, debido que es una manera de subsistir y cubrir sus necesidades básicas.



**Figura 10.** Distribución porcentual de cobertura año 2001

Según la Figura 10: Muestra que el 0.06 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Zona urbana continua (Zu); el 26.96 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Cultivos transitorios (Ct); el 3.10 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Hierbas (Hie); el 9.75 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Arbustos (Arb); el 55.47 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por vegetación arbustiva/herbácea (Ar-He); el 1.60 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Afloramiento rocoso (Afr); el 3.06 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Suelos desnudos (Sd).

#### **b. Matriz de confusión**

Se ha logrado obtener la matriz de confusión para el año 2001, con el objetivo de verificar y comprobar la respectiva correspondencia a la clase que pertenece, detallada en la Tabla 9:

**Tabla 9.** Matriz de confusión para el año 2001

Categorías asignadas en la imagen								
Resultados de la clasificación	Categorías	2.1 (Ct)	3.3.1 (Hie)	3.3.2 (Arb)	3.4.2 (Afr)	3.4.3 (Sd)	Total	F. usuario %
	2.1 (Ct)	18	0	0	0	0	18	100.00
	3.3.1 (Hie)	0	15	1	0	0	16	93.75
	3.3.2 (Arb)	0	0	17	2	0	19	89.47
	3.4.2 (Afr)	0	0	0	14	0	14	100.00
	3.4.3 (Sd)	0	0	0	0	21	21	100.00
	<b>Total</b>	18	15	18	16	21	88	<b>96.64%</b>
	<b>F. productor %</b>	100.00	100.00	94.44	87.50	100.00		

**Interpretación de la matriz de confusión, se agrupan en filas y columnas:**

**Las filas muestran la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario**

En la categoría Cultivos transitorios (Ct), se obtuvo 18 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron digitalizadas. Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 100 %.

En la categoría Hierbas (Hie), se obtuvo 16 áreas de entrenamiento, de las cuales 15 pertenece a la categoría respectiva y 1 fue confundida con Arbustos (Arb). Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 93.75 %.

En la categoría Arbustos (Arb), se obtuvo 19 áreas de entrenamiento, de las cuales 17 pertenecen a la categoría respectiva y 2 fueron confundidas con Afloramiento rocoso (Afr). Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 89.47 %.

En la categoría Afloramiento rocoso (Afr), se obtuvo 14 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron digitalizadas. Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 100 %.

En la categoría Suelos desnudos (Sd), se obtuvo 21 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron digitalizadas. Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 100 %.

**Las columnas muestran el acierto de la clasificación en el terreno por categoría:**

En la categoría Cultivos transitorios (Ct), se obtuvo 18 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente. Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 100 %.

En la categoría Hierbas (Hie), se obtuvo 15 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente. Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 100 %.

En la categoría Arbustos (Arb), se obtuvo 18 áreas de entrenamiento, de las cuales 17 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con Hierbas (Hie). Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 94.44 %.

En la categoría Afloramiento rocoso (Afr), se obtuvo 16 áreas de entrenamiento, de las cuales 14 fueron clasificados correctamente y 2 fueron confundidas con Arbustos (Arb). Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 87.50 %.

En la categoría Suelos desnudos (Sd), se obtuvo 21 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente. Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 100 %.

### c. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2001

$$P_o = \frac{18 + 15 + 17 + 14 + 21}{88} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(18 \times 18) + (16 \times 15) + (19 \times 18) + (14 \times 16) + (21 \times 21)}{(88)^2} = 0.20$$

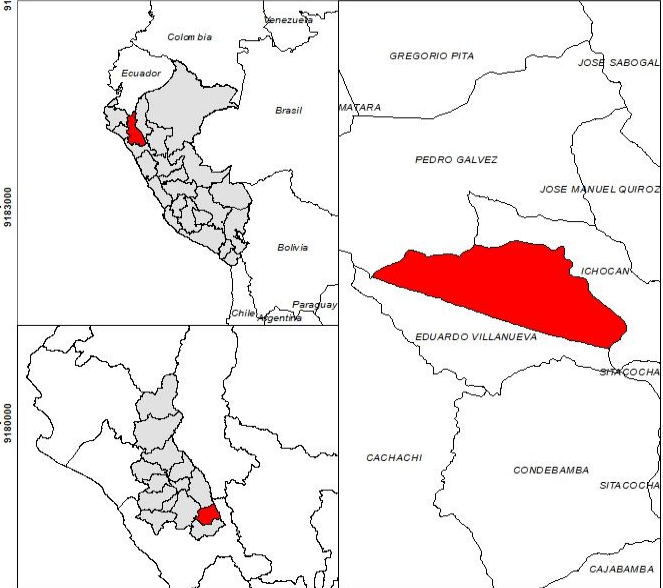
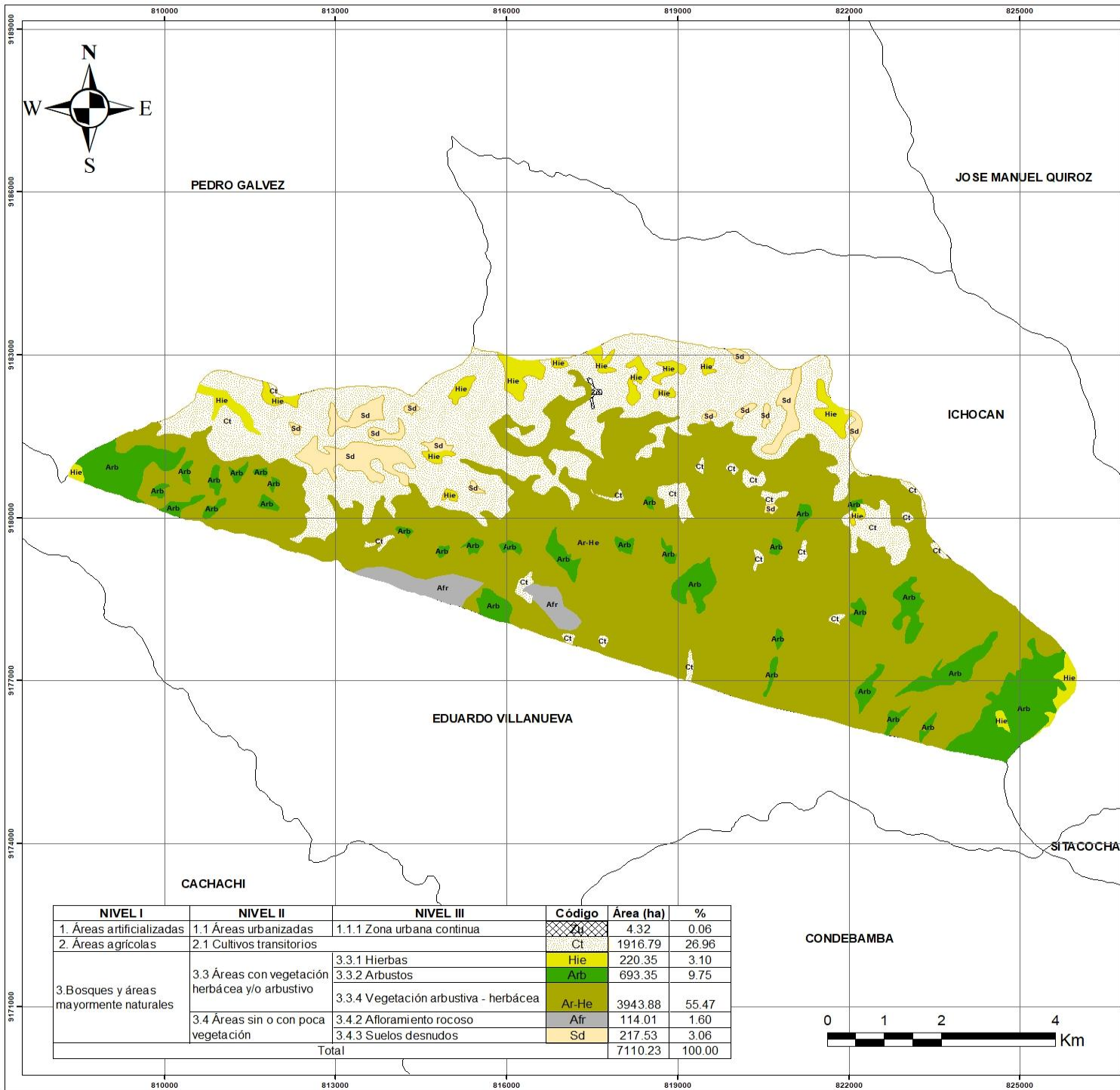
$P_e$  = proporción de concordancia esperada puro azar.

$$k = \frac{0.97 - 0.20}{1 - 0.20} = 0.96 \%$$

El resultado del cálculo de índice Kappa es de 0.96 %, según la fuerza de concordancia indica como "Muy buena".

### d. El porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2001 es de 96.64 %.



NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Zona urbana continua	Uu	4.32	0.06
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	1916.79	26.96
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas	Hie	220.35	3.10
		3.3.2 Arbustos	Arb	693.35	9.75
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.3.4 Vegetación arbustiva - herbácea	Ar-He	3943.88	55.47
		3.4.2 Afloramiento rocoso	Afr	114.01	1.60
		3.4.3 Suelos desnudos	Sd	217.53	3.06
Total				7110.23	100.00



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Agronomía**

**MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO - 2001**

**TESISTA: Victor Alex Saldaña Saldaña**

Sistema de Coordenadas Projectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 05
---	----------------------	----------------

**Mapa 5: Mapa de cobertura y uso del suelo - 2001**

## 4.5.2. Cobertura y uso del suelo año 2018

### a. Categorías encontradas en el año 2018

Las principales categorías de cobertura encontradas fueron:

**Tabla 10.** Categorías obtenidas para el año 2018

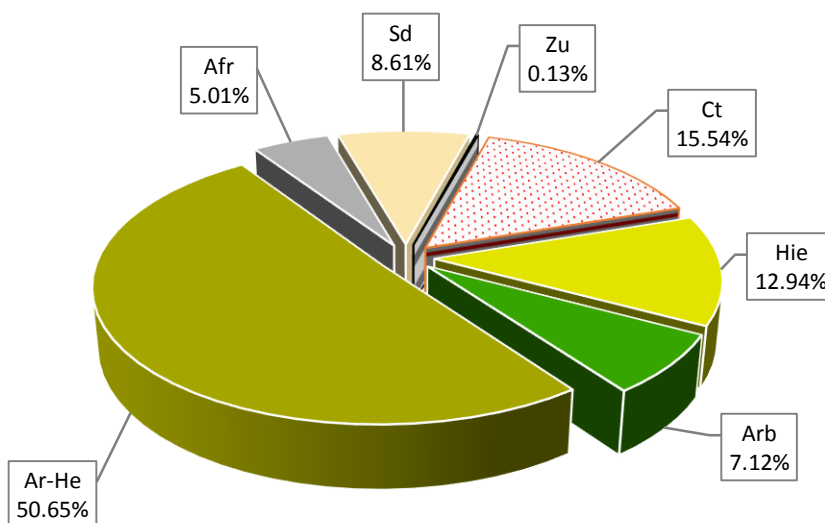
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Area (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Zona urbana continua	Zu	9.07	0.13
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	1104.97	15.54
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas	Hie	919.74	12.94
		3.3.2 Arbustos	Arb	506.38	7.12
		3.3.4 Vegetación arbustiva - herbácea	Ar-He	3601.21	50.65
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramiento rocoso	Afr	356.39	5.01
		3.4.3 Suelos desnudos	Sd	612.47	8.61
Total				7110.23	100.00

En la Tabla 10, muestra los tipos de cobertura clasificados en tres niveles para el año 2018, donde se puede observar que la cobertura que sigue predominando en el distrito es la vegetación arbustiva/herbácea con 3601.21 ha, que representa el 50.65 % del territorio, este tipo de cobertura está desarrollada de forma natural en diferentes densidades y sustratos. El distrito de Chancay tiene una topografía accidentada la misma que proporciona un medio adecuado para el desarrollo de esta vegetación.

De la misma manera, la segunda cobertura considerable del distrito es el de cultivos transitorios, con 1104.97 ha, que representa el 15.54 % del área del distrito.

Estas dos coberturas son las que ocupan la mayor parte de extensión, ya que tienen un porcentaje considerable en la ocupación del suelo para este año





**Figura 11.** Distribución porcentual de cobertura de año 2018

Según la Figura 11: Muestra que el 0.13 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Zona urbana continua (Zu); el 15.54 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Cultivos transitorios (Ct); el 12.94 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Hierbas (Hie); el 7.12 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Arbustos (Arb); el 50.65 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por vegetación arbustiva/herbácea (Ar-He); el 5.01 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Afloramiento rocoso (Afr); el 8.61 % de la superficie del distrito de Chancay está cubierta por Suelos desnudos (Sd).

**b. Matriz de confusión**

Se ha logrado obtener la matriz de confusión para el año 2018, con el objetivo de verificar y comprobar la respectiva correspondencia a la clase que pertenece, detallada en la Tabla 11:

**Tabla 11.** Matriz de confusión para el año 2018

Categorías asignadas en la imagen								
Resultados de la clasificación	Categorías	2.1 (Ct)	3.3.1 (Hie)	3.3.2 (Arb)	3.4.2 (Afr)	3.4.3 (Sd)	Total	F. usuario %
	2.1 (Ct)	24	2	0	0	0	26	92.31
	3.3.1 (Hie)	1	20	0	0	0	21	95.24
	3.3.2 (Arb)	0	0	16	0	0	16	100.00
	3.4.2 (Afr)	0	0	0	16	0	16	100.00
	3.4.3 (Sd)	0	0	0	0	21	21	100.00
	<b>Total</b>	25	22	16	16	21	100	<b>97.51%</b>
	<b>F. productor %</b>	96.00	90.91	100.00	100.00	100.00		

**Interpretación de la matriz de confusión, se agrupan en filas y columnas:**

**Las filas muestran la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario**

En la categoría Cultivos transitorios (Ct), se obtuvo 26 áreas de entrenamiento, de las cuales 24 pertenecen a la categoría respectiva y 2 fueron confundidas con hierbas (Hie). Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 92.31 %.

En la categoría Hierbas (Hie), se obtuvo 21 áreas de entrenamiento, de las cuales 20 pertenece a la categoría respectiva y 1 fue confundida con Cultivos transitorios (Ct). Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 95.00 %.

En la categoría Arbustos (Arb), se obtuvo 16 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron digitalizadas. Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 100 %.

En la categoría Afloramiento rocoso (Afr), se obtuvo 16 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron digitalizadas. Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 100 %.

En la categoría Suelos desnudos (Sd), se obtuvo 21 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron digitalizadas. Teniendo un porcentaje de fiabilidad del usuario de 100 %.

- **Las columnas muestran el acierto de la clasificación en el terreno por categoría:**

En la categoría Cultivos transitorios (Ct), se obtuvo 25 áreas de entrenamiento, de las cuales 24 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con hierbas (Hie). Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 96.00 %.

En la categoría Hierbas (He), se obtuvo 22 áreas de entrenamiento, de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente y 2 fueron confundidas con Cultivos transitorios (Ct). Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 90.91 %.

En la categoría Arbustos (Arb), se obtuvo 16 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron clasificadas. Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 100 %.

En la categoría Afloramiento rocoso (Afr), se obtuvo 16 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente. Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 100 %.

En la categoría Suelos desnudos (Sd), se obtuvo 21 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente. Teniendo un porcentaje de fiabilidad de productor de 100 %.

c. **Índice kappa**

Cálculo del índice kappa para el año 2018

$$P_o = \frac{24 + 20 + 16 + 16 + 21}{100} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(26 \times 25) + (21 \times 22) + (16 \times 16) + (16 \times 16) + (21 \times 21)}{(100)^2} = 0.21$$

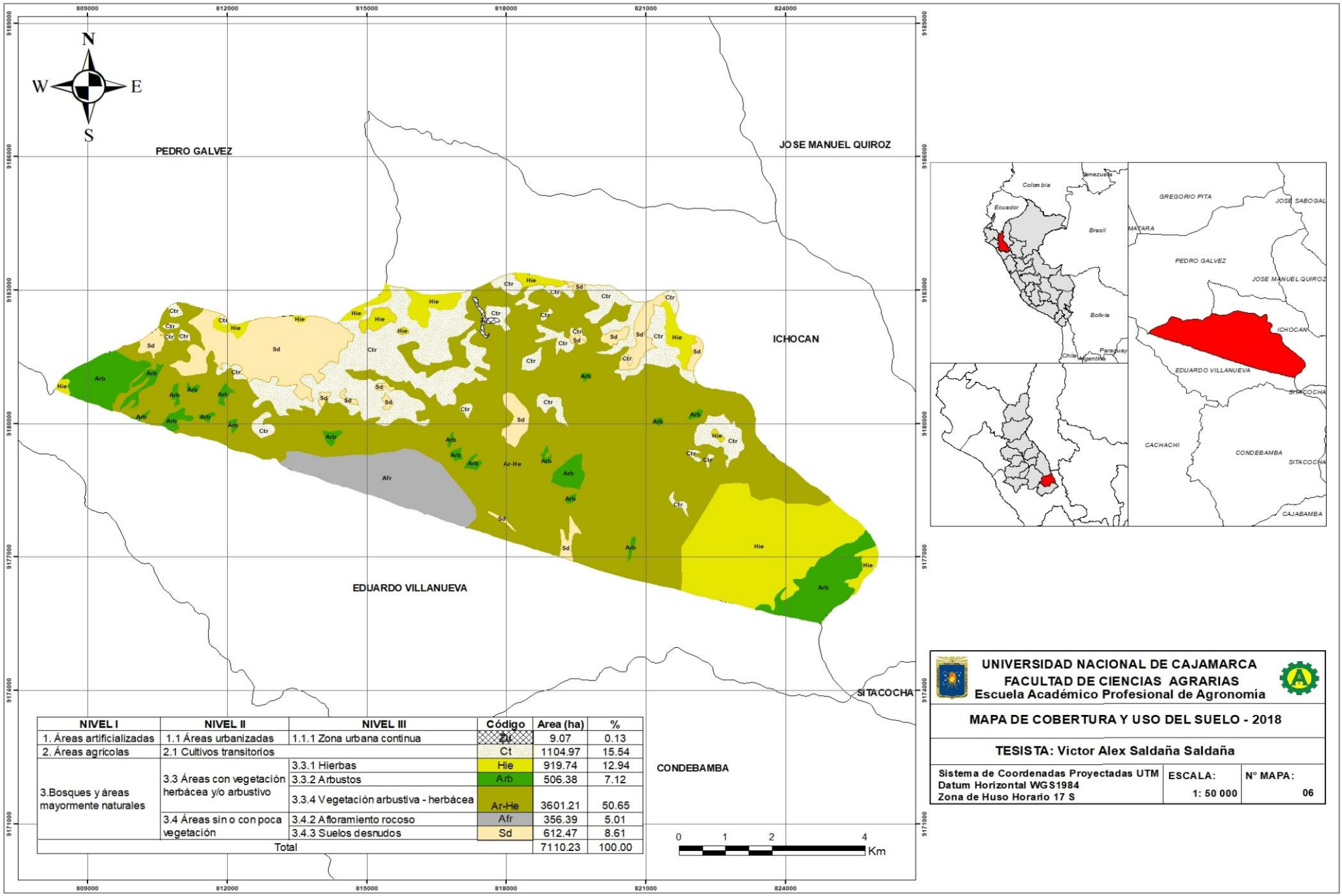
$P_e$ = proporción de concordancia esperada puro azar.

$$k = \frac{0.97 - 0.21}{1 - 0.21} = 0.96$$


El resultado del cálculo de índice Kappa es de 0.96 %, según la fuerza de concordancia indica como “Muy buena”.

d. **El porcentaje correctamente clasificado**


El porcentaje correctamente clasificado para el año 2018 es de 97.51 %.



NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Area (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Zona urbana continua	ZU	9.07	0.13
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	1104.97	15.54
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas	Hie	919.74	12.94
		3.3.2 Arbustos	Arb	506.38	7.12
		3.3.4 Vegetación arbustiva - herbácea	Ar-He	3601.21	50.65
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 A floramiento rocoso	Afr	356.39	5.01
		3.4.3 Suelos desnudos	Sd	612.47	8.61
<b>Total</b>				<b>7110.23</b>	<b>100.00</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Agronomía**



---

**MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO - 2018**

---

**TESISTA: Victor Alex Saldaña Saldaña**

---

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 06
---	----------------------	----------------

**Mapa 6: Mapa de cobertura y uso del suelo - 2018**

#### 4.6. Análisis de cambio y no cambio del uso del suelo

En el período 2001 – 2018, se puede apreciar ganancia de área como también pérdida en las categorías obtenidas:

**Tabla 12.** Pérdida o ganancia de la cobertura y uso del suelo, período 2001 – 2018.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Superficie año 2001		Superficie año 2018		2001 - 2018	
				Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Zona urbana continua	Zu	4.32	0.06	9.07	0.13	4.75	0.07
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	1916.79	26.96	1104.97	15.54	-811.82	-11.42
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas	He	220.35	3.10	919.74	12.94	699.39	9.84
		3.3.2 Arbustos	Ar	693.35	9.75	506.38	7.12	-186.97	-2.63
		3.3.4 Vegetación arbustiva - herbácea	Ar-He	3943.88	55.47	3601.21	50.65	-342.67	-4.82
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramiento rocoso	Afr	114.01	1.60	356.39	5.01	242.39	3.41
		3.4.3 Suelos desnudos	Sd	217.53	3.06	612.47	8.61	394.93	5.55
Total				7110.23	100.00	7110.23	100.00	0.00	0.00

En la Tabla 12, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías, hierbas (Hie) con 699.39 ha, suelos desnudos (Sd) con 394.93 ha, afloramiento rocoso (Afr) con 242.39, zona urbana continua (Zu) con 4.75 ha, mostrando una ganancia de cobertura; por otro lado las categorías, cultivos transitorios (Ct) con -811.22 ha, vegetación arbustiva herbácea con -342.67, arbustos (Arb) con -186.97 ha, muestran una pérdida de cobertura.

En el distrito de Chancay los factores que han intervenido en el cambio de cobertura y uso del suelo son factores naturales y factores antrópicos.

#### Factores Naturales

En la actualidad en el distrito existen factores que favorecen como también perjudican entre ellos tenemos el clima, erosión de los suelos (ha generado suelos desnudos, afloramiento rocoso) precipitación y temperatura (inciden en el crecimiento y pérdida de hierbas, arbustos) que modifican la cobertura vegetal.

#### Factores Antrópicos



La presencia humana en el distrito ha modificado la cobertura vegetal, con las distintas actividades como la deforestación, quema de hierbas y arbustos, apertura

de vías de comunicación, construcción de viviendas y obtención de nuevas tierras para cultivos agrícolas.

#### 4.7. Cuantificación general del cambio

El análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo para el periodo 2001 – 2018, está conformado por diferentes tipos de cobertura que conforman el distrito de Chancay, los mismos que han sufrido cambios generales de su superficie.

**Tabla 13.** Superficie y porcentaje de las áreas con cambio en la cobertura y uso del suelo.

<b>CAMBIO</b>		<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
No cambio		4,639.94	65.26
Si cambio		2,470.29	34.74
<b>Total</b>		7,110.23	100.00

En la Tabla 13, se observa el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Chancay, de un total 7,110.23 ha, permaneció sin cambio 4,639.94 ha que representa el 65.26 %, mientras que 2,470.29 ha que equivale el 34.74 % sufrieron cambios de su superficie.

En el **Mapa N°07**, muestra la distribución espacial de la superficie de cambios de cobertura y uso del suelo para el período 2001 – 2018. Las áreas de color rojo representan los espacios en donde han sucedido los distintos cambios de cobertura (Cobertura Cultivos transitorios, Arbustos, Vegetación arbustiva herbácea) a lo largo de este período; mientras que las áreas de color amarillo no han tenido cambio (Cobertura Zona urbana continua, Hierbas, Afloramiento rocoso, Suelos desnudos).





#### 4.8. Análisis de transición por cobertura y uso del suelo

El análisis de cambio de cobertura consta en la evaluación del cambio de una cobertura inicial a una actual entre cada periodo de evaluación. En este proceso solo se evalúa las áreas en las que hubo cambio, dejándose de lado los de no cambio. A continuación, se muestran los resultados de este análisis.

##### 4.8.1. Cambios de cobertura del periodo 2001 – 2018

Durante el período del 2001 – 2018, contando con una diferencia de 17 años, el distrito de Chancay sufrió diferentes cambios de cobertura. A continuación, se muestran los resultados de análisis.

**Tabla 14.** Transición de la cobertura y uso del suelo, período 2001 - 2018

CÓDIGO	SIMBOLOGÍA	CUT - 2000	CUT - 2018	Área ha	%
1	Arb-Afr	Arbustos	Afloramiento rocoso	28.32	0.40
2	Arb-(Ar-He)	Arbustos	Vegetación arbustiva/herbácea	123.72	1.74
3	Arb-Hie	Arbustos	Hierbas	152.47	2.14
4	(Ar-He)-Afr	Vegetación arbustiva/herbácea	Afloramiento rocoso	200.13	2.81
5	(Ar-He)-Arb	Vegetación arbustiva/herbácea	Arbustos	109.40	1.54
6	(Ar-He)-Ct	Vegetación arbustiva/herbácea	Cultivos transitorios	104.85	1.47
7	(Ar-He)-Hie	Vegetación arbustiva/herbácea	Hierbas	552.73	7.77
8	(Ar-He)-Sd	Vegetación arbustiva/herbácea	Suelos desnudos	64.40	0.91
9	(Ar-He)-Zu	Vegetación arbustiva/herbácea	Zona urbana continua	0.02	0.00
10	Ct-Afr	Cultivos transitorios	Afloramiento rocoso	13.93	0.20
11	Ct-Arb	Cultivos transitorios	Arbustos	0.29	0.00
12	Ct-(Ar-He)	Cultivos transitorios	Vegetación arbustiva/herbácea	481.72	6.77
13	Ct-Hie	Cultivos transitorios	Hierbas	99.78	1.40
14	Ct-Sd	Cultivos transitorios	Suelos desnudos	376.36	5.29
15	Ct-Zu	Cultivos transitorios	Zona urbana continua	5.16	0.07
16	Hie-Arb	Hierbas	Arbustos	11.14	0.16
17	Hie-(Ar-He)	Hierbas	Vegetación arbustiva/herbácea	75.81	1.07
18	Hie-Ct	Hierbas	Cultivos transitorios	15.55	0.22
19	Hie-Sd	Hierbas	Suelos desnudos	4.33	0.06
20	Sd-(Ar-He)	Suelos desnudos	Vegetación arbustiva/herbácea	4.31	0.06
21	Sd-Ct	Suelos desnudos	Cultivos transitorios	44.61	0.63
22	Sd-He	Suelos desnudos	Hierbas	1.23	0.02
23	No cambio			4639.94	65.26
	Total			7110.23	100.00

En la Tabla 14, se muestran siete clases de cobertura que por la dinámica territorial fueron cambiados a otras coberturas, generando a la vez 22 tipos de cambio diferentes.

La categoría Arbustos (Arb) ha tenido tres cambios, reemplazada por: Afloramiento rocoso (Afr) con un área de 28.32 ha; Vegetación arbustiva / herbácea (Ar-He) con un área de 123.72 ha; Hierbas (Hie) con un área de 152.47 ha.

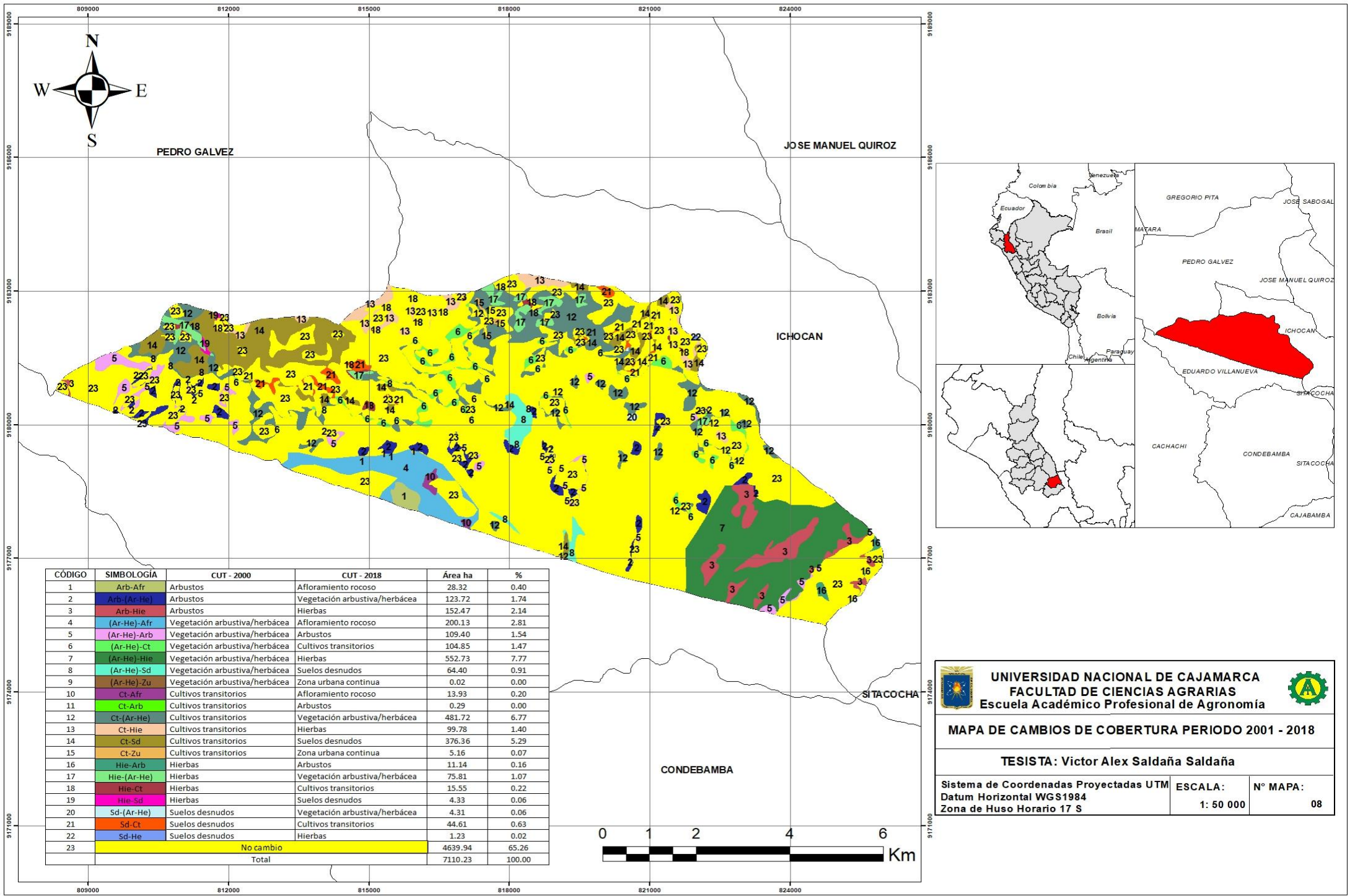
La cobertura Vegetación arbustiva / herbácea (Ar-He) ha experimentado cinco cambios, reemplazada por: Afloramiento rocoso (Afr) con un área de 200.13 ha; Arbustos (Arb) con un área 109.40 ha; Cultivos transitorios (Ct) con un área de 104.84 ha; Hierbas (Hie) con un área de 552.73 ha; Suelos desnudos (Sd) con un área de 61.11 ha; Zona urbana continua (Zu) con un área de 0.02 ha.

En la categoría Cultivos transitorios (Ct) se ha logrado encontrar cinco cambios, reemplazada por: Afloramiento rocoso (Afr) con un área de 13.93 ha; Arbustos (Arb) con un área de 0.29 ha; Vegetación arbustiva / herbácea (Ar-He) con un área de 481.72 ha; Hierbas (Hie) con un área de 99.78 ha; Suelos desnudos (Sd) con un área de 376.36 ha; Zona urbana continua (Zu) con un área de 5.16 ha.

La categoría Hierbas (Hie) ha sufrido cuatro cambios, reemplazada por: Arbustos (Arb) con un área de 11.14 ha; Vegetación arbustiva / herbácea (Ar-He) con un área de 75.81 ha; Cultivos transitorios (Ct) con un área de 15.55 ha; Suelos desnudos (Sd) con un área de 4.33 ha.

La categoría Suelos desnudos (Sd) ha experimentado tres cambios, reemplazada por: Vegetación arbustiva / herbácea (Ar-He) con un área de 4.31 ha; Cultivos transitorios (Ct) con un área de 44.61 ha; Hierbas (Hie) con un área de 1.23 ha.

En el **Mapa N° 08**, muestra la distribución espacial de la superficie de cambios por cobertura y uso del suelo, período 2001 – 2018.



CÓDIGO	SIMBOLOGÍA	CUT - 2000	CUT - 2018	Área ha	%
1	Arb-Afr	Arbustos	Afloramiento rocoso	28.32	0.40
2	Arb-(Ar-He)	Arbustos	Vegetación arbustiva/herbácea	123.72	1.74
3	Arb-He	Arbustos	Hierbas	152.47	2.14
4	(Ar-He)-Afr	Vegetación arbustiva/herbácea	Afloramiento rocoso	200.13	2.81
5	(Ar-He)-Arb	Vegetación arbustiva/herbácea	Arbustos	109.40	1.54
6	(Ar-He)-Ct	Vegetación arbustiva/herbácea	Cultivos transitorios	104.85	1.47
7	(Ar-He)-Hie	Vegetación arbustiva/herbácea	Hierbas	552.73	7.77
8	(Ar-He)-Sd	Vegetación arbustiva/herbácea	Suelos desnudos	64.40	0.91
9	(Ar-He)-Zu	Vegetación arbustiva/herbácea	Zona urbana continua	0.02	0.00
10	Ct-Afr	Cultivos transitorios	Afloramiento rocoso	13.93	0.20
11	Ct-Arb	Cultivos transitorios	Arbustos	0.29	0.00
12	Ct-(Ar-He)	Cultivos transitorios	Vegetación arbustiva/herbácea	481.72	6.77
13	Ct-Hie	Cultivos transitorios	Hierbas	99.78	1.40
14	Ct-Sd	Cultivos transitorios	Suelos desnudos	376.36	5.29
15	Ct-Zu	Cultivos transitorios	Zona urbana continua	5.16	0.07
16	Hie-Arb	Hierbas	Arbustos	11.14	0.16
17	Hie-(Ar-He)	Hierbas	Vegetación arbustiva/herbácea	75.81	1.07
18	Hie-Ct	Hierbas	Cultivos transitorios	15.55	0.22
19	Hie-Sd	Hierbas	Suelos desnudos	4.33	0.06
20	Sd-(Ar-He)	Suelos desnudos	Vegetación arbustiva/herbácea	4.31	0.06
21	Sd-Ct	Suelos desnudos	Cultivos transitorios	44.61	0.63
22	Sd-He	Suelos desnudos	Hierbas	1.23	0.02
23	No cambio			4639.94	65.26
Total				7110.23	100.00

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Agronomía**

**MAPA DE CAMBIOS DE COBERTURA PERIODO 2001 - 2018**

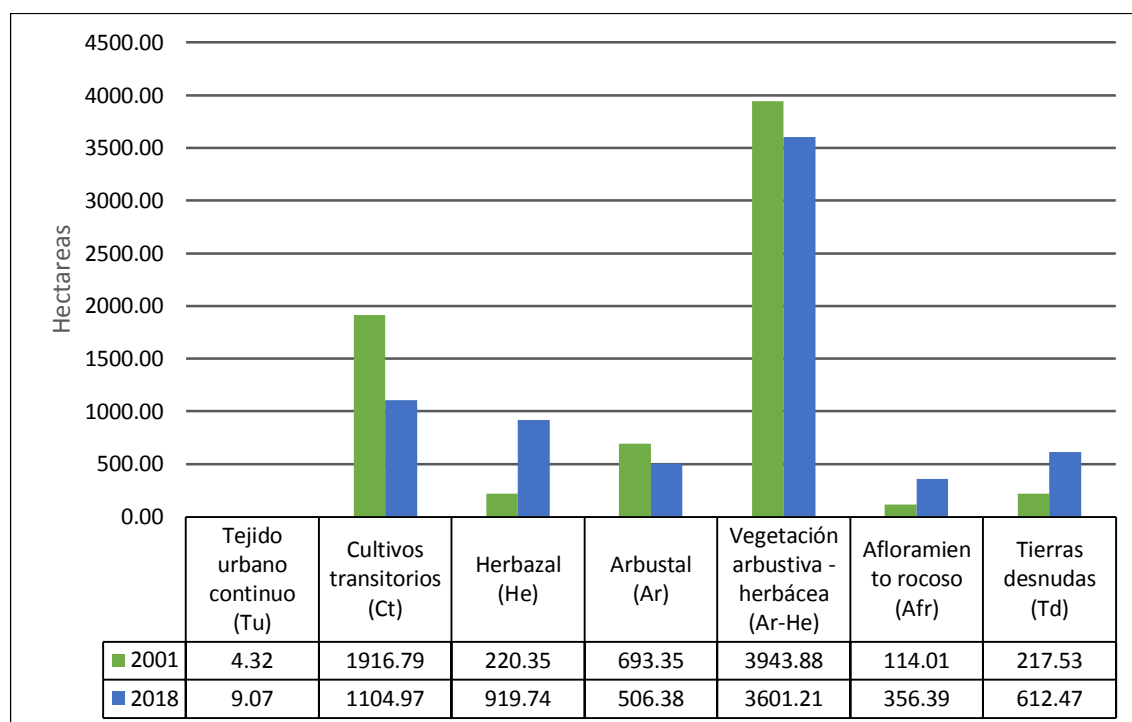
**TESISTA: Victor Alex Saldaña Saldaña**

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 50 000	N° MAPA: 08
---	----------------------	----------------

**Mapa 8:** Mapa de cambios de cobertura, periodo 2001 - 2018

#### 4.9. Discusión

De acuerdo a los resultados de obtenidos de la cobertura vegetal y uso del suelo de un período de 17 años (2001 – 2018), se detalla en la siguiente figura la variación de cada una de las coberturas presentadas:



**Figura 12.** Dinámica de la cobertura y uso del suelo, período 2001 - 2018

- Acorde a la dinámica de cambio de cobertura y uso del suelo para el período 2001 – 2018, la categoría de Zona urbana continua, ha tenido un aumento no muy considerable en el casco urbano, pues solo se ha expandido 4.75 hectáreas, esto se debe al aumento de población según INEI Censos 1993, 2007, 2017.

**Tabla 15.** Población del distrito de Chancay para los años 1993, 2007, 2017

<b>Censo Año</b>	<b>Población censada</b>	<b>Número de habitantes</b>	<b>Población total</b>
<b>1993</b>	Rural	2649	<b>3095</b>
	Urbana	446	
<b>2007</b>	Rural	2795	<b>3297</b>
	Urbana	502	
<b>2017</b>	Rural	2965	<b>3515</b>
	Urbana	550	

Fuente: INEI Censos Nacionales 1993, 2007, 2017

De acuerdo a los siguientes datos del INEI se estimó la población para los años 2001 y 2018, con la siguiente fórmula se estimó la tasa de crecimiento (r) obteniendo los siguientes resultados.

$$r = \frac{\text{Pob}_{2007} - \text{Pob}_{1993}}{\text{Censos}(2007 - 1993)}$$

$$\text{Pob}_{\text{Año } n} = \text{Pob}_{\text{Año } 1} + r \times (\text{Año}_n - \text{Año}_1)$$

**Tabla 16.** Población estimada para los periodos de estudio distrito Chancay

<b>Año</b>	<b>Población</b>		<b>Total</b>
	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	
<b>2001</b>	478	2733	<b>3211</b>
<b>2018</b>	555	2982	<b>3537</b>

- La cobertura de cultivos transitorios hace notar una pérdida de área de 811.82 ha, este resultado se debe a que el distrito de Chancay está en una zona hidrográficamente difícil, por la escasez de agua que pasan por el distrito, sus chacras son sembradas al secano ya que no cuentan con riego tecnificado esto es una desventaja para el agricultor, al mismo tiempo las malas técnicas agrícolas empleadas como la quema de suelo, ocasionan la infertilidad y erosión al suelo para luego ser abandonado, además muchos pobladores abandonan sus chacras para migrar a ciudades con mayores oportunidades de estudio, salud, empleo y trabajo.

- El área de la cobertura de hierbas ha tenido un aumento considerable de 699.39 ha, esto implica la pérdida de áreas de otras clases de cobertura. Los factores naturales de (precipitación) la lluvia incide a crecer hierbas.
  
- En cuanto a la cobertura de arbustos, ha tenido una desaparición de 186.97 ha, cobertura natural que con el paso de los años los pobladores han hecho una tala con el fin de obtener áreas agrícolas. Asimismo, en la categoría vegetación arbustiva/herbácea, se hace notar una desaparición de 342.67 ha, debido a una intervención antrópica.
  
- En la cobertura afloramiento rocoso se nota un incremento en su área de 242.38 ha, esto se debe a la degradación de los suelos, por acción antrópica, cambios climáticos.
  
- Respecto a la categoría de suelo desnudos, ha experimentado un aumento de 394.94 ha, los factores naturales (clima, el aumento de temperatura) incidieron a que se pierda hierbas o arbustos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Se logró analizar los cambios de cobertura y uso actual del suelo del distrito de Chancay, por medio de las dos imágenes satelitales, identificando 7 categorías: Zona urbana continua con un área 9.07 ha (0.13 %), Cultivos transitorios con un área 1104.97 ha (15.54 %), Hierbas con un área 919.74 (12.94 %), Arbustos con un área 506.38 ha (7.12%), Vegetación arbustiva/herbácea con un área 3601.21 ha (50.65 %), Afloramiento rocoso con un área 356.39 ha (5.01 %), Suelos desnudos con un área 612.47 ha (8.61 %).

El cambio de mayor proporción se dio en la categoría de Cultivos transitorios con un área de 811.22 ha; el cambio de menor proporción se dio en la categoría Zona urbana continua con un área de 4.75 ha.

Con el algoritmo de máxima verosimilitud se elaboró los mapas temáticos de cobertura y uso actual del suelo para los períodos 2001 y 2018, alcanzando una fiabilidad de 96.54 % de veracidad para el año 2001, 97.51 % de veracidad para el año 2018 el cual fue validado in situ o en el lugar.

## **5.2. Recomendaciones**

La información generada debería ser actualizada anualmente, con el propósito de verificar la evolución de los cambios en los diferentes tipos de coberturas y usos del suelo del distrito de Chancay.

Utilizar imágenes satelitales que brinden mayor resolución espacial, que tengan un mínimo de nubosidad en el área de estudio, con la finalidad de minimizar errores y realizar un estudio a mayor detalle.

Las entidades públicas locales y regionales deberán hacer gestiones referentes a la planificación y ordenamiento territorial, por ende, el análisis de coberturas como base de información resulta vital.



## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, G. 2014. Estudio Especializado Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra – Departamento de Cajamarca.
- Angeles M, JM; Jauregui N, MA. 2015. Efectos de la deforestación en la biodiversidad de la comunidad Granja Porcón Cajamarca. Tesis Bach. Ing. Ambiental. Cajamarca, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 80p.
- Arbelo, M. (1999). Tutorial de teledetección. En M. Arbelo, *Tutorial de teledetección* (págs. 1-3). Islas Canarias: Department of Physics of University of La Laguna.
- BIODAMAZ (Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana, PE). 2004. Manual para la elaboración de mosaicos de imágenes de satélite Landsat TM para selva baja peruana. Iquitos, PE. 120 p.
- Breiman, Leo. 2001 citado por ARNILLAS, C.A; et al. 2012). «Random Forests». *Machine Learning* 45 (1): 5–32. doi: 10. 1023/A: 1010933404324.
- Cecenque R. 2013. Manual para el tratamiento de imágenes satelitales con índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). INIA, FIC –Gobierno Regional de Valparaíso GORE (en línea). Consultado 21 nov. 2018. Disponible en <http://www.monitoreosatelital.cl/wp-content/uploads/2014/11/Manual-Tratamiento-de-Imagenes-NDVI.pdf>
- Carmona, A. y. 1999. Sistemas de Información Geográficos. 44 p.
- Cerdán, C. 2014. Concesiones mineras en Cajamarca (en línea). Cajamarca, Perú. Consultado 18 ene. 2017. Disponible en: <http://cronicascajamarca.blogspot.com/>.

- Cieza T, DA. 2017. Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Matara periodos 1991 – 2003 – 2016. Cajamarca, Perú. Título Ing. Agr. Universidad Nacional de Cajamarca. 99 p.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio* (Primera). Barcelona.
- FAO. 2000. Cambios en la cobertura forestal. Programa de Evaluación de Recursos Forestales (FRA). Documento de Trabajo 36. Roma.55 p.
- FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, UY) 2015. Atlas de cobertura del suelo de Uruguay. Cobertura de suelo y cambios 2000 – 2011. Land Cover Classification System. Montevideo, UY. 52 p
- Fernández Coppel, A; Eliecer H, L. 2001. Análisis Visual de Imágenes obtenidas del Sensor ETM+ - Satélite Landsat8 estrecho de Gibraltar, USGS, EEUU. Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Palencia. (en línea). UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. 12 – 25 pp.
- GONZÁLEZ, ALBA BEATRIZ VELÁZQUEZ. (2012) Análisis multitemporal de imágenes satelitales para conocer la calidad del agua en la presa: Valle de Bravo. Tesis, México df: Universidad nacional autónoma de México.
- Gonzaga Aguilar, C. (2014). *Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM + y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador*. Univerisdad Nacional de la Plata.
- Holdridge, 1947. Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data) y posteriormente actualizado en (Life Zone Ecology).

- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, CO) 2013. Descripción y Corrección de Productos Landsat 8. Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Versión 1.0, Grupo interno de trabajo de percepción remota y aplicaciones geográficas. Bogotá, CO. 46 p.
- IIRSA-SUR. 2006. Análisis de la deforestación - EISA Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú - Brasil: Tramo 2. 9 p.
- Lambin, EF; Turner, BL; Geist, HJ; Agbola, SB; Angelsen, A; Bruce, JW; Coomes, OT; Dirzo, R; Fischer, G; Folke, C; George, PS; Homewood, K; Imbernon, J; Leemans, R; Li, X; Moran, EF; Mortimore, M; Ramakrishnan, PS; Richards, JF; Skanes, H; Steffen, W; Stone, GD; Svedin, U; Veldkamp, TA; Vogel, C y Xu, J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11: 261-269.
- Lara R; Lizeca, J; Fukushima, Y. 2002. Memoria del mapa de cobertura y uso actual de la tierra. Superintendencia Agraria. La Paz, Bolivia. 25 p.
- Lillo, J. 2006. Impactos de la Minería en el Medio Natural. Grupo de Geología. Universidad Rey Juan Caños. 35p.
- López de Ullibarri, I y Pita, S. 2001. Medidas de concordancia: el índice Kappa. (en línea). Consultado 15 nov. 2018. Disponible en <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf>
- IDEAM; IGAC; CORMAGDALENA (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena; Instituto Geográfico Agustín Codazzi, CO) 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100000. Bogotá. CO. 199 p.

- IICA (Instituto Inter Americano de las Ciencias Agrícolas de la O.E.A). Curso internacional de Reforma Agraria. Campinas - Sau Paulo – Brasil. (En línea). Consultado el 16 de ene. 2017.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). s/f. Aspectos Técnicos De Las Imágenes Landsat (en línea). Consultado 04 dic. 2018. Disponible en [https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos\\_tecnicos\\_landsat.pdf](https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/doc/Aspectos_tecnicos_landsat.pdf)
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 1993. Censos Nacionales 1993: IX de Población y IV de Vivienda (en línea). Consultado 04 mar. 2019. Disponible en Consultado 08 ago. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/censos1993/redatam/>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Consultado 04 mar. 2019. <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2017. Censos Nacionales 2017: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Consultado 04 mar. 2019. Disponible en [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1558/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1558/)
- Martino, D. 2007. Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. Revista del Sur N° 169. Enero / Febrero 2007. 3-22 p.
- Mendoza, V. 2018. Manual de capacitación de ArcGIS 10.5. Master of Engineering. Cajamarca – Perú. pp. 2-9.
- Ministerio del Ambiente. 2014. Cuantificación de la cobertura de bosque y cambio de bosque a no bosque de la Amazonía Peruana. Período 2009-2010-2011. Memoria Técnica. 52 p.

- MINAM (Ministerio del Ambiente, PE) 2014. Protocolo: Análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la Comunidad Andina. Dirección General del Ordenamiento Territorial. Lima, PE. 72 p.
- Pérez, C; Muñoz, A. 2006. Teledetección: Nociones y aplicaciones. España. Universidad de Salamanca. 356 p.
- Pérez, Carrera, A.; Moscuza, C. y Fernández, A. 2008. Efectos Socio económicos y ambientales de la expansión agropecuaria. Estudio de caso: Santiago del Estero, Argentina. Rev. Ecosistemas 17 (1): 5-15.
- Pérez, D. 2012. Identificación de ecosistemas en la provincia de Napo – Ecuador mediante análisis digital de imágenes satelitales. Tesis Mag. Sc. Quito, EC, Universidad San Francisco. 141 p.
- RAMOS Pedro, NATANAEL Severo, HERRERO Adrián, [et al.]. *Uso eficiente y sostenible de los recursos naturales*. 1ª. ed. Salamanca, España: Universidad de Salamanca, 2007. 30 p. ISBN: 978-84-7800-387-7.
- Saldaña Torres, MK. 2010. “Determinación del cambio de cobertura vegetal en el área de conservación municipal “Bosques de Huamantanga”, utilizando imágenes de satélite. Tesis Ing. Forestal. Jaén-Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Sánchez, M. 2016. Análisis de Calidad Cartográfica mediante el estudio de la Matriz de Confusión. Revista de Investigación. Vol 2. Madrid –España. pp. 2
- Sarria, F. A. (2006). Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Murcia
- Tantaleán Farfán, AY. 2016. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Chota, años 1989-2013. Tesis Ing. Forestal. Cajamarca Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Valencia, G. Anaya, J. 2009. Implementación de la metodología Corine Land Cover con imágenes Ikonos. Colombia. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 14 p. Consultado 14 Agos.2018. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15/v8n15a04.pdf>

- Velásquez, A., Durán, E., Larrasábal, A., López, F., & Medina, C. (2010). La Cobertura Vegetal y los Cambios e Uso de Suelo. *Publicación México*, 5.
- Yupari A. (2002). "CAJAMARCA Y LA INCIDENCIA DE MINERA YANACOCHA Marco para el Desarrollo Sostenible"
- Zavaleta M. 2013. La política de lo técnico: una aproximación al desarrollo del conflicto conga. En: Los límites de la expansión minera en el Perú. Asociación servicios educativos rurales (SER). Torres J. Ed. Tarea asociación grafica educativa. Lima Perú. 152 pág
- Zorogastúa Cruz, P; Quiroz Guerra, R. 2011. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura - Perú. Tesis Blgo. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

## GLOSARIO

**Algoritmo:** Es un conjunto de pasos lógicos, secuenciales y metódicamente aplicados para dar solución a una cierta clase de problema.

**Área de entrenamiento.** Consiste delimitar sobre la imagen áreas representativas de cada categoría asignada de la Leyenda definida.

**ArcGis.** Es un sistema completo que permite recopilar, editar, representar cartográficamente, almacenar y compartir muchos tipos de información geográfica.

**ArcMap.** Permite realizar mapas a partir de capas o datos espaciales, elegir colores y simbología, interrogar a las bases de datos, analizar relaciones espaciales y diseñar mapas o salidas impresas.

**Cobertura biofísica.** Describe el material físico sobre la superficie terrestre (vegetación, afloramiento rocoso, agua, construcciones hechas por el hombre).

**Corine land cover:** base de datos sobre la cobertura y uso del territorio.

**ENVI.** Es el software líder para el procesamiento y análisis de imágenes de satélite y de fotografías aéreas que tiene completa integración con ArcGIS de Esri. Puede leer, visualizar, analizar y procesar diferentes formatos y tipos de imágenes.

**Formato raster.** Cualquier tipo de imagen digital representada en mallas (Pixels). Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor.

**Formato vectorial.** Aquí los datos están basados en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos. Su representación es mediante puntos, líneas y polígonos

**Georeferenciación.** Es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datum específicos.

**Índice kappa:** Es una medida estadística que se ajusta el efecto al azar en proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos, califica 0.80 arriba muy bueno y de 0.20 abajo muy malo.

**LANDSAT** (LAND=tierra y SAT=satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (Earth Resources Technology Satellites).

**Mapa temático.** Es aquél que está diseñado para mostrar características estructurales de la distribución espacial de un fenómeno geográfico de la superficie terrestre.

**MINAN.** Ministerio del ambiente.

**Model builder.** Es una herramienta disponible en ArcGIS destinado a la edición y administración de geo procesos con el fin de generar modelos de trabajos autónomos y secuenciales.

**MDE (Modelo digital de elevación):** Es una estructura de datos que representa la distribución espacial de altitud en la superficie terrestre.

**NDVI:** índice de vegetación de diferencia normalizada.

**Pixel.** Es la unidad más pequeña de una imagen satelital.

**Radiación electromagnética:** es energía transmitida a través del espacio en forma de ondas eléctricas y magnéticas que se propagan transportando energía de un lugar a otro.

**Random forest (Bosques aleatorios):** Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información.

**Satélite:** vehículo tripulado o no que se coloca en órbita alrededor de la Tierra y que lleva aparatos apropiados para recoger información y trasmitirla, están equipados con sistemas electrónicos y fotográficos de alta precisión para la vigilancia y otro objetivo.



**Sensor:** son instrumentos que transforman la radiación electromagnética en información perceptible y analizable.

**SIG.** Sistema de información geográfica. Un SIG es una herramienta informática utilizada para ayudar a las personas a transformar datos geográficos en información geográfica.

**Suelo aluvial.** Son aquellos que han sido transportados y sedimentados por medio de los ríos y quebradas.

**Suelo coluvial.** Son materiales gruesos arrastrados por gravedad a cortas distancias y depositados en faldas de cerros, los deslizamientos o derrumbes de los cerros constituyen la fuente de estos materiales.

**Shapefile.** Es un formato sencillo que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas.

**Teledetección:** Es una técnica a través de la cual se capta información de un objeto sin tener contacto directo con él.

**ZEE.** Zonificación Ecológica y Económica

## ANEXOS

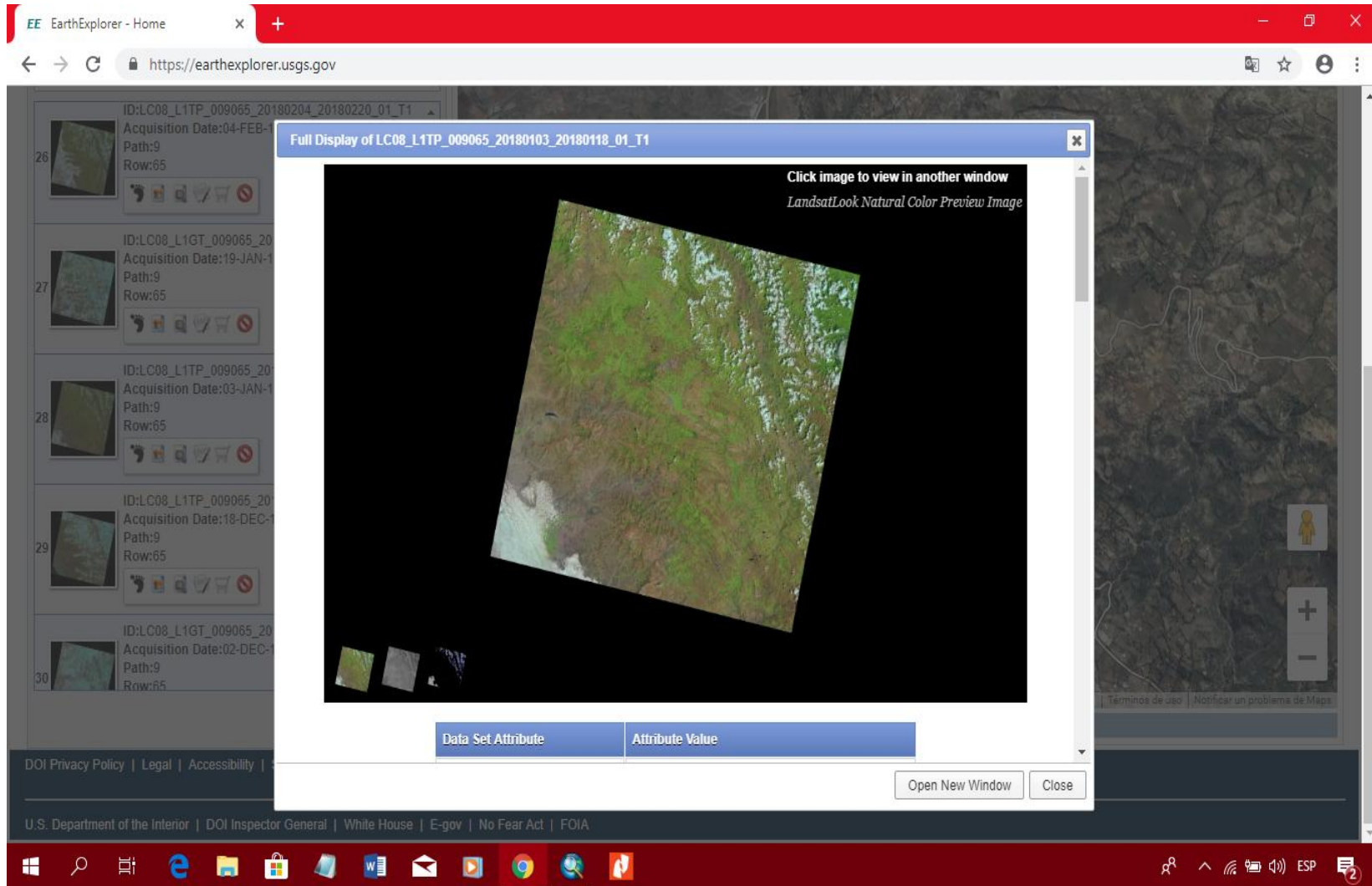
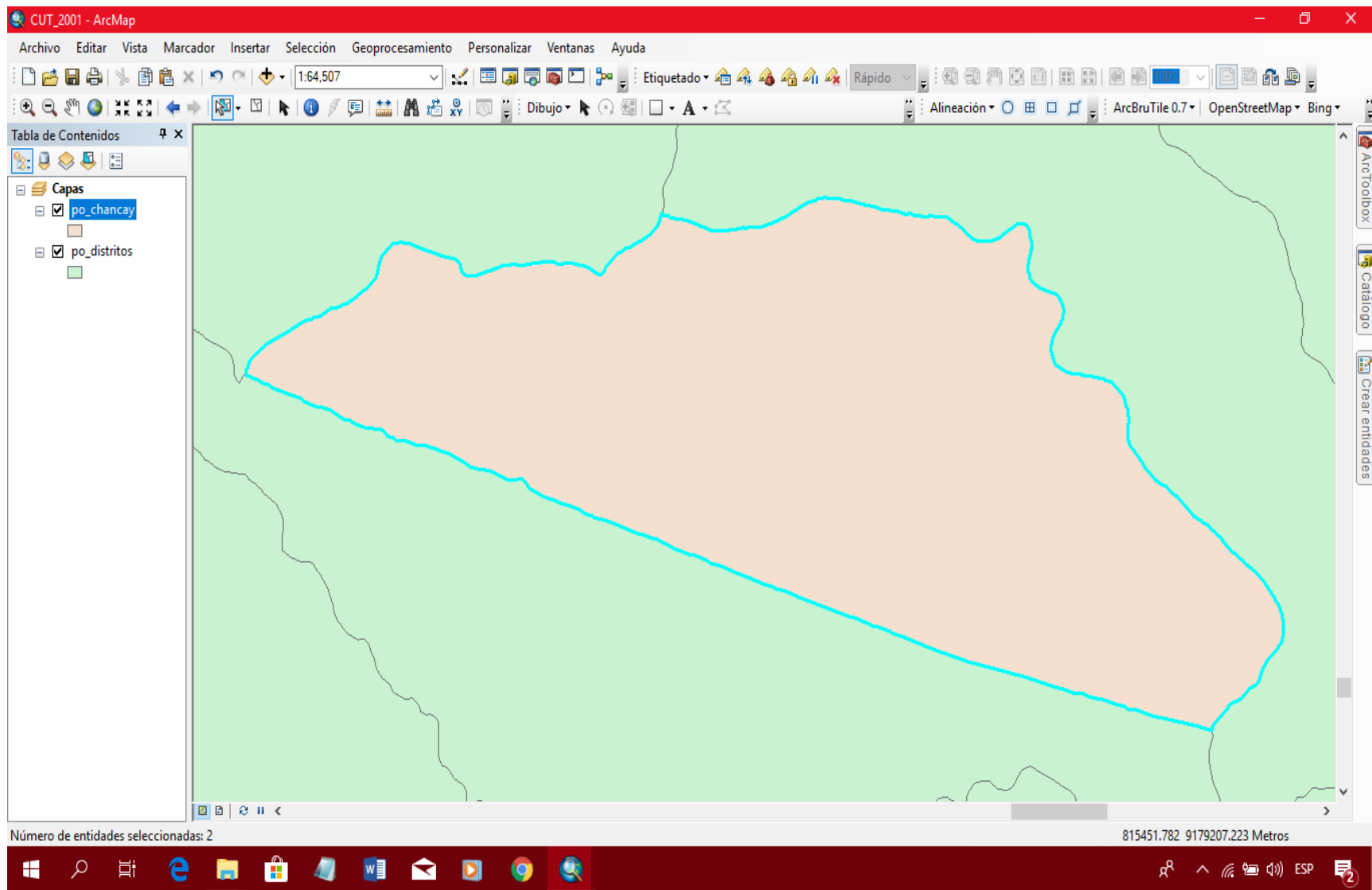
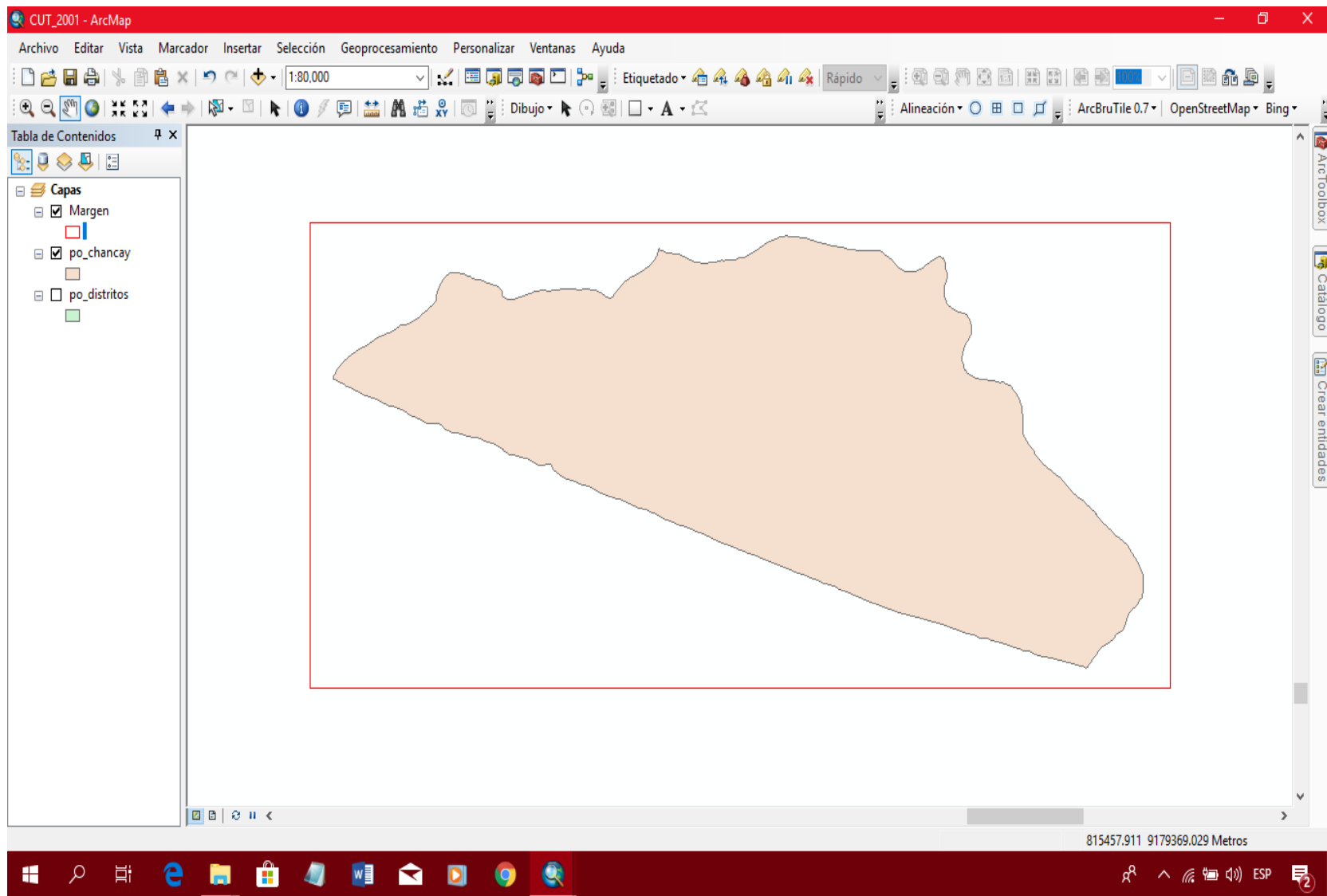


Figura 13. Descarga de imágenes satelitales para el área de estudio de <http://earthexplorer.usgs.gov/>



**Figura 14.** Geoprocesamiento del área de estudio distrito de Chancay



**Figura 15.** Creación del shapefile margen del área de estudio.

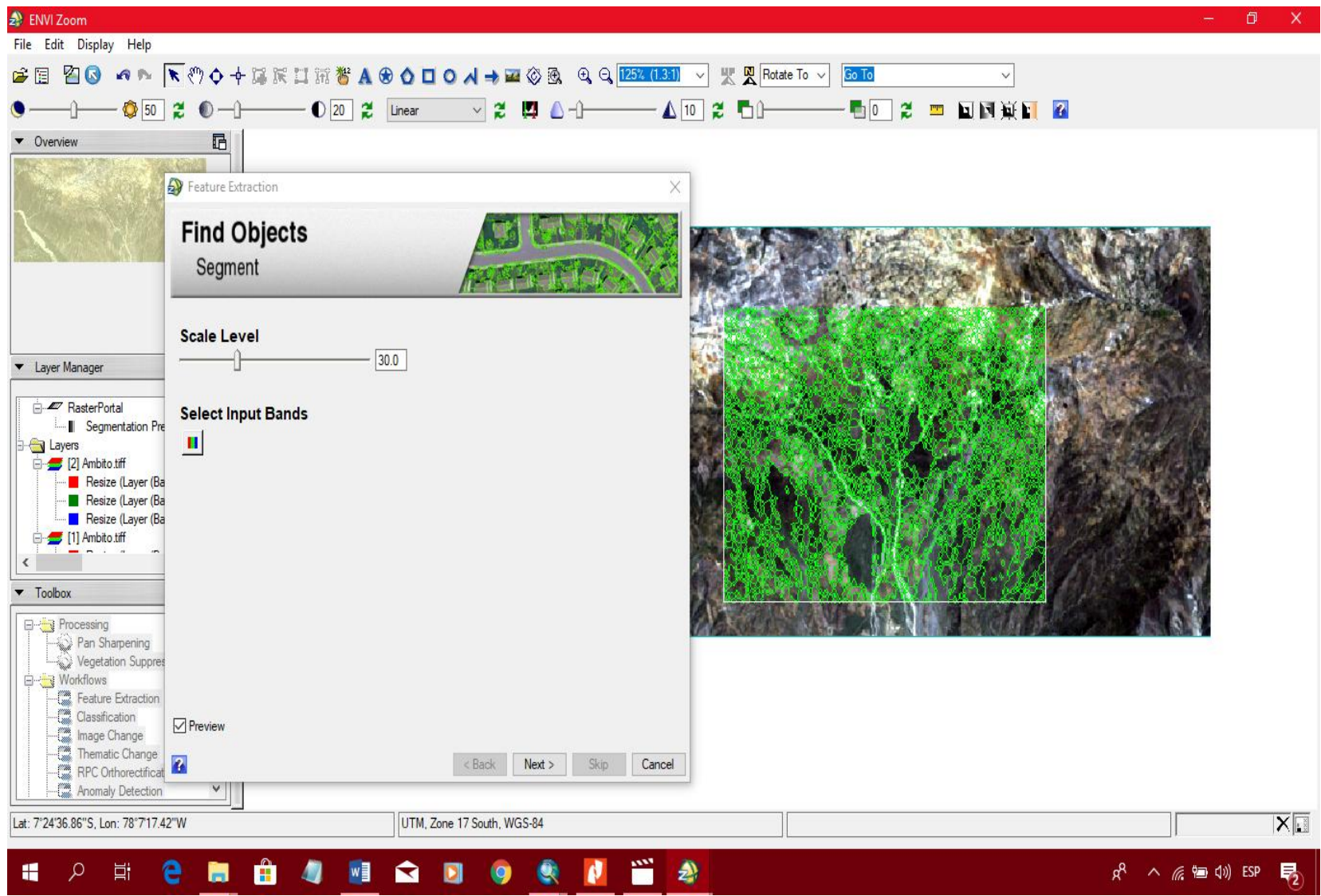


Figura 16. Segmentación del área de estudio Scale level

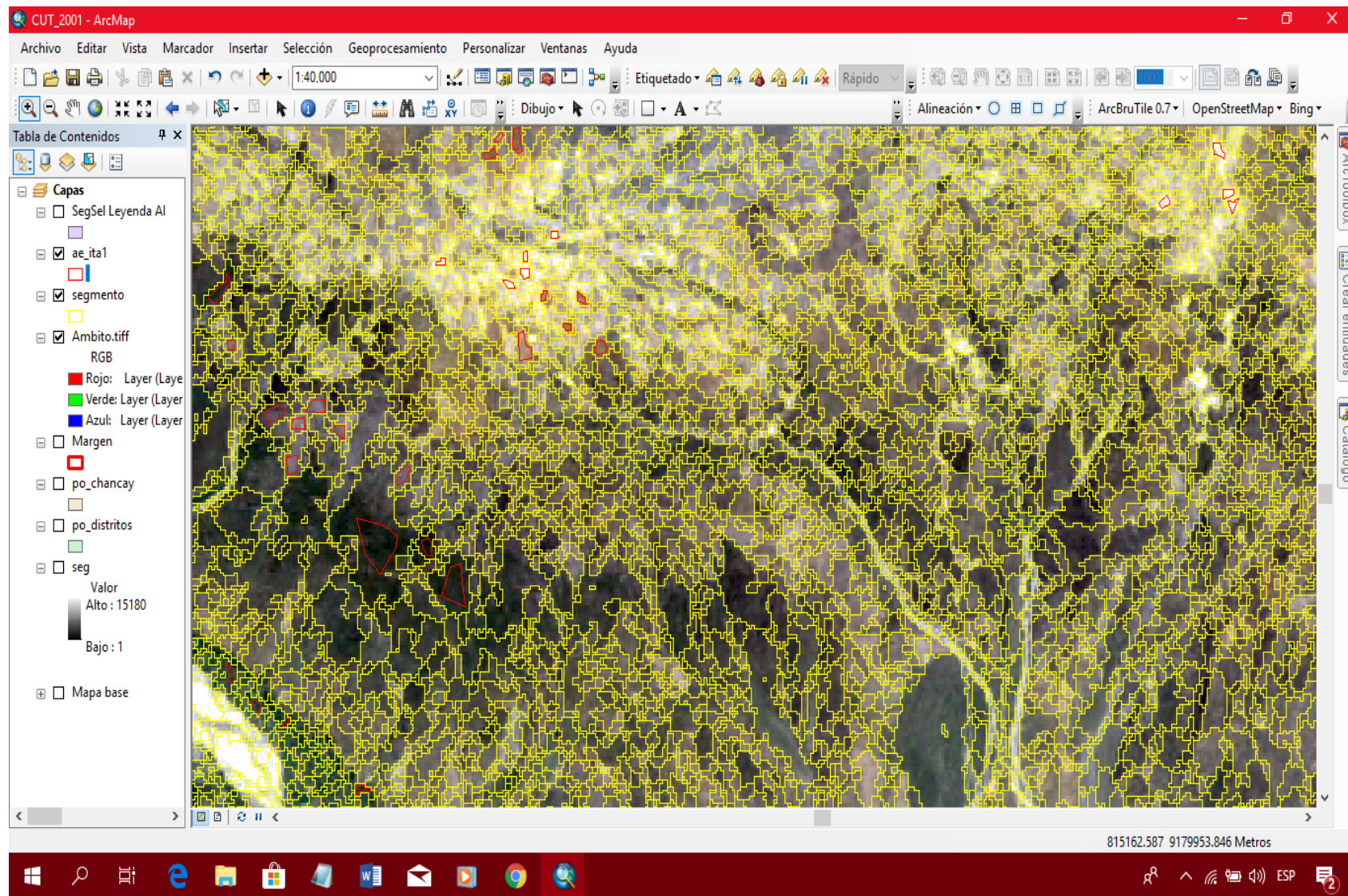


Figura 17. Digitalización de las áreas de entrenamiento.

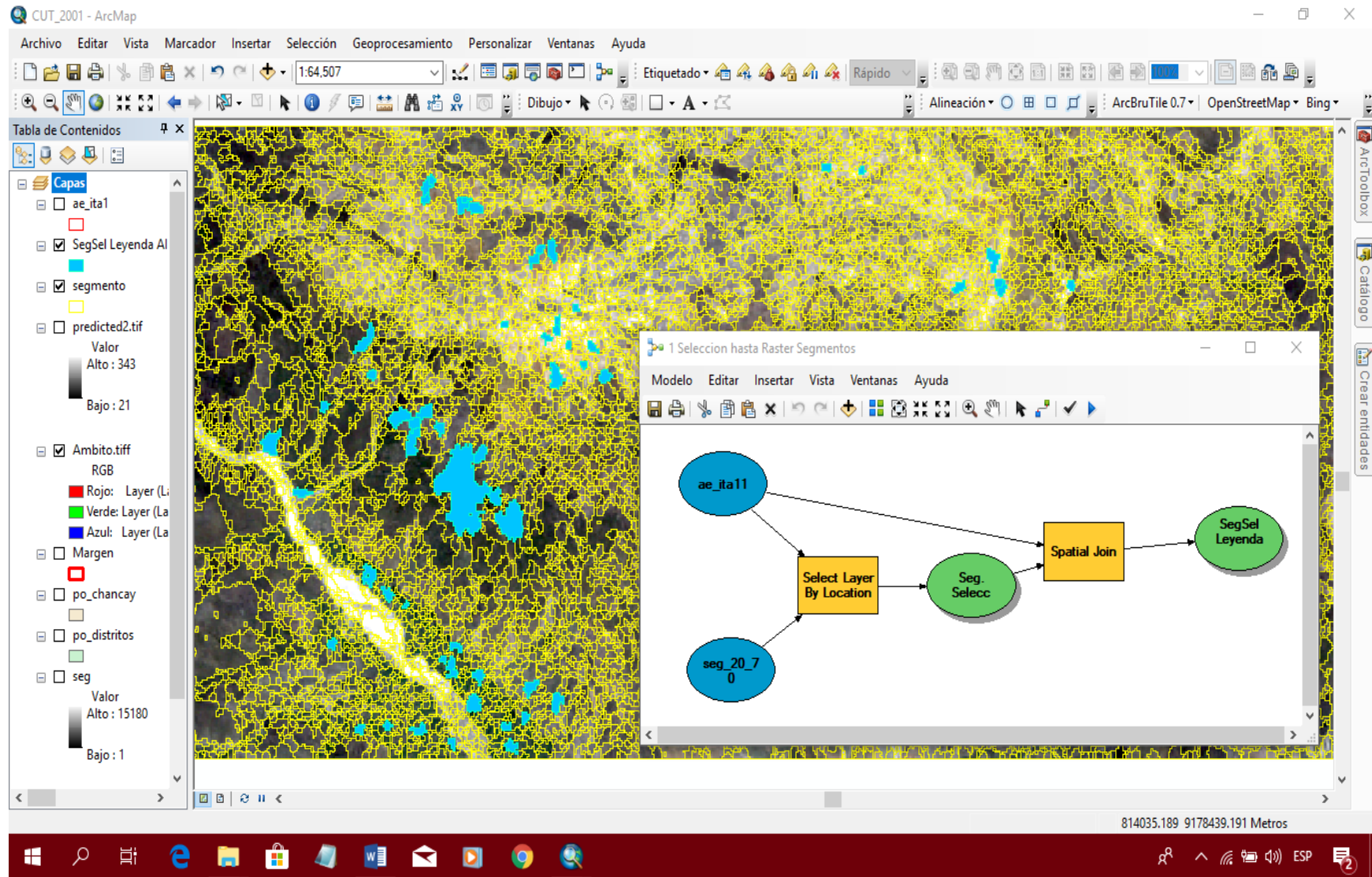


Figura 18. Aplicación de ModelBuilder para generar la información complementaria.

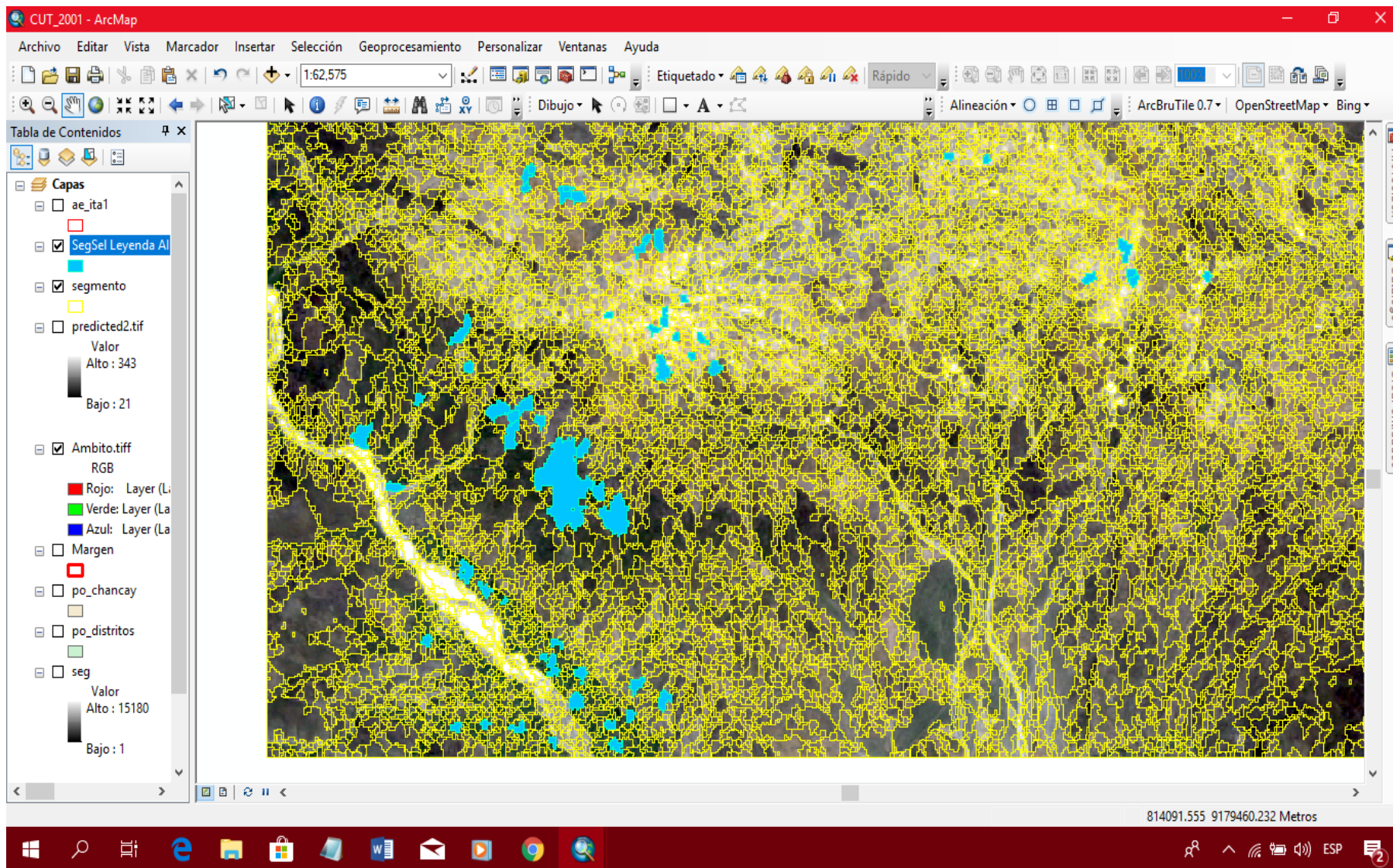


Figura 19. Resultados de la ejecución del ModelBuilder generalización de las áreas de entrenamiento.



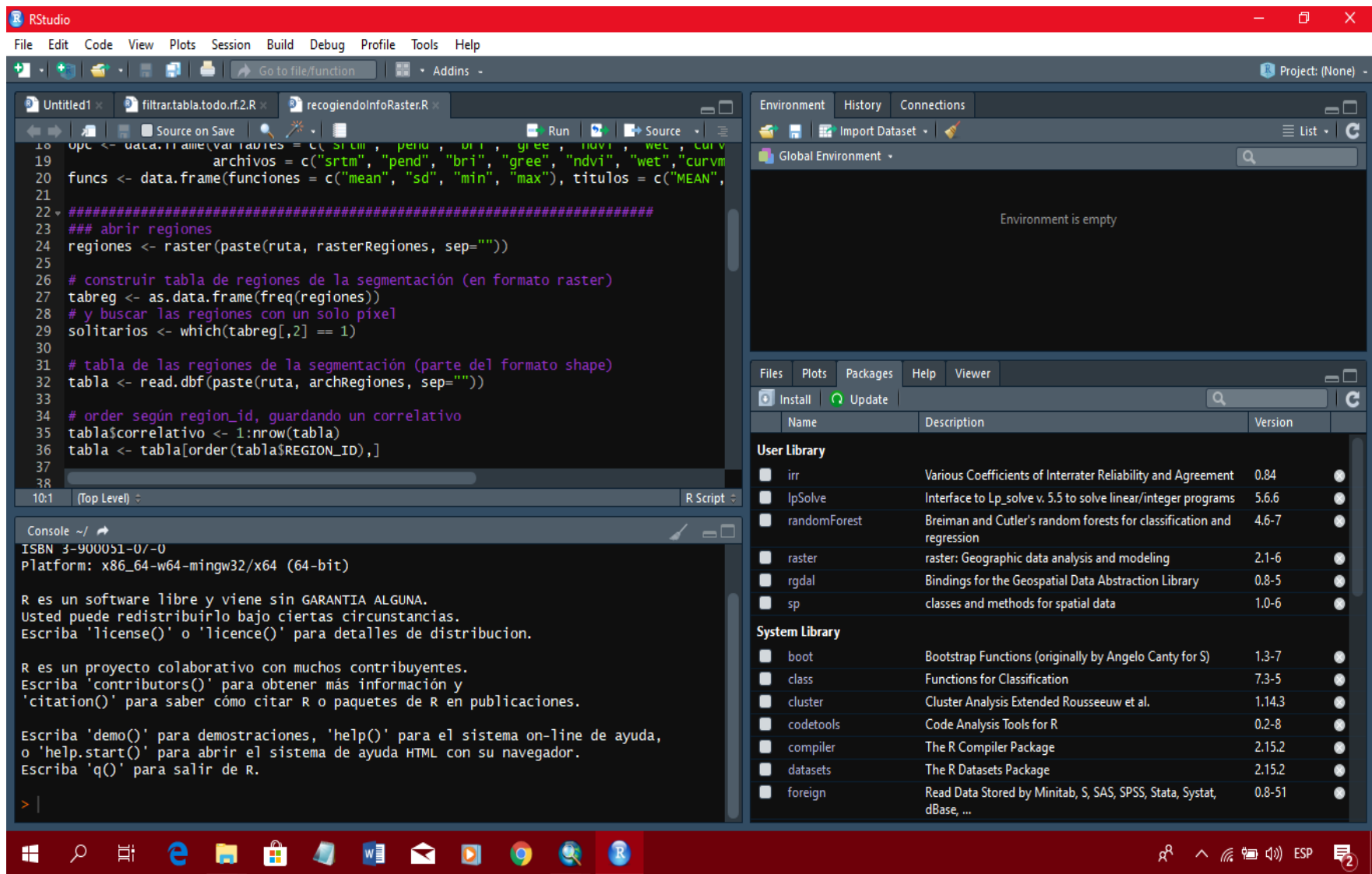


Figura 20. Ejecución del script RStudio.



**Figura 21.** Verificación in situ del mapa CUT 2018.



**Figura 22.** Verificación in situ del mapa CUT 2018



**Figura 23.** Verificación in situ del mapa CUT 2018



**Figura 24.** Cultivo de trigo en el distrito de chancay.



**Figura 25.** Identificación de especies encontradas en campo.



**Figura 26.** "ollas de piedra - Chancay" Patrimonio Cultural de la Nación.