

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“ANÁLISIS DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE LA  
TIERRA CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE  
LAJAS PERIODOS 1987-2002-2016”**

**TESIS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**RUBIO LLATAS YOVER AVILEX**

ASESOR:

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

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2018**

## *Dedicatoria*

*A Dios por derramar sus bendiciones, darme la vida y estar conmigo en cada paso que doy.*

*A mis padres, Ciro Rubio Guevara y Lucelina Llatas Barboza por todo su esfuerzo y sacrificio, a mis hermanos por brindarme todo su amor, comprensión, apoyo y confianza.*

*A mis familiares y amigos por estar siempre conmigo demostrándome su aprecio.*

## *Agradecimiento*

*A los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca, quienes me impartieron conocimiento e incentivaron a lograr mi propósito, en especial al Ingeniero Wilfredo Poma Rojas, asesor del presente trabajo, por su destacada labor, gran apoyo y valiosos aportes.*

*Al PRONABEC - Beca 18, por apoyarme en mis estudios durante mi etapa Universitaria.*

*A la Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial del Gobierno Regional, por permitir que pueda ampliar mis conocimientos y fortalecer mis capacidades.*

## ÍNDICE

<b><u>CONTENIDO</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE MAPAS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específico.....	2
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. A nivel Internacional.....	3
2.1.2. A nivel Nacional.....	4
2.1.3. A nivel Regional.....	5
2.2. Bases teóricas.....	6
2.2.1. Teledetección.....	6
2.2.2. Tierra.....	6
2.2.3. Uso de la tierra.....	7
2.2.4. Cobertura de la tierra.....	7
2.2.5. Causas del cambio del uso actual de la tierra.....	7
2.2.6. El tiempo y el efecto en el uso de la tierra.....	8

2.2.7.	Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra .....	8
2.2.8.	Sistemas de información geográfica.....	9
2.2.9.	Sistemas de clasificación de cobertura de la tierra.....	9
2.2.9.1.	Corine Land Cover adaptada para Perú .....	10
2.2.10.	Imágenes satelitales .....	11
2.2.11.	Sistema de referencia.....	11
2.2.12.	Interpretación de imágenes satelitales .....	13
2.2.13.	Satélite Landsat .....	13
2.2.14.	Resolución de un sensor .....	17
2.2.15.	Realces y mejoramiento visual de la imagen satelital .....	18
2.2.16.	Pre procesamiento de imágenes satelitales.....	19
2.2.17.	Análisis de las imágenes.....	21
2.2.18.	Índice normalizado diferencial de la vegetación .....	24
2.2.19.	Modelo de elevación digital .....	24
2.2.20.	Random Forest .....	24
2.2.21.	Técnicas de clasificación de imágenes satelitales .....	25
2.2.22.	Validación de la clasificación.....	26
2.2.23.	Índice kappa.....	26
2.2.24.	Matriz de confusión .....	27
2.2.25.	Porcentaje correctamente clasificado .....	27
CAPÍTULO III .....		28
MATERIALES Y MÉTODOS.....		28
3.1.	Descripción general del distrito de Lajas.....	28
3.1.1.	Ubicación.....	28
3.1.2.	Aspectos demográficos.....	30
3.1.3.	Regiones naturales del distrito de Lajas .....	31
3.1.4.	Hidrografía.....	32
3.1.5.	Geología general.....	32
3.1.6.	Zonas de vida natural.....	34
3.2.	Materiales.....	36
3.2.1.	Equipos de campo.....	36
3.2.2.	Equipos de gabinete.....	36
3.3.	Metodología .....	36
3.3.1.	Fase inicial de gabinete.....	37

CAPÍTULO IV .....	44
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	44
4.1.    Categorías de cobertura y uso de la tierra, identificadas para el distrito de Lajas, según la clasificación Corine Land Cover. ....	44
4.2.    Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en los periodos 1987- 2002 - 2016. ....	49
4.2.1.    Cobertura y uso de la tierra año 1987.....	49
4.2.2.    Cobertura y uso de tierra año 2002.....	54
4.2.3.    Cobertura y uso de la tierra año 2016.....	59
4.3.    Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra .....	70
4.3.1.    Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1987 – 2002. ....	70
4.3.2.    Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2002 – 2016. ....	71
4.3.3.    Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1987 – 2016.....	73
4.4.    Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra .....	74
4.4.1.    Análisis de cambios por cobertura .....	74
4.4.1.1.    Cambios de cobertura del periodo 1987 – 2002.....	74
4.4.1.2.    Cambios de cobertura del periodo 2002-2016. ....	77
4.4.1.3.    Cambios de cobertura del periodo 1987 - 2016. ....	80
CAPÍTULO V .....	84
CONCLUSIONES.....	84
CAPÍTULO VI.....	85
BIBLIOGRAFÍA .....	85
ANEXOS.....	94

## LISTA DE TABLAS

	PÁG.
<b>Tabla 1.</b> Características del Landsat 5. ....	15
<b>Tabla 2.</b> Características del Landsat 7. ....	16
<b>Tabla 3.</b> Características del Landsat 8. ....	17
<b>Tabla 4.</b> Escala de valores Índice Kappa.....	26
<b>Tabla 5.</b> Población del distrito de Lajas obtenido de los censos de Población y Vivienda de los años 1981, 1993 y 2007.....	30
<b>Tabla 6.</b> Tasa de crecimiento anual para dos periodos. ....	30
<b>Tabla 7.</b> Población del distrito de Lajas para los años 1987, 2002 y 2016.....	38
<b>Tabla 8.</b> Población urbana y rural para el distrito de Lajas año 2007 .....	40
<b>Tabla 9.</b> Población y tasa de crecimiento medio anual proyectadas por áreas urbana 1970-2025 (Perú).....	44
<b>Tabla 10.</b> Población urbana y rural estimada para el distrito de Lajas para el año 1987, 2002 y 2016. ....	44
<b>Tabla 11.</b> Datos de las imágenes descargadas .....	51
<b>Tabla 12.</b> Valores utilizados en la segmentación.....	54
<b>Tabla 13.</b> Categorías de cobertura y uso actual de la tierra identificadas en el distrito de Lajas. ....	55
<b>Tabla 14.</b> Categorías obtenidas para el año 1987. ....	59
<b>Tabla 15.</b> Matriz de confusión año 1987. ....	60
<b>Tabla 16.</b> Categorías obtenidas para el año 2002 .....	64
<b>Tabla 17.</b> Matriz de confusión año 2002. ....	65
<b>Tabla 18.</b> Categorías obtenidas para el año 2016. ....	65
<b>Tabla 19.</b> Matriz de confusión año 2016. ....	66

<b>Tabla 20.</b> Ganancia y perdida de cobertura del suelo periodo 1987- 2002 .....	70
<b>Tabla 21.</b> Ganancia y perdida de cobertura del suelo periodo 2002 - 2016 .....	72
<b>Tabla 22.</b> Ganancia y perdida de cobertura del suelo periodo 1987- 2016 .....	73
<b>Tabla 23.</b> Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1987 – 2002 .....	75
<b>Tabla 24.</b> Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2002 – 2016 .....	77
<b>Tabla 25.</b> Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1987 – 2016 .....	80

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PÁG.</b>
<b>Figura 1.</b> Características UTM de la tierra. ....	12
<b>Figura 2.</b> Cobertura histórica del satélite Landsat .....	14
<b>Figura 3.</b> Color verdadero del distrito de Lajas año 2016 bandas 432 .....	23
<b>Figura 4.</b> Color falso (ciudad) del distrito de Lajas año 2002 bandas 753 .....	23
<b>Figura 5.</b> color infrarrojo (vegetación) del distrito de Lajas año 1987 bandas 432 .....	23
<b>Figura 6.</b> Agricultura del distrito de Lajas año 2016 bandas 652.....	24
<b>Figura 7.</b> Proceso de clasificación para la representación cartográfica.....	39
<b>Figura 8.</b> Tejido urbano continuo distrito de Lajas .....	45
<b>Figura 9.</b> Cultivos transitorios centro poblado Tauripampa.....	46
<b>Figura 10.</b> Categoría de pastos centro poblado Llangoden Alto. ....	47
<b>Figura 11.</b> Categoría de herbazal centro poblado Lajas Altas Alto.....	47
<b>Figura 12</b> Categoría de Arbustal centro poblado El Socorro. ....	48
<b>Figura 13.</b> Categoría de vegetación arbustiva / herbácea del centro poblado de Lanchebamba .....	49
<b>Figura 14.</b> Distribución porcentual de cobertura año 1987. ....	50
<b>Figura 15.</b> Distribución porcentual de cobertura año 2002. ....	54
<b>Figura 16.</b> Distribución porcentual de cobertura año 2016. ....	59
<b>Figura 17.</b> Dinámica de la cobertura y uso del suelo de los años 1987, 2002 y 2016. ....	64
<b>Figura 18.</b> Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1987-2002 .....	71
<b>Figura 19.</b> Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2002-2016.....	72
<b>Figura 20.</b> Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1987-2016.....	74

<b>Figura 21.</b> Porcentaje ordenado de menor a mayor según el cambio de cobertura periodo 1987-2002.....	76
<b>Figura 22.</b> Porcentaje ordenado de menor a mayor según el cambio de cobertura periodo 2002 - 2016.....	79
<b>Figura 23.</b> Porcentaje ordenado de menor a mayor según el cambio de cobertura periodo 1987-2016.....	82

### LISTA DE MAPAS

	<b>PÁG.</b>
<b>Mapa 1.</b> Ubicación del distrito de Lajas. ....	28

## LISTA DE ANEXOS

	<b>PÁG.</b>
<b>Anexo 1.</b> Propuesta de Leyenda de Cobertura de la Tierra (Corine Land Cover) – Perú.....	95
<b>Anexo 2.</b> Mapa de regiones naturales del distrito de Lajas.....	98
<b>Anexo 3.</b> Mapa de hidrografía del distrito de Lajas.....	100
<b>Anexo 4.</b> Mapa de geología del distrito de Lajas.....	102
<b>Anexo 5.</b> Mapa de zonas de vida del distrito de Lajas.....	104
<b>Anexo 6.</b> Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Lajas año 1987.....	106
<b>Anexo 7.</b> Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Lajas año 2002.....	108
<b>Anexo 8.</b> Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Lajas año 2016.....	110
<b>Anexo 9.</b> Mapa de cambio y no cambio del distrito de Lajas periodo 1987 – 2002.....	112
<b>Anexo 10.</b> Mapa de cambio y no cambio del distrito de Lajas periodo 2002 - 2016.....	114
<b>Anexo 11.</b> Mapa de cambio y no cambio del distrito de Lajas periodo 1987 - 2016.....	116
<b>Anexo 12.</b> Mapas de cambios de cobertura del distrito de Lajas periodo 1987 - 2002.....	118
<b>Anexo 13.</b> Mapas de cambios de cobertura del distrito de Lajas periodo 2002 - 2016.....	120
<b>Anexo 14.</b> Mapas de cambios de cobertura del distrito de Lajas periodo 1987 - 2016.....	122
<b>Anexo 15.</b> Panel fotográfico.....	124

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Albedo:** Es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma. Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las mates.
- **ArcGIS:** ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG).
- **Banda:** Es la Región del espectro electromagnético en la cual las longitudes de onda adyacentes se comportan de forma similar o son generadas por mecanismos similares.
- **Biosfera:** Capa del planeta Tierra en donde se desarrolla la vida.
- **BITS:** Es la unidad de medida más pequeña y básica de almacenamiento que puede tomar un ordenador
- **ENVI:** Es el software líder para el procesamiento y análisis de imágenes de satélite y de fotografías aéreas que tiene completa integración con ArcGIS de Esri. Puede leer, visualizar, analizar y procesar diferentes formatos y tipos de imágenes.
- **Escala:** La escala es la relación matemática que existe entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad sobre un plano o un mapa.
- **Fotografía:** Es la ciencia y el arte de obtener imágenes duraderas por la acción de la luz. Es el proceso de capturar imágenes y fijarlas en un medio material sensible a la luz.
- **Imagen Satelital:** Representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada para la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona que cubre.
- **Mapa:** Un mapa es una representación gráfica simplificada del territorio con propiedades métricas, sobre una superficie bidimensional, que puede ser plana, esférica, o incluso poliédrica.
- **ND (Nivel digital):** Se trata del valor numérico discreto asignado por el sistema formador de imágenes a cada celda, en respuesta a la irradiancia recibida sobre el

plano focal del sensor. Se le conoce así mismo como nivel de gris, luminancia, número digital, valor de pixel, etc. Existe una relación lineal entre el ND grabado y la radiancia correspondiente a cada celda de terreno.

- **Pixel:** Unidad básica de información gráfica que se refiere a cada uno de los puntos indivisibles que conforman una imagen, es decir, la mínima área de captura en el formato ráster. A mayor densidad de píxeles, mayor calidad de imagen.
- **Ráster:** En su forma más simple, un ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura. Los rásteres son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.
- **Sensor:** Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.
- **Shapefile:** Un shapefile es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas).
- **Topografía:** La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

## RESUMEN

Las transformaciones de las coberturas de la superficie terrestre se incluyen dentro de los procesos de cambio global, porque tienen la capacidad de afectar el funcionamiento del planeta. Por ese motivo la presente investigación está enfocada en analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Lajas, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, durante tres años 1987, 2002 y 2016, utilizando la metodología Corine Land Cover en un nivel III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (2013); la cual consta de tres fases, la fase inicial de gabinete; donde se recopila y acondiciona la información, además de la generación de mapas base a través del proceso de clasificación que incluye áreas de referencia, segmentación, información complementaria, selección de segmentos, integración de información, clasificación automatizada y random forest, la segunda fase se realizó el trabajo de campo (evaluación de consistencia) y la fase final elaborada en gabinete, fue la edición vectorial y generalización. Además, se generaron mapas de cambio, no cambio y de cambios de cobertura. Para los tres años, las áreas de las categorías de cobertura que sufrieron aumento fueron: tejido urbano continuo 25.46 ha, cultivos transitorios 324.01 ha y pastos 1463.60 ha; por otro lado, disminuyeron las categorías de: herbazal 731.39 ha, arbustal 722.49 ha y vegetación arbustiva/herbácea 359.17 ha. Estos cambios son causados por actividades antrópicas (agricultura, ganadería, deforestación); ocasionando que reduzca la vegetación natural que protege el suelo debido a la búsqueda de nuevos suelos.

**Palabras clave:** Cambio de cobertura, clasificación automatizada, Landsat, Lajas, Random forest.

## ABSTRACT

The transformations of the coverage of the Earth's surface are included within the processes of global change, because they have the capacity to affect the functioning of the planet. For this reason, this research is focused on analyzing land cover and use changes in the district of Lajas, province of Chota, department of Cajamarca, for three years 1987, 2002 and 2016, using the Corine Land Cover methodology at a level III, developed by the Ministry of the Environment (2013); which consists of three phases, the initial phase of the cabinet; where information is collected and conditioned, in addition to the generation of base maps through the classification process that includes reference areas, segmentation, complementary information, segment selection, information integration, automated classification and random forest, the second phase is carried out the field work (consistency assessment) and the final phase prepared in the cabinet, was the vector edition and generalization. In addition, maps of change, no change and changes in coverage were generated. For the three years, the areas of coverage categories that suffered increase were: continuous urban fabric 25.46 ha, transitory crops 324.01 ha and pastures 1463.60 ha; On the other hand, the categories of: herbaza 731.39 ha, arbustal 722.49 ha and shrub / herbaceous vegetation 359.17 ha. These changes are caused by anthropogenic activities (agriculture, livestock, deforestation); causing it to reduce the natural vegetation that protects the soil due to the search for new soils.

**Key words:** Change of coverage, automated classification, Landsat, Lajas, Random forest.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Los cambios de cobertura y uso de la tierra se han modificado constantemente de manera natural, como variaciones climáticas, erupciones volcánicas, huaycos, deslizamientos o de manera antropogénica, que es la que más transformaciones ha ocasionado; entre los que enfatizan los factores demográficos, sociales, económicos y políticos, que inciden sobre el tipo de actividades a desarrollar; así como el proceso de crecimiento de las ciudades que avanzan principalmente en zonas naturales que prestan importantes servicios ambientales (Mas *et al.*, 2004). Además, la pérdida de la cobertura vegetal genera un impacto a nivel global, pues no solo altera el ciclo hidrológico, sino que produce serios problemas de erosión, salinización, pérdida de productividad primaria y disminución de la capacidad de infiltración de agua para la recarga de acuíferos (Rosas *et al.*, 2006).

El avance tecnológico como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) toman un rol importante en la evaluación y toma de decisiones en este tipo de estudios, gracias a la capacidad de manejar información espacial, la cual se da a través de análisis multitemporal, estableciendo para un territorio específico la predicción, prevención, diagnóstico, monitoreo de ciertos elementos del medio natural, así como la valoración cualitativa y cuantitativa del cambio producido en las diferentes categorías de cobertura y uso de la tierra. La teledetección consiste en el análisis de fotos aéreas e imágenes satelitales de distintas fechas, utilizando diversas herramientas, como en este caso la utilización de la metodología Corine Land Cover-CLC en un nivel III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), en el año 2013 para la detección de cambios de cobertura y uso de la tierra.

Este documento está enfocada en análisis cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Lajas, provincia de Chota, departamento Cajamarca a través de imágenes satelitales Landsat, ya que es uno de los principales temas de investigación, cuando se abordan problemas relacionados la pérdida de diversas superficies naturales que cubren el suelo, con la finalidad de proporcionar una base de información para una mejor planificación del territorio así como para la toma de decisiones de uso de los recursos naturales, suscitando la sostenibilidad a largo plazo de los mismos, que en su mayoría son afectados por actividades antrópicas.

## **1.1.OBJETIVOS**

### **1.1.1. General**

- Identificar los cambios de la cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Lajas, provincia de Chota, departamento Cajamarca por medio de imágenes satelitales de los años 1987, 2002 y 2016, utilizando la metodología Corine Land Cover y el algoritmo de máxima verosimilitud.

### **1.1.2. Específico**

- Analizar la incidencia de los factores antrópicos y naturales en los cambios de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Lajas, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, en los periodos 1987-2002, 2002-2016 y 1987- 2016.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. A nivel Internacional**

Sandoval Verdugo (2009), analizo el proceso de cambio de usos /coberturas de suelos causados por la expansión urbana en el Gran Valparaíso y ejecuto proyecciones para simular los escenarios de los años 2016 y 2025, con la finalidad de mejorar la planificación urbana, ambiental y territorial. En primer lugar, generó las coberturas de uso de suelo de los años 1989, 1998 y 2007 a través de fotointerpretación de Imágenes Satelitales LANDSAT TM. En segundo lugar, determinó las probabilidades de cambio de los usos de suelo mediante el Método de Cadenas de Markov. Estos dos resultados fueron combinados con el empleo de Automatas Celulares para la simulación de escenarios para los años 2016 y 2025. Se concluye, que la superficie urbana del Gran Valparaíso ha aumentado constantemente desde 1989 hasta el 2007, y según las simulaciones realizadas, este seguirá con tendencia creciente; ocasionando más pérdidas de sus coberturas vegetales densas y semidensas.

Según Rodríguez Eraso (2011), su estudio de cambio de cobertura y uso del suelo con énfasis en los procesos de deforestación en dos regiones contrastantes de Colombia: Andes y Guyana, entre 1985 y 2000. Para el cual usó un enfoque espacial y temporal a partir de modelos de LULCC (Land Use Land Cover Change), con el fin de analizar los patrones de deforestación, a través de los modelos de ocupación típicos de la región, comparando tasas de cambio, patrones del paisaje y efectividad de figuras de conservación. En conclusión, se pronosticó la evolución e identificación de zonas de alto riesgo de deforestación y sus desacuerdos frente a la conservación de la biodiversidad; además menciona que estos cambios de cobertura es producto de la distancia de las carreteras, así como la actividad económica, pendiente, distancia a pastos y precipitación; además estas variables dependen del tipo de bosques y la región.

Malette (2012), en su estudio del uso y el cambio en la cubierta de la tierra del bosque seco tropical del norte Chinandega, Nicaragua, del periodo 1985 a 2011, determino a través de la contaminación potencial y el análisis utilizando imágenes Landsat 5 y Landsat 7, cambios de cobertura, los mismos que eran ocasionados por el municipio rural de Nicaragua. Así mismo menciona que la deforestación en la zona comenzó antes 1985, y es desde ahí donde la cubierta ha sufrido aumentos y disminuciones; esto debido a factores socioeconómicos y a los acontecimientos históricos, también resalta la pérdida de 210,51 ha durante el período estudiado; la cual se dio por la conversión de tierras agrícolas por pastoreo, sin dejar de lado los índices de aumento de población, la perspectiva de perder lo que queda del bosque en unas pocas décadas, los riesgos naturales y la degradación ecológica.

### **2.1.2. A nivel Nacional**

Según Zorogastúa Cruz y Quiroz Guerra (2011), el estudio del bosque seco localizado en la región Piura, Perú; realizado para evaluar el cambio de la cobertura y el uso de la tierra, con imágenes del satélite LANDSAT 5 para los años 1999 y 2001, a través de una clasificación supervisada y el algoritmo de máxima verosimilitud. Los resultados se compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA con interpretación visual de imágenes LANDSAT 5 registradas entre 1986 y 1994. Esto permitió evaluar la dinámica espacio temporal de los bosques secos donde, el 38% del área del bosque seco no vario, mientras que 13% mejoró su condición y el otro 23% redujo su cobertura. Finalmente mencionan que el procesamiento digital de imágenes satelitales permite acelerar y ser más preciso en el proceso de interpretación visual para observar un ecosistema.

Nina Quispe (2015) analizo los cambios de la cobertura del suelo en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca - Arequipa, Moquegua – Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación, durante el periodo 1986 – 2010; en la que se estableció dos grandes grupos: suelos con vegetación y suelos con escasa o nula vegetación, en el primer grupo los pajonales presentan la mayor pérdida, con -55,99% y el césped de puna aumenta un 75,39% de cobertura. En el

segundo grupo, los nevados presentan la mayor pérdida de -96,29% en cambio el suelo sin o pobre vegetación aumenta a un 33,45%. El NDVI promedio muestra mayor vigor para la agricultura y monte ribereño con un 0.17, seguido de bofedal con un 0.16; sin embargo, el pajonal y tolar son los que obtuvieron más bajos valores, con tan solo un 0.02. Concluye que la relación de la temperatura y precipitación se da mayor en el tiempo húmedo y menor en el tiempo seco.

### **2.1.3. A nivel Regional**

Alcántara Boñón (2014), realizó el estudio especializado en el departamento de Cajamarca, con la metodología del Ministerio del Ambiente (R.M. N° 135-2013-MINAM), así como utilizó los softwares ENVI y ArcGIS para generar cartografía temática de cobertura y uso de la tierra para los años 2001 y 2013, obtuvo, que el cambio de cobertura fue de 599236.15 ha que representa el 18.18% y no cambio 2696027.69 ha que representa el 81.82% del área departamental, y menciona que la fragmentación se realiza en forma paulatina. Además, se identificó 47 cambios de cobertura de los cuales, el cambio de Vegetación herbácea y/o arbustiva a Áreas agrícolas heterogéneas es el que más se modificó, debido a que estos espacios han sido transformados a terrenos agrícolas destruyendo la cubierta vegetal en perjuicio de la oferta de importantes Servicios Ecosistémicos.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Teledetección**

La teledetección o teleobservación espacial o percepción remota es aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales (Chuvienco, 1990). Así tanto las tradicionales fotografías aéreas y más aún las modernas imágenes satelitales brindan la posibilidad de monitorear el ambiente, la distribución de los recursos naturales, la variación espaciotemporal del uso de la tierra, la evolución de inundaciones, sequías, incendios; con una reducción del trabajo de campo y con disponibilidad de datos muchas veces poco o nada accesibles para el hombre. De esta manera constituye la principal fuente de actualización para los SIG. En cualquier sistema de teleobservación están presentes los siguientes elementos: el sensor, el objeto a detectar, el flujo energético que permite la relación entre ambos, y la atmósfera (Chuvienco, 1990).

### **2.2.2. Tierra**

La tierra es la base para la agricultura y otros usos de tierra en el área rural, comprendiendo suelos, clima, vegetación, topografía y otros recursos naturales. La FAO (1995), lo detalla como la superficie terrestre del planeta tierra, que comprende todos los atributos de la biósfera inmediatamente sobre o debajo de esta superficie incluyendo aquellos del clima cercano a la superficie, las formas del suelo y terreno, la hidrología superficial (incluyendo lagos someros, ríos, ciénagas y pantanos), las capas sedimentarias cercanas a la superficie y las reservas de agua subterránea asociadas, la población de plantas y animales, el diseño de asentamientos humanos y los resultados físicos de actividad humana pasada y presente. Según esta definición, la tierra incluye el efecto de su uso pasado por parte del hombre y se define por y con respecto al uso hipotético que intenta hacer el hombre de ella, desde el momento de la definición (Richters, 1995).

### **2.2.3. Uso de la tierra**

Conforme a Seingier *et al.* (2009) el uso de la tierra es el conjunto de actividades que el ser humano desarrolla en relación con cierto tipo de cobertura, y está asociado con los fines sociales y económicos. Se caracteriza por los arreglos, las actividades y los insumos de la población para producir, cambiar o mantener un cierto tipo de cobertura de la tierra (Di Gregorio y Jansen, 1998). El uso de la tierra definido de esta manera establece un vínculo directo entre la cobertura de la tierra y las acciones que la población realiza.

### **2.2.4. Cobertura de la tierra**

Algunos autores como Meyer y Turner, (1994); Moser (1996); Briassoulis (1999), citados por Andana y Bosque (2008), definen a la cobertura como la cantidad y tipo de cubiertas vegetales, cuerpos de aguas, materiales terrestres y las infraestructuras humanas existentes sobre la superficie terrestre.

Para la clasificación se inicia, por categorías de uso de la tierra, de una parcela dentro de un espacio geográfico delimitado para el propósito de análisis, y la cual se obtiene a partir de la interpretación de información proveniente de los sensores remotos (Briceño, 2003).

### **2.2.5. Causas del cambio del uso actual de la tierra**

Las modificaciones del uso actual de la tierra pueden ocurrir de manera natural, como en un proceso de sucesión, variaciones climáticas, erupciones volcánicas, huracanes, o pueden ser de tipo antropogénicos, entre los que destacan los factores demográficos, sociales, económicos y políticos. Estos cambios modifican un lugar con diferente intensidad de acuerdo con el caso, pero la intervención humana es la que ha producido mayores transformaciones sobre la superficie terrestre. Las consecuencias generales se ven reflejadas en cambios de cobertura vegetal y uso del suelo que traen consigo efectos que empobrecen el acervo biológico y cultural (Lambin y Turner, 2001).

Las coberturas pueden estar sometidas a dos tipos de procesos que las alteran: la conversión y la modificación. Según Ramankutty *et al.* (2006), la conversión corresponde al reemplazo total de un tipo de cobertura por otro,

mientras que las modificaciones son cambios más sutiles que afectan su carácter, pero mantienen su clasificación general. Las causas del cambio en el uso y la cobertura de la superficie terrestre pueden ser directas o indirectas. Las directas son las acciones inmediatas sobre las coberturas que actúan a escala local y se relacionan por lo general con la expansión agrícola, la extracción de madera y la construcción de infraestructura; mientras las indirectas están formadas por un conjunto de variables sociales, políticas, económicas, demográficas, tecnológicas, culturales y biofísicas, que se pueden originar en las escalas regional y global (Geist *et al.*, 2006).

#### **2.2.6. El tiempo y el efecto en el uso de la tierra**

El tiempo influye en el uso de la tierra ocasionando la disminución de la vegetación (asociada frecuentemente con la sobreexplotación) además, puede ocasionar diversas alteraciones en una región, tales como la reducción de la recarga de mantos acuíferos, el incremento de la tasa de erosión, el aumento de la tasa de azolve de presas y lagos, el aumento de inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos y el cambio de las condiciones climáticas locales (Maser, 1996 y Ordóñez *et al.*, 2000).

#### **2.2.7. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra**

El análisis multitemporal permite reconocer la descripción total del área de estudio y localizar la dinámica de las coberturas entre diferentes fechas de referencia, analizando los cambios del medio natural o las consecuencias de las actividades antrópicas sobre ese medio (Chuvienco, 1996). En consecuencia, al comparar imágenes satelitales procesadas podemos observar y determinar las ganancias o pérdidas de cobertura del suelo de un área establecida para un tiempo determinado.

### **2.2.8. Sistemas de información geográfica**

Los SIG por sus siglas en inglés (Geographic Information System) son un Sistema de Información diseñado para trabajar con datos referenciados por coordenadas espaciales o geográficas y sus correspondientes datos no espaciales. Es un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptivos) de acuerdo con especificaciones y requerimientos concretos (Navarro, 2011).

Según Rodríguez (2011), menciona que, debido a los avances tecnológicos y a la introducción de los Sistemas de Información Geográfica, para el manejo de la información espacial, es necesario definir la escala, como punto de partida para el análisis en una investigación. Es común, referirse a las escalas numéricas enteras en los mapas análogos, fotografías e impresiones, para facilitar la conversión de medidas respecto al terreno real; en tanto que los sistemas indican la escala digital y las conversiones son automáticamente suministradas por él.

### **2.2.9. Sistemas de clasificación de cobertura de la tierra.**

Una clasificación describe el esquema sistemático con los nombres de las clases, los criterios utilizados para distinguirlos y la relación entre clases. Un factor crítico en la implementación de este tipo de actividades globales es la disponibilidad de un sistema de clasificación de la cobertura de la tierra que sea común o estándar y armonizado, que provea una base confiable para la interacción entre las actividades cada vez más crecientes de mapeo y monitoreo de la cobertura de la tierra tanto a nivel nacional, regional y global (Anderson *et al.*, 2001; FAO, 2005; Di Gregorio *et al.*, 1998; INTA, 2005; Volante, 2007 y Miner Vega, 2011 citados por Salvatierra y Posada, 2015 ).

### **2.2.9.1. Corine Land Cover adaptada para Perú**

La metodología Corine Land Cover se engloba dentro del Programa CORINE (Coordination of Information of the Environment), el cual inicia el 27 de junio de 1985, y en virtud de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea, pasa a ser responsabilidad de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en el año 1995. Este proyecto tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos europea a escala 1:100.000 sobre la cobertura y/o uso del territorio (ocupación del suelo) (Valencia y Anaya, 2009).

La base de datos de Corine Land Cover (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, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas (Melo y Camacho, 2007).

El proyecto “Corine Land Cover” adaptada por los países que conforman la Comunidad Andina de Naciones (CAN) que viene a ser una organización subregional con personalidad jurídica internacional. Está formada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela y por los órganos e instituciones del Sistema Andino de Integración (SAI) (CAN, 2012).

En Perú, en el año 2013 se promulgó la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM que aprueba los instrumentos técnicos sustentatorios del ordenamiento territorial dentro de los cuales se incorpora un nuevo instrumento denominado Estudios Especializados (EE), los que están orientados a complementar la información de la ZEE en los aspectos dinámicos del territorio y aportan a la elaboración del Diagnóstico Integrado del Territorio (DIT) y elaboración del plan de ordenamiento Territorial (POT). Uno de los estudios especializados cuyas pautas se desarrollan en la mencionada norma es el Estudio de las Dinámicas de Cambio de la Cobertura y Uso de la Tierra, con lo cual se contribuye de manera firme a la consolidación de esta temática como instrumento para la planificación territorial. Actualmente, el MINAM a través de la Dirección General de Ordenamiento territorial viene dando asistencia técnica a los gobiernos regionales en la aplicación de los protocolos y leyenda de Coberturas (CORIN), logrados a través de la ejecución del proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Cobertura

Andina (Arnillas *et al.*, 2012). En el Anexo 1. se detalla de la propuesta de la leyenda de Cobertura de la Tierra para Perú.

#### **2.2.10. Imágenes satelitales**

Según Harald (1997) indica, que una imagen en forma genérica es una representación en 2 dimensiones de un objeto de 2 o 3 dimensiones. Esta representación puede ser definida por colores o diferentes niveles de gris. Esta puede ser obtenida por muchos medios, ya sea un sensor electrónico o radar mientras que fotografías se refieren a una imagen que fue obtenida sólo mediante medios fotográficos sobre un film.

Las imágenes de satélite pueden cubrir un importante campo de aplicación, dada la posibilidad que tienen para observar los cambios ocurridos en la vegetación y la capacidad de estos sensores de poder representar periódicamente un área geográfica determinada (Treviño, 2001).

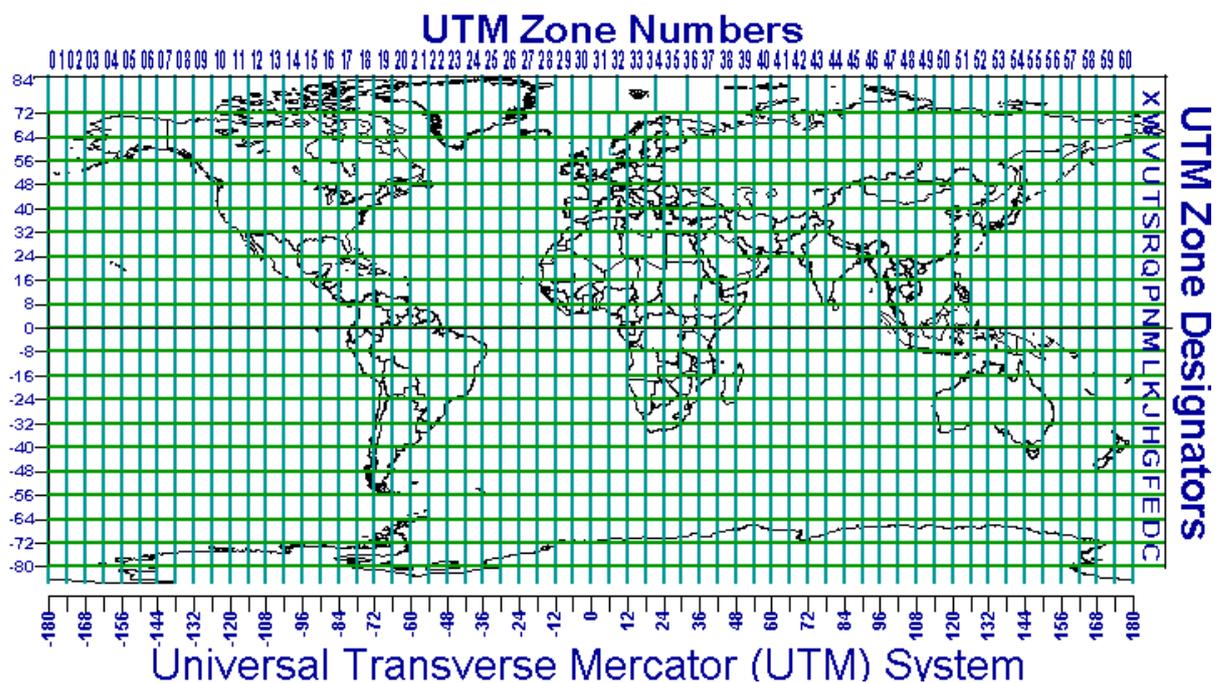
#### **2.2.11. Sistema de referencia**

Los sistemas de referencia terrestres o fijos a la Tierra se utilizan para determinar coordenadas de puntos sobre la superficie terrestre o en sus proximidades. Por tanto, al igual que la Tierra, están en continua rotación. Estos sistemas pueden ser fácilmente relacionados con el campo gravitatorio. De esta forma, permiten establecer sistemas de coordenadas intuitivos, en los que se describen los movimientos tal y como se producen ante nuestros ojos. Estos sistemas asignan dos coordenadas para los desplazamientos planimétricos sobre la superficie terrestre y una tercera para definir la separación respecto a ésta (Benitez y García-Asenjo, s/f)

##### **2.2.11.1. UTM (Universal Transversa Mercator)**

Franco Antonio (2000), indica que la Tierra tiene 60 zonas o husos UTM. Cada zona UTM está dividida en 20 bandas (desde la C hasta la X) Las bandas C a M están en el hemisferio sur Las bandas N a X están en el hemisferio norte. Una regla útil es acordarse de que cualquier banda que esté por encima de N (de norte) está en el hemisferio norte. Las primeras 19 bandas (C a W) están separadas o tienen una altura de 8° cada una. La banda 20 o X tiene una altura

de 12°. En la siguiente figura se muestra a mayor detalle. Además, cada zona UTM tiene como bordes o tiene como límites dos meridianos separados 6°. Esto crea una relación entre las coordenadas geodésicas angulares tradicionales (longitud y latitud medida en grados) y las rectangulares UTM (medidas en metros) y permite el diseño de fórmulas de conversión entre estos dos tipos de coordenadas. La línea central de una zona UTM siempre se hace coincidir con un meridiano del sistema geodésico tradicional, al que se llama Meridiano Central. Este meridiano central define el origen de la zona UTM.



**Figura 1.** Características UTM de la tierra.

**Fuente:** Tomado de Dana Peter, 1994 citado por Franco Antonio, 2000.

### 2.2.11.2. WGS 84 (World Geodetic System 1984)

Para Fernández Coppel (2001) el empleo de nuevas técnicas de posicionamiento, en especial la constelación GPS, (Sistema de Posicionamiento Global, creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD)) se hace necesario disponer de un sistema para posicionar una situación geográfica con referencia a un Datum Universal con cobertura en toda la superficie terrestre, evitándose así la “territorialidad” del resto de los Datum existentes. Para ello fue creado en sistema WGS, (world

geodetic system, Sistema Geodésico Mundial), con el primer sistema denominado WGS-74, revisado y modificado, estando actualmente vigente y en uso el sistema WGS 84. Las coordenadas que se obtienen de la constelación de satélites pueden ser cartesianas en el espacio respecto al centro de masas de la Tierra (X, Y, Z) o geodésicas ( $\lambda, \omega, h$ ). El sistema de referencia tiene las siguientes características:

- **Origen (0,0,0)** Centro de Masas de la Tierra.
- **Eje Z** paralelo al polo medio
- **Eje X** Intersección del meridiano de Greenwich y el plano del ecuador
- **Eje Y** perpendicular a los ejes Z y X, y coincidente con ellos en el Centro de Masas terrestre.

Esta constelación es empleada en métodos de captura de datos Topográficos y sobre todo en navegación Aérea y Marítima. Por ello es usual encontrarse en la cartografía la correspondencia entre el Datum WGS 84. (Fernández Coppel 2001).

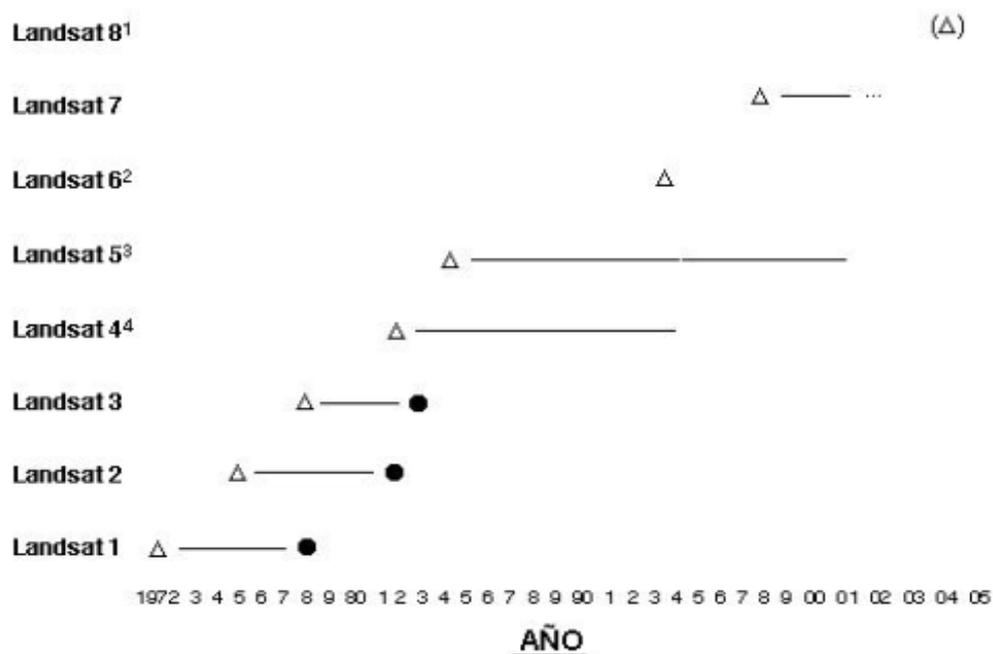
### **2.2.12. Interpretación de imágenes satelitales**

Para García Meléndez (2007) menciona que, en una imagen de satélite se ven varios objetos de diferentes tamaños y formas, algunos de ellos se identifican correctamente mientras que otros no dependiendo de las percepciones individuales y de la experiencia del intérprete, que puede realizar un reconocimiento directo y espontáneo de un objeto o fenómeno (porque es conocido por el intérprete) o la utilización de un proceso de razonamiento en el que se utiliza el conocimiento profesional y la experiencia para identificar un objeto. En ocasiones este razonamiento no es suficiente para la interpretación correcta, siendo necesario el trabajo de campo.

### **2.2.13. Satélite Landsat**

Antes de 1972, la idea de utilizar datos de satélite para la vigilancia terrestre, la cartografía o la exploración era un concepto visionario. Hecho que da origen al Programa Landsat, el cual se constituye en una serie de misiones de observación de la tierra por satélite gestionadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). El programa Landsat ha

revolucionado la forma de ver y estudiar nuestro planeta. Esta serie de datos, que se inició en 1972, es la más larga de la historia y continúa registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la cubierta de la tierra con una resolución moderada; de manera general cada pixel en su imagen tiene un tamaño con el que se podría cubrir un campo de béisbol. En la actualidad el programa se encuentra en su octava versión denominada: “Landsat Data Continuity Mission” (LDCM) es el octavo satélite de observación de la serie Landsat y continuará el legado de archivo de los anteriores satélites, convirtiéndose de esta manera en el futuro de los satélites de observación de la tierra de mediana resolución con más historia. Este programa amplía, mejora y avanza en el registro de imágenes multispectrales, manteniendo la misma calidad de sus siete predecesores (Ariza, 2013).



**Figura 2.** Cobertura histórica del satélite Landsat

**Fuente:** Fernández Coppel y Herrero Llorente 2001.

## 2.2.13.1. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat

### 2.2.13.1.1. Landsat 5

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 (INEGI, s.f.)

**Tabla 1.** Características del Landsat 5.

Modo espectral	Resolución espacial (m)	Resolución espectral (micras)	Resolución radiométrica	Resolución temporal
Multiespectral	30	Banda 1 azul: 0.45- 0.52	8 bits	16 días
		Banda 2 verde: 0.52 – 0.60		
		Banda 3 roja: 0.63 – 0.69		
		Banda 4 infrarrojo cercano 1: 0.76 – 0.90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2: 1.55 – 1.75		
		Banda 7 infrarrojo medio: 2.08 – 2.35		
Termal	120	Banda 6 Infrarrojo térmico: 10.4 – 12.5		

**Fuente:** Adaptado de Dirección General de Geografía y Medio Ambiente (INEGI), s.f.

### 2.2.13.1.2. Landsat 7

Landsat 7 fue diseñado para una vida útil de 5 años y tiene la capacidad de recolectar, así como transmitir hasta 532 imágenes por día. Se encuentra en una órbita Heliosincrónica, que significa que pasa siempre a la misma hora por un determinado lugar. Tiene visión de toda la superficie terrestre en un lapso de tiempo de 15 días, y realiza 232 órbitas. El peso del satélite es de 1973 Kilogramos, mide 4.04 metros de largo, y 2.74 metros en diámetro. A diferencia de sus antecesores, Landsat 7 posee una capacidad de almacenamiento de 378 gigabytes, equivalente alrededor a 100 imágenes. El instrumento esencial a bordo del satélite es el Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) (INEGI, s.f.).

**Tabla 2.** Características del Landsat 7.

Modo espectral	Resolución espacial (m)	Resolución espectral (micras)	Resolución radiométrica	Resolución temporal
Multiespectral	30	Banda 1 azul: 0.45- 0.52	8 bits	16 días
		Banda 2 verde: 0.53 – 0.61		
		Banda 3 roja: 0.63 – 0.69		
		Banda 4 infrarrojo cercano 1: 0.78 – 0.90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2: 1.55 – 1.75		
		Banda 6 infrarrojo medio : 2.09 – 2.35		
Pancromática	15	Banda 8 pancromática: 0.52 – 0.90		

**Fuente:** Adaptado de Dirección General de Geografía y Medio Ambiente (INEGI), s.f.

### 2.2.13.1.3. Landsat 8

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, 2013).

**Tabla 3.** Características del Landsat 8.

Landsat8	Banda	longitud de onda (micrómetros)	Resolución espacial (m)
<b>Operational</b>	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
<b>Land Imager</b>	Banda 2 - Azul	0.45-0.51	30
<b>(OU) and</b>	Banda 3 - Verde	0.53-0.59	30
<b>Thermal</b>	Banda 4- Rojo	0.64 - 0.67	30

<b>Infrared Sensor (TIRS)</b>	Banda5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6- SWIR 1	1.57-1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11-2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9-Cirrus	1.36-1.38	30
	•Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60-11.19	100
	•Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50-12.51	100

**Fuente:** Tomado de USGS,2013

## **2.2.14. Resolución de un sensor**

La resolución de un sensor es su habilidad de poder registrar información en detalle de las distintas cubiertas, esta resolución depende de la capacidad que tienen los sensores para distinguir variaciones de la energía electromagnética, del detalle espacial que captura y del número y ancho de las bandas que alberga (Lillesand, 2000 y Chuvieco, 1996).

### **2.2.14.1. Resolución espacial**

Es el mínimo detalle espacial (píxel) que registra un sensor, este depende del sistema óptico del sensor y de la altitud de la plataforma (Lillesand, 2000 y Chuvieco, 1996) El tamaño que presenta el píxel en una escena es variable incrementándose conforme nos alejamos del punto nadir (UNCPBA, 2012).

### **2.2.14.2. Resolución espectral**

La resolución espectral indica el número y ancho de las bandas en las que el sensor puede captar radiación electromagnética. Entre más bandas incluya un sensor será mejor, puesto que cada banda constituye una variable la cual sirve para caracterizar la superficie captada. Asimismo, para que su poder discriminante se incremente es preferible que estas bandas sean estrechas. Si las bandas son muy anchas van a recoger valores promediados que ocultarán elementos de diferenciación (UNCPBA, 2012).

### **2.2.14.3. Resolución radiométrica**

Es la capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe, indicada por los niveles de gris recogidos indicando la sensibilidad del sensor, en otras palabras, es la propiedad de discriminar entre pequeñas variaciones la radiación que capta. Cuanto mayor sea la precisión radiométrica mejor será la interpretación y suele expresarse mediante el número de bits necesarios que se precisan para almacenar cada píxel. Por otro lado, los niveles de grises de una imagen están definido por la siguiente ecuación:  $2^{(n)} = \text{Número de niveles de Grises}$ , siendo n el número de bits en una imagen (Lillesand, 2000; Chuvieco, 1996 y UNCPBA, 2012).

### **2.2.14.4. Resolución temporal**

Es una medida de la frecuencia con la que un satélite es capaz de obtener imágenes de una determinada área, también se le denomina intervalo de revisita; las altas resoluciones temporales son significativas en el monitoreo de eventos que cambian en períodos relativamente cortos, como inundaciones, incendios, calidad del agua en el caso de contaminaciones, desarrollo de cosechas, etc. Asimismo, en áreas con cubiertas nubosas casi constantes como por ejemplo las selvas tropicales, períodos cortos de visita, es decir altas resoluciones temporales, aumentan la probabilidad de obtener imágenes satisfactorias (Bense, 2007).

### **2.2.14.5. Resolución angular**

Es la capacidad que tiene un sensor para tomar imágenes oblicuas, permitiendo no solamente cortar los ciclos temporales de recubrimiento, sino que también posibilita la generación de imágenes estereoscópicas y por tanto la reconstrucción del relieve (Pérez Gutiérrez y Muñoz Nieto, 2006).

### **2.2.15. Realces y mejoramiento visual de la imagen satelital**

Los procesos de realce de imágenes son una serie de técnicas cuyo objetivo es mejorar la apariencia visual de una imagen, ya sea en contraste, ruido, escala de grises, distorsiones, luminosidad, falta de nitidez, etc., o bien convertir o mapear la imagen a una mejor forma para su análisis siendo su principal objetivo procesar una imagen de tal manera que el resultado obtenido sea el apropiado para

una aplicación específica, generalmente estas técnicas de realce se usan a menudo para la extracción de elementos, estudio y localización de áreas que cumplen determinados criterios y derivación de información útil de las imágenes; por otra parte estas dependen de los datos originales, el objetivo de las expectativas del usuario y la experiencia del usuario (Escalante, 2006).

Las operaciones que componen la técnica de realce pueden dividirse en dos tipos: a) Radiométrico - Operaciones de procesamiento puntual o pixel por pixel, estas tienden a mejorar el contraste tonal en la imagen, esto es, la diferencia entre los valores más oscuros y más claros que se visualizan en un monitor; y b) Geométrico - Operaciones de procesamiento por grupo de píxeles o sobre vecindades que mejoran el contraste espacial en la imagen, es decir, la diferencia entre el valor digital de brillo de un determinado pixel y el de sus vecinos. Pretenden suavizar o reforzar estos contrastes espaciales de forma tal que, los valores de brillo en cada pixel de la imagen se asemejen o diferencien más de los correspondientes a los píxeles que los rodean. Estos tratamientos se pueden realizar mediante dos formas: la primera mediante el cambio de escala o de la resolución de la imagen, con lo cual nos modifica el tamaño del píxel o la segunda mediante la aplicación de filtros, con ello se operan los niveles digitales del píxel en cuestión y también los de su alrededor (García *et al.*, 2013).

#### **2.2.16. 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, las deformaciones más frecuentes pueden agruparse en 4 grupos según (Chuvieco, 2010).

- Distorsiones ordinarias por la plataforma
- Distorsiones provocadas por la rotación terrestre
- Distorsiones por el sensor
- Distorsiones provocadas por la atmosfera

Estas distorsiones, deben ser comprendidas para procesar los datos adecuadamente para posteriores análisis e interpretaciones. Consecuentemente la radiancia registrada por el sensor no es una representación exacta de la radiancia efectivamente reflejada por las coberturas. Esto significa que la imagen adquirida en formato numérico presenta una serie de anomalías con respecto a la escena real detectada. Estas anomalías están en la localización de los píxeles que componen la matriz de datos. Las operaciones de corrección pretenden minimizar estas alteraciones. Como producto se obtiene una imagen corregida que es lo más próximo posible, geométrica y radiométricamente, a la verdadera energía radiante y características espaciales del área de estudio (APN, 2005 y Gonzaga, 2014).

#### **2.2.16.1. Corrección geométrica**

Este proceso corrige los desplazamientos y distorsiones geométricas presentes en una imagen, causados por la inclinación del sensor (posición del sensor en el momento de la toma), la influencia del relieve y los errores sistemáticos asociados con la imagen, esta parte del proceso es determinante pues tiene implicaciones directas en la precisión de la posición de los resultados a obtener en el procesamiento, y en el caso de estimación de cambios entre coberturas garantiza que los cambios reportados entre dos imágenes de la misma zona y distintas fechas, se deban a cambios en las coberturas de la Tierra detectadas durante el periodo establecido, y no a diferencias en la posición de las imágenes en el periodo de análisis (IGAC, 2008).

#### **2.2.16.2. Corrección radiométrica**

Una vez que la radiación electromagnética es generada y se propaga, interactúa con la atmósfera afectando a la radiación en su longitud de onda, intensidad, distribución espectral y/o su dirección. Hay dos tipos de efectos que produce la atmósfera: absorción y dispersión. El ruido introducido por la atmósfera tiene efectos importantes en la teledetección y su remoción es necesaria (APN, 2005 y Gonzaga, 2014). El cual se efectuará según modelos matemáticos que ligarán el valor registrado del ND con los valores reales existentes del objeto sobre el terreno (proceso de calibración). Los errores

producidos por el sensor se solventarán conociendo los datos de calibración radiométrica del mismo (Arozarena, 2001).

### **2.2.16.3. Corrección atmosférica**

Elimina los efectos atmosféricos y del terreno para recuperar los parámetros físicos de la superficie terrestre incluyendo la reflectancia de la superficie, la visibilidad del suelo y la temperatura. Dicha corrección es especialmente importante en casos en donde es necesario comparar y analizar imágenes de diferentes fechas y una multiplicidad de sensores y condiciones (Geomatica, 2013).

### **2.2.17. Análisis de las imágenes**

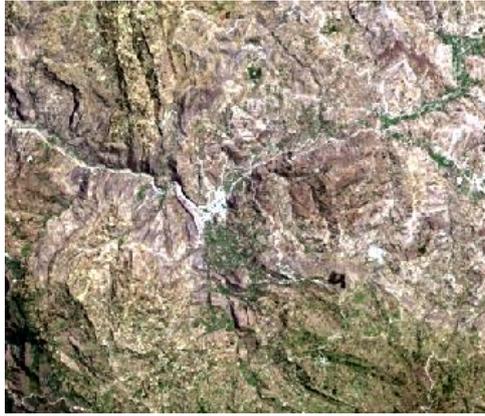
Según Fernández Coppel y Herrero Llorente (2001) para realizar un análisis visual de imágenes se realiza empleando tres bandas del sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores, empleados en informática, monitores RGB; red, Green y blue - Rojo/Verde/Azul, con los que, por combinación de estos tres colores básicos, se construyen el resto de los colores. Los monitores RGB brindan la posibilidad de enviar en cada uno de ellos una de las bandas del sensor, combinándose en nuestra pantalla y dando distintos colores y tonos. Estos colores y tonos se emplean para analizar visualmente la imagen, combinando las bandas, de manera que se da un primer acercamiento al contenido de la imagen. Las combinaciones de colores se emplean para discriminar Geología de la imagen, Usos del suelo de la imagen, Morfología Urbana, etc.

#### **2.2.17.1. Combinación de bandas**

Los niveles de reflectancia espectral en cada banda registrada por el sensor aportan datos de fundamental importancia para la interpretación de una imagen. Según esto Flores Velázquez *et al.* (2016) describen las bandas (longitudes de onda) de acuerdo a las aplicaciones más comunes, estas bandas fueron elegidas especialmente para el monitoreo de vegetación a excepción de la banda 7 que se agregó para aplicaciones geológicas.

- a. **Banda 1:** (0,45 a 0,52 micrones - azul -) Diseñada para penetración en cuerpos de agua, es útil para el mapeo de costas, para diferenciar entre suelo y vegetación y para clasificar distintos cubrimientos boscosos, por ejemplo, coníferas y latifoliadas. También es útil para diferenciar los diferentes tipos de rocas presentes en la superficie terrestre.
- b. **Banda 2:** (0,52 a 0,60 micrones - verde -) Especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia (o radiancia) verde. También es útil para diferenciar tipos de rocas y, al igual que la banda 1, para detectar la presencia o no de limonita.
- c. **Banda 3:** (0,63 a 0,69 micrones - rojo -) Es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. También sirve en la diferenciación de las distintas rocas y para detectar limonita.
- d. **Banda 4:** (0,76 a 0,90 micrones - infrarrojo cercano -) Es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación de cuerpos de agua y para la clasificación de las rocas.
- e. **Banda 5:** (1,55 a 1,75 micrones - infrarrojo medio -) Indicativa del contenido de humedad de la vegetación y del suelo. También sirve para discriminar entre nieve y nubes.
- f. **Banda 6:** (10,40 a 12,50 micrones - infrarrojo termal -) El infrarrojo termal es útil en el análisis del stress de la vegetación, en la determinación de la humedad del suelo y en el mapeo termal.
- g. **Banda 7:** (2,08 a 2,35 micrones - infrarrojo medio -) Especialmente seleccionada por su potencial para la discriminación de rocas y para el mapeo hidrotermal. Mide la cantidad de hidróxilos (OH) y la absorción de agua.

Según las bandas que utilizamos para los colores rojo, verde y azul (RGB) el color verdadero se obtiene para el landsat 5 y 7 con la banda 321, para el landsat 8 con la banda 432.



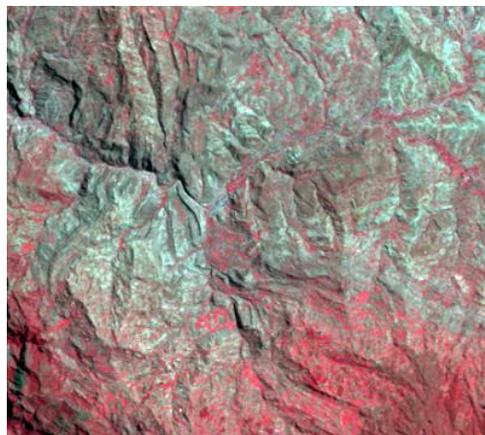
**Figura 3.** Color verdadero del distrito de Lajas año 2016 bandas 432

Para diferenciar el color falso (ciudades) se utilizó en el landsat 5 y landsat 7 las bandas 753 y en el landsat 8 las bandas 764



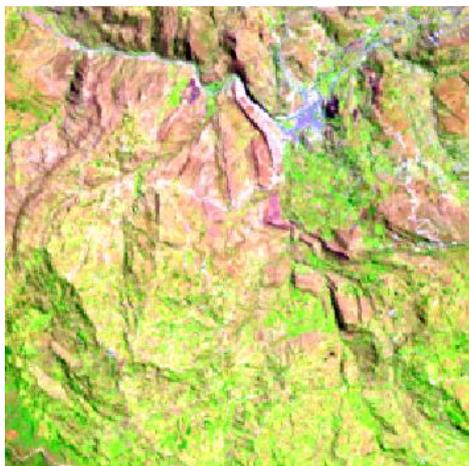
**Figura 4.** Color falso (ciudad) del distrito de Lajas año 2002 bandas 753

Para diferenciar el color infrarrojo (vegetación) se utilizó en el landsat 5 y landsat 7 las bandas 432 y en el landsat 8 las bandas 543



**Figura 5.** color infrarrojo (vegetación) del distrito de Lajas año 1987 bandas 432

Para diferenciar agricultura se utilizó en el landsat 5 y landsat 7 las bandas 541 y en el landsat 8 las bandas 652



**Figura 6.** Agricultura del distrito de Lajas año 2016 bandas 652

#### **2.2.18. Índice normalizado diferencial de la vegetación**

Para Meneses Tovar (2011), el Índice normalizado diferencial de la vegetación (NDVI) parte de la premisa que representa un indicador de la salud vegetación del ecosistema, es decir la medida su verdor, quedaría reflejada en el valor más reducido, del NDVI. Por consiguiente, determinando la relación entre la magnitud de un indicador de varios ecosistemas forestales (la biomasa aérea) más dilatados entre 5 a 25 años.

#### **2.2.19. Modelo de elevación digital**

Modelo Digital de Elevación (MDE) está referida a una representación 3D de las elevaciones del terreno mediante valores numéricos, generalmente esta representación es una forma simplificada de la geometría de la superficie del terreno y consiste en una serie de puntos con coordenadas conocidas referenciadas a un sistema de coordenadas bidimensionales a las que se les asocia un valor de elevación (AVSAN, 2015).

#### **2.2.20. Random Forest**

Random Forest es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información (Breiman, 2001 citado por Arnillas *et al.*, 2012). 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 (Arnillas *et al.*, 2012).

### **2.2.21. Técnicas de clasificación de imágenes satelitales**

Según Monterroso Tobar (2014), las técnicas de clasificación de imágenes son un conjunto de métodos automáticos que podemos clasificar o agrupar en dos técnicas.

#### **2.2.21.1. Clasificación Supervisada**

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 al 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 (Monterroso Tobar, 2014).

La clasificación supervisada requiere de cierto conocimiento previo del terreno y de los tipos de coberturas presentes en el área de estudio, para lo que se realiza, en el mejor de los casos, una combinación de trabajo de campo, de análisis de fotografías aéreas, mapas e informes técnicos, así como referencias profesionales y locales (Posada, 2008).

#### **2.2.21.2. Clasificaciones no Supervisadas**

Para Monterroso Tobar (2014), la influencia que puede ejercer el operador es prácticamente nula, más allá de seleccionar el algoritmo de clasificación que va a utilizarse.

Aunque los métodos de clasificación no supervisada son válidos de por sí para establecer una separación categórica dentro de un área de estudio, es habitual que se empleen como soporte a métodos de clasificación supervisada.

Mediante estos métodos se obtiene una primera división, que puede utilizarse posteriormente bien sea para la definición de zonas de entrenamiento o bien para operaciones más complejas como la segmentación de imágenes (Olaya, 2007).

### 2.2.22. 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 (Bense, 2007).

### 2.2.23. Índice kappa

La exactitud total de una clasificación puede ser evaluada a través de un estimador del coeficiente de Kappa ( $K'$ ), una técnica discreta multivariada que determina estadísticamente si una matriz de error es significativamente diferente de otra. El coeficiente es una medida de la concordancia o exactitud basada en las diferencias entre los datos de la clasificación y los de referencia, comparada con la exactitud proveniente de una clasificación debida al azar (Congalton y Green, 1999).

**Tabla 4.** Escala de valores Índice Kappa

<b>Kappa</b>	<b>Grado de acuerdo</b>
< 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:** Tomado de Cohen, 1960

#### **2.2.24. Matriz de confusión**

También se llama tabla de contingencia. Es de tamaño  $n*n$ , siendo  $n$  el número de clases. El número de instancias clasificadas correctamente es la suma de los números en la diagonal de la matriz; los demás están clasificados incorrectamente (Benítez, 2011).

#### **2.2.25. Porcentaje correctamente clasificado**

Se calcula dividiendo el número total de píxeles correctamente clasificados por el número total de píxeles de referencia y expresándolo como porcentaje.

## CAPÍTULO III

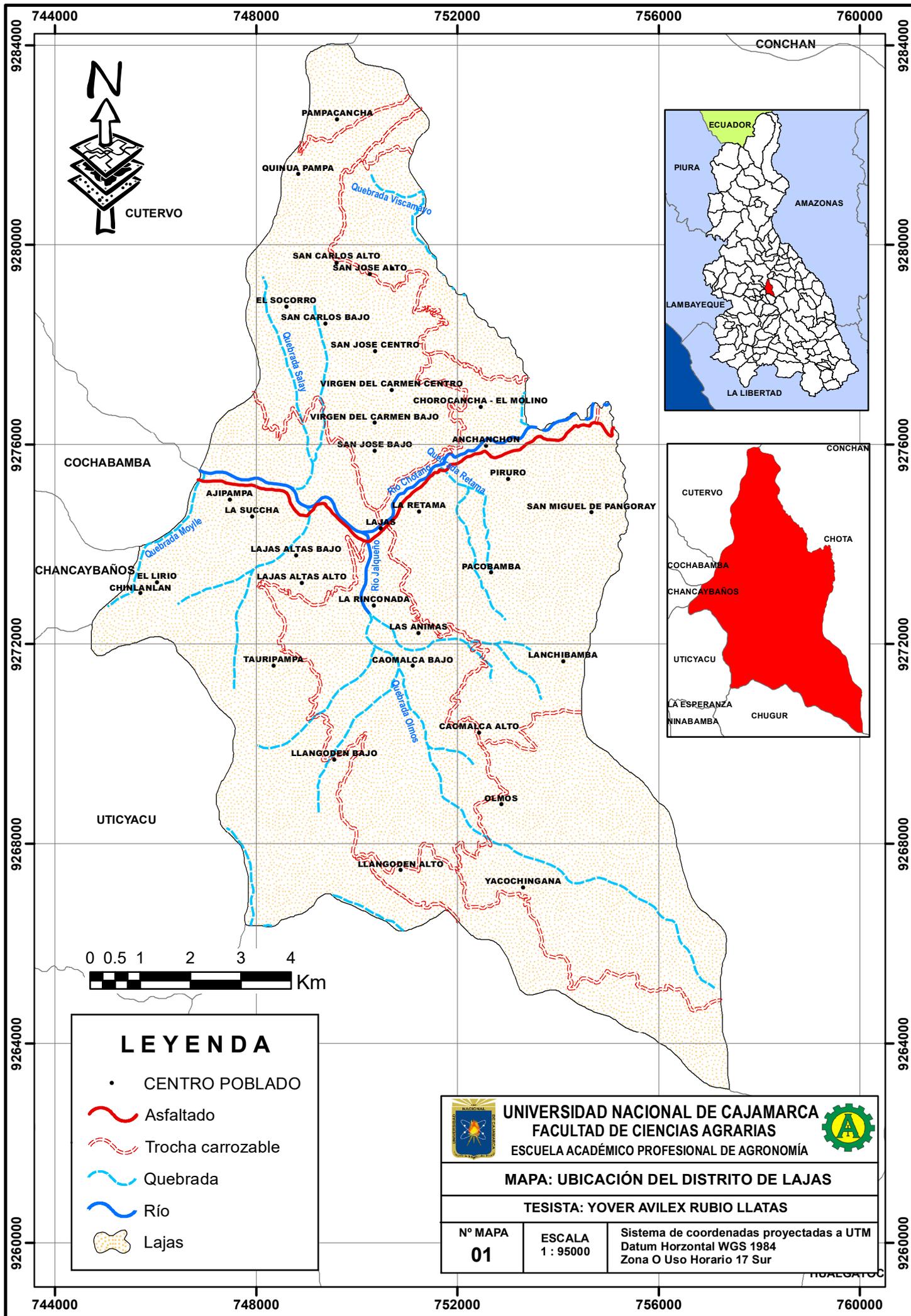
### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción general del distrito de Lajas

##### 3.1.1. Ubicación

El distrito de Lajas es uno de los diecinueve distritos pertenecientes a la provincia de Chota, departamento de Cajamarca, limita al norte con los distritos de Chigrip (Chota) y Cutervo, por el oeste con los distritos de Utiyacu (Santa Cruz) y Cochabamba (Chota), por el sur con el distrito de Chugur (Hualgayoc), y al este con el distrito de Chota. Geográficamente la zona de estudio se ubica en la vertiente del Atlántico entre las coordenadas 744712 y 757400 m. Este y 9263073 y 9284033 m. Norte; su altitud oscila entre 2043 hasta 3648 msnm. cuenta con un área de 12110.14 ha.

**Mapa 1.** Ubicación del distrito de Lajas



CUTERVO



**LEYENDA**

- CENTRO POBLADO
- Asfaltado
- Trocha carrozable
- Quebrada
- Río
- Lajas

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA		
<b>MAPA: UBICACIÓN DEL DISTRITO DE LAJAS</b>		
TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS		
Nº MAPA <b>01</b>	ESCALA 1 : 95000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur

### 3.1.2. Aspectos demográficos

De acuerdo a los censos de población y vivienda conseguidos a partir del INEI, para el distrito de Lajas muestran los siguientes resultados.

**Tabla 5.** Población del distrito de Lajas obtenido de los censos de Población y Vivienda de los años 1981, 1993 y 2007.

<b>Código</b>	<b>Censos nacionales de población y vivienda</b>	<b>Población total</b>
60609	Censos nacionales 1981. VIII de población y III de vivienda	11031
60410	Censos nacionales 1993. IX de población y IV de vivienda	13940
60410	Censos nacionales 2007. XI de población y VI de vivienda	12734

**Fuente:** Adaptado de INEI (1981, 1993 y 2007)

#### 3.1.2.1. Población Urbana y rural

Para la población urbana y rural se tomó en cuenta los datos obtenidos de los censos del INEI.

**Tabla 6.** Población urbana y rural para el distrito de Lajas año 2007.

<b>Población censada</b>	<b>Número de habitantes</b>
Urbana	2064
Rural	10670

**Fuente:** Tomado de INEI, 2007.

### **3.1.3. Regiones naturales del distrito de Lajas**

Según a la clasificación de las regiones naturales del Perú presentado por Javier Pulgar Vidal (1967), el distrito de Lajas presenta tres regiones naturales. Como se muestra en el anexo 2.

#### **3.1.3.1. Yunga**

Comprende los niveles altitudinales desde 500 hasta 2300 msnm. (Pulgar Vidal, 1967). Esta región natural, está representada por los caseríos de Lajas, Anchanchon El Paraíso, La Retama, Lajas Altas Bajo, La Rinconada, Churucancha El Molino, Ajipampa, San José Bajo, en donde encontramos pendientes nulas o casi a nivel, ligeramente inclinada, ligeramente inclinada a moderadamente empinada y empinada, predominando la pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada, y en menor proporción nula a casi a nivel.

#### **3.1.3.2. Quechua**

Comprende los niveles altitudinales desde 2300 hasta 3500 msnm. (Pulgar Vidal, 1967). Esta región natural, está representada por los caseríos Piruro, Lajas Altas Alto, San Miguel De Pangoray, Virgen Del Carmen Bajo, La Succha, Pacobamba, Cadmalca Bajo, Virgen Del Carmen Centro, Las Animas, Chinlanlan, El Lirio, Tauripampa, Llangoden Bajo, San José Centro, San Carlos Bajo, Lanchebamba El Paraje, Virgen Del Carmen Alto, San José Alto, Cadmalca Alto, San Carlos Alto, Olmos, en donde podemos encontrar cinco rangos de pendiente (nula o casi a nivel, ligeramente inclinada, ligeramente inclinada a moderadamente empinada, modernamente empinada), pero de forma predominante la pendiente moderadamente empinada, en menor dimensión la pendiente empinada.

#### **3.1.3.3. Suni**

Comprende los niveles altitudinales desde 3500 a 4000 msnm. (Pulgar Vidal, 1967). Esta región natural, está representada por una parte del caserío de Yacochingana en donde podemos encontramos una pendiente Ligeramente inclinada y Ligeramente inclinada o moderadamente empinada.

### **3.1.4. Hidrografía**

La hidrografía del distrito de Lajas está conformada por el río Chotano que su cauce cruza en forma transversal al distrito; tiene afluentes como la quebrada Vizcamayo, quebrada Retama, quebrada Cullacmayo, quebrada Chorrera, quebrada Salay y quebrada Moyle; además del río Jalqueño el mismo que tiene como afluente a la quebrada Olmos. El río Chotano tiene una longitud de 9942.26 m durante su recorrido por el distrito de Lajas, además sus aguas discurren de este a oeste del territorio. (ver anexo 3.)

### **3.1.5. Geología general**

Según el mapa de geología del Perú (2016), el distrito de Lajas presenta las siguientes formaciones geológicas (ver anexo 4.)

#### **3.1.5.1. Volcánico Huambos (Nm-vh)**

Según la descripción geológica volcánico Huambos, pertenece a la era Cenozoico, periodo Neógeno, época Miocena, roca volcánica y una litología conformada por tobas, aglomerados y brechas, se encuentra ocupando un área de 35.40 ha, se puede observar en el caserío de Yacochingana (INGEMMET, 2016).

#### **3.1.5.2. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)**

El grupo Goyllarisquizga pertenece a la era Mesozoico, periodo cretácico, época inferior, roca sedimentaria y una litología conformada por cuarcitas y areniscas, se encuentra ocupando un área de 30.20 ha, se puede observar en los caseríos de Chinlanlan y Llangoden Alto (INGEMMET, 2016).

#### **3.1.5.3. Formación Pariatambo (Ki-pa)**

La formación Pariatambo pertenece a la era Mesozoico, periodo cretáceo, época inferior, roca sedimentaria y una litología conformada por dolomitas bituminosas, margas y calizas, se encuentra ocupando un área de 255.71 ha, se puede observar en los caseríos de Ajipampa, El Lirio, Chinlanlan, Llangoden Bajo y Llangoden Alto (INGEMMET, 2016).

#### **3.1.5.4. Formación Chulec (Ki-chu)**

La formación Chulec pertenece a la era Mesozoico, periodo cretáceo, época inferior, roca sedimentaria y una litología conformada por areniscas y lutitas, se encuentra ocupando un área de 437.44 ha, se puede observar en los caseríos de El Lirio, Chinlanlan, Llangoden Bajo y Llangoden Alto (INGEMMET, 2016).

#### **3.1.5.5. Formación Cajamarca (Ks-ca)**

La formación Cajamarca pertenece a la era Mesozoico, periodo cretáceo, época superior, roca sedimentaria y una litología conformada por calizas, margas, se encuentra ocupando un área de 1757.15 ha, se puede observar en los caseríos de Virgen del Carmen Alto, San José Alto, San José Centro, Chorocancha – El Molino, La Rinconada y Las Animas (INGEMMET, 2016).

#### **3.1.5.6. Formación Celendín (Ks-ce)**

La formación Cajamarca pertenece a la era Mesozoico, periodo cretáceo, época superior, roca sedimentaria y una litología conformada por calizas, margas, se encuentra ocupando un área de 196.78 ha, se puede observar en los caseríos de Virgen del Carmen Bajo y Virgen del Carmen Centro (INGEMMET, 2016).

#### **3.1.5.7. Formación Chota (Ks-ch)**

La formación Chota pertenece a la era Mesozoico, periodo cretáceo, época superior, roca sedimentaria y una litología conformada por areniscas, lutitas, conglomerados, se encuentra ocupando un área de 1725.89 ha, se puede observar en los caseríos de Lajas, San Jose Bajo, La Retama, Anchanchon, Piruro, San Miguel de Pangoray y Pacobamba (INGEMMET, 2016).

#### **3.1.5.8. Formación Yumagual (Ks-yu)**

La formación Yumagual pertenece a la era Mesozoico, periodo cretáceo, época superior, roca sedimentaria y una litología conformada por calizas,

lutitas y margas, se encuentra ocupando un área de 7668.57 ha, se puede observar en los caseríos de Pampacancha, Quinuapampa, San Carlos Alto, El Socorro, San Carlos Bajo, Ajipampa, La succha, Lajas Altas Alto, Lajas Altas Bajo, Tauripampa, Llangoden Bajo, Llangoden Alto, Cadmalca Bajo, Cadmalca Alto, Lanchebamba, Olmos y Yacochingana (INGEMMET, 2016).

### **3.1.6. Zonas de vida natural**

Las zonas de vida para el área de estudio (ver anexo 5.) se han definido teniendo en cuenta el Mapa Ecológico del Perú, conjuntamente con la guía explicativa, que nos proporcionó INRENA (1994).

#### **3.1.6.1. Bosque húmedo montano bajo tropical**

Ocupa los valles interandinos en su porción intermedia, entre los 2500 y 3000 msnm. La biotemperatura anual máxima es de 17.9 °C y la media anual mínima de 12.6 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1972 mm y el promedio mínimo de 790.7 mm. (INRENA,1994).

#### **3.1.6.2. Bosque muy húmedo montano tropical**

Se distribuyen en la región cordillerana, desde los 3500 hasta cerca de los 3800 metros de altura sobre el nivel del mar. La biotemperatura anual máxima es de 10.9 °C y la media anual mínima de 6.5 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1722 mm y el promedio mínimo de 838.4 mm. (INRENA,1994).

#### **3.1.6.3. Bosque seco montano bajo tropical**

Ocupa los valles mesoandinos, entre los 2000 y 3000 metros de altura, siendo Cajamarca el centro geográfico más importante. La biotemperatura anual máxima es de 16.5 °C (Lajas) y la media anual mínima de 10.9 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 972.9 mm y el promedio mínimo de 449.3 mm. (INRENA,1994).

#### **3.1.6.4. Bosque seco premontano tropical**

Ocupa parte de los valles interandinos del río Cajamarca, altitudinalmente se distribuye entre los 1500 y 2000 metros de altura, la biotemperatura media anual máxima es de 25.1 °C y la media anual mínima es de 17.4 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1727.5 mm y el promedio mínimo de 411.1 mm. (INRENA,1994).

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Equipos de campo**

#### **3.2.1.1. Materiales**

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

#### **3.2.1.2. Herramientas**

Machete, linternas, botas de jebe, poncho impermeable, bolsa de dormir.

#### **3.2.1.3. Instrumentos y equipos**

Sistema de posicionamiento global - GPS

Binoculares de largo alcance

Cámara fotográfica semi profesional

### **3.2.2. Equipos de gabinete**

#### **3.2.2.1. Materiales**

Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros y lápices

#### **3.2.2.2. Equipos**

Laptop, impresora y escáner

#### **3.2.2.3. Material cartográfico**

Carta nacional del Perú 1: 100 000.

Shapefile del distrito de Lajas obtenido del Gobierno Regional Cajamarca.

Base de datos ZEE Cajamarca

#### **3.2.2.4. Software**

Microsoft Windows 10

Microsoft office 2016

ArcGis 10.5

Envi 4.8

RGui 2.15

## **3.3. Metodología**

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodos 1987 - 2002, 2002 - 2016 y 1987 - 2016 se realizó en el ámbito del distrito de Lajas, provincia de Chota y departamento de Cajamarca. La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales de landsat5, landsat7 y landsat8, luego se trabajó

en cinco etapas de clasificación como se describe en la figura 7, la clasificación se realizó con la leyenda Corine Land Cover-CLC en un nivel III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), 2013.

Para la generación de los mapas temáticos de cobertura y uso de la tierra, se utilizó la metodología del Ministerio del Ambiente (MINAM), 2013.

### **3.3.1. Fase inicial de gabinete**

#### **3.3.1.1. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 1987-2002-2016**

Consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con el uso de las tierras en el distrito de Lajas, como es la obtención de imágenes satelitales, la metodología Corine Land Cover, el mapa de geología del Perú, el mapa ecológico del Perú, modelos de elevación digital (DEM), censos de población, censo agropecuario, transporte terrestre por carretera, así como ríos lagos, lagunas finalmente la información obtenida en campo.

##### **a. Instituciones visitadas**

- Gobierno regional de Cajamarca – Sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT). De donde se obtuvo los shapefiles de: distritos, límites distritales, mapa de geología y mapa ecológico.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). de donde se obtuvo las cuencas hidrológicas.
- El Ministerio del Ambiente – MINAM, del cual se obtuvo la información temática y cartográfica. Como es el protocolo de la metodología Corine Land Cover, el esquema de proceso de clasificación.

##### **b. Descarga del modelo de elevación digital DEM**

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

### c. Selección y descarga de imágenes Landsat

Las imágenes Landsat del distrito de Lajas, fueron adquiridas del servidor de [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov) vía internet lo cual constituyó la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra, cuyas especificaciones son las siguientes:

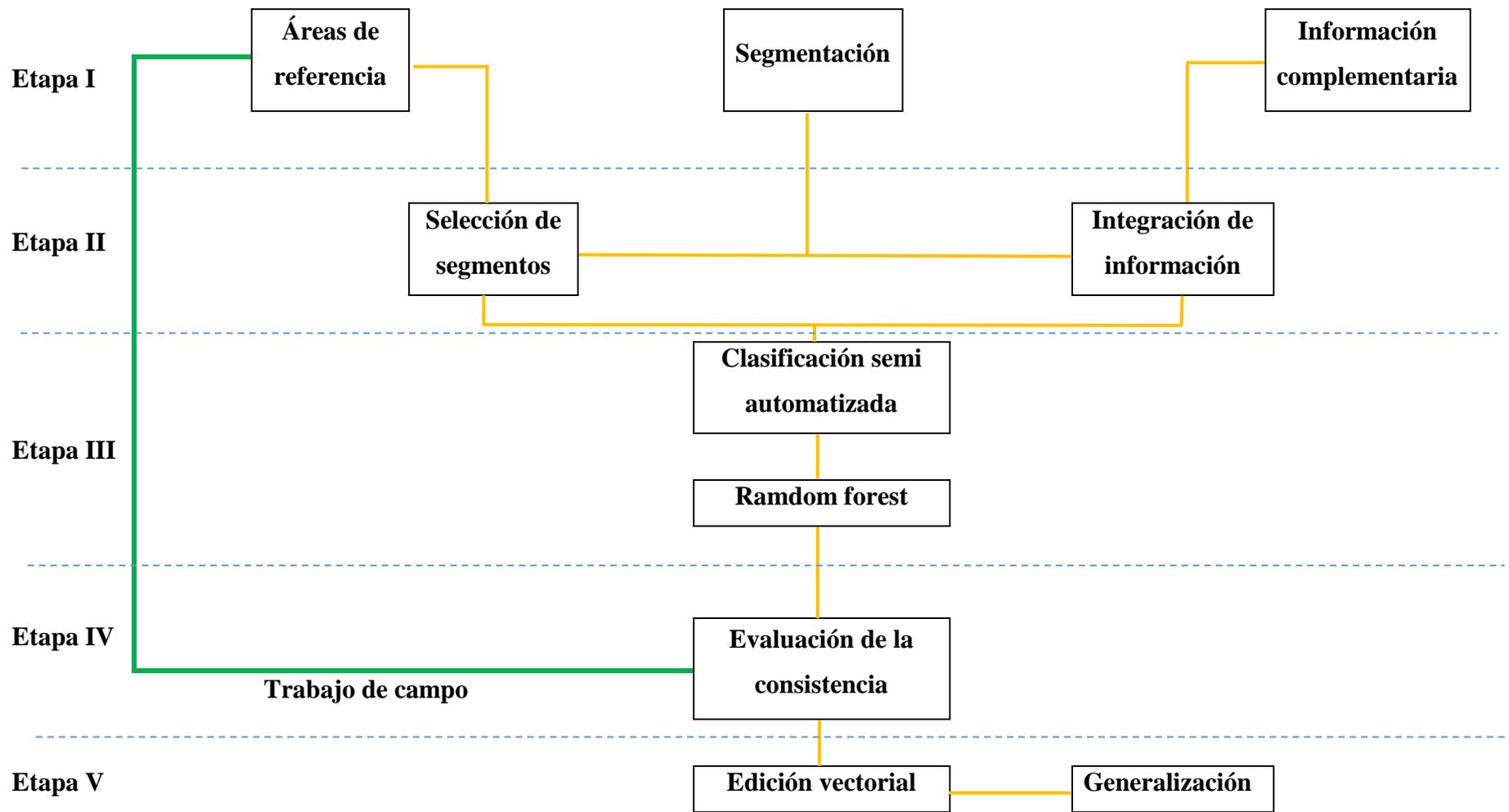
**Tabla 7.** Datos de las imágenes descargadas

ID	SATÉLITE	FECHA
<b>LT50090651987222XXX01</b>	Landsat 5	10-08-1987
<b>LE70090652002223EDC00</b>	Landsat 7	11-08-2002
<b>LC80090652016238LGN00</b>	Landsat 8	25-08-2016

### d. Corrección atmosférica de las imágenes descargadas

La corrección atmosférica se realizó con el software Envi 5.3, en donde se corrigió el ángulo de toma de imagen.

En la fase inicial se trabajó en las etapas I, II y III como se detalla a continuación en la figura 7.



**Figura 7.** Proceso de clasificación para la representación cartográfica

### 3.3.1.2. Etapa I

#### a. Áreas de referencia

Se creó un shapefile en el software ArcGIS de forma geométrica (polígono) para poder delimitar el área de trabajo y posteriormente cortar las imágenes de Landsat5, Landsat7 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 píxeles 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 8.** Valores utilizados en la segmentación

Segmentación	Landsat5	Landsat7	Landsat8
Escale	20	20	20
Merge	30	30	30

### c. Información complementaria

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

- **Brightness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8.

- **Greenness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de vegetación verde generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8.

- **Slope**

Archivo en formato ráster que contiene datos sobre pendientes, generados a partir del Modelo de Elevación digital (DEM).

- **Curvatura**

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

### **3.3.1.3. Etapa II**

#### **a. 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 alimentara el proceso de clasificación automática.

Además, se utilizó el Model Builder “Coberturas\_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM), 2013, que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, proceso mediante el cual se selecciona los segmentos que se intersecan con las áreas de entrenamiento haciendo una interrelación entre ambos asignando así las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas. Se obtiene el SegSelc\_A2.shp en formato shapefile.

#### **b. Integración de información**

La información complementaria se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del Ministerio del Ambiente, 2013, consiste en unir la información obtenida de la segmentación y la información complementaria. De esta etapa se nos genera una tabla llamada “Todo seg” en formato .dbf y Rdata.

### **3.3.1.4. 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 año 2013, consiste en procesar el archivo generado en la selección de segmentos “SegSelc\_A2.shp” y el archivo generado partir de la integración de información “Todo seg, en formato .dbf y Rdata. 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.

**3.3.1.5. Etapa IV**

**a. Fase de trabajo de campo (Evaluación de la consistencia)**

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados In Situ 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 realizó el monitoreo de especies vegetales a través de pequeñas parcelas de 10 x 10 m, donde las especies más predominantes fueron recogidas tomando en cuenta que estas presentaran hojas, flores y frutos, con un tamaño de 30 cm, con la finalidad de facilitar su identificación; para la recolección se utilizó tijera de podar, bolsas de plástico grandes, prensa botánica, lápiz y libreta de notas para realizar algunas anotaciones de nombres comunes; las especies vegetales recolectadas fueron identificadas y comparadas en el herbario de la Universidad Nacional de Cajamarca, además se tomó datos referentes al uso actual de la tierra como pastos, cultivos, herbazal, arbustal, y vegetación arbustiva/herbácea.

**3.3.1.6. Etapa V (Fase final de gabinete)**

**a. Edición vectorial**

Proceso que consistió en rectificar mediante el programa ArcGIS 10.5, las imágenes satelitales corregidos a nivel de campo.

**b. Generalización**

La generalización se ha realizado luego de haber validado los mapas obtenidos en campo, utilizando como simbología una tonalidad de color para cada una de las clasificaciones.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Categorías de cobertura y uso de la tierra, identificadas para el distrito de Lajas, según la clasificación Corine Land Cover.

Del análisis de las 3 imágenes utilizadas para la presente investigación, se determinaron 6 categorías, las cuales han sido clasificadas en el Nivel III de 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 Lajas; como se muestra a continuación.

**Tabla 9.** Categorías de cobertura y uso actual de la tierra identificadas en el distrito de Lajas.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct
	2.3. Pastos		Pa
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He
		3.3.2. Arbustal	Ar
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	AH

##### 4.1.1. “1. Áreas artificializadas”

###### a. “1.1. Áreas urbanizadas”

- “1.1.1. Tejido urbano continuo (Te)”

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 8.** Tejido urbano continuo del distrito de Lajas

#### 4.1.2. “2. Áreas agrícolas”

##### a. “2.1. 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 (hasta 2 años), llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas, algunas especies de flores a cielo abierto. En el distrito de Lajas se pueden encontrar los siguientes cultivos papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), chocho (*Lupinus mutabilis*), avena (*Avena sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), Arveja (*Pisum sativum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), yuca (*Manihot esculenta*).



**Figura 9.** Cultivos transitorios centro poblado Tauripampa

**b. “2.3. Pastos (Pa)”**

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace. En el distrito de Lajas podemos encontrar pastos naturales grama (*Cynodon dactylon*) kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y pastos cultivados como Rye grass (*Lolium multiflorum*), Trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*), Alfalfa (*Medicago sativa*).



**Figura 10.** Categoría de pastos centro poblado Llangoden Alto.

#### 4.1.3. “3. Bosques y áreas mayormente naturales”

##### a. “3.3. Áreas con vegetación Herbácea y/o arbustivo”

- “3.3.1. Herbazal (He)”

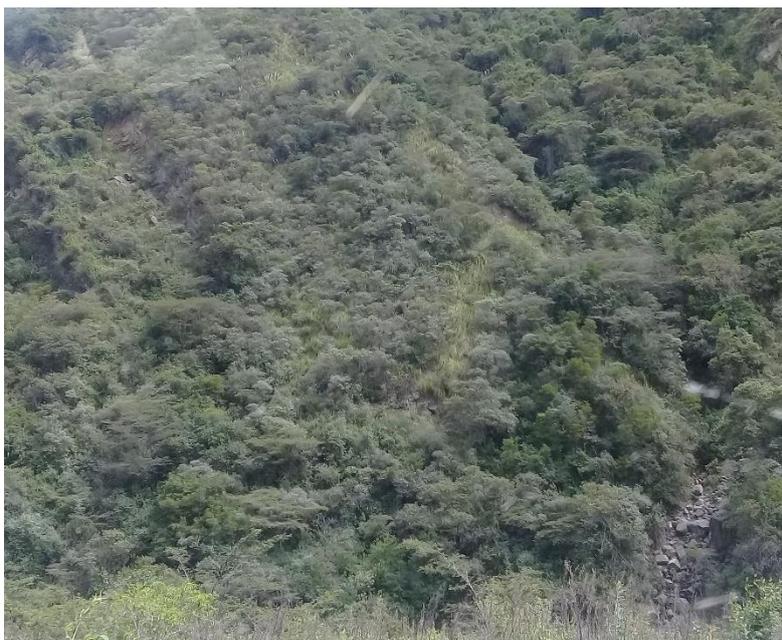
Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa o abierta. En el distrito de Lajas se encontró las especies de herbazal como son paja o ichu (*Jarava ichu*), *Schizachyrium sanguineum*, *Lolium spp.*



**Figura 11.** Categoría de herbazal centro poblado Lajas Altas Alto

- “3.3.2. Arbustal (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. En el distrito de Lajas se encontró arbustos como zarzamora (*Rubus fruticosus*), pushgay (*Vaccinium floribundum*), poro poro (*Solanum aviculare*), lanche (*Calypranthes* sp.), tres hojas (*Mauria heterophylla*), tomatillo de perro (*Solanum zahlbruckner*), *Hesperomelos cuneata*, *Baccharis alaternoides*, Ada (*Tecoma sambucifolia*), malmal (*Monnina conferta*), tallanco (*Baccharis obtusifolia*), chilca (*Baccharis latifolia*), tara (*Caesalpinia spinosa*), agave (*Agave americana*), chamana (*Dodonea viscosa*), cabuya (*Fourcroya occidentalis*), matico (*Buddleja globosa*).



**Figura 12.** Categoría de Arbustal centro poblado El Socorro.

- “3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea”

Comprende los territorios cubiertos por una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea, desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. En el distrito de Lajas se encontraron las especies ya mencionadas.



**Figura 13.** Categoría de vegetación arbustiva / herbácea del centro poblado de Lanchebamba

#### 4.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en los periodos 1987- 2002 - 2016.

Del procesamiento de las imágenes satelitales, se obtuvieron los mapas de cobertura y uso actual de la tierra de cada periodo como se describe a continuación.

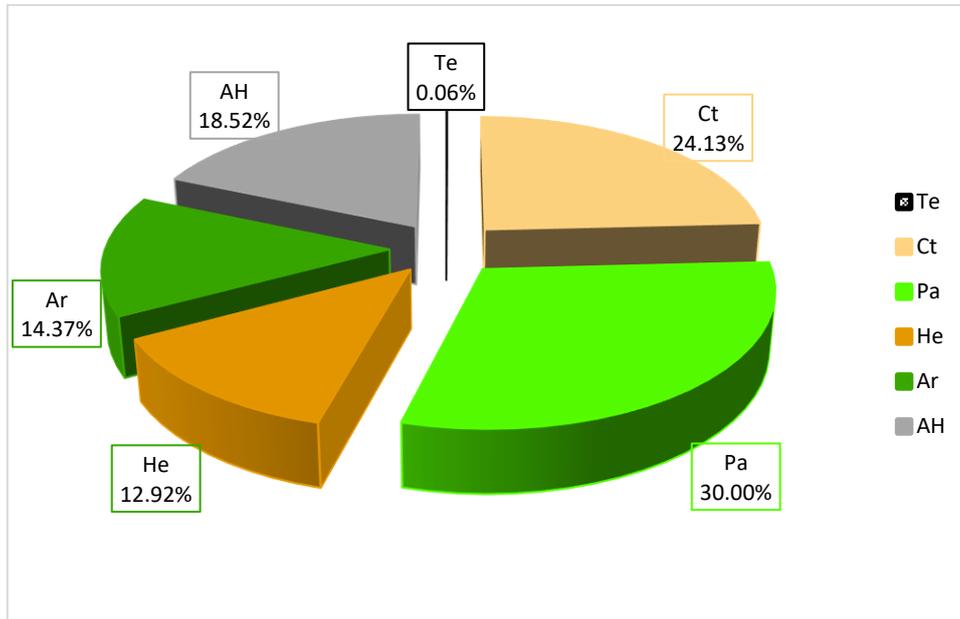
##### 4.2.1. Cobertura y uso de la tierra año 1987.

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en agosto de 1987, se muestran en la tabla 10 y en el mapa de cobertura y uso de la tierra (ver anexo 6).

**Tabla 10.** Categorías obtenidas para el año 1987.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	7.47	0.06
			Ct	2922.20	24.13
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Pa	3633.29	30.00
	2.3. Pastos		He	1564.91	12.92
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	Ar	1739.91	14.37
		3.3.2. Arbustal	AH	2242.35	18.52
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea			
<b>TOTAL</b>				12110.14	100.00

En la tabla 10 observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Lajas.



**Figura 14.** Distribución porcentual de cobertura año 1987.

**Según la Figura 14.**

- El 0.06 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).
- El 24.13 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Cultivos transitorios (Ct).
- El 30.00 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Pastos (Pa).
- El 12.09 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Herbazal (He).
- El 14.37 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Arbustal (Ar).
- El 18.52 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por vegetación Arbustiva/Herbácea (334).

#### 4.2.1.1. Matriz de confusión

Se obtuvo la matriz de confusión para el año 1987 en dicha matriz se adquirió la fiabilidad del producto y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación.

**Tabla 11.** Matriz de confusión año 1987.

Resultados de la clasificación	Categorías asignadas a la imagen							F. USUARIO %
	111	21	23	331	332	334	TOTAL	
111	10	0	0	1	0	0	11	<b>90.91</b>
21	0	15	0	0	0	0	15	<b>100.00</b>
23	0	0	28	0	0	0	28	<b>100.00</b>
331	0	1	0	18	0	0	19	<b>94.74</b>
332	0	0	0	0	17	1	18	<b>94.44</b>
334	0	0	0	0	1	18	19	<b>94.74</b>
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>110</b>	<b>F. global % 95.80</b>
<b>F. PRODUCTOR %</b>	<b>100.00</b>	<b>93.75</b>	<b>100.00</b>	<b>94.74</b>	<b>94.44</b>	<b>94.74</b>	<b>96.28</b>	

##### a. Interpretación:

- **En las filas se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario**

En la primera fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano continuo (111), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y 1 confundida con Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la segunda fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a Cultivos transitorios (21), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la tercera fila se digitalizaron 28 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (23), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazales (331), de las cuales 18 fueron correctamente

digitalizadas y 1 fue confundida con Pastos (23). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.74 %.

En la quinta fila se digitalizaron 18 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustales (332), de las cuales 17 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con vegetación Arbustiva/Herbácea (334). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.44 %

En la sexta fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a vegetación Arbustiva/Herbácea (334), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.74%.

- **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 todas fueron clasificadas correctamente representando a Tejido Urbano Continuo (111). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100 %.

En la segunda columna se obtuvieron 16 clasificaciones de las cuales 15 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (21) y 1 fue confundida con Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del productor de 93.75 %.

En la tercera columna se obtuvieron 28 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Pastos (23). Equivalente a una fiabilidad de productor de 100.00 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 19 clasificaciones de las cuales 18 fueron clasificadas correctamente representando a Herbazal (331) y 1 fue confundida Tejido urbano continuo (111). Equivalente a una fiabilidad del productor de 94.74 %.

En la quinta columna se obtuvieron 18 clasificaciones de las cuales 17 fueron clasificadas correctamente representando a Arbustales (332) y 1

fue confundida con vegetación Arbustiva/Herbácea (334). Equivalente a una fiabilidad del productor de 94.44 %.

En la sexta columna se obtuvieron 19 clasificaciones de las cuales 18 fueron clasificadas correctamente representando a vegetación Arbustiva/Herbácea (334) y 1 fue confundida con Arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad del productor de 94.74 %.\

#### 4.2.1.2. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 1987.

$P_o$  = Proporción de concordancia observada.

$$P_o = \frac{10 + 15 + 28 + 18 + 17 + 18}{110} = 0.96$$

$P_e$  = Proporción de concordancia esperada por puro azar.

$$P_e = \frac{(10 \times 11) + (16 \times 15) + (28 \times 28) + (19 \times 19) + (18 \times 18) + (19 \times 19)}{110^2} = 0.18$$

$$k = \frac{0.96 - 0.18}{1 - 0.18} = 0.96$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.96 que según la fuerza de concordancia es **Casi perfecto**.

#### 4.2.1.3. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 1987 es 95.80 %

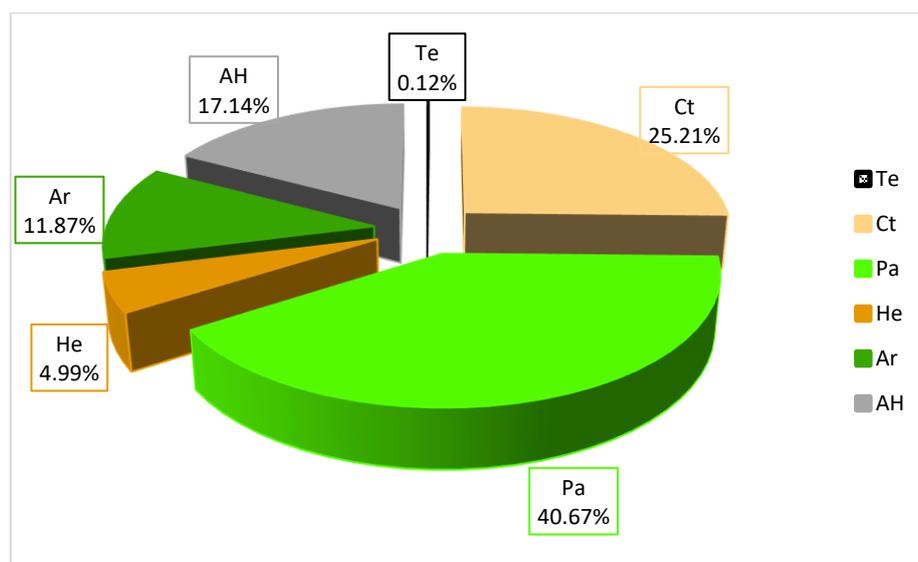
#### 4.2.2. Cobertura y uso de tierra año 2002

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en agosto de 2002, se muestran en la tabla 12 y en el mapa de cobertura y uso de la tierra (ver anexo 7).

**Tabla 12.** Categorías obtenidas para el año 2002.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	14.60	0.12
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	3053.01	25.21
	2.3. Pastos		Pa	4925.77	40.67
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	603.94	4.99
		3.3.2. Arbustal	Ar	1437.49	11.87
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	AH	2075.33	17.14
		<b>TOTAL</b>		12110.14	100.00

En la tabla 12 observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Lajas.



**Figura 15.** Distribución porcentual de cobertura año 2002.

**Según la Figura 15.**

- El 0.12 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).
- El 25.21 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Cultivos transitorios (Ct).
- El 40.67 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Pastos (Pa).
- El 4.99 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Herbazal (He).
- El 11.87 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Arbustal (Ar).
- El 17.14 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por vegetación Arbustiva/Herbácea (334).

**4.2.2.1. Matriz de confusión**

Se obtuvo la matriz de confusión para el año 2002 en dicha matriz se adquirió la fiabilidad del producto y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación.

**Tabla 13.** Matriz de confusión año 2002.

		Categorías asignadas a la imagen							F. USUARIO %
		111	21	23	331	332	334	TOTAL	
Resultados de la clasificación	111	11	0	0	0	0	0	11	100.00
	21	0	25	0	0	0	1	26	96.15
	23	0	0	30	0	0	0	30	100.00
	331	0	1	0	13	0	0	14	92.86
	332	0	0	0	0	22	0	22	100.00
	334	0	0	0	0	1	16	17	94.12
	TOTAL	11	26	30	13	23	17	120	F. global % 97.19
F. PRODUCTOR %	100.00	96.15	100.00	100.00	95.65	94.12	97.65		

**a. Interpretación:**

- **En las filas se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario**

En la primera fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano continuo (111), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la segunda fila se digitalizaron 26 áreas de entrenamiento que pertenecen a Cultivos transitorios (21), de las cuales 25 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con vegetación Arbustiva/Herbácea (334). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.15 %

En la tercera fila se digitalizaron 30 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (23), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazales (331), de las cuales 13 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con a Cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 92.86 %.

En la quinta fila se digitalizaron 22 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustales (332), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %

En la sexta fila se digitalizaron 17 áreas de entrenamiento que pertenecen a vegetación Arbustiva/Herbácea (334), de las cuales 16 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.12%.

- **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 todas fueron clasificadas correctamente representando a Tejido Urbano Continuo (111). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100 %.

En la segunda columna se obtuvieron 26 clasificaciones de las cuales 25 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (21) y 1 fue confundida con Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96.15%.

En la tercera columna se obtuvieron 30 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Pastos (23). Equivalente a una fiabilidad de productor de 100.00 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 13 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la quinta columna se obtuvieron 23 clasificaciones de las cuales 22 fueron clasificadas correctamente representando a Arbustales (332) y 1 fue confundida con vegetación Arbustiva/Herbácea (334). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.65 %.

En la sexta columna se obtuvieron 17 clasificaciones de las cuales 16 fueron clasificadas correctamente representando a vegetación Arbustiva/Herbácea (334) y 1 fue confundida con Tejido urbano continuo (111). Equivalente a una fiabilidad del productor de 94.12 %.

#### 4.2.2.2. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2002.

$P_o$  = Proporción de concordancia observada.

$$P_o = \frac{11 + 25 + 30 + 13 + 22 + 16}{120} = 0.98$$

$P_e$  = Proporción de concordancia esperada por puro azar.

$$P_e = \frac{(11 \times 11) + (26 \times 26) + (30 \times 30) + (13 \times 14) + (23 \times 22) + (17 \times 17)}{120^2} = 0.19$$

$$k = \frac{0.98 - 0.19}{1 - 0.19} = 0.97$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.97 que según la fuerza de concordancia es **Casi perfecto**.

#### 4.2.2.3. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2002 es 97.19 %

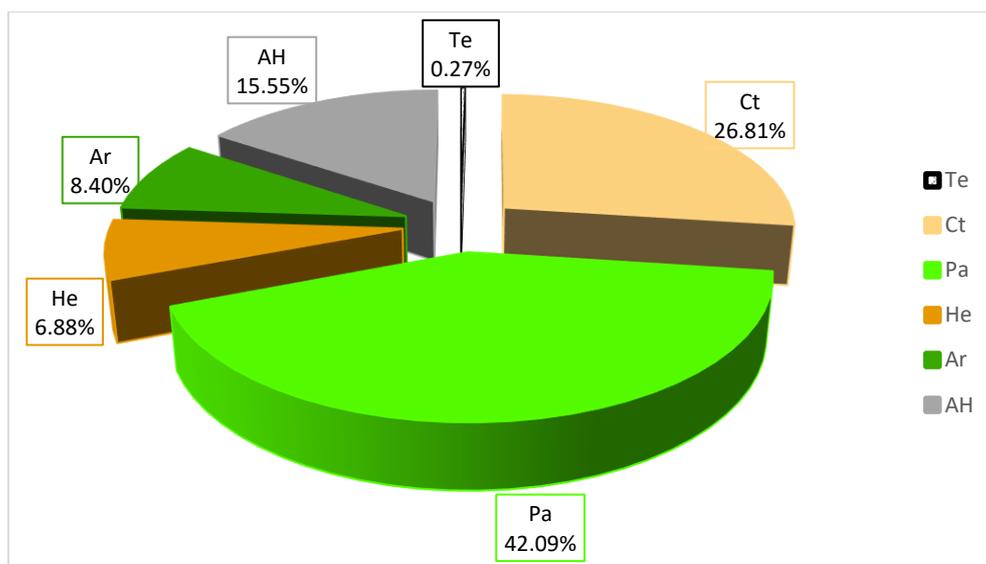
### 4.2.3. Cobertura y uso de la tierra año 2016

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en agosto de 2016, se muestran en la tabla 14 y en el mapa de cobertura y uso de la tierra (ver anexo 8.)

**Tabla 14.** Categorías obtenidas para el año 2016.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	32.93	0.27
	2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	Ct	3246.21	26.81
2.3. Pastos		3.3.1. Herbazal	Pa	5096.89	42.09
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.2. Arbustal	He	833.52	6.88
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	Ar	1017.42	8.40
		AH	1883.18	15.55	
<b>TOTAL</b>				12110.14	100.00

En la tabla 14 observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Lajas.



**Figura 16.** Distribución porcentual de cobertura año 2016.

**Según la Figura 16.**

- El 0.27 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).
- El 26.81 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Cultivos transitorios (Ct).
- El 42.09 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Pastos (Pa).
- El 6.88 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Herbazal (He).
- El 8.40 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por Arbustal (Ar).
- El 15.55 % de la superficie del distrito de Lajas estuvo cubierta por vegetación Arbustiva/Herbácea (334).

**4.2.3.1. Matriz de confusión**

Se obtuvo la matriz de confusión para el año 2016 en dicha matriz se adquirió la fiabilidad del producto y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación.

**Tabla 15.** Matriz de confusión año 2016.

	Categorías asignadas a la imagen							F. USUARIO %
	111	21	23	331	332	334	TOTAL	
111	15	0	0	0	0	1	16	93.75
21	0	28	0	1	0	0	29	96.55
23	0	0	30	0	0	0	30	100.00
331	0	0	0	20	1	0	21	95.24
332	0	0	0	0	20	1	21	95.24
334	0	1		0	0	22	23	95.65
TOTAL	15	29	30	21	21	24	140	F. global % 96.07
F. PRODUCTOR %	100.00	96.55	100.00	95.24	95.24	91.67	96.45	

**a. Interpretación:**

- **En las filas se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario**

En la primera fila se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano continuo (111), de las cuales 15 fueron correctamente digitalizadas y 1 confundida con vegetación Arbustiva/Herbácea (334). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.75 %.

En la segunda fila se digitalizaron 29 áreas de entrenamiento que pertenecen a Cultivos transitorios (21), de las cuales 28 fueron correctamente digitalizadas y 1 confundida con Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.55 %.

En la tercera fila se digitalizaron 30 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (23), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazales (331), de las cuales 20 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.24 %.

En la quinta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbustales (332), de las cuales 20 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con vegetación Arbustiva/Herbácea (334). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.24 %

En la sexta fila se digitalizaron 23 áreas de entrenamiento que pertenecen a vegetación Arbustiva/Herbácea (334), de las cuales 22 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.65 %.

- **En la columna se muestra el acierto de la clasificación en el terreno por categoría.**

En la primera columna se obtuvieron 15 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Tejido Urbano Continuo (111). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100 %.

En la segunda columna se obtuvieron 29 clasificaciones de las cuales 28 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (21) y 1 fue confundida con vegetación Arbustiva/Herbácea (334). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96.55%.

En la tercera columna se obtuvieron 30 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Pastos (23). Equivalente a una fiabilidad de productor de 100.00 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 21 clasificaciones de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente representando a Herbazal (331) y 1 fue confundida Cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.24 %.

En la quinta columna se obtuvieron 21 clasificaciones de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente representando a Arbustales (332) y 1 fue confundida con Herbazal (331). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.24 %.

En la sexta columna se obtuvieron 24 clasificaciones de las cuales 22 fueron clasificadas correctamente representando a vegetación Arbustiva/Herbácea (334), 1 fue confundida con Arbustal (332) y 1 con Tejido urbano continuo (111). Equivalente a una fiabilidad del productor de 91.67 %.

#### 4.2.3.2. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2016.

$P_o$  = Proporción de concordancia observada.

$$P_o = \frac{15 + 28 + 30 + 20 + 20 + 22}{140} = 0.96$$

$P_e$  = Proporción de concordancia esperada por puro azar.

$$P_e = \frac{(15 \times 16) + (29 \times 29) + (30 \times 30) + (21 \times 21) + (21 \times 21) + (24 \times 23)}{140^2} = 0.17$$

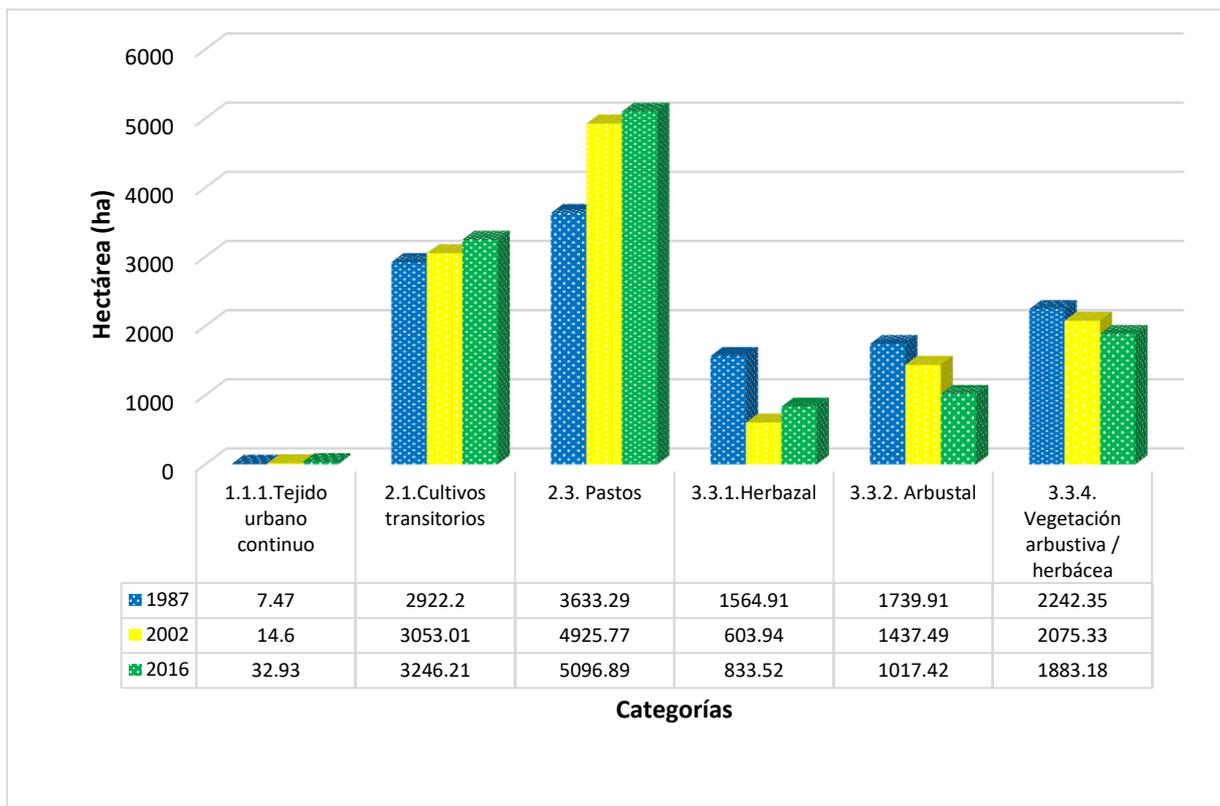
$$k = \frac{0.96 - 0.17}{1 - 0.17} = 0.96$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.96 que según la fuerza de concordancia es **Casi perfecto**.

#### 4.2.3.3. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2016 es 95.07 %

Según los resultados obtenidos acerca de la cobertura vegetal y uso de la tierra para el distrito de Lajas en los periodos 1987,2002 y 2016 (29 años), se puede apreciar en la siguiente figura las variaciones de cada una de las categorías encontradas.



**Figura 17.** Dinámica de la cobertura y uso del suelo de los años 1987, 2002 y 2016.

Para analizar los resultados obtenidos nos basamos en cifras obtenidas por el INEI, específicamente en los censos 1981, 1993 y 2007 a través de los cuales se estimó la tasa de crecimiento de población ( $r$ ). Obteniéndose los siguientes resultados.

$$r = \left( \left( \frac{P_n}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \times 100$$

**Tabla 16.** Tasa de crecimiento anual para dos periodos.

Año	Estimación de la tasa de crecimiento anual
1981 - 1993	1.97 %
1993 - 2007	-0.64 %

Según el jefe del INEI menciona que para el censo 2017 el crecimiento poblacional vería una desaceleración de 0.5 %.

De acuerdo a los siguientes datos de población se estimó la población para el distrito de Lajas con la siguiente fórmula obteniéndose los siguientes resultados.

$$P_n = P_o x (1 + r)^t$$

**Tabla 17.** Población del distrito de Lajas para los años 1987, 2002 y 2016.

<b>Año</b>	<b>Población total estimada</b>
1987	12400
2002	13153
2016	12172

Para estimar la población urbana y rural se utilizó la siguiente tabla que está tomado del boletín de análisis demográfico N.º 35.

**Tabla 18.** Población y tasa de crecimiento medio anual proyectadas por áreas urbana 1970-2025 (Perú)

<b>Año</b>	<b>Población (en miles de habitantes)</b>	<b>Tasa de crecimiento medio anual (por mil)</b>
	<b>Urbana</b>	<b>Urbana</b>
1970	7659.2	41.37
1975	9380.3	34.76
1980	11127.7	30.75
1985	12947	29.26
1990	14955.1	25.16
1995	16933.4	19.47
2000	18646.9	17.1
2005	20296.4	15.95
2010	21967.6	14.63
2015	23621.7	13.56
2020	25267.3	12.14
2025	26838.2	

**Fuente:** Adaptado de Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2001

De lo cual se obtuvo lo siguiente.

**Tabla 19.** Población urbana y rural estimada para el distrito de Lajas para el año 1987, 2002 y 2016.

Año	Población		Total
	Urbano	Rural	
1987	1339	11061	12400
2002	1837	11316	13153
2016	2354	9818	12172

De acuerdo a los tres periodos tomados para la presente investigación en lo que refiere a tejido urbano continuo (Te) aumento 7.13 ha en el periodo 1987 - 2002, 18.33 ha durante el periodo 2002 - 2016, haciendo un total de 25.46 ha periodo 1987 - 2016. Además, según datos del INEI registra que para el año 1987 la población urbana era de 1339 habitantes, para el año 2002 la población urbana era de 1837 habitantes y para el año 2016 la población urbana se estima de 2354 habitantes, constituyéndose en uno de los factores principales para el aumento de Tejido Urbano Continuo otro de los factores es la migración, como afirma Wallner (1975), quien dice que el aumento demográfico de la ciudad se debe a las migraciones, al abandono precipitado e indiscriminado del campo.

El incremento del área urbana responde a intereses económicos y políticos, así como a un determinado ámbito de la sociedad, además el valor del suelo se incrementa en el interior de las ciudades, lo que limita a las personas de bajos ingresos la alternativa de obtener una vivienda propia; opta, entonces, por instalarse en la periferia, incluso fuera de las áreas definidas por los programas de ordenamiento territorial municipal: en ambientes carentes de servicios e infraestructura adecuada (Soto Cortés, 2015).

En lo que refiere a la categoría de cultivos transitorios (Ct) en el periodo 1987 - 2002 a sufrió un aumento de 130.81 ha y en el periodo 2002-2016 también aumento 193.2 ha haciendo un total de 324.01 ha entre 1987 – 2016; estos datos son corroborados por III Censo Nacional Agropecuario 1994, donde se contaba con 2321 productores, cifra que ha ido en aumento ya que según el IV Censo

Nacional Agropecuario 2012, cuenta con 5589 productores, según esto podemos decir que el aumento de cultivos transitorios está influenciado por los productores agropecuarios; por su parte Godfray *et al.* (2010) menciona que los aumentos demográficos proyectados, y los cambios dietarios esperados, implican que, para satisfacer la demanda de alimentos en el 2050, será necesario aumentar la producción entre 70 y 100 %, y duplicar la superficie agrícola (Kastner *et al.*, 2012). Simultáneamente, uno de los escenarios planteados, propone que los cambios en el uso de la tierra asociados a satisfacer esta demanda de alimentos, trae aparejados efectos negativos severos sobre la biodiversidad (Sala *et al.*, 2000).

Para la categoría de pastos (Pa), ha experimentado un aumento de 1292.48 ha para el periodo 1987 - 2002 y de 171.12 ha para el periodo 2002 - 2016; haciendo un total de 1463.6 ha en el periodo de 1987 - 2016, este resultado se puede confirmar con la información recolectada y observada en campo como es la siembra de pasturas (rye grass, trébol, alfalfa), cerca de fuentes naturales de agua (rio, quebrada, pozo), o con ayuda del riego tecnificado, para la subsistencia de la actividad pecuaria como es la crianza de cuyes y ganado vacuno que de acuerdo al III Censo Nacional Agropecuario 1994 existía una cantidad de 18722 cuyes y 8022 cabezas de ganado vacuno, aumentado a 38421 y 12878 respectivamente de acuerdo al IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lo que indica que hubo un aumento de 19699 cuyes y 4856 cabezas de ganado vacuno, las mismas que su principal alimentación es a través de pasturas; por su parte Espitia (2015), menciona que los pilares fundamentales en la producción ganadera, es la alimentación con base en pasturas, es por esa razón que el aumento de pastos está relacionado con el aumento de ganado vacuno.

Respecto a la categoría herbazal (He) mostro una disminución de 960.97 ha para el periodo 1987 - 2002; pero hubo un aumento de 229.58 ha para en el periodo 2002 - 2016, haciendo un total de una disminución 731.39 ha para el periodo 1987 - 2016. Esta disminución y posterior aumento de la categoría herbazal probablemente se deba a la influencia de la población ya que en el año 1987 la población era de 12400 habitantes y para el año 2002 aumento llegando a 13153 habitantes, que trabajo consigo el aumento de productores agropecuarios y para el año 2016 la población estimada se redujo a 12172 habitantes probablemente haciendo que algunas tierras dejen de ser trabajadas por la

migración que ocurre principalmente porque las nuevas generaciones quienes buscan otras actividades, provocando que en estas tierras abandonadas crezcan especies herbáceas de la zona. Pero no se debe dejar de lado que en periodo 1987-2016 se ha perdido parte de esta cobertura y esto principalmente se debe a la intensidad de la agricultura y pastoreo que reducen la vegetación natural e invadiendo laderas, para generar una agricultura de subsistencia es decir que represente beneficio y pueda satisfacer las necesidades básicas de los pobladores, además se ponen en práctica las malas técnicas agrícolas como la quema de suelo, ocasionando su infertilidad y erosión para después ser abandonado e ir en busca de más tierras.

En lo que concierne a la categoría de arbustal (Ar) hubo una disminución 302.42 ha para el periodo 1987 - 2002 y de 420.07 ha para el periodo 2002 - 2016 haciendo un total de 722.49 ha en el periodo 1987 - 2016, cobertura natural que con el paso de los años ha sido constantemente talada en las zonas altas del distrito para generar áreas de producción agrícola. Para Larson y Barry (2010), la deforestación es la destrucción a gran escala de los bosques por la acción humana, para ser transformados en áreas agrícolas. La deforestación es un problema de escala mundial, que representó una disminución anual de 8.9 millones de hectáreas de bosques y selvas durante la última década del siglo XX (FAO 2006). En relación a lo mencionado se puede decir que la deforestación es la conversión de bosques a otro uso de la tierra o la reducción a largo plazo de la cubierta forestal. Cabe decir que es el cambio de vegetación natural, por algún otro como puede ser la agricultura, pastizales, presas, áreas urbanas, etc.

Además para la última categoría vegetación arbustiva / herbácea (AH) hubo un descenso de 167.02 ha para el periodo 1987 - 2002 y de 192.15 ha para el periodo 2002 - 2016, haciendo un total de 359.17 ha para el periodo 1987 - 2016; esto genera un impacto ambiental negativo, ocasionado de igual manera por la actividad agrícola extensiva, razón por la cual se da la destrucción de la cubierta vegetal, según la entrevista los pobladores mencionan que ellos utilizan las especies arbustivas y herbáceas para sus propios fines, generando ingresos para su subsistencia, la población al deforestar ocasiona que esta cobertura natural se reduzca o cambie, agudizando el proceso de erosión; por lo cual Sheng (2001), menciona que si la tierra está cubierta de algún tipo de vegetación, la erosión se

reduce al mínimo porque la vegetación protege los suelos de la erosión por impacto de las gotas de lluvia y la disgregación.

Los cambios en la cobertura ocasionados por el ser humano, también traen consigo cambios en el clima (épocas de lluvia) como mencionan Baidya-Roy y Avissar (2002) que la diversidad de la superficie terrestre inducida naturalmente o por la acción del ser humano, se representa en forma de parches, cuyas propiedades radiativas y térmicas difieren de las de sus alrededores, lo que puede producir gradientes horizontales de temperatura y presión lo suficientemente fuertes para generar y sostener circulaciones organizadas de mesoescala. Esto se debe a que las transformaciones en la cobertura terrestre afectan el clima porque aspectos relacionados con la vegetación, como el albedo, el área de las hojas y la cobertura fraccional generan alteraciones en temperatura, humedad, velocidad del viento y precipitación (Stohlgren *et al.*, 1998).

Por lo tanto, actividades como deforestación, urbanización y agricultura afectan la dinámica y termodinámica de la atmósfera, alterando el ciclo hidrológico y el balance de energía, lo que probablemente genera repercusiones sobre el tiempo y el clima a escala local, regional y global (Cui *et al.*, 2006). Esto indica que, la vegetación ejerce controles que operan en todas las escalas, a través de flujos de masa (vapor de agua, partículas, gases traza, núcleos de condensación y núcleos de hielo) y energía (calor sensible, calor latente, intercambio radiactivo, momento de disipación) entre la biosfera y la atmósfera (Hayden, 1998).

### 4.3. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra

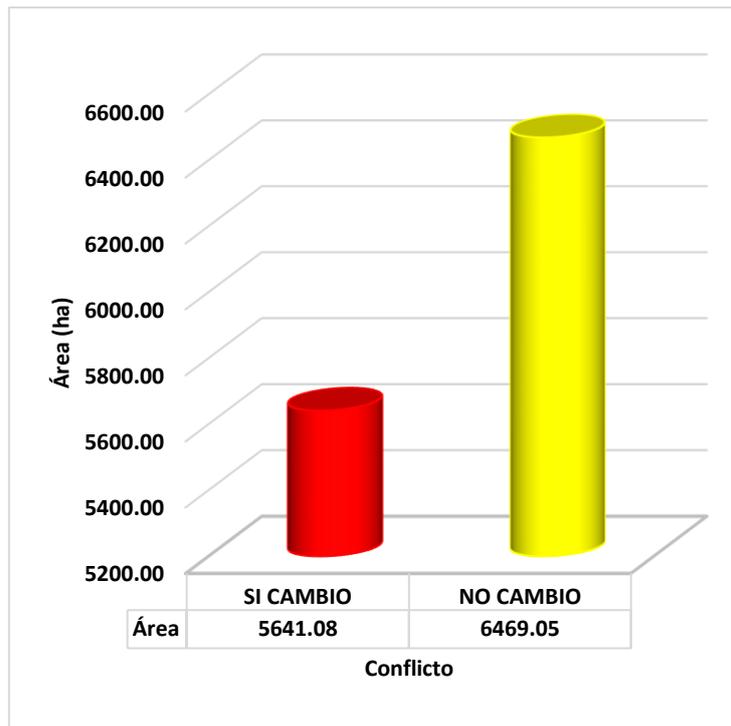
Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la transición de los polígonos de forma global entre cada periodo de evaluación (1987-2002, 2002-2016 y 1987-2016), como se muestra los resultados del análisis.

#### 4.3.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1987 – 2002.

En el periodo 1987 -2002, hubo ganancia de área (+) así como pérdida (-), en las categorías diferenciadas, se obtuvo una ganancia en las categorías Tejido urbano continuo (Te) con +7.12 ha, Cultivos transitorios (Ct) con +130.81 y Pastos (Pa) con +1292.47 ha; por otro lado las categorías que han mostrado un cambio negativo son Herbazal (He) con -960.97, Arbustal (Ar) -302.43 ha, y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) -167.02 ha. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la tabla 20.

**Tabla 20.** Ganancia y pérdida de cobertura del suelo periodo 1987- 2002

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Superficie 1987		Superficie 2002		Periodo 1987-2002	
				Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1.Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	7.47	0.06	14.60	0.12	7.12	0.06
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	2922.20	24.13	3053.01	25.21	130.81	1.08
	2.3. Pastos		Pa	3633.29	30.00	4925.77	40.67	1292.47	10.67
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	1564.91	12.92	603.94	4.99	-960.97	-7.94
		3.3.2. Arbustal	Ar	1739.91	14.37	1437.49	11.87	-302.43	-2.50
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	AH	2242.35	18.52	2075.33	17.14	-167.02	-1.38
<b>TOTAL</b>				12110.14	100.00	12110.14	100.00	0.00	0.00



**Figura 18.** Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1987-2002

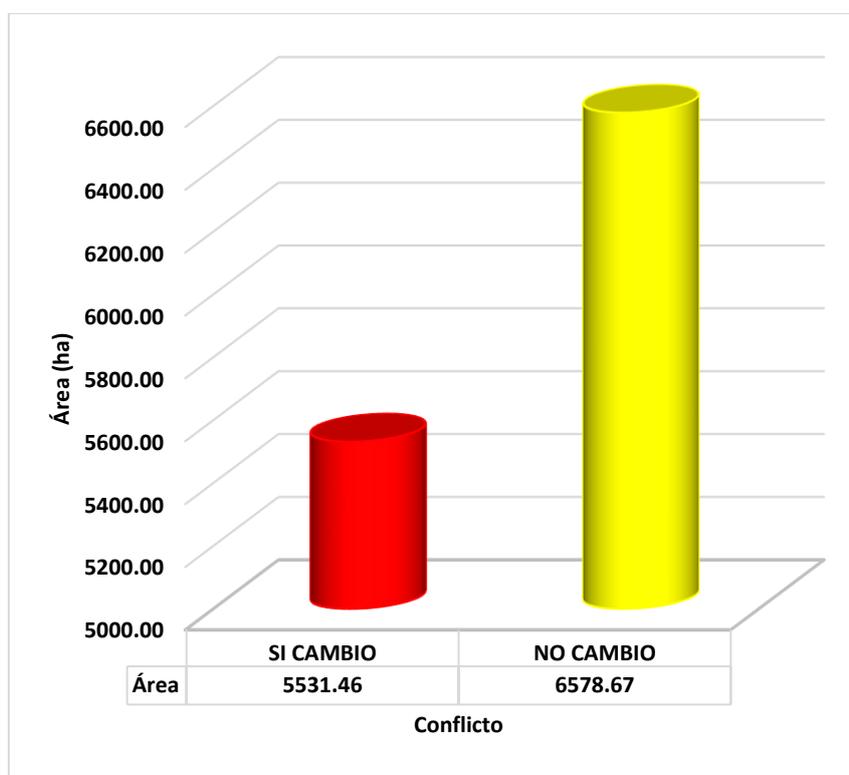
Según la figura 18, se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Lajas en el periodo 1987 - 2002, de un total de 12110.14 ha sufrieron cambios 5641.08 ha equivalente al 46.58 % y no cambio 6469.05 ha equivalente al 53.42 %, como se muestra en el mapa de cambio y no cambio (ver anexo 9).

#### **4.3.2. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2002 – 2016.**

En el periodo 2002 - 2016, hubo ganancia de área (+) así como perdida (-), en las categorías diferenciadas, se obtuvo una ganancia en las categorías Tejido urbano continuo (Te) con +18.33 ha, Cultivos transitorios (Ct) con +193.20, Pastos (Pa) con +171.12 ha y Herbazal (He) con +229.57; por otro lado, las categorías que han mostrado un cambio negativo son Arbustal (Ar) -420.07 ha, y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) -192.15 ha. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la tabla 21.

**Tabla 21.** Ganancia y pérdida de cobertura del suelo periodo 2002 - 2016

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Superficie 2002		Superficie 2016		Periodo 2002 -2016	
				Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1.Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	14.60	0.12	32.93	0.27	18.33	0.15
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	3053.01	25.21	3246.21	26.81	193.20	1.60
	2.3. Pastos		Pa	4925.77	40.67	5096.89	42.09	171.12	1.41
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	603.94	4.99	833.52	6.88	229.57	1.90
		3.3.2. Arbustal	Ar	1437.49	11.87	1017.42	8.40	-420.07	-3.47
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	AH	2075.33	17.14	1883.18	15.55	-192.15	-1.59
		<b>TOTAL</b>			12110.14	100.00	12110.14	100.00	0.00



**Figura 19.** Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2002-2016

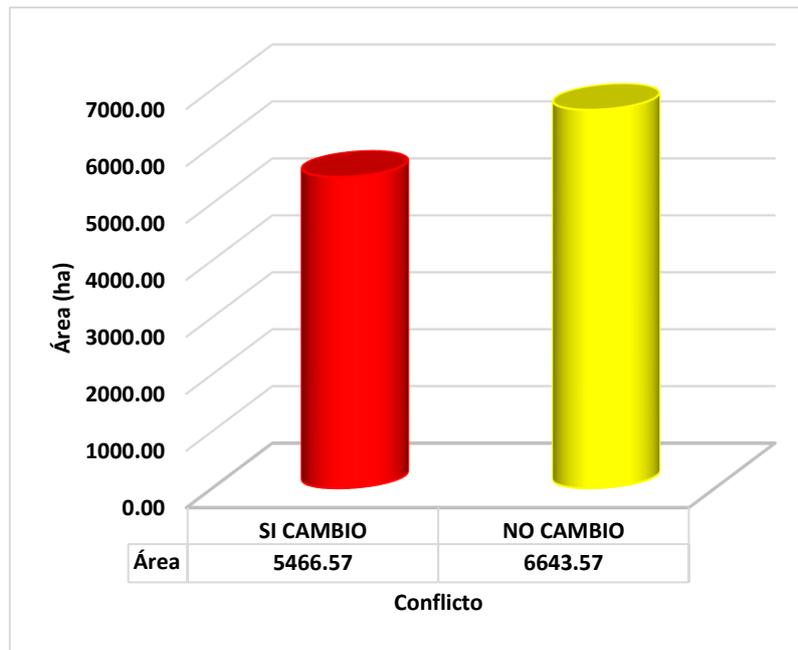
En la figura 19, se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Lajas en el periodo 2002 - 2016, de un total de 12110.14 ha sufrieron cambios 5531.46 ha equivalente al 45.68 % y no cambio 6578.67 ha equivalente al 54.32 %, como se muestra en el mapa de cambio y no cambio (ver anexo 10).

#### 4.3.3. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1987 – 2016

En el periodo 1987 -2016, hubo ganancia de área (+) así como pérdida (-), en las categorías diferenciadas, se obtuvo una ganancia en las categorías Tejido urbano continuo (Te) con +25.46 ha, Cultivos transitorios (Ct) con +324.01 y Pastos (Pa) con +1463.59 ha; por otro lado las categorías que han mostrado un cambio negativo son Herbazal (He) con -731.39, Arbustal (Ar) -722.50 ha, y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) -359.17 ha. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la tabla 22.

**Tabla 22.** Ganancia y pérdida de cobertura del suelo periodo 1987- 2016

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Superficie 1987		Superficie 2016		Periodo 1987-2016	
				Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	7.47	0.06	32.93	0.27	25.46	0.21
2. Áreas agrícolas	2.1.		Ct	2922.20	24.13	3246.21	26.81	324.01	2.68
	2.3. Pastos		Pa	3633.29	30.00	5096.89	42.09	1463.59	12.09
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	1564.91	12.92	833.52	6.88	-731.39	-6.04
		3.3.2. Arbustal	Ar	1739.91	14.37	1017.42	8.40	-722.50	-5.97
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	AH	2242.35	18.52	1883.18	15.55	-359.17	-2.97
<b>TOTAL</b>				12110.14	100.00	12110.14	100.00	0.00	0.00



**Figura 20.** Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1987-2016

En la figura 20, se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Lajas en el periodo 1987 - 2016, de un total de 12110.14 ha sufrieron cambios 5466.57 ha equivalente al 45.14 % y no cambio 6643.57 ha equivalente al 54.86 %, como se muestra en el mapa de cambio y no cambio (ver anexo 11).

#### **4.4. Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra**

##### **4.4.1. Análisis de cambios 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.

##### **4.4.1.1. Cambios de cobertura del periodo 1987 – 2002.**

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 1987 – 2002 en el distrito de Lajas, se determinó que los principales cambios de cobertura que fueron en total 20, Como se muestra en la tabla 23 y en el mapa de cambios de cobertura (ver anexo 12)

**Tabla 23.** Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1987 – 2002.

<b>CODIGO</b>	<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>CUT 1987</b>	<b>CUT 2002</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>%</b>
1	Ct - Pa	Cultivos transitorios	Pastos	974.85	8.05
2	Ct - He	Cultivos transitorios	Herbazal	10.98	0.09
3	Ct - Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	23.27	0.19
4	Ct - AH	Cultivos transitorios	Vegetación arbustiva/herbácea	172.47	1.42
5	Pa - Ct	Pastos	Cultivos transitorios	691.31	5.71
6	Pa - He	Pastos	Herbazal	140.08	1.16
7	Pa - Ar	Pastos	Arbustal	118.51	0.98
8	Pa - AH	Pastos	Vegetación arbustiva/herbácea	164.72	1.36
9	He - Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	410.84	3.39
10	He - Pa	Herbazal	Pastos	200.98	1.66
11	He - Ar	Herbazal	Arbustal	5.25	0.04
12	He - AH	Herbazal	Vegetación arbustiva/herbácea	529.05	4.37
13	Ar - Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	68.12	0.56
14	Ar - Pa	Arbustal	Pastos	845.32	6.98
15	Ar - He	Arbustal	Herbazal	15.14	0.13
16	Ar - AH	Arbustal	Vegetación arbustiva/herbácea	41.07	0.34
17	AH - Ct	Vegetación arbustiva/herbácea	Cultivos transitorios	112.84	0.93
18	AH - Pa	Vegetación arbustiva/herbácea	Pastos	381.76	3.15
19	AH - He	Vegetación arbustiva/herbácea	Herbazal	40.18	0.33
20	AH - Ar	Vegetación arbustiva/herbácea	Arbustal	517.71	4.27
21		<b>NO CAMBIO</b>		6645.70	54.88
<b>TOTAL</b>				<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>

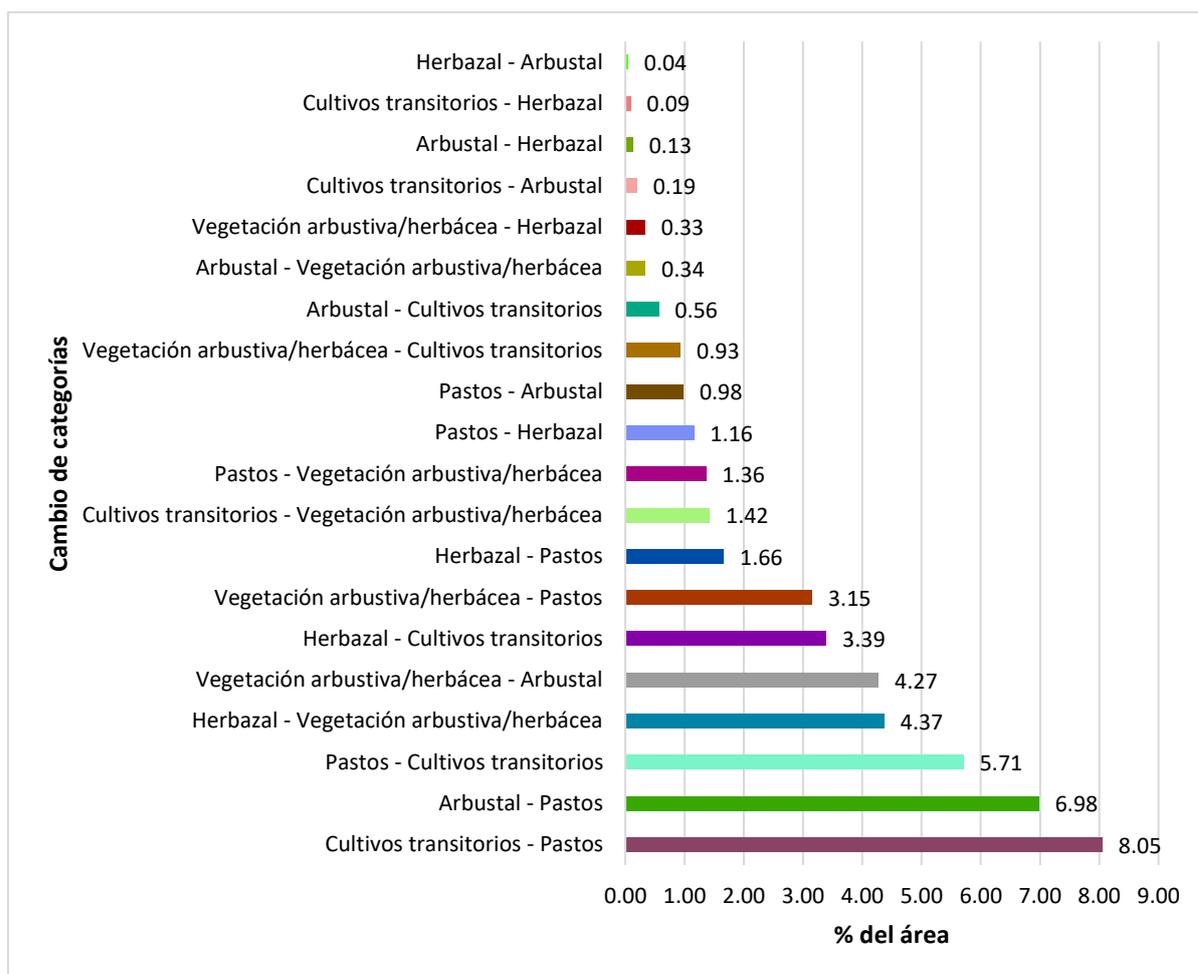
La categoría Cultivos transitorios (Ct) fue reemplazada por, Pastos (Pa) con un área de 974.85 ha, Herbazal (He) con un área de 10.98 ha, Arbustal (Ar) con un área de 23.27 y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 172.47 ha. La categoría Cultivos transitorios (Ct) tuvo una pérdida total de 1181.56 ha.

La categoría Pastos (Pa) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 691.31 ha, Herbazal (He) con un área de 140.08 ha, Arbustal (Ar) con un área de 118.51 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 164.72 ha. La categoría Pastos (Pa) tuvo una pérdida total de 1114.62 ha.

La categoría Herbazal (He) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 410.84 ha, Pastos (Pa) con un área de 200.98 ha, Arbustal (Ar) con un área de 5.25 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 529.05 ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una pérdida de 1146.12 ha.

La categoría Arbustal (Ar) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 68.12 ha, Pastos (Pa) con un área de 845.32 ha, Herbazal (He) con un área de 15.14 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 41.07 ha. La categoría Arbustal (Ar) tuvo una pérdida de 969.65 ha.

La categoría Arbustal/Herbazal (AH) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 112.84 ha, Pastos (Pa) con un área de 381.76 ha, Herbazal (He) con un área de 40.18 ha y Arbustal (Ar) con un área de 517.71 ha. La categoría Vegetación arbustiva / herbácea (AH) tuvo una pérdida de 1052.48 ha.



**Figura 21.** Porcentaje ordenado de menor a mayor según el cambio de cobertura periodo 1987-2002.

Según se aprecia en la figura 21, el porcentaje de área que más cambio sufrió fue la categoría de cultivos transitorios a pastos (Ct - Pa) en 8.05 % así como arbustal a pastos (Ar - Pa) en 6.98 %, lo que indica que la categoría de pastos fue la que más aumento, debido probablemente a la intensificación de la producción pecuaria y al aumento de productores, que por motivo del aumento de población estos también aumentaron fueron una mayor cantidad.

#### 4.4.1.2. Cambios de cobertura del periodo 2002-2016.

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 2002-2016 en el distrito de Lajas, se determinó que los principales cambios de cobertura que fueron en total 21, Como se muestra en la tabla 24 y en el mapa de cambios de cobertura (ver anexo 13).

**Tabla 24.** Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2002 – 2016.

CODIGO	SIMBOLOGÍA	CUT 2002	CUT 2016	ÁREA	%
1	Ct - Pa	Cultivos transitorios	Pastos	1099.39	9.08
2	Ct - He	Cultivos transitorios	Herbazal	227.46	1.88
3	Ct - Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	56.29	0.46
4	Ct - AH	Cultivos transitorios	Vegetación arbustiva/herbácea	92.67	0.77
5	Pa - Ct	Pastos	Cultivos transitorios	1207.72	9.97
6	Pa - He	Pastos	Herbazal	43.23	0.36
7	Pa - Ar	Pastos	Arbustal	277.80	2.29
8	Pa - AH	Pastos	Vegetación arbustiva/herbácea	326.23	2.69
9	He - Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	49.98	0.41
10	He - Pa	Herbazal	Pastos	147.42	1.22
11	He - AH	Herbazal	Vegetación arbustiva/herbácea	44.80	0.37
12	Ar - Te	Arbustal	Tejido Urbano Continuo	5.33	0.04
13	Ar - Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	131.40	1.09
14	Ar - Pa	Arbustal	Pastos	337.82	2.79
15	Ar - He	Arbustal	Herbazal	13.65	0.11
16	Ar - AH	Arbustal	Vegetación arbustiva/herbácea	281.06	2.32
17	AH - Te	Vegetación arbustiva/herbácea	Tejido Urbano Continuo	6.52	0.05

18	AH - Ct	Vegetación arbustiva/herbácea	Cultivos transitorios	288.75	2.38
19	AH - Pa	Vegetación arbustiva/herbácea	Pastos	443.10	3.66
20	AH - He	Vegetación arbustiva/herbácea	Herbazal	232.01	1.92
21	AH - Ar	Vegetación arbustiva/herbácea	Arbustal	20.84	0.17
22	NO CAMBIO			6776.65	55.96
<b>TOTAL</b>				<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>

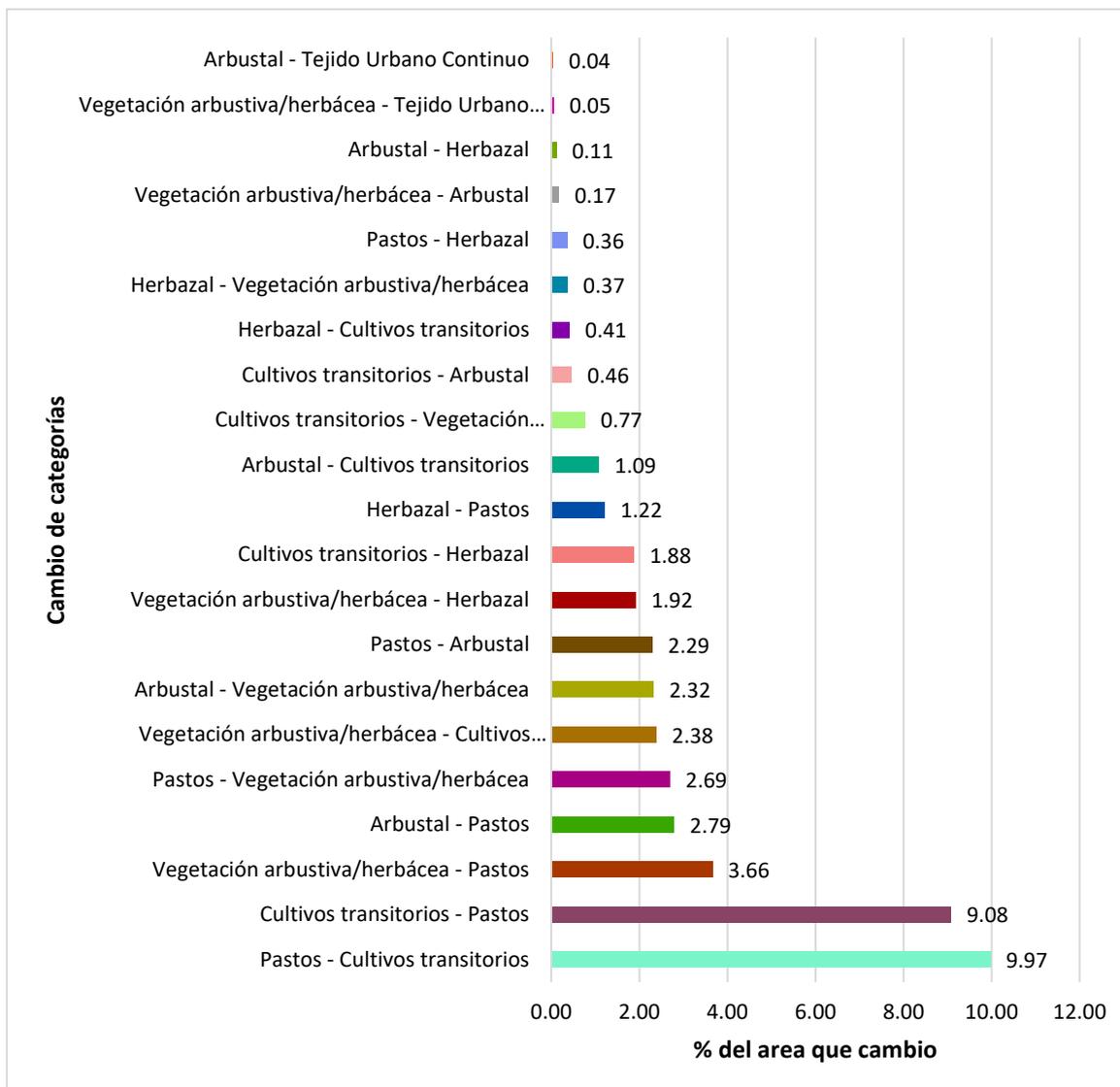
La categoría Cultivos transitorios (Ct) fue reemplazada por, Pastos (Pa) con un área de 1099.39 ha, Herbazal (He) con un área de 227.46 ha, Arbustal (Ar) con un área de 56.29 y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 92.67 ha. La categoría Cultivos transitorios (Ct) tuvo una pérdida total de 1475.82 ha.

La categoría Pastos (Pa) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 1207.72 ha, Herbazal (He) con un área de 43.23 ha, Arbustal (Ar) con un área de 277.80 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 326.23 ha. La categoría Pastos (Pa) tuvo una pérdida total de 1854.99 ha.

La categoría Herbazal (He) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 49.98 ha, Pastos (Pa) con un área de 147.42 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 44.80 ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una pérdida de 242.20 ha.

La categoría Arbustal (Ar) fue reemplazada por Tejido urbano continuo (Te) con un área de 5.33, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 131.40 ha, Pastos (Pa) con un área de 337.82 ha, Herbazal (He) con un área de 13.65 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 281.06 ha. La categoría Arbustal (Ar) tuvo una pérdida de 769.26 ha.

La categoría Vegetación arbustiva / herbácea (AH) fue reemplazada por Tejido urbano continuo (Te) con un área de 6.52 Cultivos transitorios (Ct) con un área de 288.75 ha, Pastos (Pa) con un área de 443.10 ha, Herbazal (He) con un área de 232.01 ha y Arbustal (Ar) con un área de 20.84 ha. La categoría Vegetación arbustiva / herbácea (AH) tuvo una pérdida de 991.22 ha.



**Figura 22.** Porcentaje ordenado de menor a mayor según el cambio de cobertura periodo 2002 - 2016.

Como se muestra en la figura 22, los porcentajes de área que más cambios sufrieron fue las categorías de pastos a cultivos transitorios (Pa - Ct) en 9.97 % así como cultivos transitorios a pastos (Ct - Pa) en 9.08 %; estos resultados nos ayudan a entender, que en este periodo hay una modificación entre lugares que estaban con pastos pasan a ser cultivados y viceversa; esto se debe a que los antiguos pobladores dejaban algunos terrenos descansar porque tenían una extensión más grande para desarrollar sus actividades agrícolas y pecuarias, pero como las nuevas generación toman posesión de ellos estos lo utilizan de acuerdo al propósito que ellos desean, por ejemplo instalando pasturas donde talvez fue cultivos o caso contrario.

#### 4.4.1.3. Cambios de cobertura del periodo 1987 - 2016.

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 1987 - 2016 en el distrito de Lajas, se determinó que los principales cambios de cobertura que fueron en total 21, Como se muestra en la tabla 25 y en el mapa de cambios de cobertura (ver anexo 14).

**Tabla 25.** Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1987 – 2016.

CODIGO	SIMBOLOGÍA	CUT 1987	CUT 2016	ÁREA	%
1	Ct - Pa	Cultivos transitorios	Pastos	841.04	6.94
2	Ct - He	Cultivos transitorios	Herbazal	82.28	0.68
3	Ct - Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	39.31	0.32
4	Ct - AH	Cultivos transitorios	Vegetación arbustiva/herbácea	142.19	1.17
5	Pa - Te	Pastos	Tejido Urbano Continuo	6.57	0.05
6	Pa - Ct	Pastos	Cultivos transitorios	461.63	3.81
7	Pa - He	Pastos	Herbazal	76.89	0.63
8	Pa - Ar	Pastos	Arbustal	174.51	1.44
9	Pa - AH	Pastos	Vegetación arbustiva/herbácea	202.00	1.67
10	He - Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	458.82	3.79
11	He - Pa	Herbazal	Pastos	199.95	1.65
12	He - Ar	Herbazal	Arbustal	5.55	0.05
13	He - AH	Herbazal	Vegetación arbustiva/herbácea	335.26	2.77
14	Ar - Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	291.61	2.41
15	Ar - Pa	Arbustal	Pastos	890.45	7.35
16	Ar - AH	Arbustal	Vegetación arbustiva/herbácea	31.98	0.26
17	AH - Te	Vegetación arbustiva/herbácea	Tejido Urbano Continuo	16.38	0.14
18	AH - Ct	Vegetación arbustiva/herbácea	Cultivos transitorios	283.63	2.34
19	AH - Pa	Vegetación arbustiva/herbácea	Pastos	445.65	3.68
20	AH - He	Vegetación arbustiva/herbácea	Herbazal	127.33	1.05
21	AH - Ar	Vegetación arbustiva/herbácea	Arbustal	195.21	1.61
22		<b>NO CAMBIO</b>		6801.89	56.17
<b>TOTAL</b>				<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>

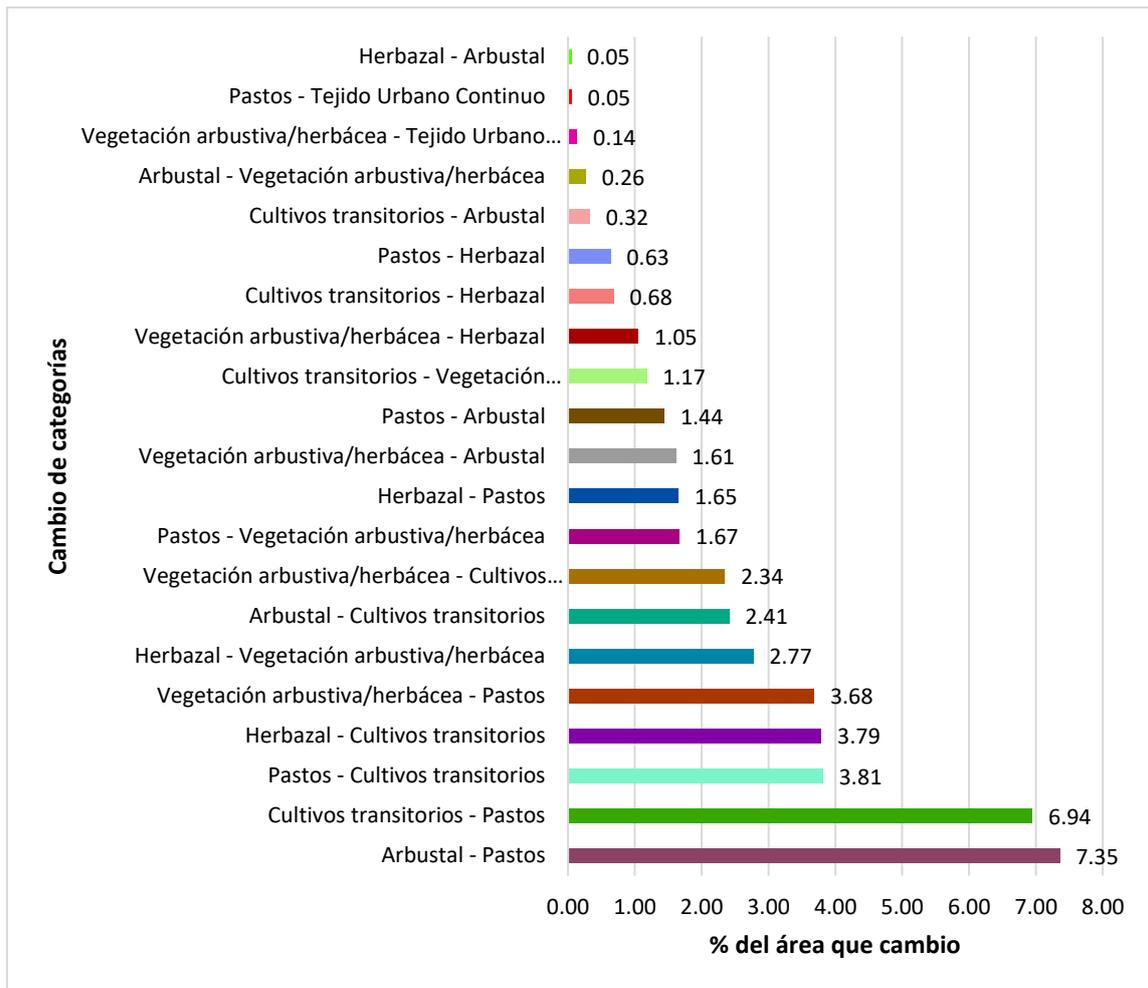
La categoría Cultivos transitorios (Ct) fue reemplazada por, Pastos (Pa) con un área de 841.04 ha, Herbazal (He) con un área de 82.08 ha, Arbustal (Ar) con un área de 39.31 y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 142.19 ha. La categoría Cultivos transitorios (Ct) tuvo una pérdida total de 1104.81 ha.

La categoría Pastos (Pa) fue reemplazada por Tejido urbano continuo (Te) con un área de 6.57, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 461.63 ha, Herbazal (He) con un área de 76.89 ha, Arbustal (Ar) con un área de 174.51 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 2002.00 ha. La categoría Pastos (Pa) tuvo una pérdida total de 921.61 ha.

La categoría Herbazal (He) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 458.92 ha, Pastos (Pa) con un área de 199.95 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 202.00ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una pérdida de 999.58 ha.

La categoría Arbustal (Ar) fue reemplazada por Cultivos transitorios (Ct) con un área de 291.61 ha, Pastos (Pa) con un área de 890.45 ha y Vegetación arbustiva / herbácea (AH) con un área de 31.98 ha. La categoría Arbustal (Ar) tuvo una pérdida de 1214.04 ha.

La categoría Vegetación arbustiva / herbácea (AH) fue reemplazada por Tejido urbano continuo (Te) con un área de 16.38 Cultivos transitorios (Ct) con un área de 283.63 ha, Pastos (Pa) con un área de 445.65 ha, Herbazal (He) con un área de 127.33 ha y Arbustal (Ar) con un área de 195.21 ha. La categoría Vegetación arbustiva / herbácea (AH) tuvo una pérdida de 1068.20 ha.



**Figura 23.** Porcentaje ordenado de menor a mayor según el cambio de cobertura periodo 1987-2016.

Finalmente, en la figura 23 se muestra que el porcentaje de área que más sufrió cambio fue la categoría de arbustal a pastos (Ar - Pa) en 7.35 % así como cultivos transitorios a pastos (Ct - Pa) en 6.94 %. Esto indica que la actividad pecuaria fue la que tuvo un aumento significativo, y está completamente influenciado por la población, que se ha dedicado a esta actividad, ya que tiene menores probabilidades de pérdida, no como la actividad agrícola, que sus niveles de pérdida son mayores y está determinado por el mercado principalmente al momento de cosechar.

Las fluctuaciones de cambios de cobertura se deben principalmente a la fertilidad que pierde el suelo por realizar una agricultura muy intensiva, donde el poblador busca nuevos suelos para desarrollar su actividad agrícola, llegando a realizar un abandono o destinándola a otra actividad. Según lo mencionado

Caballero Nieto y López Blanco (2010) afirman que, es costumbre observar que se cultiva de forma intensiva en lugares con pendientes, situadas en las áreas desfavorables y que después de cierto tiempo están siendo abandonadas. Esta situación es especialmente significativa, debido a que promueve la desaparición de los paisajes naturales que se han formado a partir de la interacción hombre-naturaleza. El mantenimiento de este tipo de paisaje concierne a una gran cantidad de territorio e implica la conservación de los equilibrios socioeconómicos y ecológicos tradicionales.

El abandono de tierras no planificado lleva implícito una serie de consecuencias ambientales entre las que destacan la erosión, durante los primeros años, de las parcelas agrícolas desprovistas de vegetación (Garibai Orozco y Bocco Verdinelli, 2011).

Para la FAO 1995, uno de los principales problemas ambientales que afecta al suelo es la causa más grave y frecuente de su degradación física, ya que cada año, en el mundo se pierde entre 5 y 7 millones de tierra cultivable.

En el departamento Cajamarca, se tiene que el 51.64% y el 42.69% de la superficie departamental se encuentra en peligro alto y muy alto de pérdida de suelos por erosión, respectivamente. Asimismo, sólo el 18 % de las tierras tiene niveles leves a ninguno-moderado de erosión y el 82 % de moderada a severa. De existir en Cajamarca cambios inadecuados de la cobertura y uso de la tierra, se estima la pérdida de una considerable cantidad de suelo cultivable (Alcántara Boñón 2014).

El cambio de vegetación altera otras propiedades físicas de la superficie, entre las que se encuentran la rugosidad, el índice de área foliar, la profundidad de raíces y la disponibilidad de humedad del suelo (Foley *et al.*, 2000). Este es el caso de la sustitución de selvas por pastizales, que reduce la evapotranspiración e incrementa el flujo de calor sensible y consecuentemente la temperatura superficial (Sampaio *et al.*, 2007). Por esta razón, para Malhi *et al.* (2008) menciona que la deforestación se traduce en disminución de la nubosidad, incremento de la insolación y la reflectancia de la superficie y, cambios en la carga de aerosoles en la atmósfera, la velocidad de los vientos y la convergencia a gran escala de la humedad atmosférica que genera precipitación.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Se identificó los cambios de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Lajas por medio de imágenes satelitales a través de la metodología Corine Land Cover para los periodos 1987 – 2002 – 2016, en un nivel III, identificándose seis categorías: tejido urbano continuo, pastos, cultivos transitorios, herbazal, arbustal y vegetación arbustiva/herbácea.

Se elaboró los mapas de cobertura y uso actual de la tierra, con el algoritmo de máxima verosimilitud para los periodos 1987 – 2002 – 2016, alcanzando una fiabilidad de 95.80 % para el año 1987, 97.19 % para el año 2002 y 96.07 % para el año 2016 el cual fue validado en campo.

Las categorías que aumentaron fue el tejido urbano continuo, influenciado por el aumento de la población urbana, migración del campo a la ciudad buscando mejores beneficios en educación, salud; así como también las categoría de pastos y cultivos transitorios, que está influenciado por el aumento de productores agropecuarios de 3268 entre 1994 y 2012, que intensifican la agricultura y pastoreo reduciendo la vegetación natural e invadiendo laderas, para generar una agricultura de subsistencia, logrando así la disminución de las categorías de herbazal, arbustal y vegetación arbustiva/herbácea.

El cambio y no cambio de la cobertura está ligado con los factores antrópicos y naturales, según los resultados muestran que el mayor cambio se produjo en el periodo 1987-2002 donde la población aumento de 12400 a 13153 con un total de 753 habitantes según censos del INEI y mostro un cambio 46.58% y no cambio 53.42% de cobertura.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Boñón, G. 2014. Estudio especializado: Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra. Cajamarca: Gobierno Regional Cajamarca. 255 p.
- Aldana D, AT; Bosque Sendra, J. 2008. Cartografía de la cobertura/uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de La Culata, estado Mérida-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, 49(2) 2008, 173-200
- APN – SIB (Administración de Parques Nacionales - Sistema de Información de Biodiversidad). 2005. Protocolo para el pre procesamiento de imágenes satelitales Landsat para aplicaciones de la administración de parques nacionales. Buenos Aires – Argentina.
- Ariza, A. 2013. Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) (en línea). Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Col. 46 p. Consultado 10 ene. 2018. Disponible en <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- Arnillas, CA; Barrena, V; Llactayo, W; Ortíz, H; Regal, F; Rubín de Celis, E; Vásquez, P; Drenkhan, F; Llerena, CE; Espino, P; García, V; Gonzáles Zúñiga, S; Gushiken, E; López, D. y Vásquez, R. 2012. Informe Final del Proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina. Componente Nacional Perú – Primera Etapa. Centro de Datos para la Conservación (CDC-UNALM). Laboratorio de Teledetección (LTAUNALM). Dirección General de Ordenamiento Territorial - Ministerio del Ambiente (DGOT - MINAM). Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA). Lima - Perú. 56 p.
- Arozarena, A. 2001. Teledetección y Sistemas de tratamiento Digital de Imágenes. s.n.t
- AVSAN (Sistema aéreo no tripulado). 2015. Modelo Digital de Elevación (MDE) (en línea). Consultado 16 oct. 2017. Disponible en <http://www.avsan.cl/old/modelos-digitales-de-elevacion.html>
- Baidya-Roy, S; Avissar, R. 2002. Impact of land use/ land cover change on regional hydrometeorology in Amazonia. Journal of Geophysical Research, v. 107, p 1-12.

- Benítez Aguado, E; García-Asenjo Villamayor, L. s/f. Sistemas de referencia (en línea). Gerencia Territorial Valencia. Esp. 31 p. Consultado 08 ene. 2018. Disponible en [http://www.catastro.meh.es/documentos/publicaciones/ct/ct42/ct42\\_4.pdf](http://www.catastro.meh.es/documentos/publicaciones/ct/ct42/ct42_4.pdf)
- Benítez, J. 2011. Descubrimiento de Información en Textos (en línea). Consultado 30 nov. 2017. Disponible en [http://www.jabenitez.com/personal/MASTER/DESCUBRIMIENTO\\_DE\\_INFO\\_EN\\_TEXTOS/TAREA\\_7/RESPUESTA\\_TAREA\\_TEMA7-Jose\\_Alberto\\_Benitez\\_Andrades-71454586A.docx](http://www.jabenitez.com/personal/MASTER/DESCUBRIMIENTO_DE_INFO_EN_TEXTOS/TAREA_7/RESPUESTA_TAREA_TEMA7-Jose_Alberto_Benitez_Andrades-71454586A.docx).
- Bense, T. 2007. Introducción a la percepción remota (en línea). Consultado 12 ene. 2018. Disponible en <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/imagenes-satelitales-tutorial.htm>
- Briceño, F. 2003. Cambios de cobertura de la tierra en el valle del río Momboy, Estado Trujillo. *Geoenseñanza*. Vol. 8, 91-100.
- Caballero Nieto, J; López Blanco, J. 2010. Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. México. Coyoacán. 72 p.
- CAN (Comunidad Andina de Naciones). 2012. Definición de la CAN. Secretaria general de la CAN (en línea). 5 p. secretaria general de la CAN. Consultado 06 feb. 2018. Disponible en <http://www.americaeconomica.com/zonas/can.htm>
- Chuvieco, E. 1990. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid.
- Chuvieco, E. 1996. *Fundamentos de Teledetección* (3 ed.). Editorial RIALP, Madrid, España.
- Chuvieco, E. 1996. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Rialp. 3 ed. España. 568 p.
- Chuvieco, E. 2010. *Teledetección Ambiental* 3 ed. Barcelona, España. Editorial Ariel S.A. 595 p.
- Cohen J. 1960 A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas* 20:37-46.
- Congalton, RG; Green, K. 1999. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*, Lewis Publisher, Boca Raton.

- Cui, X; Graf, HF; Langmann, B; Chen, W; Huang, R. 2006. Climate impacts of anthropogenic land use changes on the Tibetan Plateau. *Global and Planetary Change*, v. 54, p. 33-56.
- Di Gregorio, A; Jansen. LJM. 1998. *Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual*.
- Escalante B. 2006. *Procesamiento Digital de Imágenes (en línea)*. 17 p. Consultado 12 ene. 2018. Disponible en <http://verona.fip.unam.mx/boris/teachingnotes/Capitulo4.pdf>.
- Espitia, J. 2015. *Pastos de corte para el trópico (en línea)*. Colombia. Consultado 10 nov 2017. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/foros/articulo-pastos-corte-tropico-t14924/089-p340.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1995. *Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural*. Italia. 219 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. *Global Forest Resources Assessment 2005: Progress towards Sustainable Forest Management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Forestry Paper No 147. Rome, Italy.
- Fernández Coppel, IA. 2001. *Localizaciones Geográficas. Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM. (Universal Transversa Mercator) El DATUM (en línea)*. Universidad de Valladolid. 86 p. Consultado 10 ene. 2018. Disponible en <http://www.cartesia.org/data/apuntes/cartografia/cartografia-geograficas-utm-datum.pdf>
- Fernández Coppel, IA; Herrero Llorente, E. 2001. *Satélite Landsat. Análisis Visual de Imágenes Obtenidas del Sensor ETM+ (en línea)*. Universidad de Valladolid. España. 37 p. Consultado 10 ene. 2018. Disponible en <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>
- Flores Velázquez, J; Ojeda Bustamante W; Rojano A. 2016. *Aplicaciones de sensores remotos y teledetección para la supervisión de áreas hidroagrícolas (en línea)*. II Congreso Nacional de Riego y Drenaje 2016. Chapingo, México, 16 p. Consultado 16 ene. 2018. Disponible en

<http://comeii.com/comeii2016/congreso2016/php/ponencias/extenso/COMEII-16002.pdf>

Foley, JA. Levis, S; Heil Costa, M; Cramer, W; Pollard, D. 2000. Incorporating dynamic vegetation cover within global climate models. *Ecological Applications*, v. 10, p. 1620-1632.

Franco Antonio, R. 2000. Características de las coordenadas UTM y descripción de este tipo de coordenadas (en línea). Consultado 10 ene. 2018. Disponible en [http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas\\_utm.html](http://www.elgps.com/documentos/utm/coordenadas_utm.html)

García Meléndez, E. 2007. Análisis Visual De Imágenes. Módulo VII: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección (en línea). Área De Geodinámica Externa. España. 15 p. Consultado 08 ene. 2018. Disponible en [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45423/componente45422.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45423/componente45422.pdf)

García, L; Salamanca, N; Pino, O; Quintana, U. 2013. Realce Radiométrico (en línea). Consultado 16 ene. 2018. Disponible en <http://realceradiometrico.blogspot.pe/>

Garibai Orozco, C; Bocco Verdinelli, G. 2011. Cambios de uso del suelo en la meseta purépecha (1976-2005). México. Ciga. 89 p.

Geist, H; Lambin, EF; Geist, HJ. 2006. Causes and trajectories of land-use/ cover change. *Land-use and land-cover change: local processes with global impacts*. Berlin: Springer. p. 41-70.

Geomatica. 2013. Corrección atmosférica con ATCOR (en línea). Especificaciones Técnicas. Consultado 16 ene. 2018. Disponible en [http://www.geosoluciones.cl/documentos/PCI-Geomatica/pdf/fichas\\_tecnicas/ATCOR\\_2013.pdf](http://www.geosoluciones.cl/documentos/PCI-Geomatica/pdf/fichas_tecnicas/ATCOR_2013.pdf)

Godfray, H; Beddington, IR; Crute, L; Haddad, D; Lawrence, JF; Muir, JF. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967): 812-818.

Gonzaga, C. 2014. Aplicación de Índices de vegetación derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia de Loja. Tesis M. C. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.

Harald, M. 1997. Fundamentos del procesamiento digital de imágenes. Mexico.

- Hayden, BP. 1998. Ecosystem Feedbacks on Climate at the Landscape Scale. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, v. 353, p. 5-18.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2008. Manual de procedimientos producción de ortoimágenes de satélite ópticas usando MDT. División de fotogrametría. 320 p.
- INEGI (Dirección General de Geografía y Medio Ambiente). s/f. Aspectos Técnicos De Las Imágenes Landsat (en línea). 22 p. Consultado 08 ene. 2018. Disponible en [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos\\_tecnicos\\_de\\_imagenes\\_landsat.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf)
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 1981. Censos Nacionales 1981: VIII de Población y III de Vivienda (en línea). Consultado 05 mar. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/censos1981/redatam/>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 1993. Censos Nacionales 1993: IX de Población y IV de Vivienda (en línea). Consultado 05 mar. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/censos1993/redatam/>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 1994. III Censo Nacional Agropecuario 1994 (en línea). Consultado 05 mar. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/bcoCuadros/IIIcenagro.htm>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2001. Estimación de proyecciones de población 1950 - 2050. Urbana 1970 – 2025. Dirección técnica de demografía e indicadores sociales. Boletín de análisis demográfico N° 35. Lima. 221 p.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Consultado 05 mar. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/#>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (en línea). Consultado 05 mar. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/#>
- INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico). 2016. Mapa geológico del Perú. Shapefile y Memoria descriptiva (en línea). Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>

- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 1994. Mapa Ecológico del Perú. Escala 1/1 000 000. Lima. Perú.
- Kastner, T; Rivas, M; Koch, W; Nonhebel, S. 2012. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. PNAS, 109(18): 6868- 6872
- Lambin, EF; Turner. B. 2001. The causes of land-use- cover change, Global Environmental Change. USA, p.184.
- Larson, A; Barry, D. 2010. Bosques y derechos comunitarios. Indonesia, Cifor. 284 p.
- Lillesand, T. 2000. Teledetección e interpretación de imágenes. Ralph W. Kiefer. 4 ed.
- Malette, JW. 2012. Assessing Land Use and Land Cover Change in tropical dry forest of Northern Chinandega, Nicaragua from 1985 to 2011. Míchigan, EEUU. Michigan Technological University. s.p.
- Malhi, Y; Roberts, JT; Betts, RA; Killeen, TJ; Li, W; Nobre, CA. 2008 Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. Science, v. 319, p. 169-172.
- Mas, JF; Velásquez, A; Reyes, J; Mayorga, R; Alcántara, C; Bocco, G; Castro, R; Fernández, T; Pérez, A. 2004. Land use/cover changes: A Nationwide Multidate Spatial Database for México. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 5(4): 249-261
- Masera, O. 1996. Deforestación y degradación forestal en México, Documento de Trabajo N°19, Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Melo; Camacho. 2007. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca, Metodología Corine Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000, IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA.
- Meneses Tovar, CL. 2011. El índice normalizado de la vegetación como indicador de la degradación del bosque (en línea). Unasylva, México 62 (238): 39-46. Consultado 16 oct. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/015/i2560s/i2560s07.pdf>
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2014. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina (en línea). Lima, Perú. Consultado

- 20 nov. 2017. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>
- Monterroso Tobar, MF. 2014. Guía práctica: clasificación de imágenes satelitales (en línea). Mundo Geo. 34 p. Consultado 30 nov. 2017. Disponible en <http://arcgeek.com/descargas/ClasImMF.pdf>
- Navarro, A. 2011. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y Geotelemática. Barcelona: UOC.
- Nina Quispe, JJ. 2015. Cambios de la cobertura del suelo en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca - Arequipa, Moquegua – Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación, durante el periodo 1986 – 2010. Tesis Blgo. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 116 p.
- Olaya, A. 2007. Fundamentos de Procesamiento digital de Imágenes. Bogotá, Colombia: I.G.A.C.
- Ordóñez, F; Rosete, O; Maserá, B; Jong, F. 2000. Dinámica de cambio en la cobertura forestal y uso del suelo asociada a los almacenes y emisiones de carbono: el caso de Santiago Tingambato, Michoacán, tesis de M.C. Michoacán, Morelia, México. UNAM.
- Pérez Gutiérrez, C; Muñoz Nieto, AL. 2006. Teledetección: nociones y aplicaciones. España: Universidad de Salamanca. 360 p
- Posada, E. 2008. Prácticas de PDI con ERDAS. Bogotá, Colombia: I.G.A.C.
- Pulgar Vidal, J. 1967. Geografía del Perú: las ocho regiones naturales del Perú. Ansonia. 256 p.
- Ramankutty, N; Lambin, EF; Geist, HJ. 2006. Global land-cover change: recent progress, remaining challenges. Land-use and land-cover change: local processes with global impacts. Berlin: Springer. p. 9-39.

- Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 440 p.
- Rodríguez Eraso, N. 2011. Deforestación y Cambio en la Cobertura del Suelo en Colombia: Dinámica Espacial, factores de cambio y modelamiento. Colombia. Creaf. 134 p.
- Rodríguez, A. 2011. Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de Villavicencio, Meta. Bogotá.
- Rosas, PI; Carranza, O; Nava, O; Larque, SA. 2006. La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal. Instituto Nacional de Ecología. México. p.123-140.
- Sala, OE; Chapin, FS; Armesto, JJ; Berlow, E; Bloomfield, J; Dirzo, R. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459):1770-1774
- Salvatierra, C; Posada, E. 2015. Metodologías basadas en sistemas de clasificación corine-fao en los estudios de la cobertura y uso de la tierra apoyado en geotecnologías. Colombia. 14 p.
- Sampaio, G; Nobre, C; Heil Costa, M; Satyamurty, P; Silveira Soares-Filho, B; Cardoso, M. 2007. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters*, v. 34, p. 1-7.
- Sandoval Verdugo, GS. 2009. Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros. Tesis Ing. Santiago de Chile, Chile, Universidad de Chile. 79 p.
- Seingier, G; Espejel I; Ferman JL. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT. Investigación ambiental. *Ciencia y Política Pública* 1(1): 54-69.
- Sheng, T. 2001. Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. Roma. FAO. 89 p.
- Soto Cortés, J. 2015. El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollistas, autoritario, neoliberal y sustentable (en línea). Universidad Autónoma

- Metropolitana–Unidad Iztapalapa. México.127-149 p. Consultado 10 de nov. 2017. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5926288.pdf>
- Stohlgren, TJ; Chase, T N; Pielke, RA; Kittel, TG; Baron, JS. 1998.Evidence that local land use practices influence regional climate, vegetation and stream flow patterns in adjacent natural areas. *Global Change Biology*, v. 4, p 495-504.
- Treviño G, EJ. 2001. Estratificación de la información en el procesamiento digital de imágenes de satélite aplicado a la cartografía de los bosques Pinus cembroides. *Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM. 44: 54-63.
- UNCPBA (Facultad de Ciencias Exactas). 2012. Curso sensores remotos (en línea). Consultado 12 ene. 2018. Disponible en [http://cursosihlla.bdh.org.ar/SR\\_Exactas/2\\_Teoría/2%20Resoluciones%20en%20Teledetección.pdf](http://cursosihlla.bdh.org.ar/SR_Exactas/2_Teoría/2%20Resoluciones%20en%20Teledetección.pdf)
- USGS (United States Geological Survey). 2013.Using the USGS Landsat 8 Product (in line). U.S. Department of the Interior. Consulted 08 Jan. 2018. Available in <http://landsat.usgs.gov>.
- Valencia, G; Anaya, J. 2009. Implementación de la metodología Corine Land Cover con imágenes Ikonos (en línea). Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*.8(15):39-52. Consultado 10 ene. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15/v8n15a04.pdf>
- Wallner, 1975. *Sociología Conceptos y problemas Fundamentales*. Editorial Herder. Barcelona, España.
- Zorogastúa Cruz, P; Quiroz Guerra, R. 2011. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura - Perú. Tesis Blgo. Lima, Peru, UNAM. 13-22 p.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Propuesta de Leyenda de Cobertura de la Tierra (Corine Land Cover) – Perú

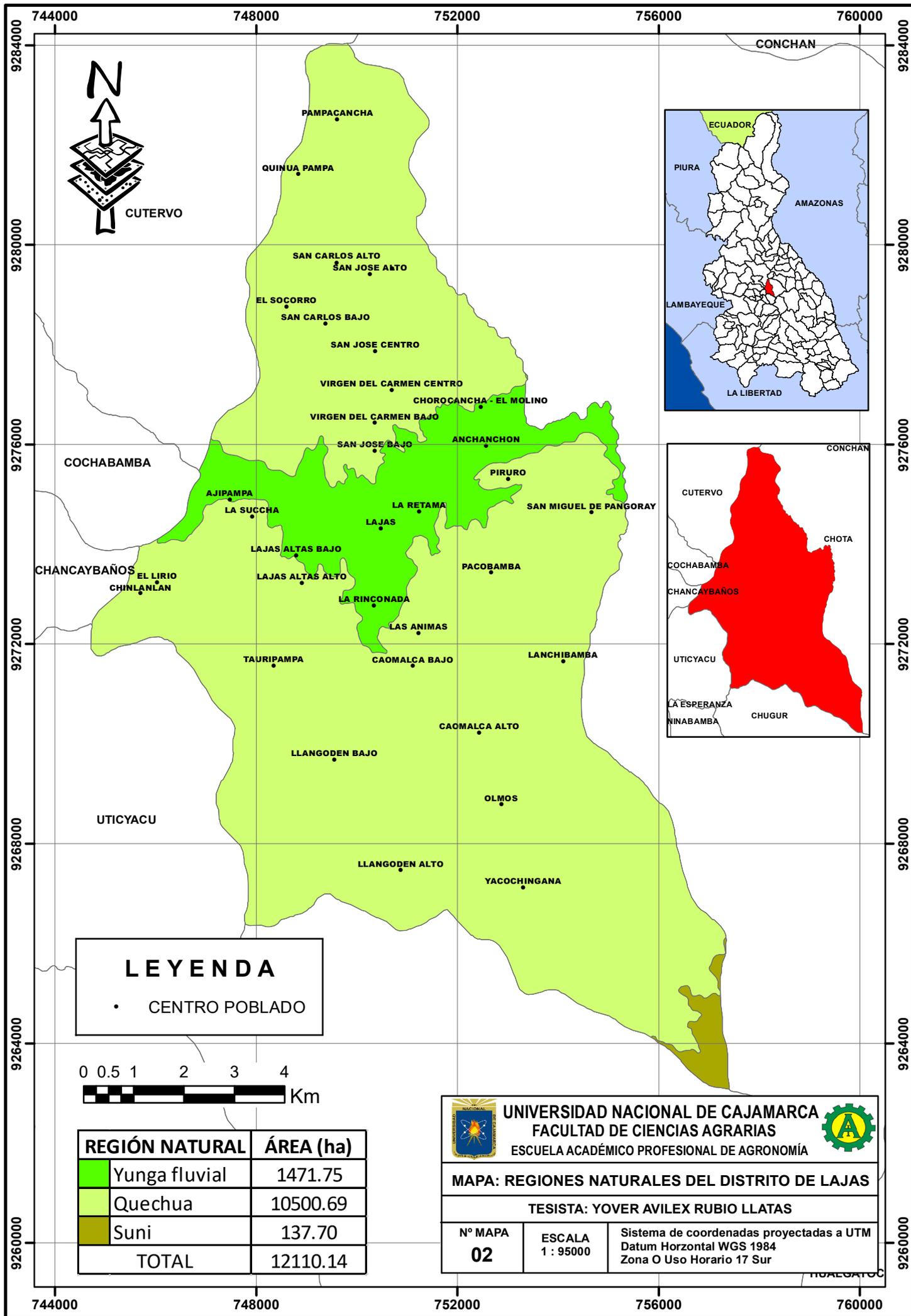
<b>Nivel I</b>	<b>Nivel II</b>	<b>Nivel III</b>
<b>1. Áreas Artificializadas</b>	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		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		
<b>2. Áreas Agrícolas</b>	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
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales		

Nivel I	Nivel II	Nivel III
<b>3. Bosques y áreas mayormente naturales</b>	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

<b>Nivel I</b>	<b>Nivel II</b>	<b>Nivel III</b>
<b>4. Áreas húmedas</b>	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas y 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
<b>5. Superficies de Agua</b>	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)
		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

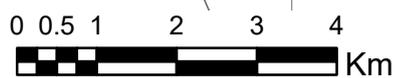
**Fuente:** Ministerio del Ambiente (MINAM), 2014

**Anexo 2.** Mapa de regiones naturales del distrito de Lajas



**LEYENDA**

• CENTRO POBLADO



REGIÓN NATURAL	ÁREA (ha)
Yunga fluvial	1471.75
Quechua	10500.69
Suni	137.70
<b>TOTAL</b>	<b>12110.14</b>



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



---

**MAPA: REGIONES NATURALES DEL DISTRITO DE LAJAS**

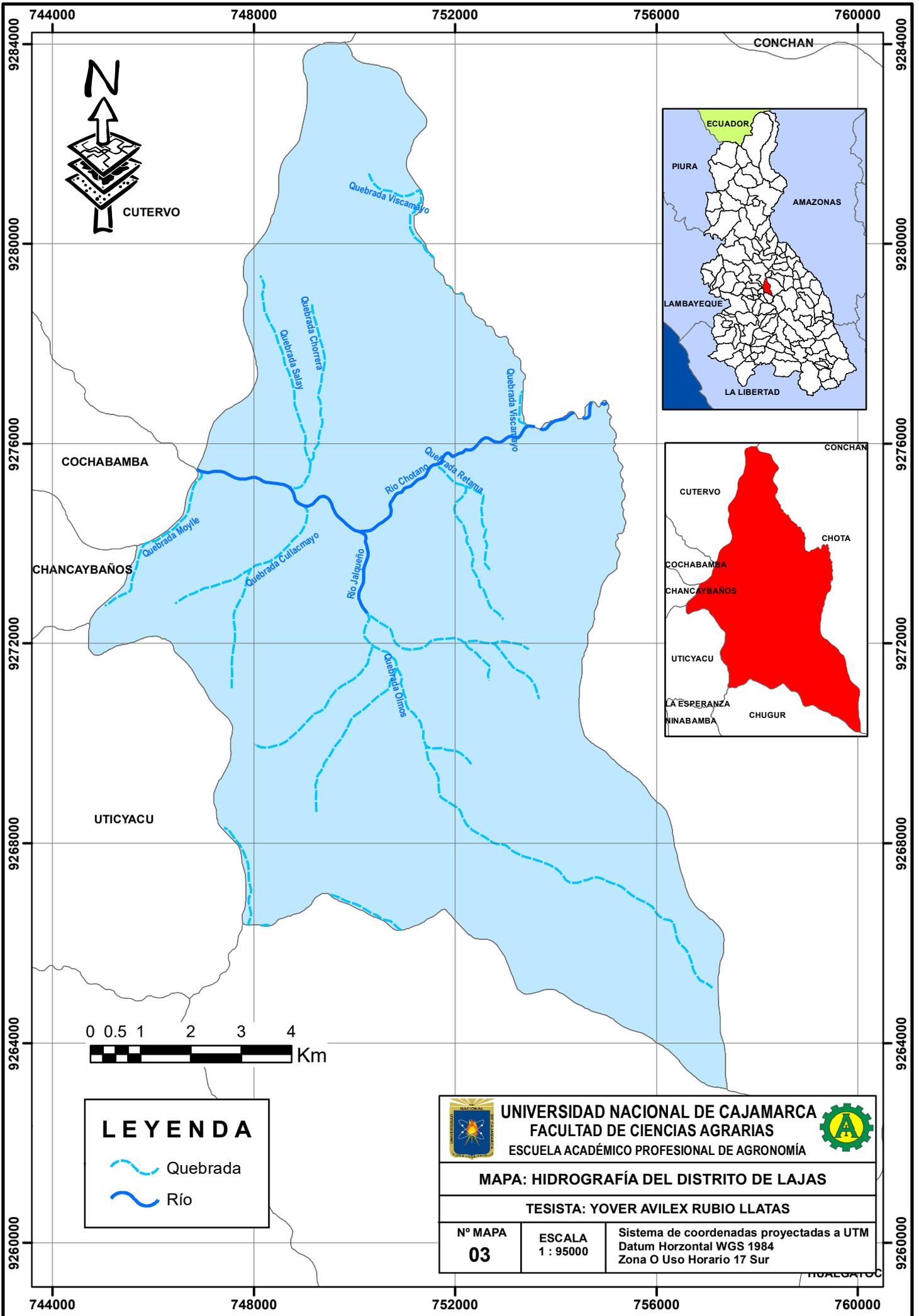
---

**TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS**

---

N° MAPA <b>02</b>	ESCALA 1 : 95000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
----------------------	---------------------	--

**Anexo 3.** Mapa de hidrografía del distrito de Lajas



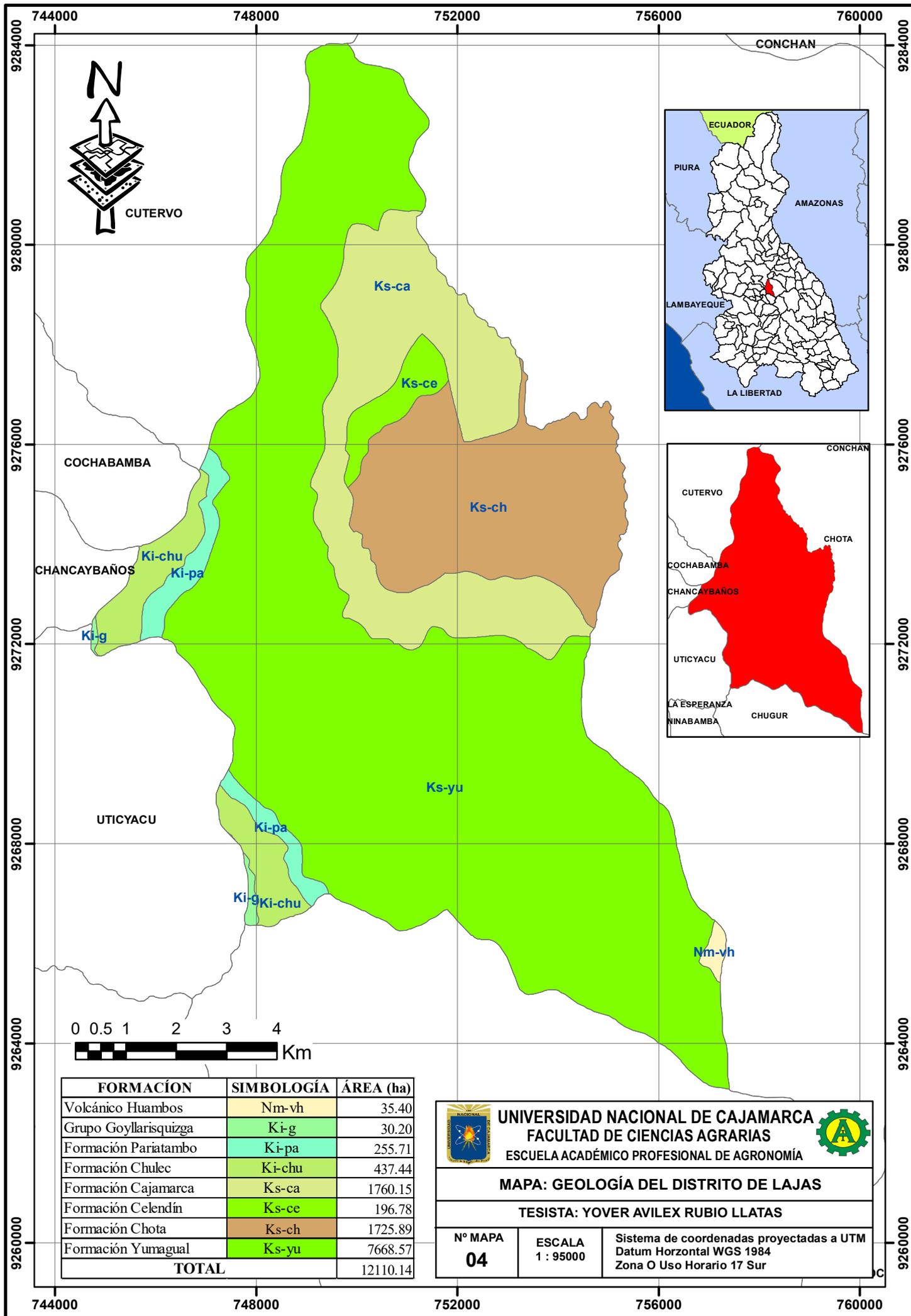
CUTERVO



LEYENDA	
	Quebrada
	Río

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b> FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA		
<b>MAPA: HIDROGRAFÍA DEL DISTRITO DE LAJAS</b>		
<b>TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS</b>		
Nº MAPA <b>03</b>	ESCALA 1 : 95000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur

**Anexo 4.** Mapa de geología del distrito de Lajas.



CUTERVO



FORMACIÓN	SIMBOLOGÍA	ÁREA (ha)
Volcánico Huambos	Nm-vh	35.40
Grupo Goyllarisquizga	Ki-g	30.20
Formación Pariatambo	Ki-pa	255.71
Formación Chulec	Ki-chu	437.44
Formación Cajamarca	Ks-ca	1760.15
Formación Celendín	Ks-ce	196.78
Formación Chota	Ks-ch	1725.89
Formación Yumagual	Ks-yu	7668.57
<b>TOTAL</b>		<b>12110.14</b>



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



---

**MAPA: GEOLOGÍA DEL DISTRITO DE LAJAS**

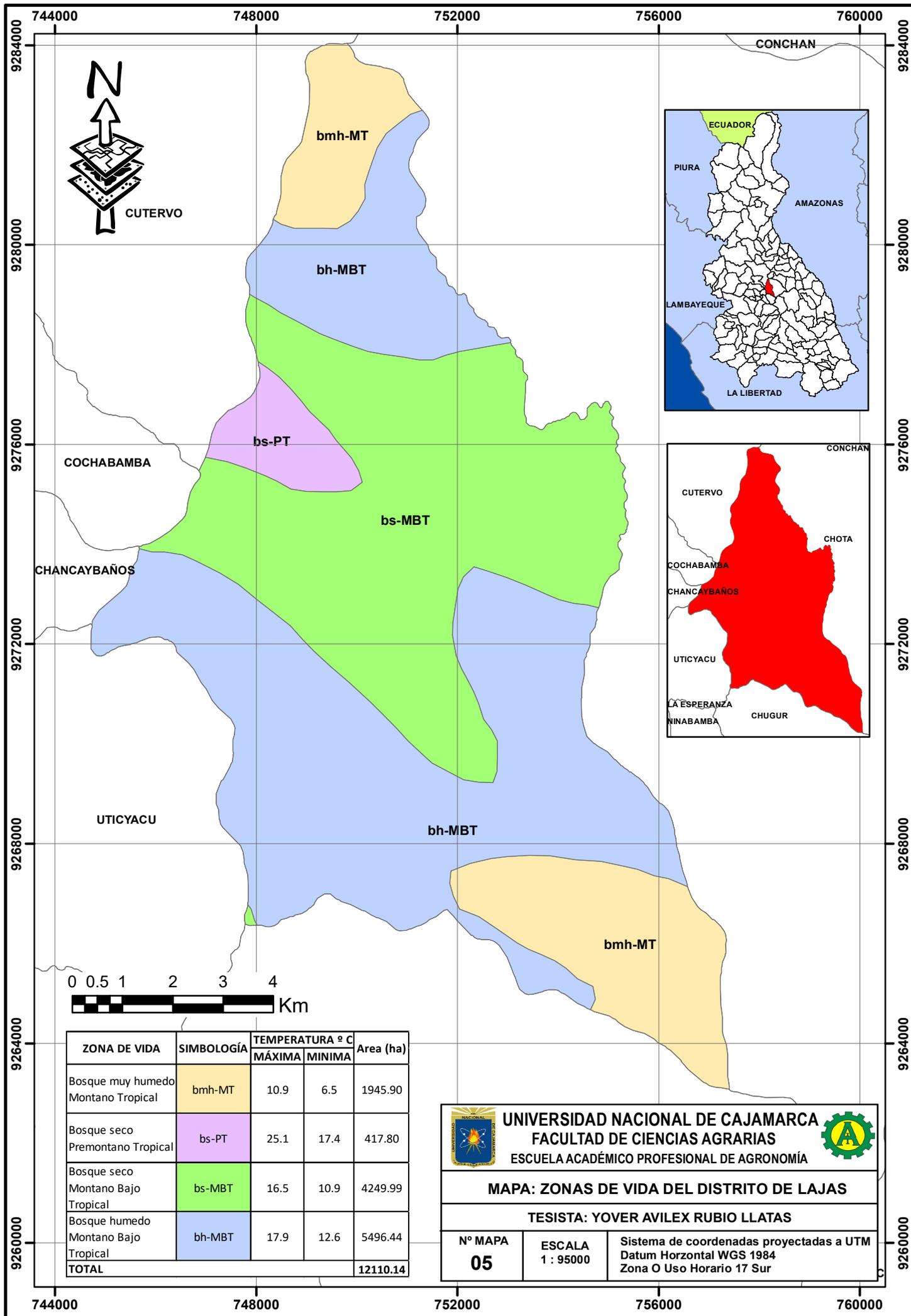
---

**TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS**

---

<b>Nº MAPA</b> <div style="font-size: 1.5em; font-weight: bold; text-align: center;">04</div>	<b>ESCALA</b> 1 : 95000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
--	----------------------------	--

**Anexo 5.** Mapa de zonas de vida del distrito de Lajas.



ZONA DE VIDA	SIMBOLOGÍA	TEMPERATURA °C		Area (ha)
		MÁXIMA	MINIMA	
Bosque muy húmedo Montano Tropical	bmh-MT	10.9	6.5	1945.90
Bosque seco Premontano Tropical	bs-PT	25.1	17.4	417.80
Bosque seco Montano Bajo Tropical	bs-MBT	16.5	10.9	4249.99
Bosque húmedo Montano Bajo Tropical	bh-MBT	17.9	12.6	5496.44
<b>TOTAL</b>				<b>12110.14</b>



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



---

**MAPA: ZONAS DE VIDA DEL DISTRITO DE LAJAS**

---

**TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS**

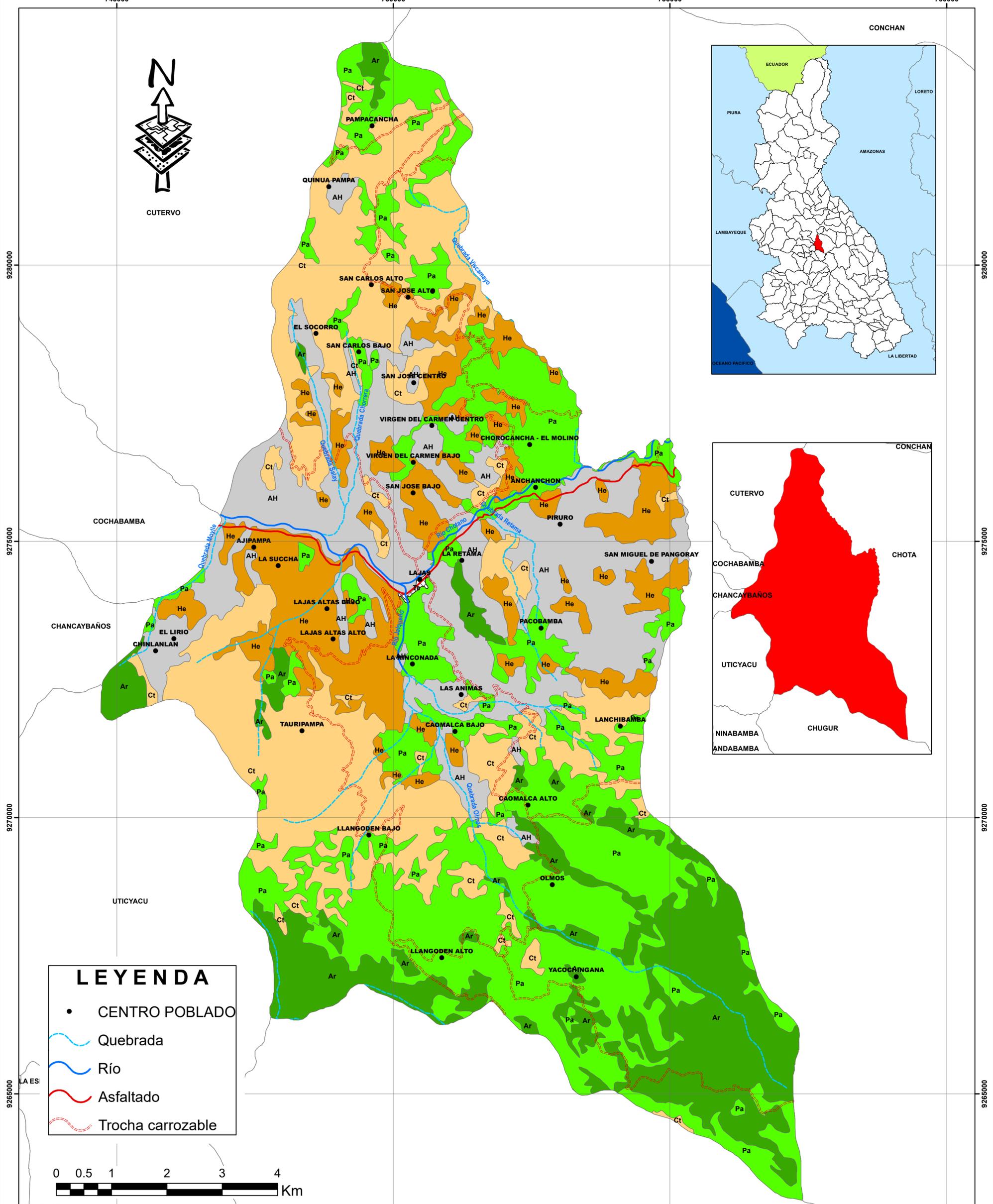
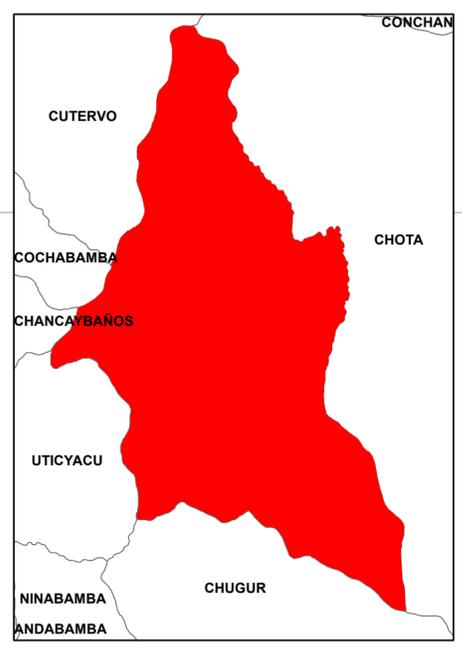
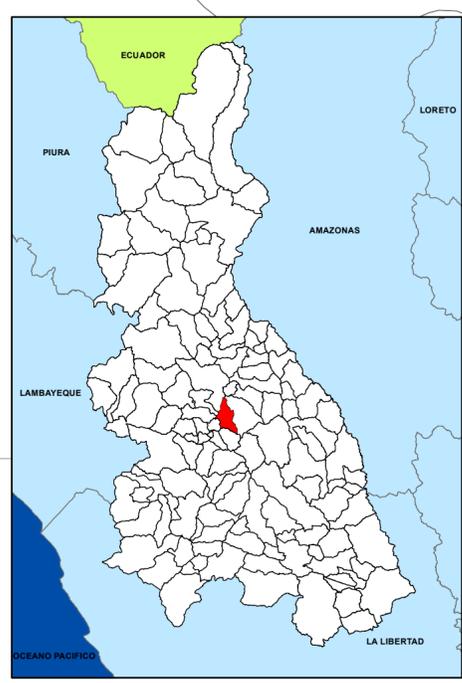
---

<b>N° MAPA</b> <b>05</b>	<b>ESCALA</b> 1 : 95000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
-----------------------------	----------------------------	--

**Anexo 6.** Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Lajas año 1987.

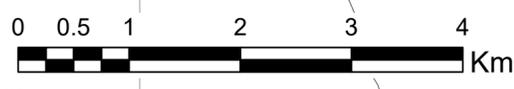


CUTERVO



### LEYENDA

- CENTRO POBLADO
- Quebrada
- Río
- Asfaltado
- Trocha carrozable



Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	7.47	0.06
	2.1. Cultivos transitorios		Ct	2922.20	24.13
2. Áreas agrícolas	2.3. Pastos		Pa	3633.29	30.00
	3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	1564.91
3.3.2. Arbustal			Ar	1739.91	14.37
3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea			AH	2242.35	18.52
<b>TOTAL</b>				<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>

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

**MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 1987**

TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS

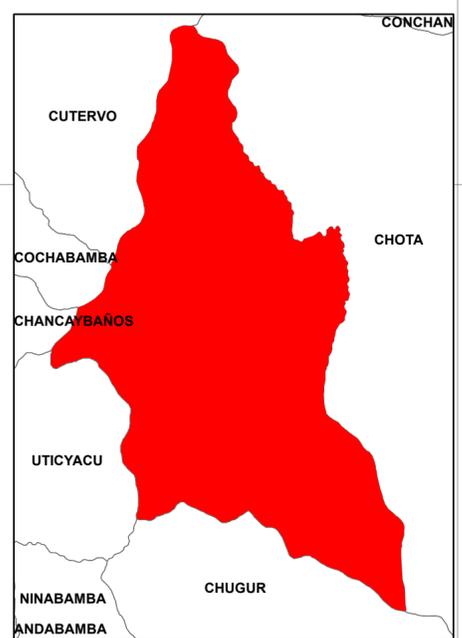
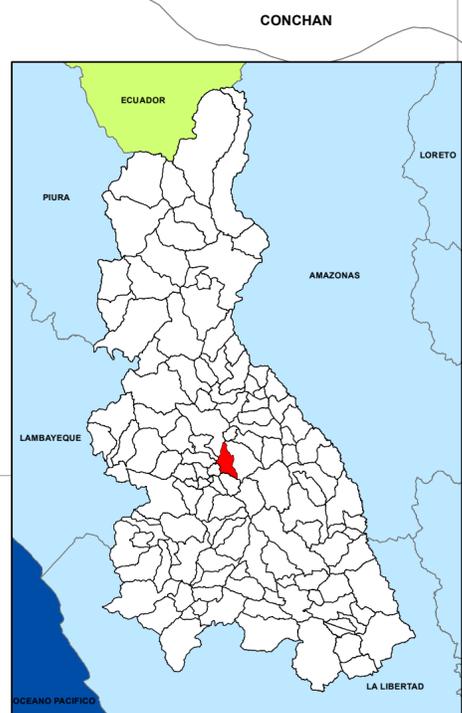
<b>Nº MAPA</b> <b>06</b>	<b>ESCALA</b> <b>1 : 45000</b>	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
-----------------------------	-----------------------------------	--

ANDABAMBA CHUGUR

745000 750000 755000 760000

9260000 9265000 9270000 9275000 9280000

**Anexo 7.** Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Lajas año 2002



**LEYENDA**

- CENTRO POBLADO
- ~ Quebrada
- ~ Río
- ~ Asfaltado
- ~ Trocha carrozable



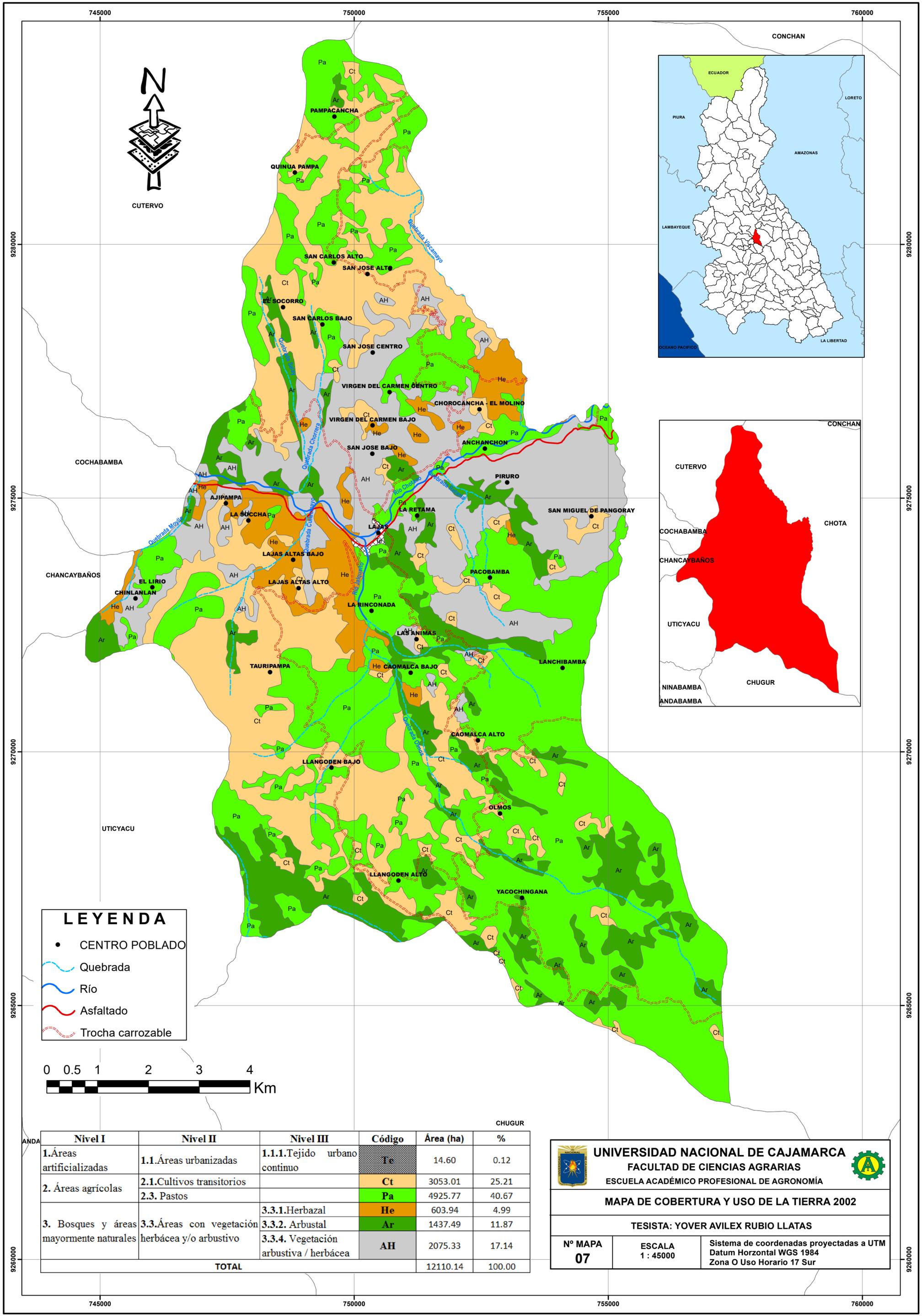
Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Ie	14.60	0.12
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	3053.01	25.21
	2.3. Pastos		Pa	4925.77	40.67
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	603.94	4.99
		3.3.2. Arbustal	Ar	1437.49	11.87
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	AH	2075.33	17.14
		<b>TOTAL</b>			12110.14

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

**MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 2002**

TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS

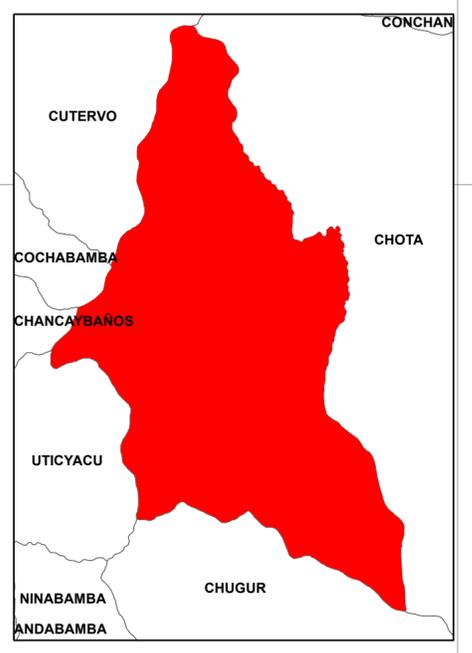
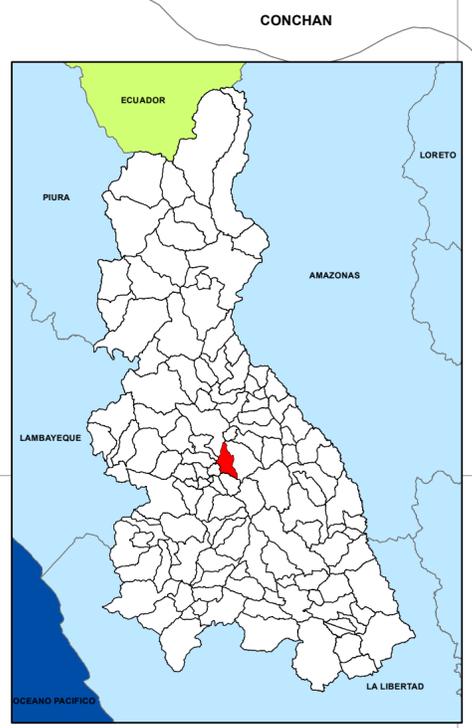
Nº MAPA <b>07</b>	ESCALA 1 : 45000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
----------------------	---------------------	--



**Anexo 8.** Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de Lajas año 2016



CUTERVO



**LEYENDA**

- CENTRO POBLADO
- ~ Quebrada
- ~ Río
- ~ Asfaltado
- ~ Trocha carrozable



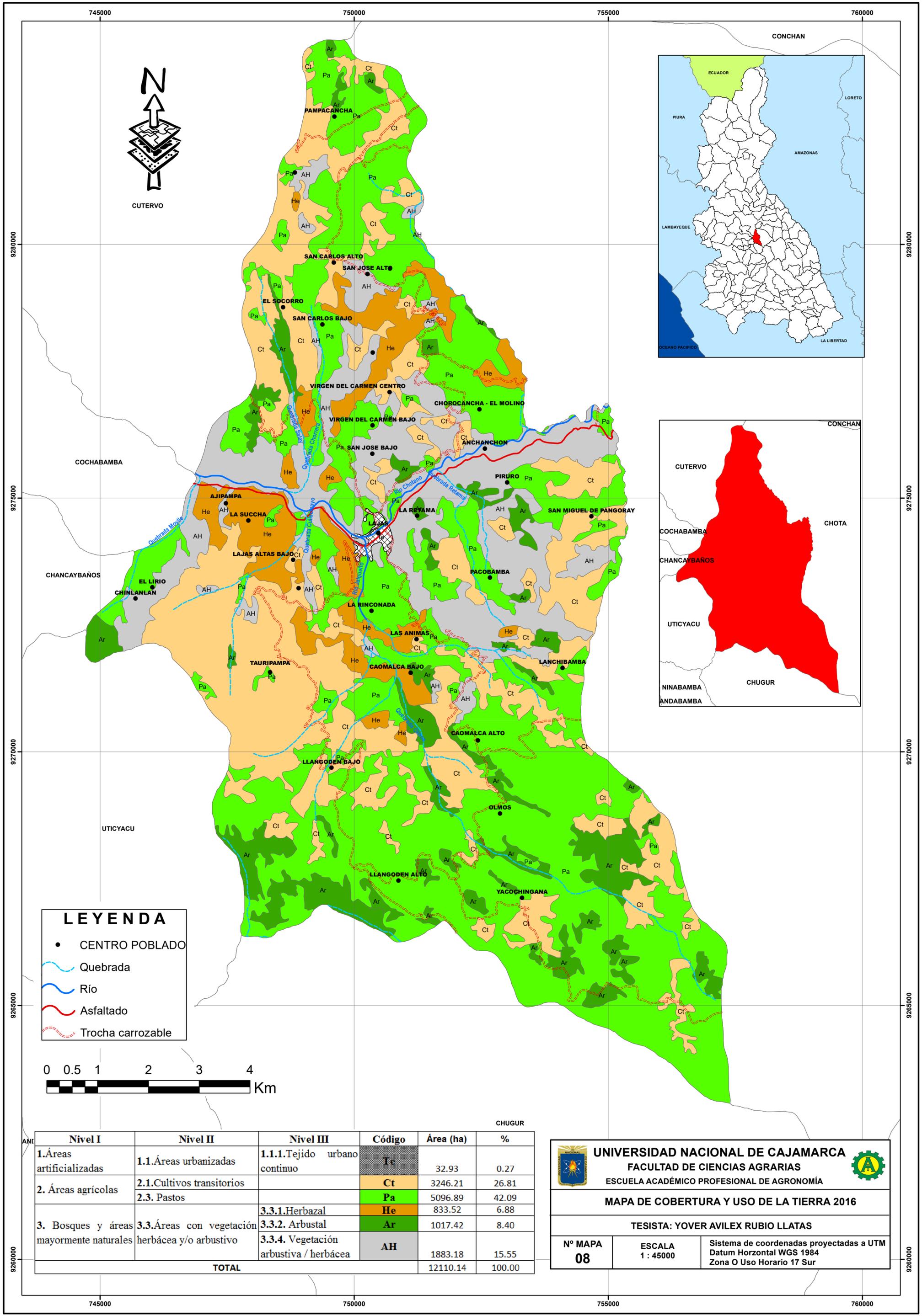
Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	32.93	0.27
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	3246.21	26.81
	2.3. Pastos		Pa	5096.89	42.09
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	833.52	6.88
		3.3.2. Arbustal	Ar	1017.42	8.40
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	AH	1883.18	15.55
		<b>TOTAL</b>			12110.14

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

**MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 2016**

TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS

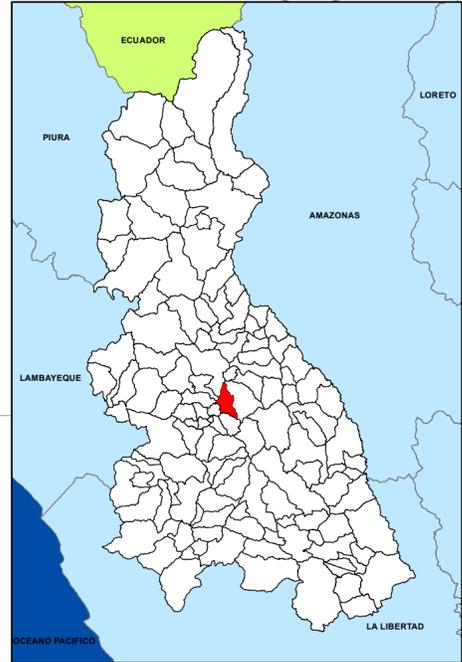
Nº MAPA <b>08</b>	ESCALA 1 : 45000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
----------------------	---------------------	--



**Anexo 9.** Mapa de cambio y no cambio del distrito de Lajas periodo 1987 – 2002.



CUTERVO



**LEYENDA**

- CENTRO POBLADO
- Quebrada
- Río
- Asfaltado
- Trocha carrozable



CAMBIO	ÁREA (ha)	%
SI CAMBIO	5641.08	46.58
NO CAMBIO	6469.05	53.42
<b>TOTAL</b>	<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>



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



---

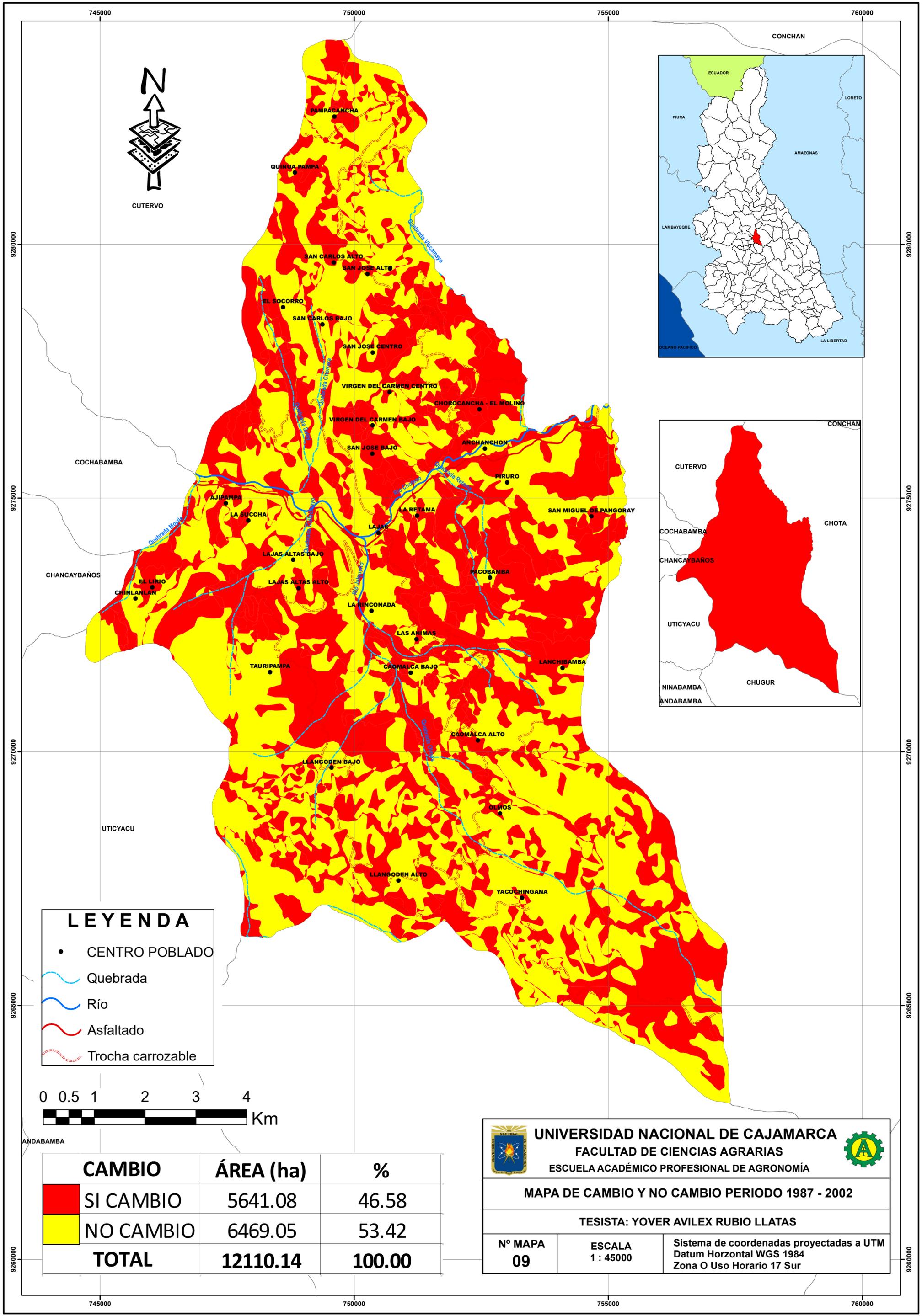
**MAPA DE CAMBIO Y NO CAMBIO PERIODO 1987 - 2002**

---

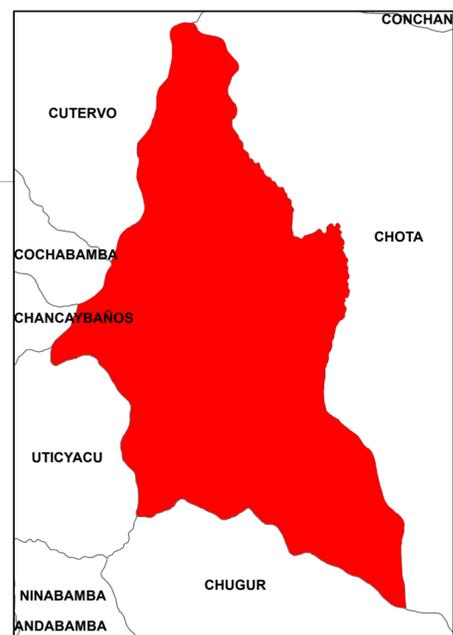
**TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS**

---

<b>Nº MAPA</b> <b>09</b>	<b>ESCALA</b> 1 : 45000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
-----------------------------	----------------------------	--



**Anexo 10.** Mapa de cambio y no cambio del distrito de Lajas periodo 2002 - 2016.



**LEYENDA**

- CENTRO POBLADO
- Quebrada
- Río
- Asfaltado
- Trocha carrozable



CAMBIO	ÁREA (ha)	%
SI CAMBIO	5531.46	45.68
NO CAMBIO	6578.67	54.32
<b>TOTAL</b>	<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>



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



---

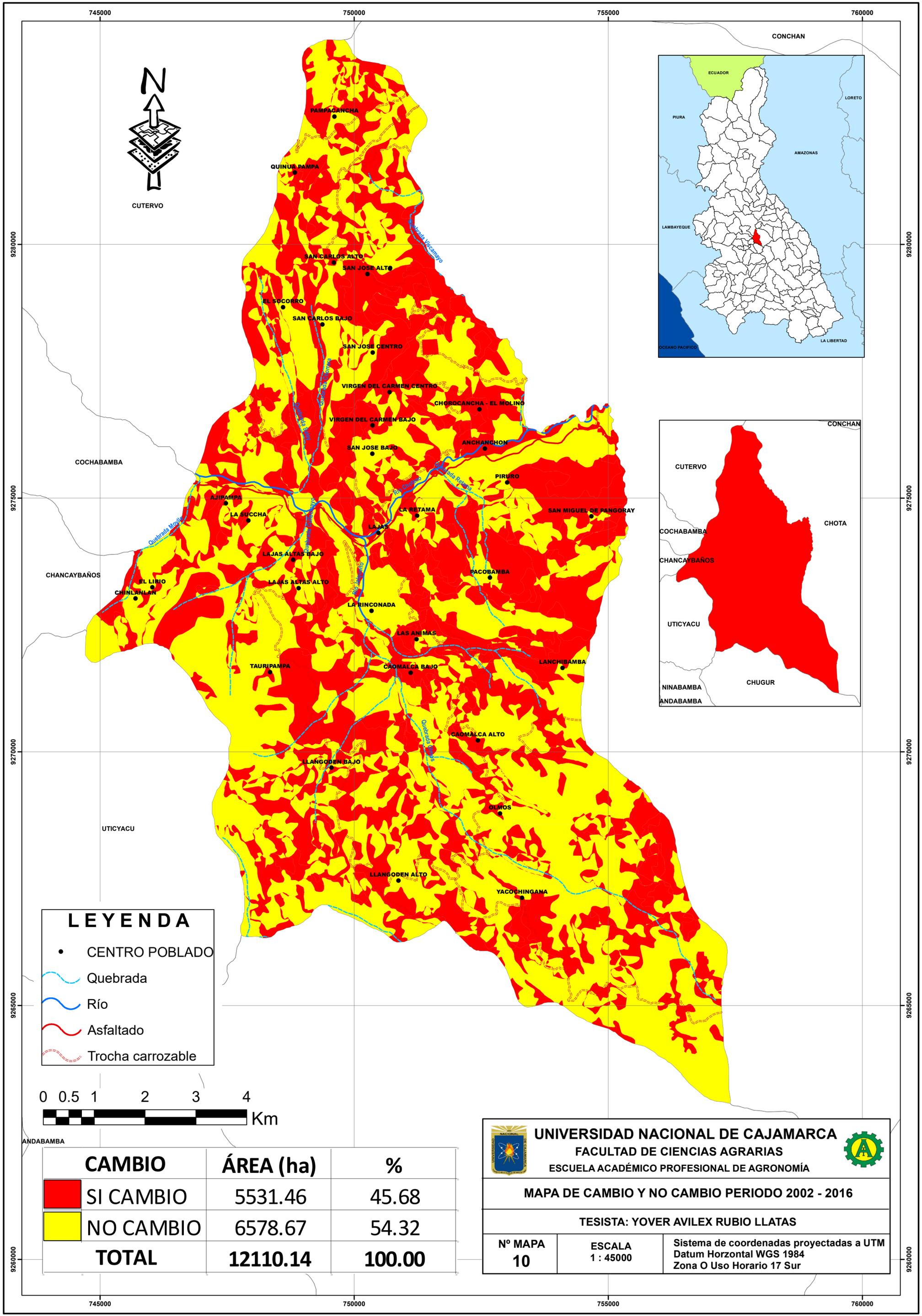
**MAPA DE CAMBIO Y NO CAMBIO PERIODO 2002 - 2016**

---

**TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS**

---

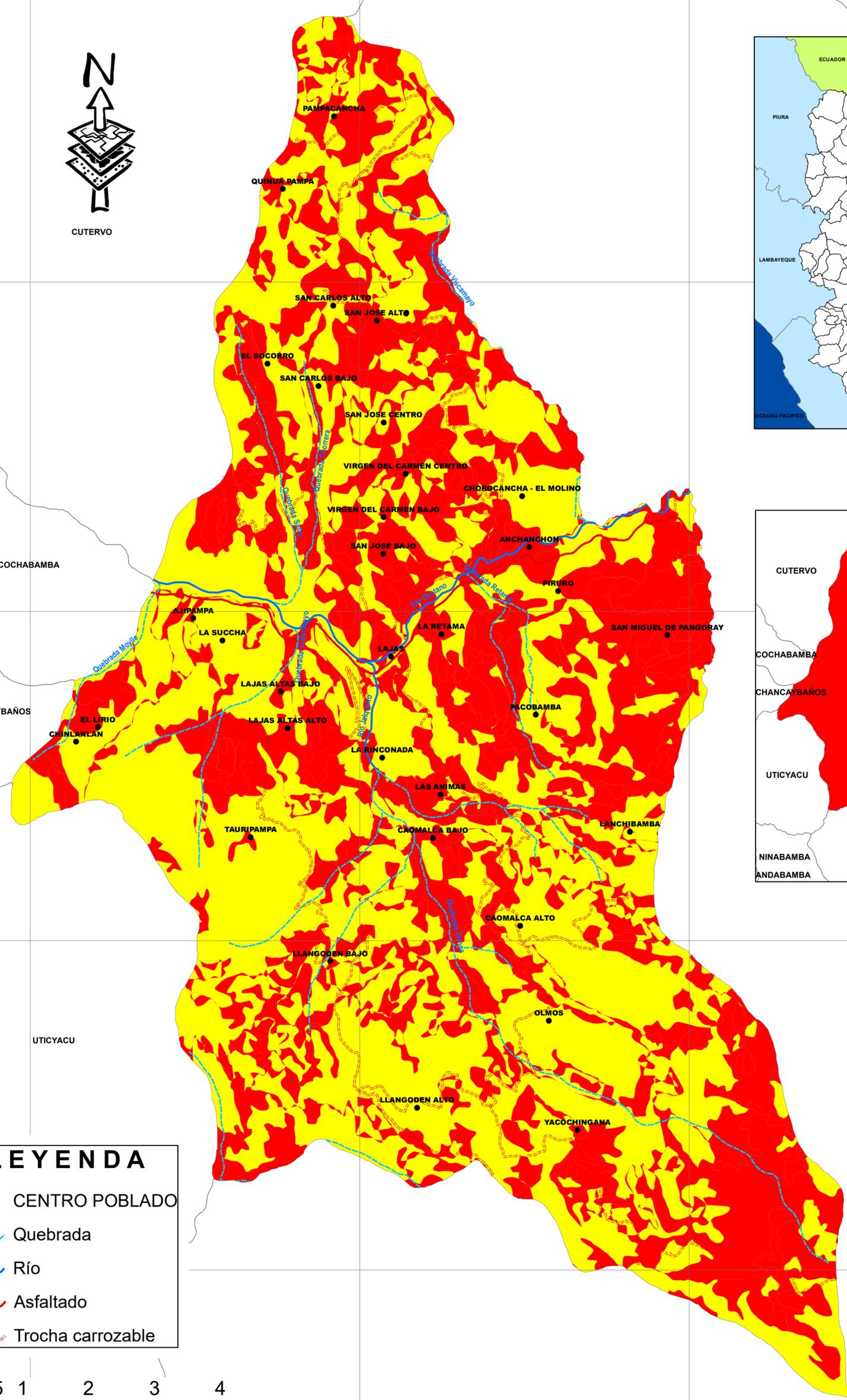
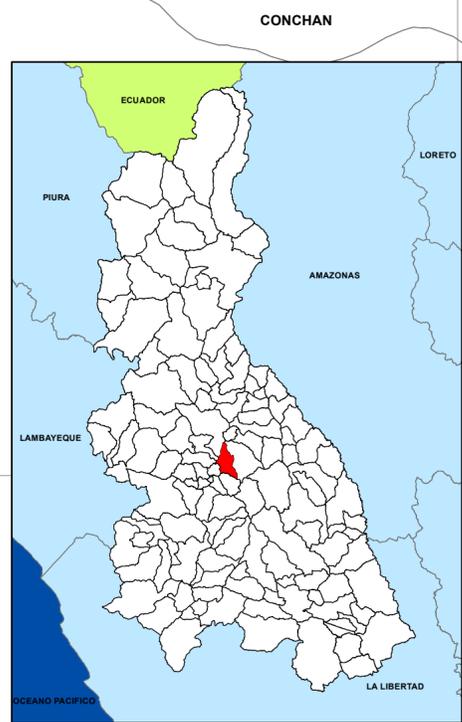
<b>Nº MAPA</b> <b>10</b>	<b>ESCALA</b> <b>1 : 45000</b>	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
-----------------------------	-----------------------------------	--



**Anexo 11.** Mapa de cambio y no cambio del distrito de Lajas periodo 1987 - 2016.



CUTERVO



**LEYENDA**

- CENTRO POBLADO
- Quebrada
- Río
- Asfaltado
- Trocha carrozable



CAMBIO	ÁREA (ha)	%
SI CAMBIO	5466.57	45.14
NO CAMBIO	6643.57	54.86
<b>TOTAL</b>	<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>



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



---

**MAPA DE CAMBIO Y NO CAMBIO PERIODO 1987 - 2016**

---

**TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS**

---

<b>Nº MAPA</b> 11	<b>ESCALA</b> 1 : 45000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
----------------------	----------------------------	--

745000 750000 755000 760000

9280000 9275000 9270000 9265000 9260000 9255000 9250000

9280000 9275000 9270000 9265000 9260000 9255000 9250000

**Anexo 12.** Mapas de cambios de cobertura del distrito de Lajas periodo 1987 - 2002.

745000

750000

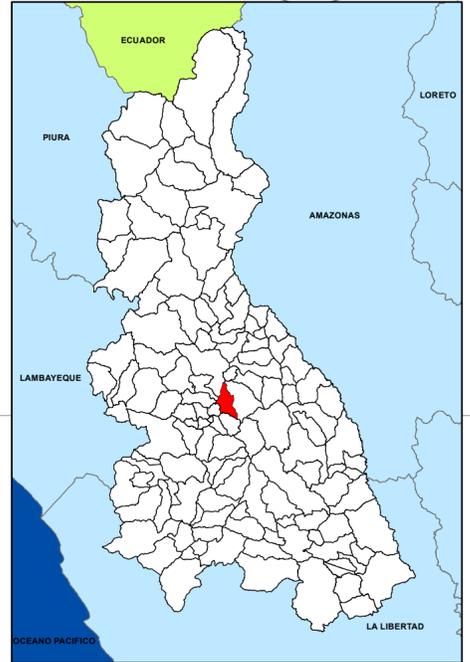
755000

760000



CUTERVO

CONCHAN



9280000

9275000

9270000

9265000

9260000

COCHABAMBA

CHANCAYBAÑOS

CHINLANLAN

EL TORO

TAURIPAMPA

LLANGODEN ALTO

OLMOS

CAOMALCA ALTO

ZANCHIBAMBA

PACOBAMBA

LAJAS

LA RETAMA

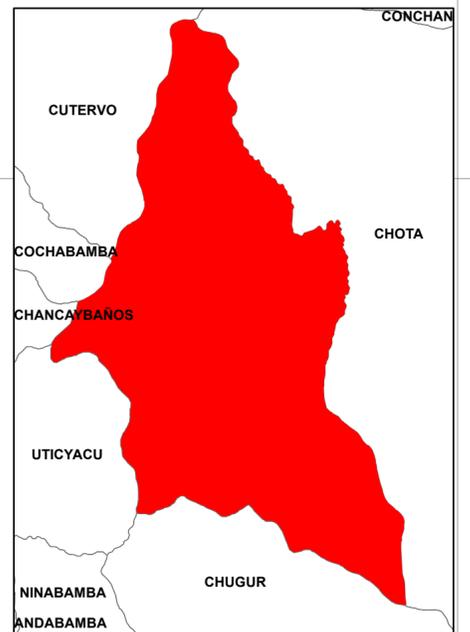
PIRURO

ANCHANCHON

Río Chotango

Quebrada Vez

Quebrada Yacmayo



## LEYENDA

- CENTRO POBLADO
- Quebrada
- Río
- Asfaltado
- Trocha carrozable

CODIGO	SIMBOLOGÍA	CUT 1987	CUT 2002	ÁREA (ha)	%
1	Ct - Pa	Cultivos transitorios	Pastos	974.85	8.05
2	Ct - He	Cultivos transitorios	Herbazal	10.98	0.09
3	Ct - Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	23.27	0.19
4	Ct - AH	Cultivos transitorios	Arbustal/Herbazal	172.47	1.42
5	Pa - Ct	Pastos	Cultivos transitorios	691.31	5.71
6	Pa - He	Pastos	Herbazal	140.08	1.16
7	Pa - Ar	Pastos	Arbustal	118.51	0.98
8	Pa - AH	Pastos	Arbustal/Herbazal	164.72	1.36
9	He - Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	410.84	3.39
10	He - Pa	Herbazal	Pastos	200.98	1.66
11	He - Ar	Herbazal	Arbustal	5.25	0.04
12	He - AH	Herbazal	Arbustal/Herbazal	529.05	4.37
13	Ar - Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	68.12	0.56
14	Ar - Pa	Arbustal	Pastos	845.32	6.98
15	Ar - He	Arbustal	Herbazal	15.14	0.13
16	Ar - AH	Arbustal	Arbustal/Herbazal	41.07	0.34
17	AH - Ct	Arbustal/Herbazal	Cultivos transitorios	112.84	0.93
18	AH - Pa	Arbustal/Herbazal	Pastos	381.76	3.15
19	AH - He	Arbustal/Herbazal	Herbazal	40.18	0.33
20	AH - Ar	Arbustal/Herbazal	Arbustal	517.71	4.27
21		NO CAMBIO		6645.70	54.88
<b>TOTAL</b>				<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>



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



MAPA DE CAMBIOS DE COBERTURA PERIODO 1987 - 2002

TESISTA: YOYER AVILEX RUBIO LLATAS

Nº MAPA  
**12**

ESCALA  
1 : 45000

Sistema de coordenadas proyectadas a UTM  
Datum Horizontal WGS 1984  
Zona O Uso Horario 17 Sur

745000

750000

755000

760000

**Anexo 13.** Mapas de cambios de cobertura del distrito de Lajas periodo 2002 - 2016.

745000

750000

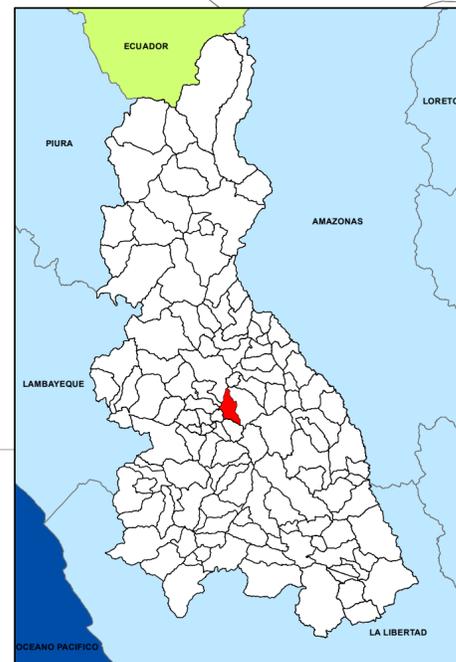
755000

760000



CUTERVO

CONCHAN



9280000

9280000

9275000

9275000

9270000

9270000

9265000

9265000

9260000

9260000

## LEYENDA

- CENTRO POBLADO
- Quebrada
- Río
- Asfaltado
- Trocha carrozable



CODIGO	SIMBOLOGÍA	CUT 2002	CUT 2016	ÁREA	%
1	Ct - Pa	Cultivos transitorios	Pastos	1099.39	9.08
2	Ct - He	Cultivos transitorios	Herbazal	227.46	1.88
3	Ct - Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	56.29	0.46
4	Ct - AH	Cultivos transitorios	Arbustal/Herbazal	92.67	0.77
5	Pa - Ct	Pastos	Cultivos transitorios	1207.72	9.97
6	Pa - He	Pastos	Herbazal	43.23	0.36
7	Pa - Ar	Pastos	Arbustal	277.80	2.29
8	Pa - AH	Pastos	Arbustal/Herbazal	326.23	2.69
9	He - Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	49.98	0.41
10	He - Pa	Herbazal	Pastos	147.42	1.22
11	He - AH	Herbazal	Arbustal/Herbazal	44.80	0.37
12	Ar - Te	Arbustal	Tejido Urbano Continuo	5.33	0.04
13	Ar - Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	131.40	1.09
14	Ar - Pa	Arbustal	Pastos	337.82	2.79
15	Ar - He	Arbustal	Herbazal	13.65	0.11
16	Ar - AH	Arbustal	Arbustal/Herbazal	281.06	2.32
17	AH - Te	Arbustal/Herbazal	Tejido Urbano Continuo	6.52	0.05
18	AH - Ct	Arbustal/Herbazal	Cultivos transitorios	288.75	2.38
19	AH - Pa	Arbustal/Herbazal	Pastos	443.10	3.66
20	AH - He	Arbustal/Herbazal	Herbazal	232.01	1.92
21	AH - Ar	Arbustal/Herbazal	Arbustal	20.84	0.17
22		NO CAMBIO		6776.65	55.96
<b>TOTAL</b>				<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>



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



**MAPA DE CAMBIOS DE COBERTURA PERIODO 2002 - 2016**

**TESISTA: YOYER AVILEX RUBIO LLATAS**

**Nº MAPA**  
**13**

**ESCALA**  
**1 : 45000**

**Sistema de coordenadas proyectadas a UTM**  
**Datum Horizontal WGS 1984**  
**Zona O Uso Horario 17 Sur**

745000

750000

755000

760000

9260000

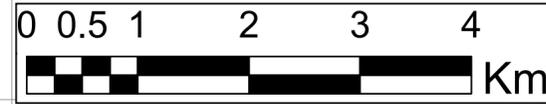
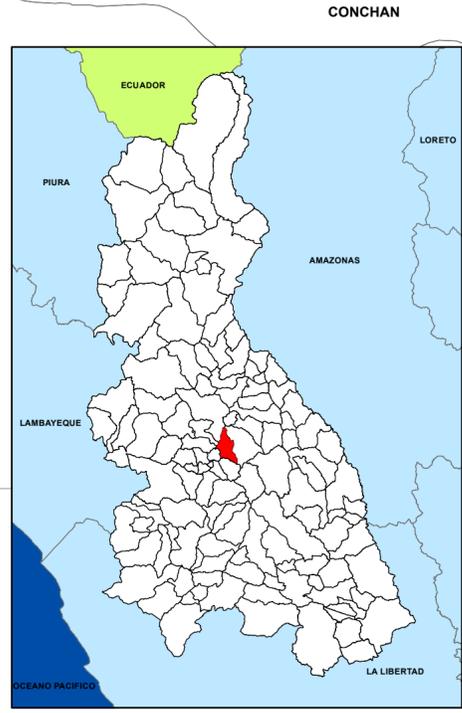
9260000

**Anexo 14.** Mapas de cambios de cobertura del distrito de Lajas periodo 1987 - 2016.

745000 750000 755000 760000



CUTERVO



### LEYENDA

- CENTRO POBLADO
- Quebrada
- Río
- Asfaltado
- Trocha carrozable

CODIGO	SIMBOLOGÍA	CUT 1987	CUT 2016	ÁREA	%
1	Ct - Pa	Cultivos transitorios	Pastos	841.04	6.94
2	Ct - He	Cultivos transitorios	Herbazal	82.28	0.68
3	Ct - Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	39.31	0.32
4	Ct - AH	Cultivos transitorios	Arbustal/Herbazal	142.19	1.17
5	Pa - Te	Pastos	Tejido Urbano Continuo	6.57	0.05
6	Pa - Ct	Pastos	Cultivos transitorios	461.63	3.81
7	Pa - He	Pastos	Herbazal	76.89	0.63
8	Pa - Ar	Pastos	Arbustal	174.51	1.44
9	Pa - AH	Pastos	Arbustal/Herbazal	202.00	1.67
10	He - Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	458.82	3.79
11	He - Pa	Herbazal	Pastos	199.95	1.65
12	He - Ar	Herbazal	Arbustal	5.55	0.05
13	He - AH	Herbazal	Arbustal/Herbazal	335.26	2.77
14	Ar - Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	291.61	2.41
15	Ar - Pa	Arbustal	Pastos	890.45	7.35
16	Ar - AH	Arbustal	Arbustal/Herbazal	31.98	0.26
17	AH - Te	Arbustal/Herbazal	Tejido Urbano Continuo	16.38	0.14
18	AH - Ct	Arbustal/Herbazal	Cultivos transitorios	283.63	2.34
19	AH - Pa	Arbustal/Herbazal	Pastos	445.65	3.68
20	AH - He	Arbustal/Herbazal	Herbazal	127.33	1.05
21	AH - Ar	Arbustal/Herbazal	Arbustal	195.21	1.61
22		NO CAMBIO		6801.89	56.17
<b>TOTAL</b>				<b>12110.14</b>	<b>100.00</b>



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



---

**MAPA DE CAMBIOS DE COBERTURA PERIODO 1987 - 2016**

---

**TESISTA: YOVER AVILEX RUBIO LLATAS**

---

<b>Nº MAPA</b> <b>14</b>	<b>ESCALA</b> 1 : 45000	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona O Uso Horario 17 Sur
-----------------------------	----------------------------	--

745000 750000 755000 760000

9280000  
9275000  
9270000  
9265000  
9260000

9280000  
9275000  
9270000  
9265000  
9260000

**Anexo 15.** Panel fotográfico.



**Figura 24.** Rio Chotano a la altura del distrito de Lajas.



**Figura 25.** Cultivo de alfalfa proximo al afluyente de agua (rio Chotano)



**Figura 26.** Cobertura de herbazal San José Alto



**Figura 27.** Validación en campo centro poblado de Lanchebamba