

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES
SATELITALES DEL DISTRITO DE LLAPA-CAJAMARCA PERIODO
2003 – 2018**

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
WILDER HERRERA EDQUÉN**

**ASESOR:
Ing. M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS**

CAJAMARCA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los **veinticuatro** días del mes de **julio** 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° 233-2019-FCA-UNC, Fecha 14 de Junio del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis titulado: **“CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE LLAPA – CAJAMARCA PERIODO 2003 - 2018”** del Bachiller: **HERRERA EDQUÉN WILDER** en Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

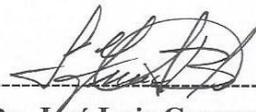
A las **Diecisiete horas y diez** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **Aprobación** por **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 **Dieciocho** horas y **ocho** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

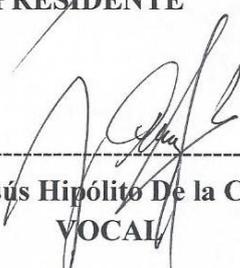
Cajamarca, 24 de Julio de 2019.



Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia
PRESIDENTE



Dr. José Luis Guevara Barreto
SECRETARIO



Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De la Cruz Rojas
VOCAL



Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico de forma muy especial a mi querida familia únicas personas importantes en mi vida que siempre confiaron en mí, por su amor, comprensión y sacrificio.

A mis padres: Antonio y mi hermosa Madre Rosalina por su apoyo, paciencia y ejemplo de superación y a mis hermanos: Gonzalo, Celina, José, Luis, Rosa, por ser parte importante y especial en mi vida; que de una u otra forma han contribuido en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y por darme el valor para seguir adelante y cumplir con mis metas deseadas en la vida y regalarme una familia maravillosa.

A mi asesor y amigo Mg. Sc. Wilfredo Poma Rojas que con gran profesionalismo asesoro este proyecto de investigación.

Al ingeniero Dennis Albarino Cieza tarrillo por compartir sus conocimientos que pueda llegar a cumplir esta meta.

A mis cuñadas Rosa Oblitas, María Delmira Oblitas, Blaca Nisida Vásquez

A mis amigos de la Promoción 2013 – 2018, de Agronomía de la Universidad Nacional de Cajamarca, por su incondicional apoyo en todos los momentos de mi formación profesional.

RESUMEN

El propósito principal de la presente investigación, fue analizar el cambio de cobertura y uso del suelo del distrito de Llapa periodo 2003-2018 a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales LANDSAT para el periodo 2003 - 2018, la clasificación se realizó con la Metodología Corine Land Cover (CLC) obtenida del Ministerio del Ambiente, la cuantificación de los cambios de uso del suelo a través de la percepción remota junto con las herramientas de análisis que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica para modelar los procesos de cambio es una forma muy eficaz para analizar los cambios de un territorio. Se analizaron los cambios de cobertura y uso actual del suelo en el distrito de Llapa, llegándose a identificar las siguientes categorías de cobertura para los años 2003 y 2018, las áreas de las categorías de cobertura que tuvieron aumento fueron: tejido urbano continuo 14.24 ha, cultivos transitorios 47.36 ha, áreas agrícolas heterogéneas 115.31 ha, plantación forestal 124.71 ha. Por otra lado disminuyó las categorías de, áreas de extracción de minería 123.77 ha, herbazal 85.31 ha y arbusto 44.16 ha. También se determinó que existieron cambios 430.73 ha que equivale al 3.02 % de la cobertura total del distrito de Llapa.

Palabras claves: Imagen satelital, Landsat, Uso del suelo.

ABSTRACT

The main purpose of this investigation, was to analyze the change in the coverage and use of the land of the Llapa district period 2003-2018 through the LANDSAT satellite imaging photointerpretation for the period 2003 - 2018, the classification was made with the Corine Land Cover Methodology (CLC) obtained from the Ministry of the Environment, the quantification of land use changes through remote perception along with the analysis tools offered by Geographic Information Systems to model change processes is a very effective way to analyse changes of a certain territory. Changes in coverage and current land use in the Llapa district were analyzed, and the following coverage categories were identified for the years 2003 and 2018, the areas of the coverage categories that were increased were: continuous urban fabric 14.24 ha, transient crops 47.36 ha, heterogeneous agricultural areas 115.31 ha, forest plantation 124.71 ha. Moreover I decrease the categories of, mining extraction areas 123.77 ha, herbazal 85.31 and bush 44.16ha. It was also determined that there were changes 430.73 ha which is equivalent to 3.02 % of the total coverage of the Llapa district.

Keywords: Satellite image, Landsat, Land use.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE MAPAS.....	vi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos	2
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes de la investigación.....	3
2.1.1. A nivel Regional	3
2.2. Cobertura vegetal.....	4
2.3. Suelo.....	4
2.4. Uso del suelo	4
2.5. Cambios de uso del suelo.....	4
2.5.1. Factores relacionados con el cambio de uso del suelo.....	5
2.6. Herramientas para la identificación de la cobertura del suelo.	6

2.6.1. Sistema de información geográfica (SIG)	6
2.6.2. Teledetección.....	6
2.6.3. Escáneres Multiespectrales	7
2.6.4. El programa Landsat.....	7
2.6.5. El programa Aster	7
2.7. Imagen satelital	7
2.7.1. Proceso de clasificación	8
2.8. Satelite Landsats.....	9
2.8.1. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat	9
2.9. Resolución de un sensor.....	10
2.10. Pre procesamiento de imágenes satelitales.....	10
2.11. Análisis de las imágenes.....	11
2.12. Validación de la clasificación.....	11
2.13. Leyenda de Corine Land Cover adaptada para el Perú	11
2.14. Metodología Corine Land Cover	12
2.15. Combinación de bandas.....	12
2.16. Índice de vegetación de diferencia normalizada	12
2.17. Modelo de elevación digital	13
2.18. Random Forest	13
2.19. Índice kappa.....	13
2.20. Matriz de confusión	14
CAPÍTULO III	15
MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Descripción general de la zona.....	15
3.1.1. Ubicación	15
3.1.2. Hidrografía	15

3.1.3. Demografía	15
3.2. Materiales y equipos de campo	18
3.3. Materiales y equipos de gabinete.....	18
3.4. Metodología	19
3.5. Recopilación y selección de información.....	21
3.6. Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de Llapa.	22
3.6.1. Etapa I	22
3.6.2. Etapa II	23
3.6.3. Etapa III	23
3.6.4. Etapa IV	24
3.6.5. Etapa V (Fase final del gabinete).....	24
 CAPÍTULO IV	 25
RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
4.1. Cobertura vegetal y uso del suelo del distrito de Llapa bajo la clasificación Corine Land Cover.....	25
4.1.1. Áreas artificializadas	25
4.1.2. Áreas agrícolas	26
4.1.2.1. Áreas agrícolas heterogéneas	27
4.1.3. Bosques y áreas mayormente naturales	29
4.1.3.1. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	30
4.1.3.2. Áreas sin o con poca vegetación	32
4.1.4. Superficies de agua	33
4.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso suelo ocurrido en los años 2003 y 2018.	34
4.2.1. Cobertura y uso del suelo para el año 2003	34
4.2.1.1. Matriz de confusión para el año 2003	35

4.2.1.2. Interpretación de los resultados para el año 2003	37
4.2.2. Cobertura y uso del suelo año 2018	43
4.2.2.1. Matriz de confusión para el año 2018	44
4.2.2.2. Interpretación de los resultados para el año 2018	46
4.3. Análisis de cambio y no cambio del uso del suelo	52
4.3.1. Cambio y no cambio del uso del suelo periodo 2003 – 2018.....	52
4.4. Cuantificación general de cambio de cobertura	54
4.5. Análisis de cambios por cobertura	56
4.5.1. Cambios de cobertura del periodo 2003 – 2018.....	56
4.6. Análisis de los factores que inciden en los cambios de la cobertura y uso del suelo.....	60
CAPÍTULO V	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. Conclusiones.....	61
GLOSARIO.....	63
CAPÍTULO VI.....	64
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	67

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de las imágenes Landsat.....	10
Tabla 2. Escala de valores Índice Kappa	13
Tabla 3. Datos de las imágenes descargadas.....	21
Tabla 4. Valores obtenidos de la segmentación.....	22
Tabla 5. Categorías obtenidas para el año 2003.....	34
Tabla 6. Matriz de confusión para el año 2003.....	36
Tabla 7. Categorías obtenida para el año 2018.....	43
Tabla 8. Matriz de confusión año 2018.....	45
Tabla 9. Perdida o ganancia de la CUT, periodo 2003 – 2018.....	53
Tabla 10. Áreas de mapa de cambio y no cambio.....	54
Tabla 11. Comparación de cambios de cobertura en el periodo 2003 – 2018..	58
Tabla 12. Corine Land Cover adaptada para Perú	70

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Componentes de un sistema de teledetección.....	6
Figura 2. Ubicación del distrito de Llapa.....	16
Figura 3. Hidrología del distrito de Llapa.....	17
Figura 4. Proceso de clasificación para la representación cartográfica.....	20
Figura 5. Tejido urbano continuo del distrito de Llapa.....	25
Figura 6. Cultivo transitorio del distrito de Llapa.....	26
Figura 7. Pastos en el centro poblado san Antonio de Ojos distrito de Llapa.....	27
Figura 8. Mosaico de pastos y cultivos en el centro poblado Rodeopampa.....	27
Figura 9. Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales.....	28
Figura 10. Mosaico de pastos con espacios naturales de San Antonio de Ojos.....	29
Figura 11. Plantacion forestal del distrito de Llapa.....	29
Figura 12. Herbazal en el centro poblado Pabellón Chico.....	30
Figura 13. Arbustos en el centro poblado San Antonio de Ojos.....	31
Figura 14. Vegetación arbustiva / herbácea.....	31
Figura 15. Afloramientos rocosos.....	32
Figura 16. Tierras desnudas en el centro poblado Cercado Bajo.....	32
Figura 17. Pastos naturales del centro poblado Cercado Bajo.....	33
Figura 18. Cobertura y uso del suelo año 2003.....	42
Figura 19. Cobertura y uso del suelo año 2018.....	51
Figura 20. Cambio y no cambio periodo 2003 – 2018.....	55

Figura 21. Transición de la cobertura y uso del suelo, periodo 2003-2018.....	59
Figura 22. Cultivo de maíz Llapa.....	68
Figura 23. Verificación del mapa CUT 2018.....	70
Figura 24. Pastos en el distrito de Llapa.....	69
Figura 25. Geoprocésamiento del área de estudio del distrito de Llapa.....	69

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son esenciales tanto para la sobrevivencia y la prosperidad de la humanidad como para el mantenimiento de todo el ecosistema terrestre. El mapeo de la cobertura del suelo realizada en forma manual requiere de muchos recursos económicos y resulta muy laborioso el trabajo de campo, la tecnología de percepción remota o teledetección permite identificar los tipos de cobertura del suelo en forma más eficiente y económica, actualmente existen variedad de productos (imágenes) satelitales y aerotransportados que facilitan la clasificación de grandes extensiones de terreno, además resulta significativamente más económico que el método convencional de campo (Alcántara, G. 2014).

Por ello, los estudios multitemporales son llevados a cabo con el objeto de detectar cambios de cobertura entre dos fechas de diferencia, deduciendo de ahí la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio. La importancia de realizar un estudio sobre los cambios ocurridos en la cobertura y uso del suelo en el distrito de Llapa, así como las posibles causas de dicho cambio, es que la información servirá como un instrumento de apoyo para la toma de decisiones en la planeación del desarrollo futuro del distrito. Además el presente estudio se basa en un análisis multitemporal con imágenes de satélite.

La presente investigación se realizó en el ámbito del territorio de la Provincia de San Miguel, en el distrito de Llapa teniendo como objetivo de la investigación, analizar y determinar los cambios de cobertura y uso del suelo del distrito Llapa; en los años 2003-2018.

El análisis de imágenes orientado a objeto es cada vez más utilizado para la clasificación de imágenes de alta resolución. El primer paso es dividir la imagen en regiones (objetos) y luego clasificarlos en base a sus atributos espectrales y relaciones espaciales.

1.1. OBJETIVOS.

1.1.1. General

- ❖ Identificar los cambios de cobertura y uso del suelo del distrito de Llapa en el periodo 2003 – 2018.

1.1.2. Específicos

- ❖ Identificar la cobertura del suelo utilizando la metodología Corine Land Cover, del distrito de Llapa años 2003 – 2018.
- ❖ Elaborar el mapa de cobertura y uso actual del suelo del distrito de Llapa periodos 2003 – 2018 utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud.
- ❖ Identificar el uso del suelo para los años 2003 y 2018 a través de las imágenes satelitales, los mapas de la cobertura del suelo generados y trabajo de campo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel Regional

Según Alcántara, G (2014), el estudio especializado "Análisis de los cambios de la cobertura y uso del suelo en el departamento de Cajamarca", determina que los cambios de la cobertura y uso del suelo deben ser reconocidos como una de las principales causas del deterioro ambiental, teniendo como objetivo general del presente estudio la dinámica y los principales efectos generados por los cambios en la cobertura y uso del suelo, en el ámbito del departamento Cajamarca para el periodo 2001-2013. La metodología según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente (R. M. N° 135-2013- MINAM), se basó en el procesamiento digital de imágenes satelitales utilizando los softwares ENVI y ArcGIS que permitieron generar cartografía temática de cobertura y uso del suelo para los periodos 2001-2013, donde los resultados indicaron que, el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca corresponde a un área de 599 236.15 ha que representa el 18.18 %, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2 696 027.69 ha que representa el 81.82% del área departamental.

Además, revela la identificación de 47 cambios por cobertura de los cuales, el cambio de Vegetación herbácea y/o arbustiva a Áreas agrícolas heterogéneas es el que más impactos ha generado, debido a que estos espacios han sido transformados a terrenos agrícolas destruyendo la cubierta vegetal en perjuicio de la oferta de importantes Servicios ecosistémicos; razón por la cual constituyen zonas de tratamiento especial que permitieron proponer medidas de gestión para promover dinámicas convenientes de cobertura y uso sostenible de la tierra (Alcántara Boñón citado por Rojas, C. 2017).

2.2. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal del suelo queda definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales, fuente de materia prima y bienestar para el hombre (Lambin, E. 1997).

2.3. Suelo

El suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. Desde una perspectiva ambiental, tiene un rol fundamental en todos los procesos Ecosistemas, debido a las funciones y servicios que realiza, tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes. Por ello, el hombre en su tendencia natural de seleccionar y clasificar los objetos de su entorno, consideran al suelo como un objeto común útil que satisface las necesidades humanas (SEMARNAT, 2012).

2.4. Uso del suelo

Para Bocco, G (2001), el uso del suelo se refiere al resultado de las actividades socioeconómicas que se desarrollan (o desarrollaron) sobre una cobertura. Estas actividades se relacionan con la aparición de recursos naturales para la generación de bienes y servicios. La modificación del uso del terreno debido a las actividades humanas ha provocado una pérdida generalizada de la biodiversidad mundial, ha desencadenado procesos de degradación ambiental y ha contribuido de manera significativa al cambio climático así como al calentamiento global.

2.5. Cambios de uso del suelo

En las últimas décadas el cambio del uso del suelo se ha constituido como uno de los factores plenamente implicados en el cambio global, los ecosistemas terrestres han sufrido grandes transformaciones, la mayoría debido a la conversión de la cobertura del suelo y a la degradación e intensificación del uso del suelo. (Bocco, G. 2001).

2.5.1. Factores relacionados con el cambio de uso del suelo

Según Lambin, E (1997), indica que a nivel mundial existen cinco factores que inciden fuertemente en los cambios que se experimentan en la cobertura vegetal:

a). Económicos

Se refiere a los factores económicos y a las políticas agrarias que tienen una influencia directa en precios, impuestos y subsidios a los insumos y productos obtenidos del uso del suelo.

b). Demográficos

Los incrementos al igual que las disminuciones en la población generan un impacto en el uso del suelo, estos cambios influyen en la estructura y la dinámica del hogar, mano de obra, migración, urbanización, entre otros, siendo la migración uno de los factores que generan un mayor impacto.

c). Institucionales

Los cambios en el uso del suelo se ven influenciados fuertemente por el sector político, jurídico, económico así como por instituciones donde se toma decisiones sobre la administración y gestión del territorio, contando con políticas débiles, mal definidas y carentes de una adecuada implementación.

d). Culturales

Este es un factor muchas veces intangible, que no es tomado en cuenta, sin embargo una población cuenta con: motivaciones, memorias colectivas, historias personales, actitudes, valores, creencias y percepciones individuales y colectivas.

e). Globalización

Los procesos de globalización amplifican o atenúan las fuerzas que conducen los cambios del uso del suelo, teniendo influencias en las políticas macroeconómicas que definen las condiciones en que juegan la oferta y demanda de bienes y servicios en los mercados.

2.6. Herramientas para la identificación de la cobertura del suelo.

2.6.1. Sistema de información geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta informática que sirve para ingresar, almacenar, gestionar, recuperar, actualizar, analizar y producir información, sus datos están relacionados con las características de los lugares o zonas geográficas, permitiendo conocer qué cosas se encuentran en una ubicación dada (Glennon, R. 2006).

2.6.2. Teledetección

La teledetección es aquella técnica que nos permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación remota sea posible es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción y el resultado usualmente, pero no necesariamente, es almacenado como una imagen (fuente de datos). Para esto se requiere al menos, tres componentes: foco energético, superficie terrestre y sensor (Sánchez, P. 2012).

Una de las formas de clasificarlos es el procedimiento de recibir la energía procedente de las distintas cubiertas y ellos son: (1) Pasivos, cuando se limitan a recibir la energía proveniente de un foco exterior a ellos, y (2) Activos, cuando son capaces de emitir su propio haz de energía (Chuvieco, E. 2002).

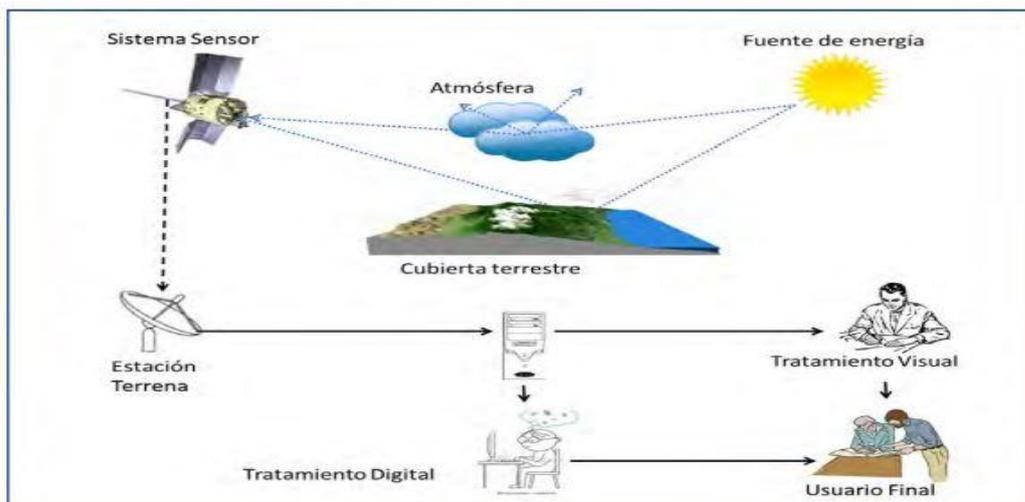


Figura 1. Componentes de un sistema de teledetección

2.6.3. Escáneres Multiespectrales

Los escáneres multiespectrales miden a través del escaneo la energía electromagnética reflejada por la superficie de la tierra. Esto resulta en una imagen digital (datos) y su unidad elemental es el píxel. Las aplicaciones de los escáneres multiespectrales están relacionadas principalmente en el mapeo de la cobertura de la tierra, vegetación, mineralogía superficial y agua superficial (Labrador, M y Évora, J. 2012).

2.6.4. El programa Landsat

El programa Landsat es el programa civil de observación de la tierra más antiguo. Comenzó el año 1972 con el Satélite Landsat-1. Hasta ahora al último Landsat (el 8) se ha incorporado un nuevo sensor, que mejora las características, añadiéndole una banda pancromática de 15 m de resolución, y que el período de revolución es de 16 días, hace que sea una buena alternativa para realizar estudios multitemporales (ESRI, 2009).

2.6.5. El programa Aster

Las imágenes Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer), es un espectrómetro de alta resolución de imagen, diseñado con tres bandas en el espectro visible y una cercana infrarroja en el rango espectral, con 15 m de resolución, 6 bandas en el infrarrojo de onda corta, con 30 m de resolución, y 5 bandas en el infrarrojo termal, con 90 m de resolución, y ancho de barrido de 60 Km. Sus objetivos principales son medir las propiedades de las nubes estudios de vegetación y suelos, temperatura terrestre y topografía. Una de sus principales aplicaciones es la verificación de resultados obtenidos con sensores menos precisos espacialmente (Chuvienco, E. 2002).

2.7. Imagen satelital

Es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales. Las imágenes en formato ráster se componen de una matriz regular o rejilla de celdas. A cada una de ellas se le conoce como píxel y se le asigna un valor digital, que corresponde a la reflectividad recogida por el sensor (INEGI, 2014).

2.7.1. Proceso de clasificación

Según Riaño, O (1990), las técnicas de clasificación de imágenes son un conjunto de métodos automáticos que podemos clasificar o agrupar en dos técnicas:

a). Clasificación supervisada

Según Chuvieco, E (1995), la clasificación supervisada, parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campo, permitiendo al interprete delimitar sobre la imagen unas áreas piloto, que se consideran suficientemente representativas de las categorías que componen la leyenda.

En las clasificaciones supervisadas se requiere la participación activa del analista que esté realizando la clasificación de la imagen de satélite, en este caso, el técnico que está llevando a cabo la tarea debe indicar a software que debe realizar en cada momento (como debe clasificar cada uno de los píxeles existentes en la imagen), a partir de la definición de unas áreas de entrenamiento de las cuales se conoce a priori la naturaleza de su superficie.

b). Clasificación no supervisada o automatizados

Esta no requiere conocimiento de los tipos de cobertura, el proceso se basa en la elección de las bandas espectrales de la imagen a clasificar, definición de número de clases espectrales, selección de los criterios de similitud y algoritmos de agrupación de los ND (Posada, E. 2008).

Según Posada, E. *et al.* (2012), esta clasificación contempla los procedimientos de agrupación de los píxeles de una imagen según su similitud espectral, sin conocimiento previo del contexto temático. Además Vicens, L (2009) afirma que el software agrupa los puntos individuales en el número requerido de grupos en función de su separación en el espacio multidimensional los grupos de puntos que caen juntos conseguirán asignado a una clase, clasifica los píxeles basados únicamente en sus estadísticas espectrales, a menudo agrupándolos en un número predeterminado de grupos espectralmente similares.

2.8. Satellite Landsats

Según Fernández, I y Herrero, E (2001), mencionan que con el lanzamiento del satélite Landsat 1 en 1972 se abrió una nueva percepción del planeta con una resolución tanto temporal como espectral desconocida hasta entonces. Este satélite dotado de sensores empleados en teledetección fue diseñado con el fin de obtener datos de los recursos terrestres. En base a este objetivo se diseñaron las resoluciones para adaptarse a este fin.

2.8.1. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat

a). Landsat5

Opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es de 185 km (Ariza, A. 2013).

b). Landsat8

Las imágenes Landsat8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul- profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km) (Ariza, A. 2013).

Tabla 1: Características de las imágenes Landsat

Satélite	Lanzamiento	Altitud (km)	Periodo (días)	Sensor	Banda: intervalo espectral (µm)	Resol. Espacial (m)
Landsat 5	01/04/1984 (2013)	705	16	MSS	(4) 0.5-0.6 (5) 0.7-0.7 (6) 0.7-0.8 (7) 0.8-1.1	82 82 82 82
				TM	(1) 0.45-0.52 (2) 0.52-0.60 (3) 0.63-0.69 (4) 0.76-0.9 (5) 1.55-1.75 (6) 10.4-12.5 (7) 2.08-2.35	30 30 30 30 30 120 30
Landsat 8	11/02/2013	705	16	OLI	B1:0.433-0.453 (Costero/Aerosol) B2:0.450-0.515 (visible-azul) B3:0.525-0.600 (visible-verde) B4:0.630-0.680 (visible-rojo) 1 B5: B6:1.560-1.660 (SWIR ² 1) B7:2.100-2.300 (SWIR 2) B8:0.500-0.680 (Pancromática) B9:1.360-1.390 (Cirrus)	15 30 30 30 30 30 30 15 30
				TIRS	B10:10.30-11.30 (TIRS ³ 1) B11:11.50-12.50 (TIRS 2)	100 100

Fuente: (Sabrino, J. 2000).

2.9. Resolución de un sensor

Mientras que en otros tipos de sistemas cartográficos estamos acostumbrados a relacionar de forma exclusiva resolución y precisión geométrica, en los sistemas sensores de Teledetección se habla de cinco resoluciones distintas. Gracias a ellas pueden evaluarse rangos de precisión referentes a distintos conceptos de suma importancia para el análisis de las imágenes espaciales. Dichas resoluciones son: espacial, radiométrica, espectral, temporal y angular (Pérez, D. 2007).

2.10. Pre procesamiento de imágenes satelitales

El pre procesamiento de las imágenes, consiste en hacer las correcciones de las imágenes, con el fin de eliminar cualquier anomalía detectada en la imagen, ya sea en su localización o radiometría de los píxeles que la componen. Cualquier

imagen adquirida por un sensor remoto, presenta una serie de alteraciones radiométricas y geométricas debidas a muy variados factores, en el caso concreto de las imágenes espaciales (Chuvienco, E. 2002).

2.11. Análisis de las imágenes

Las imágenes de satélite se distribuyen en bandas espectrales separadas, las cuales se pueden combinar para crear otras imágenes. Para realizar este procedimiento, los programas de interpretación de imágenes traen comandos especiales que permiten combinar bandas y asignar a cada una un color de visualización específico. La combinación de las bandas espectrales correspondientes al azul, verde y rojo permiten preparar una imagen en color verdadero, la cual es semejante a una fotografía aérea en colores. En el caso de las imágenes Landsat para construir esta imagen se combinan las bandas 1-2-3 y se asigna a cada banda su correspondiente color; esto es, azul, verde y rojo, respectivamente (Pérez, C y Muñoz, A. 2006).

2.12. Validación de la clasificación

En un sentido estricto ninguna clasificación puede considerarse completa hasta que su grado de exactitud sea evaluado. Este puede definirse como el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y sus ubicaciones correctas según datos de tierra recolectados por el usuario y considerados como datos de referencia a tomar como el conjunto de datos de entrenamiento. El instrumento más usual para evaluar la exactitud de una clasificación es la matriz de confusión, también llamada matriz de error o de contingencia (Bense, T. 2007).

2.13. Leyenda de Corine Land Cover adaptada para el Perú

La leyenda fue desarrollada siguiendo los acuerdos regionales vinculados a trabajar con el esquema Corine Land Cover (IDEAM, 2017). Este esquema ha sido adaptado para Colombia, y da un arco de comparabilidad internacional. Corine Land Cover (CLC) es una metodología para la construcción de mapas de cobertura y uso de la tierra. Emplea una leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial con distintos niveles de detalle temático.

El sistema de clasificación de la Cobertura de la Tierra ha sido desarrollado por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

y el Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP) con el objetivo de satisfacer las necesidades de un acceso mejorado a información confiables y estandarizada de la cobertura de la tierra y cambios que en ella ocurran (Di Gregorio, A. 2004).

2.14. Metodología Corine Land Cover

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC90), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos de Corine Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas (IDEAM, 2015).

2.15. Combinación de bandas

Las imágenes de satélite se distribuyen en bandas espectrales separadas, las cuales se pueden combinar para crear otras imágenes. Para realizar este procedimiento, los programas de interpretación de imágenes traen comandos especiales que permiten combinar bandas y asignar a cada una un color de visualización específico. La combinación de las bandas espectrales correspondientes al azul, verde y rojo permiten preparar una imagen en color verdadero, la cual es semejante a una fotografía aérea en colores. En el caso de las imágenes Landsat para construir esta imagen se combinan las bandas 1-2-3 y se asigna a cada banda su correspondiente color; esto es, azul, verde y rojo, respectivamente (Orozco, L y Brumér, C. 2002).

2.16. Índice de vegetación de diferencia normalizada

El Índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, 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 comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Cecenque, R. 2013).

2.17. Modelo de elevación digital

Los Modelos Digitales de Elevación (DEM) son definidos como una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de la altitud en la superficie terrestre, almacenados en una base de datos digital, georreferenciada en un sistema de proyección cartográfica. Es llamado modelo porque, a través de algoritmos matemáticos, los datos altitudinales pueden ser modelados automáticamente en una computadora y así lograr analizar la superficie terrestre en un modelo en tres dimensiones (Maune, D. 2001).

2.18. Random Forest

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información. Dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y 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 (Breiman, L. 2001).

2.19. Índice kappa

El Índice kappa de Cohen es una medida estadística que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). En general se cree que es una medida más robusta que el simple cálculo del porcentaje de concordancia, ya que Kappa tiene en cuenta el acuerdo que ocurre por azar (Ruiz, L. 2013).

Tabla 2: Escala de valores Índice Kappa

Kappa	Grado de acuerdo
< 0.00	Sin acuerdo
>0.00 – 0.20	Insignificante
0.21 – 0.40	Discreto
>0.41 – 0.60	Moderado
0.61 – 0.80	Sustancial
0.81 – 1.00	Casi perfecto

Fuente: Cohen, J. 1960

2.20. Matriz de confusión

La matriz, de confusión es una tabla en la que se contabilizan los píxeles de cada clase (reconocida en la imagen) que han sido clasificados dentro de su propia clase o en otra diferente. La matriz tiene tantas filas y columnas como clases se hayan definido en la escena y las celdas de esa matriz contienen el número de píxeles que, siendo de una clase, dada por la fila (según el conocimiento a priori de la zona de estudio o según comprobaciones hechas a posteriori), han sido clasificados como otra clase, dada por la columna. La clasificación perfecta sería una matriz en la que el 100% de los píxeles clasificados estuviesen contabilizados en las celdas de la diagonal de esa matriz; en ese caso, todos los píxeles estarían correctamente clasificados (Chuvieco, E. 2002).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción general de la zona

3.1.1. Ubicación

El distrito de Llapa se encuentra al Norte del Perú, en la cuenca Hidrográfica del Jequetepeque, en la provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, limita por el Norte con los distritos de Catillud y Tongod, por el Sur con San Silvestre de Cochán, por el Este con la provincia de Hualgayoc y por el Oeste con los distritos de San Miguel y Calquis. Enmarcado en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud -6.98333 y Longitud -78.8167. Su altitud oscila entre 2336 hasta los 4093 m.s.n.m. Posee una área total de 14239.93 ha.

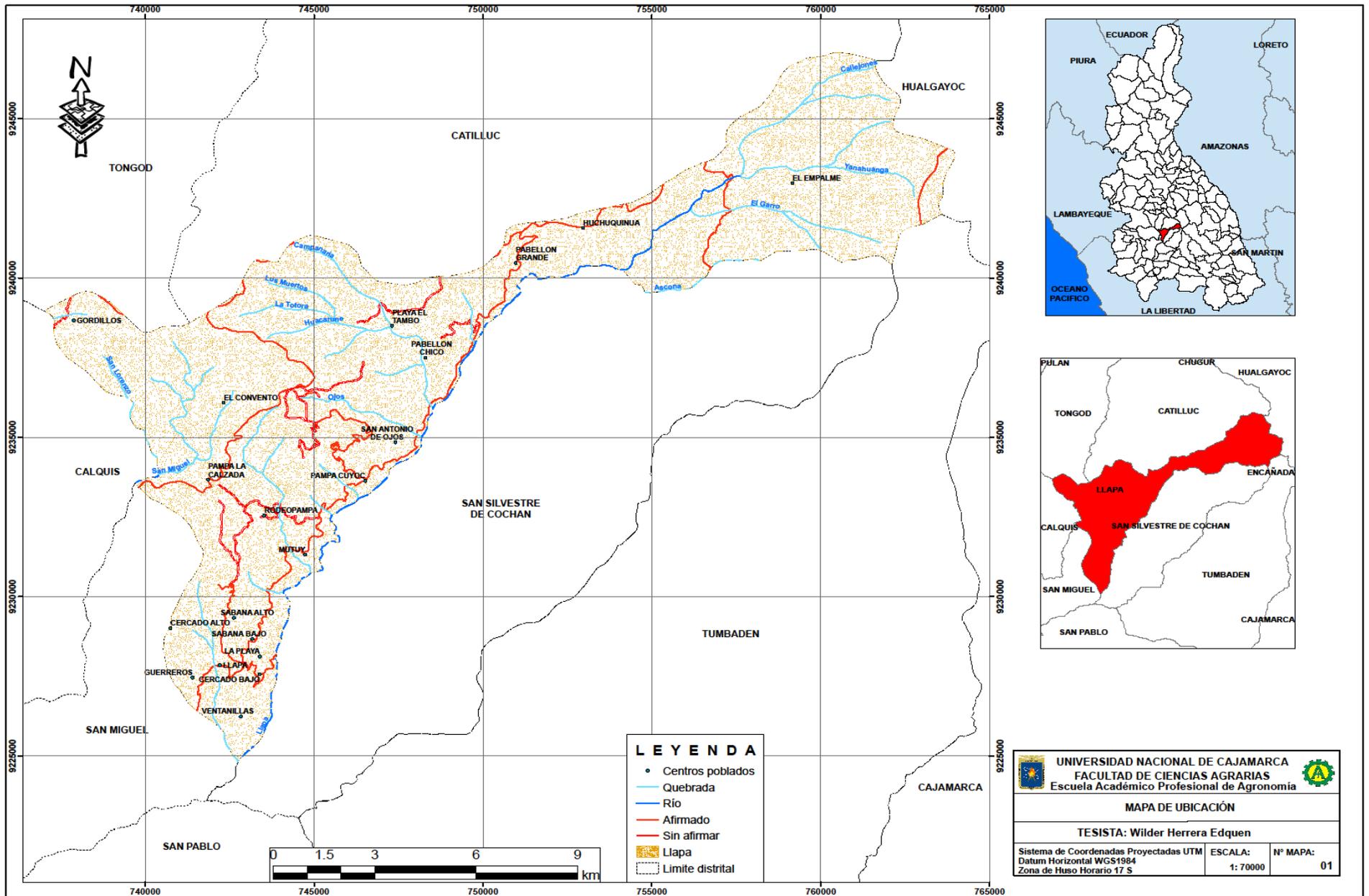
3.1.2. Hidrografía

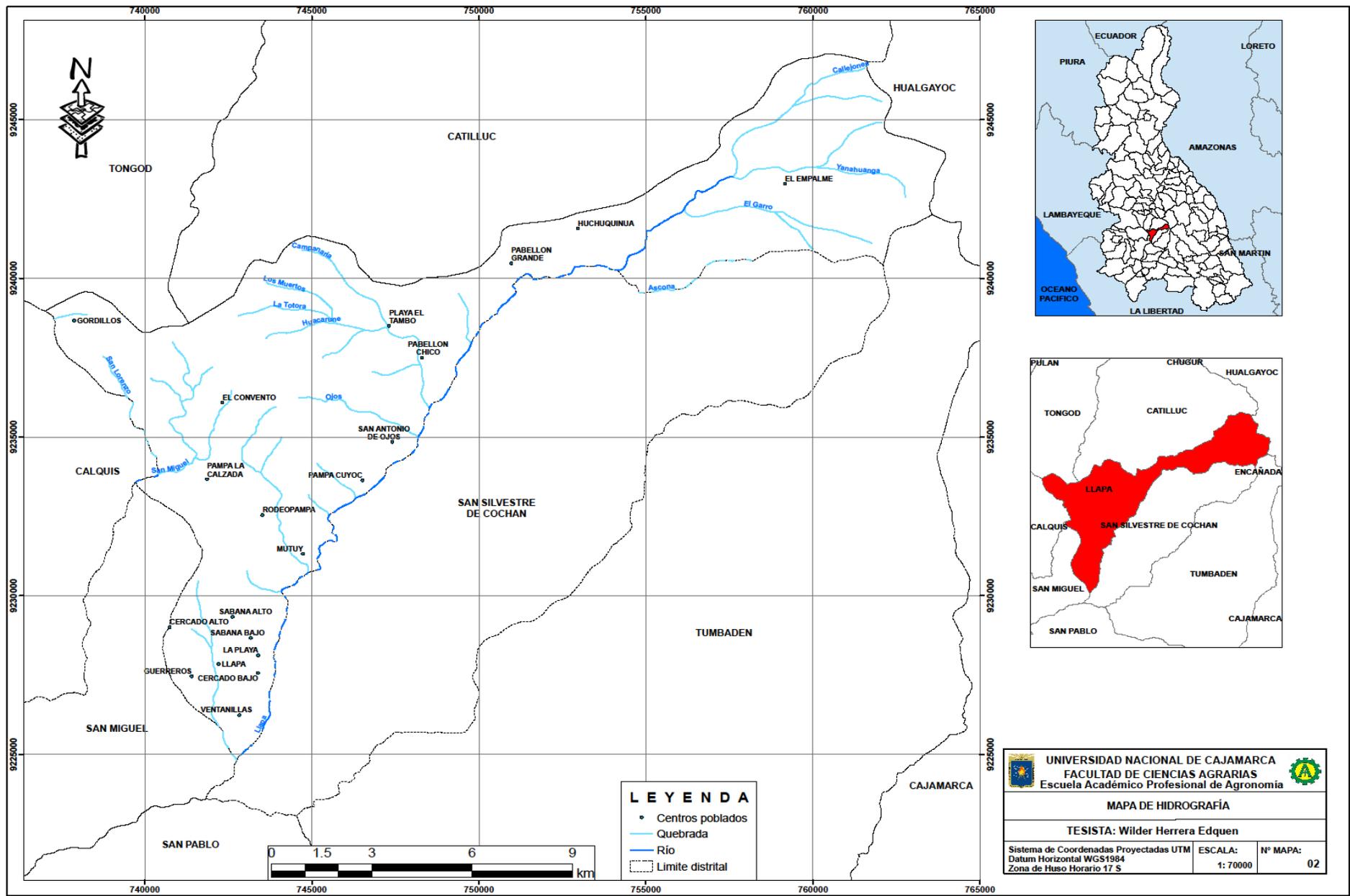
El sistema hidrográfico del distrito de Llapa, está conformado en todo lo largo del distrito por el río Llapa, como uno de los principales ríos de influencia tanto para el sector agricultura, como para la misma población.

Además dentro del ámbito del área de estudio teniendo como afluentes a la quebrada Ascona, quebrada El Garro, quebrada Ojos, quebrada Campanaria y la quebrada la Totorá.

3.1.3. Demografía

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), menciona que la población del distrito de Llapa cada vez ha ido incrementando, en el año 2003 tenía 5008 habitantes y en el año 2018 tenía 6089 habitantes. Durante los 15 años ha incrementado 1081 habitantes.





3.2. Materiales y equipos de campo

3.2.1. Materiales

Libreta de apuntes, formatos de campo, lápices y lapiceros, wincha, botiquín de primeros auxilios.

3.2.2. Herramientas

Linternas, botas de jebe, poncho impermeable.

3.2.3. Instrumentos y equipos

Sistema de posicionamiento global-GPS

Binoculares de largo alcance

Cámara fotográfica semi profesional

3.3. Materiales y equipos de gabinete

3.3.1. Materiales

Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros y lápices

3.3.2. Equipos de escritorio

Laptop, impresora y escáner

3.3.3. Material cartográfico

Carta nacional del Perú 1: 100 000.

Shapefile del distrito obtenido del gobierno regional de Cajamarca.

Base de datos ZEE Cajamarca

3.3.4. Software

Microsoft Windows 10

Microsoft office 2013

ArcGIS 10.3.1.

Envi 4.8.

RGui 2.15

3.4. Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo, periodos 2003 - 2018 se realizó en el ámbito del distrito de Llapa, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca. La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales descargadas del 21/07/2003 para el landsat5, 27/05/2018 para el landsat8 y la validación en campo se realizó el 10/11/2018 y el 15/12/2018, posteriormente se trabajó en cinco etapas de clasificación como se describe en la figura (4), la clasificación se realizó con la leyenda Corine Land Cover-CLC en un nivel III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

Para la generación de los mapas temáticos de cobertura y uso del suelo, se utilizó la metodología del Ministerio del Ambiente MINAM.

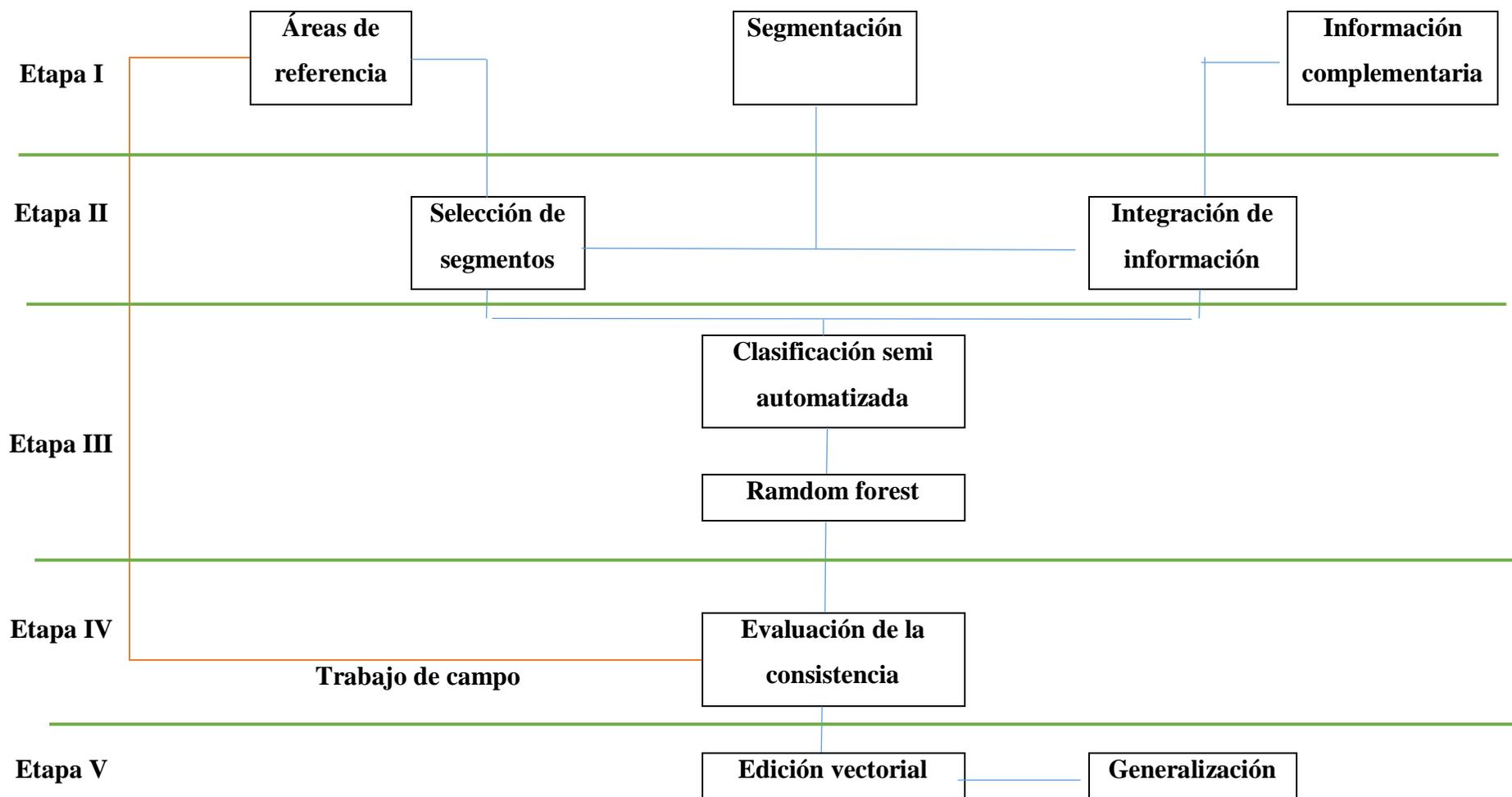


Figura 4. Proceso de clasificación para la representación cartográfica.

3.5. Recopilación y selección de información

Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 2003-2018. Consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con el uso del suelo en el distrito de Llapa.

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

Imágenes Landsat del distrito de Llapa, estas fueron adquiridas del servidor de www.glovis.usgs.gov vía internet lo cual constituyó la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual del suelo, cuyas especificaciones son las siguientes:

Tabla 3: Datos de las imágenes descargadas

Imagen	Año	Bandas	Fecha
LT05L1TP00906520030721	2013	3,2,1	21/07/2003
LC08L1TP00906520180527	2018	4,3,2	27/05/2018

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se muestra el año, combinación de bandas que se trabajó y la fecha de la imagen en la que fue tomada.

3.6. Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de Llapa.

3.6.1. Etapa I

a). Área de referencia.

En el software ArcGIS se creó un shapefile de forma geométrica (polígono) para poder delimitar el área de trabajo y posteriormente cortar las imágenes de Landsat5 y landsat8 obteniendo como resultado un archivo con formato raster.

b). Segmentación

Para realizar el proceso de segmentación se utilizó 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: 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: 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 4. Valores obtenidos de la segmentación

Segmentación	Landsat5	Landsat8
Escale	25	35
Fusionar	25	35

3.6.2. Etapa II

a). Selección de segmentos

Selección de segmentos (áreas de entrenamiento) Se creó un shapefile con el nombre de aeita_1 con el software ArcGIS, que nos permite reconocer los segmentos que se muestran consistentes, constituye el conjunto de información de entrada que alimentará el proceso de clasificación automática. Por cada categoría según la metodología CORINE LAND COVER se deben digitalizar de 10 a más áreas de entrenamiento.

b). Interpretación de información

La información complementaria se obtuvo con el software RStudio y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en unir la información obtenida del Modelo de Elevación Digital (DEM) y las imágenes satelitales.

3.6.3. Etapa III

a). Clasificación semi automatizada

La clasificación semi automatizada se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “filtrar.tabla.todo.rf.2” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en procesar los archivos “Todo seg, aeita_1, y el archivo obtenido de la información complementaria”, en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster.

b). Random forest

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite evaluar la veracidad del mapa obtenido en la fase inicial de gabinete. Se utiliza para obtener como resultado la matriz de confusión a partir del cual se calcula el índice kappa para así obtener el grado de concordancia.

3.6.4. Etapa IV

a). Fase de campo

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados en campo el 10/11/2018 y el 15/12/2018 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, herbazales, arbusto, etc.

b). Validación de las clases de cobertura identificados

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

3.6.5. Etapa V (Fase final del gabinete)

a). Edición vectorial

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.4.1, el mapa de cobertura obtenida en formato raster donde fue transformado a formato vectorial, para poder editar los polígonos obtenidos, calcular las areas y todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo. Se editaron los polígonos en las clasificaciones semi automatizadas con las correcciones obtenidas en 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 clasificaciones.

c). Construcción de matrices de confusión

Para esto se empleó el algoritmo de máxima verosimilitud, a partir de esta matriz podemos calcular el valor del índice Kappa y el porcentaje correctamente clasificado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Cobertura vegetal y uso del suelo del distrito de Llapa bajo la clasificación Corine Land Cover.

Del análisis de las 2 imágenes utilizadas para la presente investigación, se obtuvieron 14 categorías para el año 2003, y para el año 2018 se obtuvo 14 categorías las cuales han sido clasificadas en el Nivel I, Nivel II, Nivel III conforme lo establece Corine Land Cover adaptada para Perú. Cada una de estas categorías sirvió para el análisis cuantitativo y cualitativo (análisis multi temporal) en el distrito de Llapa.

4.1.1. Áreas artificializadas

Áreas urbanizadas

a). Tejido urbano continuo (Tu)

Las áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación asociadas con ellas, que configuran un tejido urbano.



Figura 5. Tejido urbano continuo del distrito de Llapa

4.1.2. Áreas agrícolas.

a). Cultivos transitorios (Ct)

Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses; maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), avena (*Avena sativa* L.), tubérculos: papa (*Solanum tuberosum* L.), oca (*Oxalis tuberosa* Caldas), frejol (*Phaseolus vulgaris* L.)



Figura 6. Cultivo transitorio del distrito de Llapa

b). Pastos (Pa)

En el distrito de Llapa se identificó pastos cultivados como: rye grass (*Lolium multiflorum* Lam.), trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), trébol blanco (*Trifolium repens* L.). En pastos naturales el kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov), grama (*Cynodon dactylon* L.)



Figura 7. Pastos en el centro poblado san Antonio de Ojos distrito de Llapa

4.1.2.1. Áreas agrícolas heterogéneas

a). Mosaico de pastos y cultivos

Es una unidad que comprende una asociación de pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.



Figura 8. Mosaico de pastos y cultivos en el centro poblado Rodeopampa

b). Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales

Superficies ocupadas principalmente por cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.), maíz (*Zea mays* L.) con otros asociados como, frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) y pastos en combinación con espacios naturales como grama (*Cynodon dactylon* L.) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex. Chiov.). Poco transformadas, que debido a limitaciones de uso, o por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.



Figura 9. Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales

c). Mosaico de pastos con espacios naturales

Esta cobertura está constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos cultivados como rye gras (*Lolium multiflorum* Lam.), trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) en combinación con espacios naturales, los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas de bosque natural, arbustos, herbazales.



Figura 10. Mosaico de pastos con espacios naturales de San Antonio de Ojos

4.1.3. Bosques y áreas mayormente naturales

a). Plantación forestal (Pf)

En el distrito de Llapa se encuentran en mayor parte la plantación de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) y de pino (*Pinus radiata* D. Don). Realizada por intervención directa del hombre, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de reforestación, con fines de producción de madera.



Figura 11. Plantación forestal del distrito de Llapa

4.1.3.1. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

a). Herbazal (He)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal denominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa o abierta, como ichu (*Stipa ichu* (Ruiz & pav.) Kunth).



Figura 12. Herbazal en el centro poblado Pabellón Chico

b). Arbustos (Ar)

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 2 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida, tallanco (*Baccharis nítida* (Ruiz & Pav.) Pers. , pushgay (*Vaccinium floribundum* Kunth.), chilca (*Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers.



Figura 13. Arbustos en el centro poblado San Antonio de Ojos

c). Vegetación arbustiva / herbácea (Var / he)

Comprende los territorios cubiertos por una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea, desarrollados en forma natural en forma natural en diferentes densidades: Zarzamora (*Rubus fruticosus* L.); Tallanco (*Bacharis nítida* (Ruiz & Pav.) Pers.)).



Figura 14. Vegetación arbustiva / herbácea

4.1.3.2. Áreas sin o con poca vegetación

a). Afloramientos rocosos (Afr)

Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas.



Figura 15. Afloramientos rocosos

b). Tierras desnudas (Td)

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema, o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas.



Figura 16. Tierras desnudas en el centro poblado Cercado Bajo

4.1.4. Superficies de agua

Son los cuerpos y causes de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, que comprende lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales, embalses y cuerpos de agua en movimiento como los ríos y canales.



Figura 17. Pastos naturales del centro poblado Cercado Bajo

4.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso suelo ocurrido en los años 2003 y 2018.

Del procesamiento de las imágenes satelitales, se obtuvieron los mapas de cobertura y uso actual del suelo para los años 2003 – 2018, como se describe a continuación.

4.2.1. Cobertura y uso del suelo para el año 2003

Las principales categorías encontradas en junio del año 2003, como se muestra en la tabla 5 y en el mapa de cobertura de la figura 18.

Tabla 5: Categorías obtenidas para el año 2003

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área	
				ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	18.37	0.13
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos, escombreras	1.3.1 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	Min	239.80	1.68
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	1079.98	7.58
	2.3. Pastos		Pa	36.08	0.25
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de Pastos y cultivos	Mpc	3461.89	24.31
		2.4.3 Mosaico de Pastos, cultivos y Espacios naturales	Mpce	2891.46	20.31
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Mpe	1074.95	7.55
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Plantación forestal		Pf	111.14	0.78
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	He	2786.64	19.57
		3.3.2. Arbusto	Ar	988.16	6.94
		3.3.4. Vegetación arbustiva y Herbácea	Ar-He	1489.32	10.46
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	29.21	0.21
3.4.3. Tierras desnudas		Td	30.15	0.21	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas y ciénagas naturales permanentes	La	2.75	0.02
TOTAL				14239.93	100.00

Según la tabla 5:

El tejido urbano continuo (Tu) representa el 0.13% de toda el área del distrito de Llapa.

Área de extracción de minería e hidrocarburos 1.68% del total de la superficie.

Cultivos transitorios (Ct) representa el 7.58%

Pastos (Pa) representa el 0.25%

Mosaico de pastos y cultivos representa el 24.31%

Mosaico de pastos, cultivos y espacio naturales 20.31%

Mosaico de pastos con espacio naturales 7.55%

Plantación forestal (Pf) representa el 0.78%

Herbazal (He) representa el 19.57%

Arbustos (Ar) representa el 6.94%

Vegetación arbustiva/herbácea (Var / he) representa el 40.46%

Afloramientos rocosos (Afr) representa el 0.21 %

Tierras desnudas (Td) representa el 0.21

Lagunas, ríos y Ciénegas representa el 0.02 % del área total de distrito de Llapa.

4.2.1.1. Matriz de confusión para el año 2003

Se realizó la matriz de confusión, con la finalidad de comprobar la clasificación de coberturas y verificar la respectiva correspondencia a la clase que pertenece, en dichas matrices se obtiene la exactitud del productor (EP) el cual viene hacer el porcentaje de pixeles que pertenecen a una clase que ha sido correctamente clasificados, la exactitud del usuario (EU) que viene a ser el porcentaje de pixeles clasificados, que pertenezcan realmente a la clase y la exactitud global (EG) que viene hacer la sumatoria de la exactitud del usuario dividido con el total. Se realizó el cálculo del índice kappa para la matriz de confusión, el cual indica la concordancia.

Tabla 6: Matriz de confusión para el año 2003

		Categorías asignadas en la imagen																
Resultados de la clasificación	Categorías	Afr	Ar	Ar-He	Pf	Ct	He	La	Min	Mpc	Mpce	Mpe	Pa	Td	Tu	Total	F. usuario %	
	Afr	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	11	90.91
	Ar	0	12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13	92.31
	Ar-He	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	90.00
	Pf	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	13	92.31
	Ct	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	100.00
	He	0	0	0	0	0	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11	90.91
	La	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	11	100.00
	Min	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	12	100.00
	Mpc	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1	0	0	0	0	11	90.91
	Mpce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	9	100.00
	Mpe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	100.00
	Pa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	11	100.00
	Td	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	11	0	0	12	91.67
	Tu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	11	90.91
Total	11	12	9	12	9	10	11	12	12	10	12	12	11	13	10	154	94.99	
F. Productor %	90.91	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	83.33	90.00	83.33	100.00	84.62	100.00			

4.2.1.2. Interpretación de los resultados para el año 2003

a) En las filas se muestra la fiabilidad de las áreas de muestreo digitalizadas por el usuario.

En la primera fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a afloramientos rocosos (Afr), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con tierras desnudas (Td). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la segunda fila se digitalizaron 13 áreas de muestreo que pertenecen a arbusto (Ar), de las cuales 12 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos y cultivos (Mpc). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 92.31 %.

En la tercera fila se digitalizaron 10 áreas de muestreo que pertenecen a vegetación arbustiva y herbácea (Ar-He), de las cuales 9 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos con espacios naturales (Mpe). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 13 áreas de muestreo que pertenecen a plantación forestal (Pf), de las cuales 12 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con tierras desnudas (Td). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 92.31 %.

En la quinta fila se digitalizaron 9 áreas de muestreo que pertenecen a cultivos transitorios (Ct), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la sexta fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a herbazal (He), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la séptima fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a lagunas (La), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la octava fila se digitalizaron 12 áreas de muestreo que pertenecen a Minería (Min), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la novena fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a mosaico de pastos y cultivos (Mpc), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos con espacios naturales (Mpe). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la décima fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la onceava fila se digitalizaron 10 áreas de muestreo que pertenecen a mosaico de pastos con espacios naturales (Mpe), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la doceava fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a pastos (Pa), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la treceava fila se digitalizaron 12 áreas de muestreo que pertenecen a tierras desnudas (Td), de las cuales 11 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos y cultivos (Mpc). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 91.67 %.

En la catorceava fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a tejido urbano (Tu), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con afloramiento rocosos (Afr). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

b) En la columna se muestra el acierto de la clasificación en el terreno por categoría

En la primera columna se obtuvieron 11 clasificaciones, de las cuales 10 fueron clasificados correctamente representando a afloramientos rocosos (Afr), y una

fue confundida con tejido urbano (Tu). Equivalente a una fiabilidad del productor de 90.91 %.

En la segunda columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a arbustos (Ar). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la tercera columna se obtuvieron 9 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a arbusto - herbazal (Ar-He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a plantación forestal (Pf). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la quinta columna se obtuvieron 9 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la sexta columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la séptima columna se obtuvieron 11 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Lagunas y ciénagas naturales (La). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la octava columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a minería (Min). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la novena columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales 10 fueron clasificados correctamente representando a mosaico de pastos y cultivos (Mpc), y dos fueron confundidos con tierras desnudas (Td) y arbusto (Ar). Equivalente a una fiabilidad del productor de 83.33 %.

En la décima columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales 9 fueron clasificados correctamente representando a mosaico de pastos, cultivos y

espacios naturales (Mpce), y una fue confundida con herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 90.00 %.

En la onceava columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales 10 fueron clasificados correctamente representando a mosaico de pastos con espacios naturales (Mpe), y dos fueron confundidos con mosaico de pastos y cultivos (Mpc) y vegetación arbustiva y herbácea (Ar-He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 83.33 %.

En la doceava columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a pastos (Pa). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la treceava columna se obtuvieron 13 clasificaciones, de las cuales 11 fueron clasificados correctamente representando a tierras desnudas (Td), y dos fue confundida con plantación forestal (Pf) y afloramientos rocosos (Afr). Equivalente a una fiabilidad del productor de 84.62 %.

En la catorceava columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a tejido urbano (Tu). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

c) Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2003

$$PO = \frac{10 + 12 + 9 + 12 + 9 + 10 + 11 + 12 + 10 + 9 + 10 + 11 + 11 + 10}{154} = 0.95$$

$$Pe = \frac{(11 \times 11) + (12 \times 13) + (9 \times 10) + (12 \times 13) + (9 \times 9) + (10 \times 11) + (11 \times 11)}{154^2}$$

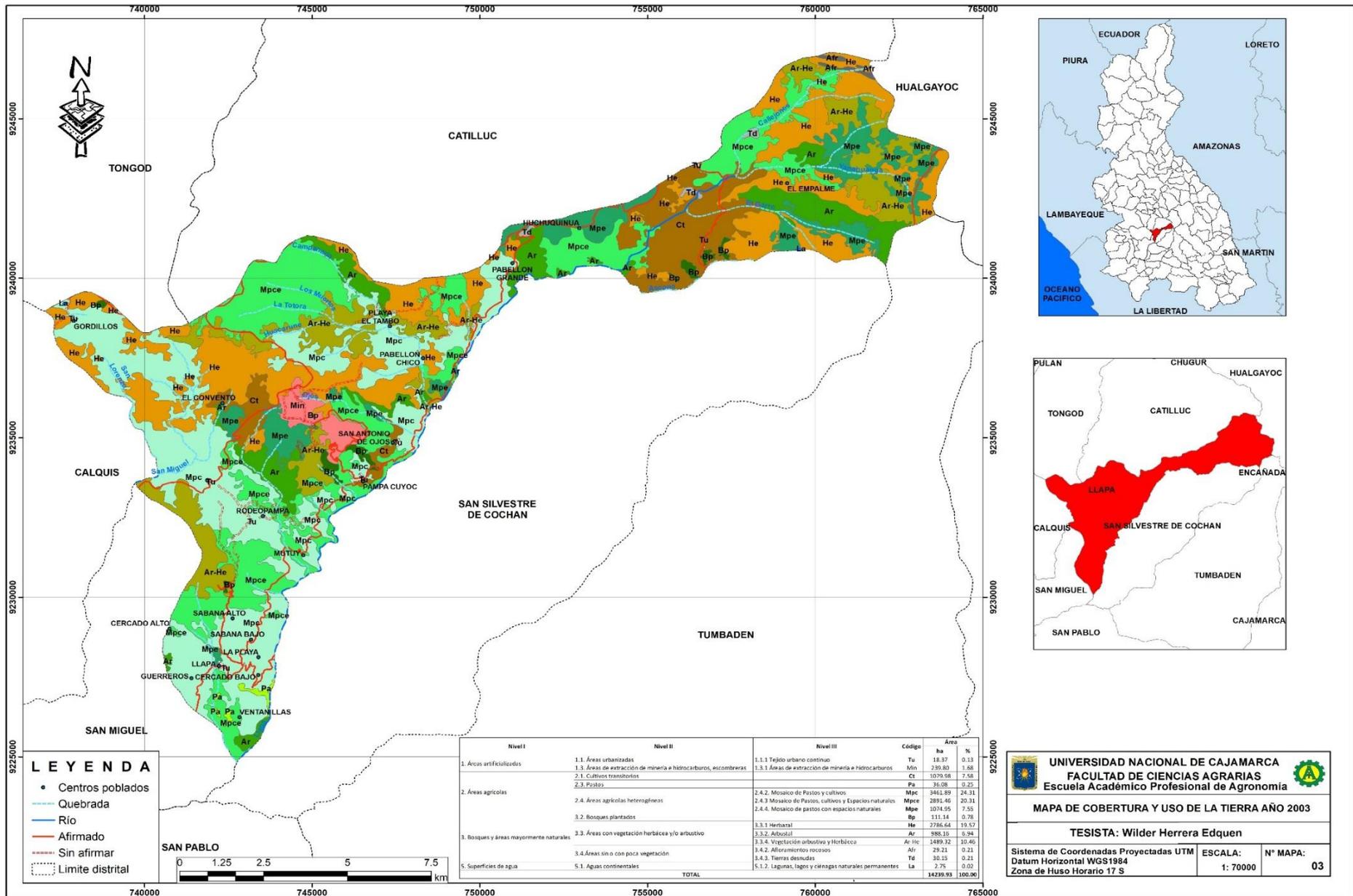
$$\frac{(12 \times 12) + (12 \times 11) + (10 \times 9) + (12 \times 10) + (11 \times 11) + (13 \times 12) + (11 \times 11)}{154^2}$$

$$Pe = \frac{1708}{154^2} = 0.07$$

Pe= proporción de concordancia esperada puro azar

$$K = \frac{0.95 - 0.07}{1 - 0.07} = 0.95$$

Se obtuvo como resultado un coeficiente de validación kappa de 0.95, que según la fuerza de concordancia es casi perfecta.



4.2.2. Cobertura y uso del suelo año 2018

Las principales categorías encontradas en el 2018, se muestran a continuación en la tabla 7 y en la figura 4.

Tabla 7: categorías obtenida para el año 2018

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área		
				ha	%	
	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	32.61	0.23	
1. Áreas artificializadas	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos, escombreras	1.3.1 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	Min	116.03	0.81	
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	1127.34	7.92	
	2.3. Pastos		Pa	36.08	0.25	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de Pastos y cultivos		Mpc	3522.88	24.74
		2.4.3 Mosaico de Pastos, cultivos y Espacios naturales		Mpc e	2933.64	20.60
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales		Mpe	1087.08	7.63
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Plantación forestal		Pf	235.86	1.66	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	He	2701.33	18.97	
		3.3.2. Arbusto	Ar	944.00	6.63	
		3.3.4. Vegetación arbustiva y Herbácea	Ar-He	1440.94	10.12	
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	29.21	0.21	
		3.4.3. Tierras desnudas	Td	30.15	0.21	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	La	2.75	0.02	
TOTAL				14239.93	100.00	

Según la Tabla 7:

El tejido urbano continuo (Tu) representa el 0.23% de toda el área del distrito de Llapa.

Área de extracción de minería 0.81% del total de la superficie.

Cultivos transitorios (Ct) representa el 7.92%

Pastos (Pa) representa el 0.25%

Mosaico de pastos y cultivos representa el 24.74%

Mosaico de pastos, cultivos y espacio naturales 20.60%

Mosaico de pastos con espacio naturales 7.63%

Plantación forestal (Pf) representa el 1.66%

Herbazal (He) representa el 18.97%

Arbustos (Ar) representa el 6.63%

Vegetación arbustiva/herbácea (Var / he) representa el 40.46%

Afloramientos rocosos (Afr) representa el 0.21 %

Tierras desnudas (Td) representa el 0.21

Lagunas, ríos y Ciénegas representa el 0.02 % del área total de distrito de Llapa.

4.2.2.1. Matriz de confusión para el año 2018

Se realizó la matriz de confusión para el año 2018 se obtuvo la fiabilidad del productor y del usuario como se muestra a continuación.

Tabla 8: Matriz de confusión año 2018

		Categorías asignadas en la imagen															
Resultados de la clasificación		Afr	Ar	Ar-He	Pf	Ct	He	La	Min	Mpc	Mpce	Mpe	Pa	Td	Tu	Total	F. usuario %
	Afr	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10	90.00
	Ar	0	10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11	90.91
	Ar-He	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	10	90.00
	Pf	0	0	0	16	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	18	88.89
	Ct	0	0	0	0	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	11	90.91
	He	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10	100.00
	La	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	13	100.00
	Min	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	1	13	92.31
	Mpc	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	1	0	0	0	15	93.33
	Mpce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11	100.00
	Mpe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13	100.00
	Pa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	14	100.00
	Td	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	14	0	15	93.33
	Tu	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	17	94.12
Total	10	10	9	16	10	10	13	12	17	12	15	14	16	17	181	94.56	
F. Productor %	90.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	82.35	91.67	86.67	100.00	87.50	94.12			

4.2.2.2. Interpretación de los resultados para el año 2018

a) En las filas se muestra la fiabilidad de las áreas de muestreo digitalizadas por el usuario.

En la primera fila se digitalizaron 10 áreas de muestreo que pertenecen a afloramientos rocosos (Afr), de las cuales 9 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con tierras desnudas (Td). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la segunda fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a arbustos (Ar), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos y cultivos (Mpc). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la tercera fila se digitalizaron 10 áreas de muestreo que pertenecen a vegetación arbustiva y herbácea (Ar-He), de las cuales 9 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos con espacios naturales (Mpe). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 18 áreas de muestreo que pertenecen a Bosques plantados (Bp), de las cuales 16 fueron correctamente digitalizadas y dos fueron confundidas con Tierras denudas (Td) y mosaico de pastos y cultivos (Mpc). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 88.89 %.

En la quinta fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a cultivos transitorios (Ct), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la sexta fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a herbazal (He), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la séptima fila se digitalizaron 13 áreas de muestreo que pertenecen a lagunas (La), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la octava fila se digitalizaron 13 áreas de muestreo que pertenecen a minería (Min), de las cuales 12 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida tejido urbano (Tu). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 92.31 %.

En la novena fila se digitalizaron 15 áreas de muestreo que pertenecen a mosaico de pastos y cultivos (Mpc), de las cuales 14 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos con espacios naturales (Mpe). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.33 %.

En la décima fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la onceava fila se digitalizaron 13 áreas de muestreo que pertenecen a mosaico de pastos con espacios naturales (Mpe), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la doceava fila se digitalizaron 14 áreas de muestreo que pertenecen a pastos (Pa), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la treceava fila se digitalizaron 13 áreas de muestreo que pertenecen a tierras desnudas (Td), de las cuales 12 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con mosaico de pastos y cultivos (Mpc). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.33 %.

En la catorceava fila se digitalizaron 17 áreas de muestreo que pertenecen a tejido urbano (Tu), de las cuales 16 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con afloramiento rocos (Afr). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.12 %.

b) En la columna se muestra el acierto de la clasificación en el terreno por categoría

En la primera columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales 9 fueron clasificados correctamente representando a afloramientos rocosos (Afr), y una fue confundida con tejido urbano (Tu). Equivalente a una fiabilidad del productor de 90.00 %.

En la segunda columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a arbusto (Ar). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la tercera columna se obtuvieron 9 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a arbusto - herbazal (Ar-He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 16 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a plantación forestal (Pf). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la quinta columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la sexta columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la séptima columna se obtuvieron 13 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a lagunas y ciénagas naturales permanentes (La). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100 %.

En la octava columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a minería (Min). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la novena columna se obtuvieron 17 clasificaciones, de las cuales 14 fueron clasificados correctamente representando a mosaico de pastos y cultivos (Mpc), y tres fueron confundidas con tierras desnudas (Td), plantación forestal (Pf) y arbusto (Ar). Equivalente a una fiabilidad del productor de 82.35 %.

En la décima columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales 9 fueron clasificados correctamente representando a mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce), y una fue confundida con cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad del productor de 91.67 %.

En la onceava columna se obtuvieron 15 clasificaciones, de las cuales 13 fueron clasificados correctamente representando a Mosaico de pastos con espacios naturales (Mpe), y dos fue confundida con Mosaico de Pastos y cultivos (Mpc) y Vegetación arbustiva y Herbácea (Ar-He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 86.67 %.

En la doceava columna se obtuvieron 14 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Pastos (Pa). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la treceava columna se obtuvieron 16 clasificaciones, de las cuales 14 fueron clasificados correctamente representando a Tierras desnudas (Td), y dos fue confundida con Bosques plantados (Bp) y Afloramientos rocosos (Afr). Equivalente a una fiabilidad del productor de 87.50 %.

En la catorceava columna se obtuvieron 17 clasificaciones, de las cuales 16 fueron clasificados correctamente representando a Tejido urbano (Tu), y una fue confundida con Minería (Min). Equivalente a una fiabilidad del productor de 94.12 %.

c) Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2018

$$PO = \frac{9 + 10 + 9 + 16 + 10 + 10 + 13 + 12 + 14 + 11 + 13 + 14 + 14 + 16}{181} = 0.94$$

$$Pe = \frac{(10 \times 10) + (10 \times 11) + (9 \times 10) + (16 \times 18) + (10 \times 11) + (10 \times 10) + (13 \times 13)$$

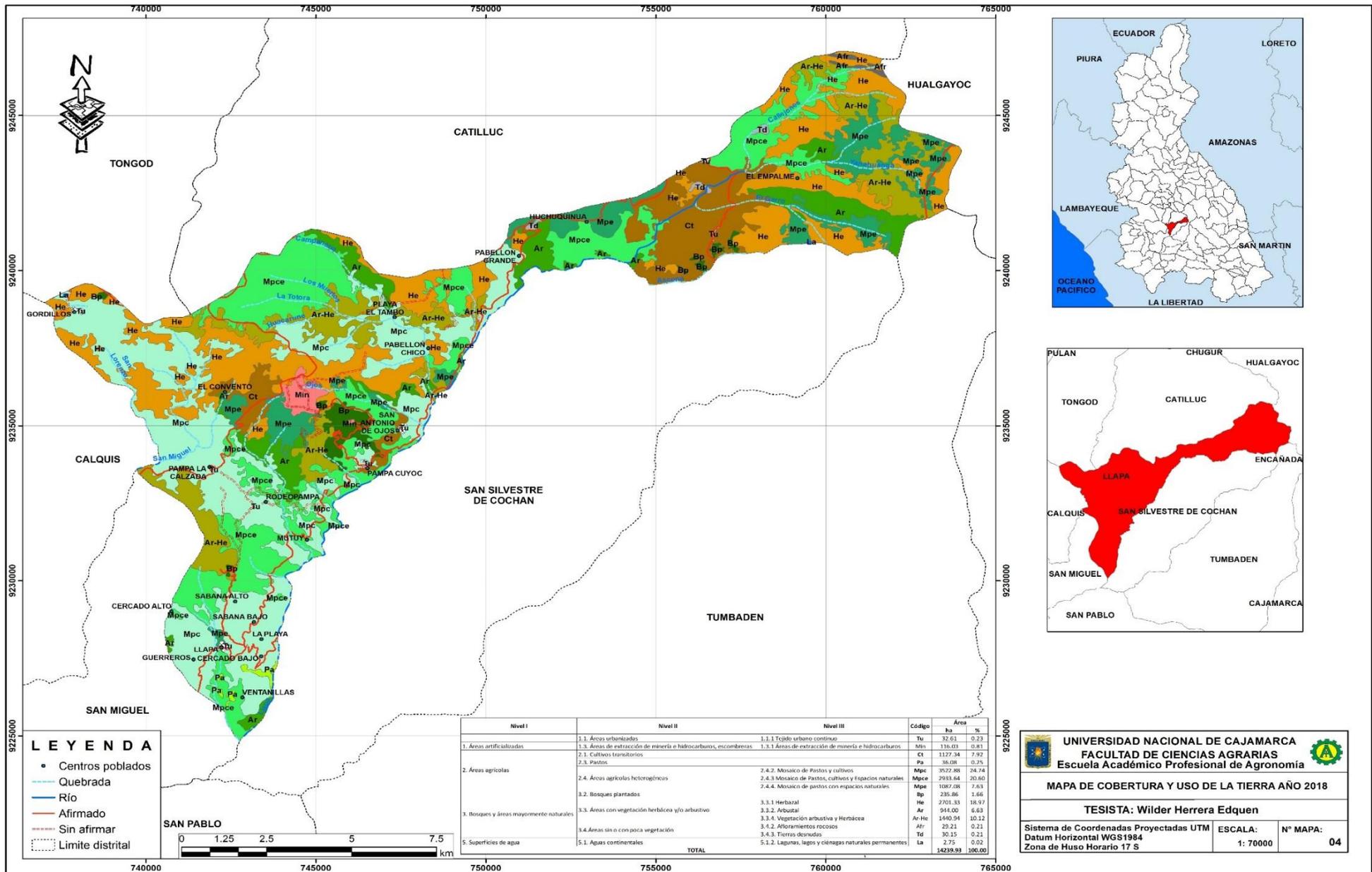
$$\frac{(12 \times 13) + (17 \times 15) + (12 \times 11) + (15 \times 13) + (14 \times 14) + (16 \times 15) + (17 \times 17)}{181^2}$$

$$Pe = \frac{5103}{181^2} = 0.16$$

Pe= proporción de concordancia esperada puro azar

$$K = \frac{0.94 - 0.16}{1 - 0.16} = 0.93$$

Se obtuvo como resultado un coeficiente de validación kappa de 0.93, que según la fuerza de concordancia es casi perfecta.



4.3. Análisis de cambio y no cambio del uso del suelo

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la variación de los polígonos de forma global del periodo de evaluación (2003 - 2018), sin importar los motivos o a que categorías de cobertura vegetal cambiaron dichos polígonos. A continuación se muestra los resultados del análisis:

4.3.1. Cambio y no cambio del uso del suelo periodo 2003 – 2018

En el periodo 2003 -2018, se puede observar ganancia de área (+) como también pérdida (-) en las categorías obtenidas, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías: en las categorías diferenciadas, se obtuvo una ganancia en las categorías tejido urbano continuo (Tu) con +14.32 ha, cultivos transitorios (Ct) con +47.36 ha, mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con +60.99 ha, Plantación forestal (Pf) con +124.71 ha y cultivos transitorios (Ct) con +47.36 ha, así como también se tiene categoría que ha mostrado un gran cambio negativo, extracción de minería -123.77 ha, arbusto -44.16 ha. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la tabla 9.

Tabla 9: Pérdida y ganancia de la cobertura y uso del suelo, periodo 2003 – 2018

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área 2003		Área 2018		2018 - 2003		
				ha	%	ha	%	ha	%	
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	18.37	0.13	32.61	0.23	14.24	3.31	
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos, escombreras	1.3.1 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	Min	239.80	1.68	116.03	0.81	-123.77	-28.74	
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	1079.98	7.58	1127.34	7.92	47.36	10.99	
	2.3. Pastos		Pa	36.08	0.25	36.08	0.25	0.00	0.00	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de Pastos y cultivos		Mpc	3461.89	24.31	3522.88	24.74	60.99	14.16
		2.4.3 Mosaico de Pastos, cultivos y Espacios naturales		Mpce	2891.46	20.31	2933.64	20.60	42.19	9.79
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales		Mpe	1074.95	7.55	1087.08	7.63	12.13	2.82
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Plantación forestal		Pf	111.14	0.78	235.86	1.66	124.71	28.95	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	He	2786.64	19.57	2701.33	18.97	-85.31	-19.81	
		3.3.2. Arbusto	Ar	988.16	6.94	944.00	6.63	-44.16	-10.25	
		3.3.4. Vegetación arbustiva y Herbácea	Ar-He	1489.32	10.46	1440.94	10.12	-48.38	-11.23	
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos		Afr	29.21	0.21	29.21	0.21	0.00	0.00
3.4.3. Tierras desnudas			Td	30.15	0.21	30.15	0.21	0.00	0.00	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	La	2.75	0.02	2.75	0.02	0.00	0.00	
TOTAL				14239.93	100.00	14239.93	100.00	0.00	0.00	

En la tabla 9 se muestran las áreas de las coberturas con sus respectivos porcentajes de los años 2013 y 2018, generó ganancias en las tejido urbano continuo aumento en 14.24 ha, cultivos transitorios 47.36 ha, plantación forestal 124.71 ha, mosaico de pastos y cultivos 60.99 ha, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales 42.19 ha, mosaico de pastos con espacios naturales 12.13 ha y pérdidas en áreas de extracción de minería -123.77 ha, herbazal -85.31 ha, arbusto -44.16 ha.

4.4. Cuantificación general de cambio de cobertura

La dispersión de tejidos urbanos crece a un ritmo muy acelerado el principal factor de consumo de suelo ha sido la extensión de infraestructura el cual aumento 14.24 ha durante 15 años.

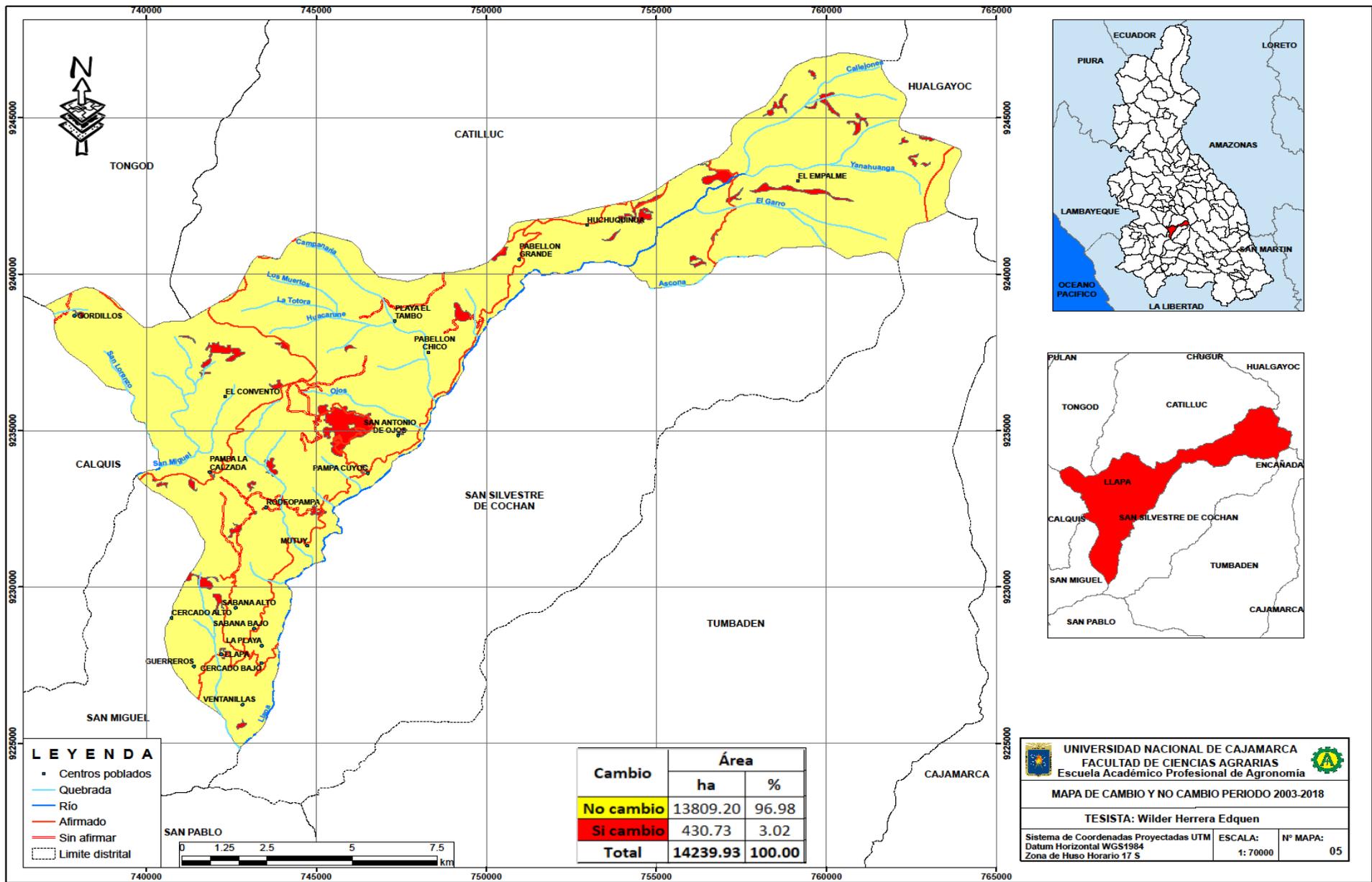
Área de extracción de minería disminuyo en 123.77 ha, debido al Cierre de Mina que se realizó en el 2005, actividad que busca rehabilitar las áreas utilizadas por la minería una vez concluidas las operaciones.

La plantaciones forestales aumento de manera significativa en los años 2003 y 2018 con 124.71 ha, debido a que en el 2005 se re se realizó el cierre de mina y fueron rehabilitados con plantaciones forestales.

Tabla 10. Áreas de mapa de cambio y no cambio.

Cambio	Área	
	ha	%
No cambio	13809.2	96.98
Si cambio	430.73	3.02
Total	14239.93	100.00

En la tabla10 se aprecia el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Llapa en el periodo 2003 – 2018, de un total de 14239.93 ha, sufrieron cambios 430.73 ha equivalente al 3.02 % y no cambio 13809.20 ha equivalente al 97.98%, como se muestra en la figura 5.



4.5. Análisis de cambios por cobertura

El análisis de cambio por cobertura, consta en la evaluación del cambio por cobertura es decir 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.

4.5.1. Cambios de cobertura del periodo 2003 – 2018.

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 2003 – 2018 en el distrito de Llapa, se determinó que los principales cambios de cobertura son:

La categoría de arbusto – herbazal (Ar-He) fue sustituida por mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con una área de 10.51 ha, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce) con una área de 19.31 ha, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales 22.75 ha.

La categoría de arbusto (Ar) fue sustituida por herbazal con una área de 29.99 ha, mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con una área de 10.40 ha, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce) con una área de 3.76 ha, estos cambios son realizados por el poblador ya que buscan generar sus ingresos económicos para satisfacer sus necesidades y tener una mejor calidad de vida, con la instalación de cultivos y pastos.

La categoría de herbazal (He) fue sustituido por arbusto – herbazal (Ar-He) con una área de 2.93 ha, cultivos transitorios (Ct) con una área de 10.59 ha, mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con una área de 49.71 ha, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce) con una área de 52.07 ha. Son cultivos de productos agrícolas caracterizados por un ciclo vegetativo menor a un año, dentro de los principales cultivos transitorios encontramos productos como: papa y maíz. Cultivos transitorios que el hombre las destruye para realizar sus actividades agrícolas.

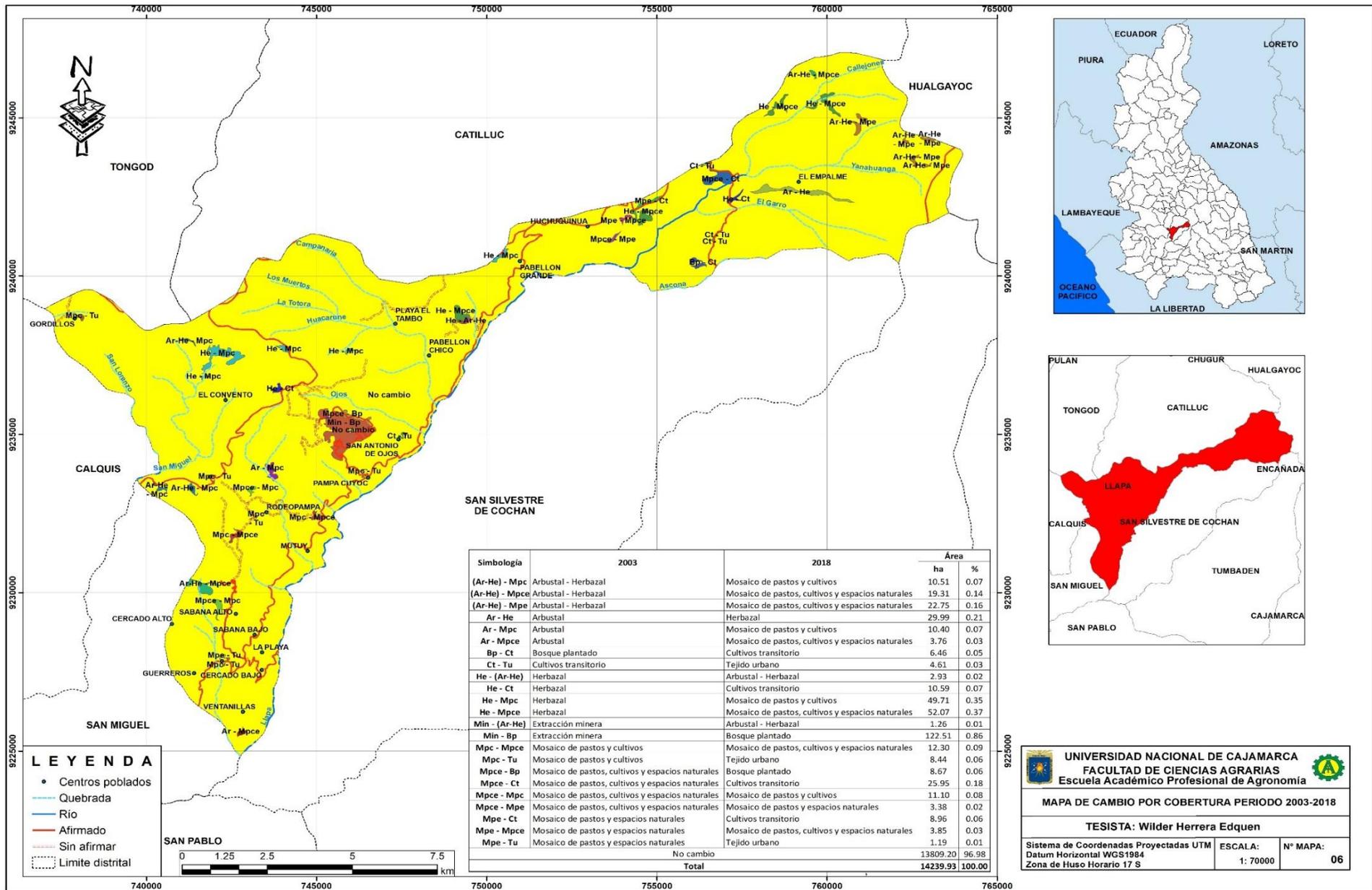
La categoría de extracción minera (Min) fue sustituida por arbusto – herbazal (Ar-He) con una área de 1.26 ha, plantación forestal (Pf) con una área de 122.51 ha. Durante el cierre de mina se instalaron plantaciones forestales.

La categoría de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) fue sustituido por tejido urbano (Tu) con una área de 8.44, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce) con una área de 12.30 ha. Se pierde pastos y cultivos por la construcción de infraestructuras.

La categoría de Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce) fue sustituida por plantación forestal (Pf) con una área de 8.67 ha, cultivos transitorio (Ct) con una área de 25.95 ha, mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con una área de 11.10 ha. Esta pérdida se debe a que muchos de los agricultores optan por la plantación forestal con fines maderables.

Tabla 11: comparación de cambios de cobertura en el periodo 2003 – 2018 Llapa.

Simbología	2003	2018	Área	
			ha	%
(Ar-He) - Mpc	Arbusto - Herbazal	Mosaico de pastos y cultivos	10.51	0.07
(Ar-He) - Mpce	Arbusto - Herbazal	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	19.31	0.14
(Ar-He) - Mpe	Arbusto - Herbazal	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	22.75	0.16
Ar - He	Arbusto	Herbazal	29.99	0.21
Ar - Mpc	Arbusto	Mosaico de pastos y cultivos	10.40	0.07
Ar - Mpce	Arbusto	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	3.76	0.03
Pf - Ct	Plantación forestal	Cultivos transitorio	6.46	0.05
Ct - Tu	Cultivos transitorio	Tejido urbano	4.61	0.03
He - (Ar-He)	Herbazal	Arbusto - Herbazal	2.93	0.02
He - Ct	Herbazal	Cultivos transitorio	10.59	0.07
He - Mpc	Herbazal	Mosaico de pastos y cultivos	49.71	0.35
He - Mpce	Herbazal	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	52.07	0.37
Min - (Ar-He)	Extracción minera	Arbusto - Herbazal	1.26	0.01
Min - Pf	Extracción minera	Plantación forestal	122.51	0.86
Mpc - Mpce	Mosaico de pastos y cultivos	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	12.30	0.09
Mpc - Tu	Mosaico de pastos y cultivos	Tejido urbano	8.44	0.06
Mpce - Pf	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Plantación forestal	8.67	0.06
Mpce - Ct	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Cultivos transitorio	25.95	0.18
Mpce - Mpc	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Mosaico de pastos y cultivos	11.10	0.08
Mpce - Mpe	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Mosaico de pastos y espacios naturales	3.38	0.02
Mpe - Ct	Mosaico de pastos y espacios naturales	Cultivos transitorio	8.96	0.06
Mpe - Mpce	Mosaico de pastos y espacios naturales	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	3.85	0.03
Mpe - Tu	Mosaico de pastos y espacios naturales	Tejido urbano	1.19	0.01
No cambio			13809.20	96.98
Total			14239.93	100.00



4.6. Análisis de los factores que inciden en los cambios de la cobertura y uso del suelo

Los cambios de cobertura y uso del suelo deben ser reconocidos como una de las principales causas del deterioro ambiental, deben estar considerados en el centro de la investigación ambiental y deben representar un punto importante en diferentes ámbitos como un medio para entender los mecanismos de este proceso de deterioro; de esta manera podrá constituirse como guía para la toma razonable de decisiones sobre el uso del territorio.

a). Productos agropecuarios

Productores agropecuarios es un indicativo del cambio de la cobertura y uso del suelo, pues el productor poseedor de suelos con cobertura vegetal (bosques y pastos naturales), cambia el uso de suelo porque ve en el aprovechamiento forestal, una oportunidad inmediata de ingreso económico.

b). Actividad agrícola

Es la principal actividad de la región ya que además de ser proveedora de alimentos es la principal fuente de empleo. Las personas empleadas se dedican a criar animales (ovinos) o producir cultivos (papa, maíz, frejol, haba) para vender en diferentes mercados.

c). Demográficos

Los cambios en la cobertura y uso del suelo se relacionan en buena medida con el crecimiento de la población, causando que la zona urbana se expanda de una forma rápida conllevando a un cambio en la cobertura y uso del suelo.

La categoría de extracción de minería (Min) fue reemplazada por plantaciones forestales (Pf) con una área de 122.51 ha y arbusto – herbazal con un área de 1.26 ha. Con una pérdida de 123.77 ha debido a que en el 2005 se realizó el cierre de mina.

La categoría Herbazal (He) fue reemplazada por cultivos transitorios (Ct) con un área de 10.59 ha y mosaico e pastos y cultivos (Mpc) con un área de 49.71 ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una pérdida de 85.31 ha; esto se debe a que la población explota los suelos de forma significativa, experimentando con diferentes coberturas vegetales que sea rentable para su economía.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se logró identificar los diferentes tipos de cobertura y uso del suelo en el distrito de Llapa, mediante imágenes satelitales a través de la metodología Corine Land Cover, para los años 2003 y 2018, encontrándose diferentes categorías: tejido urbano (Tu), plantación forestal (Pf), pastos (Pa), herbazal (He), arbusto (Ar), minería (Min), cultivos transitorios (Ct), mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales (Mpce).

Se determinó que las diferentes clases de cobertura que conforman el paisaje del distrito de Llapa, cambió en su cobertura en una extensión de 430.73 ha, equivalente al 3.02 % del área distrital; mientras que 13809.20 ha permanece sin cambio con un 96.98 %.

Las categorías que presentaron ganancia en área son: Plantación forestal con 28.95 %, Cultivos transitorios con 10.99 %, tejido urbano continuo con 3.31 %, mosaico de pastos y cultivos con 14.16 %. Y la categoría que presentó pérdida en área fue arbusto con 10.25 %, extracción de minería con 28.74 %, herbazal con 19.81 %.

Se elaboró los mapas de cobertura y uso actual de la tierra, con el algoritmo de máxima verosimilitud para los periodo 2003 – 2018 alcanzando una fiabilidad de 94.99 % para el año 2003, 94.56 % para el año 2018 el cual fue validado en campo.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda este tipo de estudios en zonas como: cuencas, áreas naturales protegidas y bosques, con la finalidad de obtener resultados que permitan la adecuada toma de decisiones dirigidas a la protección de este tipo de estos ecosistemas.

Los resultados de este trabajo pueden constituirse en el punto de partida para el que municipio implemente un sistema de información geográfica para el ordenamiento territorial donde se vincule la información requerida y toda aquella que se produzca sobre el ámbito geográfico municipal.

Para la selección de las imágenes satelitales se sugiere tener en cuenta la calidad, nitidez y nubosidad de la imagen, además de guardar una secuencia o periodo similar entre los años a observar, solo de esta manera se apreciarán de manera eficiente los cambios en coberturas y usos del terreno.

Se recomienda tener en cuenta los resultados arrojados del análisis multitemporal, para la realización de futuros planes de ordenamiento territorial, ya que este define de manera precisa las fronteras agrícolas y zonas urbanas del distrito de Llapa.

GLOSARIO

Georreferencia. Consiste en asignar coordenadas cartográficas a una imagen utilizando puntos de control cuyas coordenadas se conoce tanto en la imagen como en la cartografía de referencia.

ArcGis. Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Sistema de información geográfica (SIG).

Mapa. Es una representación convencional de la superficie terrestre a la que se agrega una leyenda para indicar los accidentes más importantes.

Satélite. Vehículo tripulado o no que se coloca alrededor de la tierra y que lleva equipos apropiados para recoger información y transmitirla.

Latitud. Es la distancia desde el ecuador a cualquier parte de la tierra.

Longitud. Es la distancia desde el meridiano Greenwich a cualquier punto de la tierra.

Teledetección. Teledetección es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material. Para que ello sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos observados; situados sobre la superficie terrestre, marina o en la atmósfera; y un sensor situado en una plataforma.

SIG. Sistema de información geográfica.

UTM. Universal Transversa de Mercator usa 60 zonas cada una con 6° de longitud.

MINAN. Ministerio del ambiente.

CUT. Cobertura y uso de la tierra.

DEM. Es una estructura de datos que representa la distribución espacial de altitud en la superficie terrestre.

Algoritmo. Es una secuencia de pasos ordenados para solucionar un problema.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, G. 2014. Estudio Especializado Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra (En línea) – Departamento de Cajamarca. Consultado el 12 ene. 2017. Disponible en <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/node/580>
- Ariza, A. 2013. Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM. Bogotá – Colombia. 46 p.
- Bense, T. 2007. Teledet. 1 p Consultado 04 de Oct.2016. Disponible en: <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/clasificacion-matrizconfusion.htm>
- Bocco, G. 2001, La dinámica del cambio del uso del suelo. Una propuesta metodológica para el estudios de los proceso de deforestación. México, instituto de Geografía- UNAM, investigaciones Geográficas. 44:18-38
- 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/wpcontent/uploads/2014/11/Manual-Tratamiento-de-Imagenes-NDVI.pdf>.
- Cohen, J. 1960. A Coefficient of nominal scales. Educ Psychol Meas 20:37-46.
- Chuvienco, E. (1995). Fundamentos de Teledetección Espacial. Madrid: Ediciones Rialp S.A.
- Chuvienco, Emilio S. 2002, Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el Espacio. Ariel Ciencia. Barcelona- España.
- Di Gregorio A, 2004. Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra. FAO. Roma- Italia.

- ESRI. 2009. Landsat 7ETM+. INTERNET:
<http://www.esrichile.com/productosSubCat.php?cat=19&subcat=24>(Abril 15, 2009).
- Fernández, I; Herrero, E. 2001. El Satélite Landsat. Análisis Visual de Imágenes Obtenidas del Sensor ETM+ Satélite Landsat. Valladolid, España. 4p.
- Glennon, R; 2006. Arcmap tutorial. Environmental systems research Institute – ESRI. United States. 58p.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2007. METODOLOGÍA CORINE LAND COVER. (En línea). Consultado el 11 de ene. 2017. Disponible en:
<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (15 de 10 de 2015). IDEAM. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. Elementos de la percepción remota. México. 80p. Consultado 07 Jul. 2016. Disponible en
<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/elementos.aspx>.
- Labrador, M. Évora, J. 2012. Satélites de teledetección para la gestión del territorio. España. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. 66.
- Lambin, E. 1997. Modelling and monitoring land-cover change process in tropical Regions Progress in Physical Geography, vol. 213. 375-393p.
- Maune, D. F., 2001. DIGITAL Elevation Model Technologies and Applications; the DEM Users Manual, The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. USA. 121p.
- Orozco, L y Brumér, C. 2002. Inventario forestal para bosques Latifolia dos en América Central. Costa Rica. Cosude. 263 p.

- Pérez, C; Muñoz, A. 2006. Teledetección: Nociones y aplicaciones. España.356 p.
- Pérez, DJ. 2007. Introducción a los sensores remotos- Aplicaciones en Geología. Argentina. Uba. 45 p.
- Posada, E. (2008). Prácticas de PDI con ERDAS. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Posada, E.; Ramirez, H. M., y Espejo, N. C. (2012). Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Riaño, O. (1990). Procesamiento digital de imágenes en ILWIS. [s.l.]: [s.n.],.
- Rojas, C. 2017. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el Distrito de Ichocán, Provincia de San Marcos - Cajamarca, Periodo 1989-2015. Cajamarca – Perú. 140 p.
- Ruiz, L. (2013). Procesado Digital de Imágenes y Teledetección. Valencia. España:
- Sabrino, J. A. 2000. Teledetección. Universidad de Valencia. Guía impresoras S.L
- Sánchez, P. (2012). La Teledetección enfocada a la obtención de mapas. Ciudad Cuenca. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Civil. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Suelos. Consultado 04 Jun.2016. Disponible en: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf
- Vicens L, 2009. Fuentes y Adquisición de Datos: Lección 9, Clasificación de Imágenes, Programa UNIGIS de Postgrado y Master Internacional a distancia en Sistemas de Información Geográfica, UNIGIS Girona, Universitat de Girona 9ª Edición, 2009, 15 pg.

ANEXOS



Figura 22: Cultivo de maíz Llapa



Figura 23: verificación del mapa CUT 2018



Figura 24: Pastos en el distrito de Llapa

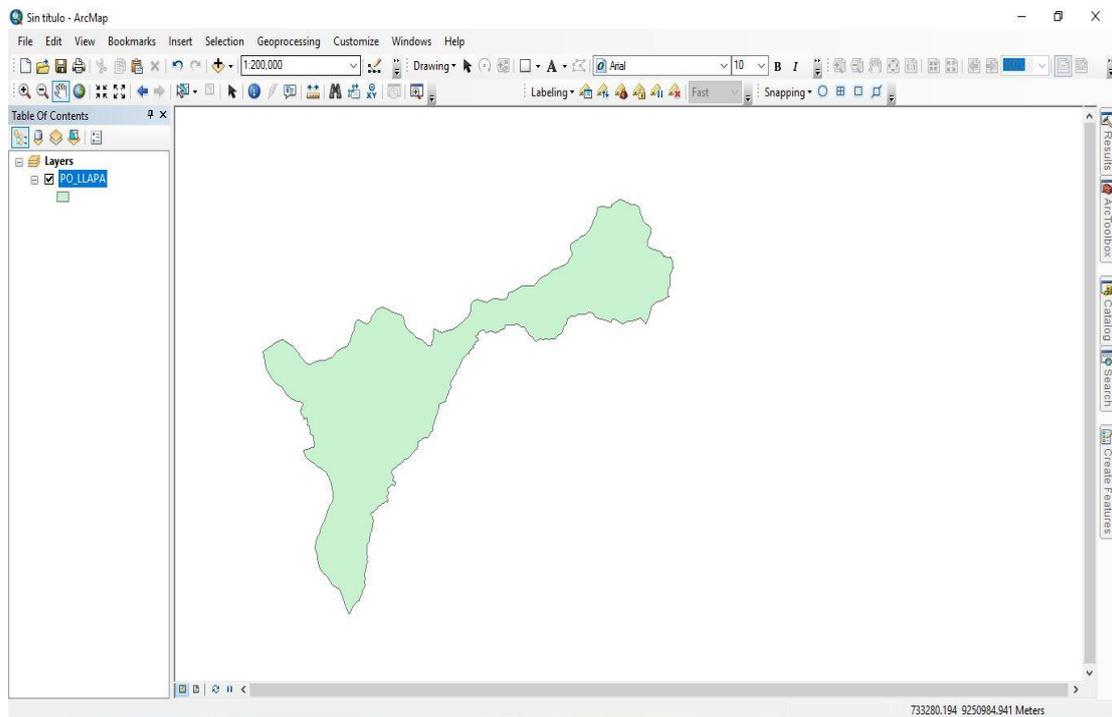


Figura 25: Geoprocésamiento del área de estudio distrito de Llapa

Tabla 12: Corine Land Cover adaptada para el Perú La

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
1. Áreas artificializadas	1.1.Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2.Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
		1.2.5. Obras hidráulicas
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas
1.4.2. Instalaciones recreativas		
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	
	2.2. Cultivos permanentes	
	2.3. Pastos	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos
		2.4.3. Mosaico de pastos con espacios naturales
		2.4.4. Mosaico de cultivos con espacio naturales

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL II
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto
		3.1.4. Bosque abierto alto
		3.1.5. Bosque fragmentado
	3.2. Bosques plantados	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal
		3.3.2. Arbustal
		3.3.3. Vegetación secundaria o en transición
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea

		3.3.5. Arbustal / área intervenida
		3.3.6. Herbazal / área intervenida
		3.3.7. Arbustal- Herbazal / área intervenida
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2. Afloramientos rocosos
		3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4. Áreas quemadas
		3.4.5. Glaciares
		3.4.6. Salares

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas o bofedales
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	4.2. Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
		5.1.4. Canales
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
	5.2. Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras
		5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).