

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**ANÁLISIS DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA  
CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE LLACANORA, PERIODO  
2001-2016**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**ALBERTO MURILLO SANGAY**

**ASESOR:**

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

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2017**

## DEDICATORIA

*A mis queridos padres: Antero  
Murillo y Olga Sangay por  
haberme tenido paciencia durante la  
culminación de mis estudios.*

*A mis hermanos: Edita,  
Nestor, Margarita y Esmer  
que siempre estuvieron  
apoyándome de una y otra  
manera.*

## AGRADECIMIENTO

*Expreso mi profundo agradecimiento a todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, por haber sido los artífices de mi formación académica.*

*Al Mg. Sc. Wilfredo Poma Rojas, por haberme asesorado y orientado profesionalmente en la culminación de este trabajo de investigación.*

*Así mismo, quiero agradecer a mi amigo y compañero por haberme brindado su apoyo moral al Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo.*

## INDICE

	Pág.
<b>CAPITULO I</b>	
Introducción	1
<b>2.1. Objetivos</b>	2
2.1.1. Específicos	2
2.1.2. Específicos	2
<b>CAPITULO II</b>	
II. Revisión de literatura	3
<b>2.2. Antecedentes de la investigación</b>	3
2.2.1. A nivel internacional	3
2.2.2. A nivel nacional	4
2.2.3. A nivel regional	5
<b>2.3. Definiciones relacionadas con el cambio de cobertura y uso de la tierra</b>	7
2.3.1. Tierra	7
2.3.2. Usos de la tierra	7
2.3.3. Cobertura vegetal	7
2.3.4. Cobertura y uso del suelo	8
<b>2.4. Causas directas del cambio de cobertura vegetal</b>	8
2.4.1. Agricultura y ganadería intensiva según la FAO (2006)	8
2.4.2. Deforestación	9
2.4.3. Minería	9
<b>2.5. Sistema de Información Geográfica (SIG)</b>	10
<b>2.6. Teledetección</b>	10
<b>2.7. Satélite Landsat</b>	11
<b>2.8. Imagen satelital según Martínez y Díaz (2005)</b>	11
<b>2.9. Bandas espectrales adecuadas</b>	11
<b>2.10. Composición de la imagen satelital Landsat utilizando</b>	

Combinaciones de bandas según MINAM-DGOT (2015)	12
2.10.1. Color real - Landsat 5/Landsat 7 TM (321); Landsat 8 (432)	12
2.10.2. Combinación falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (742); Landsat 8 (753)	12
2.10.3. Falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (543); Landsat 8 (654)	13
2.10.4. Falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (453); Landsat 8 (564)	13
<b>2.11. Ortorrectificación</b>	13
<b>2.12. Clasificación supervisada con Random Forest</b>	13
2.12.1. Generación de segmentos según MINAM-DGOT(2015)	14
2.12.2. Generación de áreas de referencia	14
2.12.3. Integración de información complementaria	15
<b>2.13. Validación de la clasificación</b>	15
2.13.1. Matriz de confusión	15
2.13.2. Índice de Kappa (k)	16
<b>2.14. Modelos Digitales de Elevación (DEM)</b>	17
<b>2.15. Índice de vegetación de diferencia normalizada</b>	18
<b>2.16. Corine Land Cover adaptada para Perú</b>	18
 <b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	26
3.1. Descripción general de la zona	26
3.1.1. Ubicación	26
3.1.2. Demografía	26
3.2. Materiales y equipos de campo	28
3.3. Materiales y equipos de gabinete	28
3.4. Metodología	28
3.4.1. Fase inicial de gabinete	29
3.4.2. Fase de campo	35
3.4.3. Fase Final de gabinete	35

## **CAPÍTULO IV**

<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>36</b>
4.1. Categorías identificadas de cobertura y uso de la tierra bajo la clasificación Corine Land Cover	36
<b>4.1.1. Áreas artificializadas</b>	<b>37</b>
<b>4.1.2. Áreas agrícolas</b>	<b>37</b>
<b>4.1.3. Bosques y áreas mayormente naturales</b>	<b>39</b>
<b>4.1.4. Superficies de agua</b>	<b>41</b>
4.2. Análisis de los cambios de cobertura y usos de la tierra ocurridos en los años 2001 y 2016.	42
<b>4.2.1. Cobertura y uso de la tierra para el año 2001.</b>	<b>42</b>
<b>4.2.2. Cobertura y uso de la tierra año 2016.</b>	<b>49</b>
4.3. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra	56
<b>4.3.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2001 – 2016</b>	<b>56</b>
<b>4.3.2. Discusiones</b>	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>Conclusiones</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>	
Bibliografía	67

## ÍNDICE DE ESQUEMAS

	Pág.
<b>ESQUEMA 1:</b> Proceso de clasificación para la representación Cartográfica	31

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N° 01:</b> Valor del índice de Kappa	17
<b>Cuadro N° 02:</b> Corine Land Cover adaptada para Perú	20
<b>Cuadro N° 03:</b> Datos de las imágenes descargadas	30
<b>Cuadro N° 04:</b> Valores obtenidos de la segmentación	32
<b>Cuadro N° 05:</b> Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el distrito de Llacanora de acuerdo a la metodología CORINE LAND COVER	36
<b>Cuadro N° 06:</b> Matriz de confusión año 2001	36
<b>Cuadro N°07:</b> Categorías obtenidas para el año 2001 de acuerdo a la metodología CORINE LAND COVER	46
<b>Cuadro N° 08:</b> Matriz de confusión año 2016	49
<b>Cuadro N° 09:</b> Categorías obtenidas para el año 2016 de acuerdo a la metodología CORINE LAND COVER	53
<b>Cuadro N° 10:</b> Perdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2001 – 2016	57
<b>Cuadro N° 11:</b> Superficie y porcentaje de las áreas con cambio en la cobertura	58
<b>Cuadro N° 12:</b> Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2001 – 2016	64

## ÍNDICE DE GRAFICOS

	Pág.
<b>Grafico N° 1:</b> Distribución porcentual de cobertura año 2001	47
<b>Grafico N° 2:</b> Distribución porcentual de cobertura año 2016	54

## ÍNDICE DE GRAFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Grafico N° 1:</b> Distribución porcentual de cobertura año 2001 .....	53
<b>Grafico N° 2:</b> Distribución porcentual de cobertura año 2016 .....	61

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapa 01:</b> Mapa de ubicación del distrito de Llacanora	27
<b>Mapa 02:</b> Cobertura y uso de la Tierra 2001	48
<b>Mapa 03:</b> Cobertura y uso de la Tierra 2016	55
<b>Mapa 04:</b> Mapa de Conflictos de Cambios de Cobertura y uso Actual de la Tierra, periodo 2001-2016	59
<b>Mapa 04:</b> Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2001 – 2016	65

## RESUMEN

Se consideró el análisis de los años 2001 y 2016, la finalidad de este trabajo es generar información básica y analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Llacanora a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales LANDSAT, la clasificación se realizó con la Metodología Corine Land Cover obtenida del Ministerio de Ambiente. Se analizaron los cambios de cobertura y uso actual de la tierra en el distrito de Llacanora, llegándose a identificar las siguientes categorías de cobertura: Tejido urbano continuo, Cultivos transitorios, Pastos, áreas, Bosques plantados, Herbazal, Arbustal, Herbazal - Arbustal, Afloramiento rocoso. En el año 2001 la categoría predominante fue cultivos transitorios con un área de 2135.35 ha equivalente al 41.69 % del área total y con menor área la categoría Tejido urbano continuo con una área de 1.56 ha equivalente al 0.03 %. En el año 2016 la categoría predominante fue Cultivos transitorios con una área de 2073.73 ha equivalente al 40.48 % y con menos área la categoría Laguna con una área de 19.17 ha equivalente al 0.37 %.

## SUMMARY

The analysis of the years 2001 and 2016 was considered, the purpose of this work is to generate basic information and analyze the changes of coverage and land use of the district of Llacanora through the photointerpretation of LANDSAT satellite images, the classification was made with Corine Land Cover Methodology obtained from the Ministry of Environment. The changes in coverage and current use of the land in the Llacanora district were analyzed, and the following coverage categories were identified: Continuous urban fabric, Transitory crops, Pastures, areas, Planted forests, Herbazal, Arbustal, Herbazal - Arbustal, Outcrop rocky. In the year 2001 the predominant category was transitory crops with an area of 2135.35 ha equivalent to 41.69% of the total area and with a smaller area the category Urban continuous fabric with an area of 1.56 ha equivalent to 0.03%. In 2016, the predominant category was Transitory crops with an area of 2073.73 hectares, equivalent to 40.48%, and with less area, the Laguna category with an area of 19.17 hectares, equivalent to 0.37%.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

El uso de los recursos naturales es esencial para la sobrevivencia y la prosperidad de la humanidad, como para el mantenimiento de todo el ecosistema terrestre. Esta dinámica depende del tipo de cobertura, de las interacciones ecológicas, del ambiente físico, de las actividades socioeconómicas y del contexto cultural.

El análisis de cambio de cobertura y uso actual de la tierra, conforma una parte importante ya que permite visualizar los impactos pasados y presentes de las distintas actividades humanas y realizar una prospección tendencial que permita orientar en la búsqueda de estrategias para regular dichos impactos y tener un manejo más adecuado del territorio y de sus recursos naturales.

El distrito de Llacanora, cuenta con una extensión de 5122.38 ha, el estudio se ha realizado para el periodo de 2001 a 2016. Para esto se utilizó la interpretación de imágenes satelitales, en las cuales se identificaron y clasificaron 9 coberturas.

Para el año 2001 se observó que la mayor extensión del distrito está cubierta por áreas de cultivos transitorios, representando el 41.69 % del territorio, seguido por Herbazal con una área de 1224 ha, que equivale al 23.90 %. Para el año 2016, la mayor extensión del distrito está cubierto por Cultivos transitorios, con un área de 2073.73 ha, que representa el 40.48 % del área del distrito, seguido por Pastos con 920 ha, equivalente al 17.97 % del distrito de Llacanora.

En la primera parte del estudio está el marco conceptual .En la parte siguiente se describe la ubicación geográfica del ámbito de estudio, la metodología y los materiales requeridos y en la última parte se expresa los resultados obtenidos durante la realización del trabajo.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. General**

- Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Llacanora en los años 2001 y 2016.

### **1.1.2. Específicos**

- Generar Mapa de conflictos de cambios de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Llacanora para los años 2001 y 2016
- Elaborar el mapa temático de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Llacanora para los años 2001 y 2016, utilizando la metodología Corine Land Cover-CLC.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.17. Antecedentes de la investigación

Este trabajo de investigación fue desarrollado consultando fuentes bibliográficas confiables, relacionados con trabajos de investigación realizadas en coberturas y usos del suelo, bosques; a nivel regional, nacional e internacional, entre los consultados resaltan las siguientes investigaciones:

##### 2.17.1. A nivel internacional

De acuerdo a la evaluación presentado por Osuna *et al.* (2015), para conocer el cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, México; periodo 1994- 2010. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de las actividades antropogénicas en la cuenca del río Tecolutla; en un periodo de 16 años. Está orientado a obtener la clasificación de uso de suelo y los cambios ocurridos a través del periodo 1994-2010. Estos cambios han sido estimados con la ayuda de dos imágenes Landsat Thematic Mapper (TM). Como resultado, se obtuvieron los mapas con las clases: selva, bosque, suelo agrícola, agua, vegetación perturbada, asentamientos urbanos, pastizales, cultivos de cítricos y matorrales. El autor llegó a la conclusión que en el año de 1994 se presentó una mayor cobertura de bosques (41.6%), seguida por pastizales (24.8%), y finalmente por zona agrícola de temporal (20.4%) y por debajo de estos porcentajes los otros usos. En el año 2010, predominaron los bosques (34.6%), seguidos por zona agrícola de temporal (26.2%), y por último pastizales (25.8%), los otros usos se encuentran por debajo del 10%. En lo concerniente al índice de Kappa, se obtuvieron valores de 0.89 y 0.91, para las clasificaciones de 1994 y 2010.

Camacho *et al.* (2015), exponen un modelo de cambios de cobertura y uso del suelo en una porción de la zona de transición mexicana de montaña donde el objetivo de este estudio fue analizar los cambios de

cobertura y uso del suelo ocurridos entre 1989 y 2009, a través de mapas de uso de suelo y vegetación, producto de la interpretación de imágenes de satélite (Landsat TM) y la aplicación del algoritmo máxima verosimilitud. La metodología utilizada fue la clasificación supervisada de imágenes de satélite con base en la aplicación del algoritmo máxima verosimilitud, o también conocido como máxima probabilidad. Por lo tanto, los resultados obtenidos demuestran que la cobertura del bosque disminuyó considerablemente, es decir, se eliminaron 19 262 ha, las cuales fueron ocupadas por las categorías cuerpos de agua (105 ha), agropecuario (19 113 ha), asentamientos humanos (39 ha) y agricultura tecnificada controlada (5 ha).

### **2.17.2. A nivel nacional**

Ibáñez y Damman (2014), realizaron un estudio de cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac. Los objetivos de la presente investigación fueron determinar los cambios en la cobertura y uso de los suelos y el paisaje en la región Apurímac. Según el estudio de la caracterización de cobertura de uso de suelos en la subcuenca para los años 1986, 1994, 2002 y 2009, los autores llegaron a la conclusión que, el análisis de la cobertura de suelos muestra tendencias de cambio, principalmente en la parte baja y media de la subcuenca en el período considerado, ligada a la actividad agropecuaria. En el caso de la parte alta la reducción drástica del área de nevados es evidente. Estos procesos de cambio estarían ligados a 4 factores o impulsores de cambio: la degradación de la cobertura vegetal, la reducción de las fuentes de agua, la actividad minera y los eventos climáticos extremos. A nivel de escenarios territoriales al 2016, calculados con el modelo de Markov, se aprecia que las tendencias en el período 2002 y 2009 se mantendrán, considerando que las condiciones del modelo también mantienen sus tendencias.

Zorogastúa *et al.* (2011), evaluaron los cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura, el objetivo de la investigación fue resolver las interrogantes asociadas al uso de procesamiento digital

de imágenes de satélite para determinar el cambio de uso de la tierra entre los años 1990 y 2000. Se basó en la capacidad de los satélites de recursos terrestres para dar seguimiento a los cambios de la vegetación, productividad primaria y otros atributos de la vegetación. Los resultados fueron que áreas cubiertas por el bosque seco cubrió una zona de 3.6 millones de hectáreas. Las principales asociaciones vegetales reportadas fueron bosque seco ralo, bosque seco muy ralo y bosque seco semi-denso. Estas asociaciones constituyeron algo más del 50 % del área estudiada. Las áreas bajo cultivos fueron cerca de 8 % Evidentemente, un procesamiento digital de las escenas registradas por el satélite LANDSAT 5, permite obtener información a mayor detalle de la zona de estudio y sus asociaciones vegetales, así como también estimar el error promedio en la discriminación de las clases que fue del 11 % y el acierto fue 89 %. El autor llegó a las conclusiones que, El 38% del área del bosque seco permanece sin variación, mientras que 13% ha mejorado su condición y el otro 23% tiende a la reducción de su cobertura.

### **2.17.3. A nivel regional**

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

representa el 18.18%, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2'696 027.69 hectáreas representa el 81.82% del área departamental. Además, revela la identificación de cuarenta y siete cambios por cobertura de los cuales, el cambio de vegetación herbácea y/o arbustiva a Áreas agrícolas heterogéneas es el que más impactos ha generado, debido a que estos espacios han sido transformados a terrenos agrícolas destruyendo la cubierta vegetal en perjuicio de la oferta de importantes Servicios Ecosistémicos.

La investigación presentada por Tantaleán (2016), sobre análisis del cambio de la cobertura y uso del suelo en el distrito de Chota, ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Chota. El objetivo general del presente estudio fue analizar los cambios de la cobertura y uso del suelo - (CCUS) en el periodo 1989-2013, La metodología empleada se basó en la clasificación CORINE LAND COVER adaptada para Perú, propuesta por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014), procesando las imágenes satelitales Landsat, utilizando los softwares ENVI 5.1 y ArcGIS 10.3. El autor da como resultados de cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Chota, llegándose a identificar las siguientes categorías de cobertura vegetal y uso del suelo: tejido urbano continuo, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosques plantados, bosque abierto bajo, herbazal, arbustal, vegetación arbustiva / herbácea, tierras desnudas, llegándose a clasificar hasta el nivel III en algunas de las coberturas. El cambio de pastos de 948.59 (ha) a 3,326.69 (ha), aumentando 2,378.1 (ha), la categoría de áreas agrícolas heterogéneas de 16,967.69 (ha) a 19,825.44 (ha), aumentando 2,857.75, dichas categorías han tenido un crecimiento considerable en su área inicial de estudio, lo que implica la pérdida de áreas de otras clases de cobertura, como se puede apreciar en las categorías herbazal de 4,576.27 (ha) a 1,288.21 (ha), perdiendo 3,288.06 ha de su área, la categoría arbustal 2,237.26 (ha) a 1,337.28 (ha), perdiendo 899.98 (ha).

## **2.18. Definiciones relacionadas con el cambio de cobertura y uso de la tierra**

### **2.18.1. Tierra**

La tierra es un área de la superficie del globo terrestre que se puede delinear, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por encima y por debajo de su superficie, incluyendo el clima en la zona cercana a la superficie, el suelo y las formas del terreno, la superficie hidrológica incluyendo lagos poco profundos, ríos, humedales y pantanos, las capas sedimentarias cercanas a la superficie y las reservas de aguas subterráneas asociadas a las mismas, las poblaciones de la flora y la fauna, las formas de colonización de la población humana y los resultados físicos de la actividad humana anterior y actual, terrazas, estructuras para reserva o drenaje de aguas, caminos, construcciones, etc. Por lo tanto, Tierra, de acuerdo a la definición de la FAO, incluye el clima, mientras que suelo incluye propiedades de la superficie de la tierra excluyendo los datos de clima (FAO 1995).

### **2.18.2. Usos de la tierra**

Con frecuencia se dice que el uso de la tierra ocurre solo cuando esta se manipula físicamente el área sin intervención física tiene así su cobertura natural y el área intervenida, su cobertura artificial. Entre ambas áreas se visualiza la frontera agrícola. Este enfoque "desde la ciudad" significa un entendimiento parcial y estático del uso de la tierra. Se ha visto que los problemas más graves con respecto al uso de la tierra (que debe ser sostenible) ocurre alrededor de la frontera agrícola en las áreas marginales con pendientes fuertes, suelos no profundos, lluvias muy erosivas, agricultura marginal con poca atención, apoyo técnico - financiero por parte del estado y otros (Richters 1995).

### **2.18.3. Cobertura vegetal**

Comprende la vegetación que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema, cumple funciones de gran importancia como la captación y almacenamiento de energía, refugio de la fauna, agente

antierosivo del suelo, medio regulador del clima local, atenuador y reductor de la contaminación atmosférica y del ruido, fuente de materia prima y bienestar para el hombre (Municipio de Miranda 2000).

#### **2.18.4. Cobertura y uso del suelo**

Los cambios de cobertura y uso del suelo se han reconocido en muchos países como una de las principales causas de deterioro ambiental, por ello están ubicados en el centro de la investigación ambiental y representan un punto importante en diferentes ámbitos como medio para entender los mecanismos de este proceso de deterioro y guía para la toma razonable de decisiones sobre el uso del territorio (Nájera *et al.* 2010).

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

#### **2.19.1. Agricultura y ganadería intensiva según la FAO (2006)**

En el decenio de 1990, la superficie forestal mundial se redujo unos 94.000 kilómetros al año, superficie equivalente a la del Portugal. La mayor parte de las tierras desbrozadas y quemadas se destinaron al cultivo y al pastoreo. En América Latina, en particular, casi todas las tierras deforestadas se convirtieron en pastizales para criar ganado en sistemas extensivos de pastoreo.

Comúnmente, el proceso de deforestación comienza con la construcción de carreteras que atraviesan los bosques y los abren a la tala y la minería. Una vez desbrozado el bosque a lo largo de la carretera, llegan los agricultores comerciales o de subsistencia y comienzan a producir cultivos. Pero el suelo de los bosques tiene muy pocos nutrientes y es demasiado frágil para sustentar los cultivos durante mucho tiempo. Al cabo de dos o tres años, los suelos se han agotado, la producción disminuye y los agricultores dejan crecer la hierba y se van a otra parte.

### **2.19.2. Deforestación**

La deforestación obedece a menudo al deseo de adquirir la tierra como garantía, comparable a una reserva de riquezas o a una cobertura contra la inflación. Para introducir cambios en la dinámica de la deforestación de la titulación de las tierras, será preciso diseñar programas de políticas orientados a la reducción de los incentivos para la remoción de la cubierta forestal (FAO 2008).

El hombre en su búsqueda por satisfacer sus necesidades personales o comunitarias utiliza la madera para fabricar muchos productos. La madera también es usada como combustible o leña para cocinar y calentar. Por otro lado, las actividades económicas en el campo requieren de áreas para el ganado o para cultivar diferentes productos. Esto ha generado una gran presión sobre los bosques (Jiménez 2010).

Este fenómeno de deforestación se ve agravado por la lluvia ácida, la desertificación, y los incendios forestales. En el caso de los pequeños agricultores, considerados como pobres, al asentarse cerca de los bosques deben talar una parcela de tierra y utilizarla para la plantación de cultivos de subsistencia o comerciales. Sin embargo, ese tipo de prácticas degrada rápidamente el suelo, y el agricultor se ve forzado a talar otra porción de bosque para transformarlo en tierras de cultivos (Quito 2014).

### **2.19.3. Minería**

Productos químicos peligrosos utilizados en las distintas fases de procesamiento de los metales, como cianuro, ácidos concentrados y compuestos alcalinos terminan en el sistema de drenaje. La alteración y contaminación del ciclo hidrológico tiene efectos muy graves que afectan a los ecosistemas cercanos, de manera especialmente agravada a los bosques, y a las personas (Lilio 2006)

Según Cerdán (2015), actualmente en el departamento de Cajamarca tiene un área total de concesiones mineras de 1350473.5 has, equivalente al 40.983% del área total del departamento.

## **2.20. Sistema de Información Geográfica (SIG)**

El término Sistema de Información Geográfica (SIG) suele aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales que constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales. Se trata de herramientas complejas, reflejo de la complejidad del objeto de estudio de estas ciencias, fruto de la evolución y fusión de programas de muy distinto tipo que anteriormente se habían utilizado de forma independiente (Alonso 2005).

## **2.21. Teledetección**

Alonso (2005), define que la Teledetección es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material. Para que ello sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos observados; situados sobre la superficie terrestre, marina o en la atmósfera; y un sensor situado en una plataforma (satélite, avión, etc.). En el caso la teledetección la interacción que se produce va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

- Radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado)
- Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico)
- Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar). Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa. La radiación (solar reflejada, terrestre o emitida por el sensor y reflejada) que llega de la superficie terrestre y que ha atravesado la atmósfera, es almacenada en formato digital. Una vez recuperados los datos en el centro de control del satélite, permitirán obtener información acerca de la superficie terrestre y de la atmósfera. El tipo de información que se obtiene dependerá de la longitud de onda en la que el sensor capte radiación. El análisis de esta información permite el reconocimiento de las características de los objetos observados y de los fenómenos que se producen en la superficie terrestre y oceánica y en la

atmósfera. Por tanto, son muchas las ciencias, tanto naturales como sociales, interesadas en su uso (Geografía, Geología, Meteorología, Agronomía, etc.).

## **2.22. Satélite Landsat**

Con el lanzamiento del satélite LANDSAT-1 el 07 de marzo de 1972 se abrió una nueva percepción del planeta con una resolución tanto temporal como espectral desconocida hasta entonces. Este satélite, dotado de sensores empleados en teledetección, fue diseñado con el fin de obtener datos de los recursos terrestres. En base a este objetivo se diseñaron las resoluciones para adaptarse a este fin. Este sensor es el más empleado en aplicaciones agrícolas, forestal, usos del suelo, hidrología, recursos costeros y monitorización medioambiental. Sobre todo, está ligado a estudios territoriales en los que el parámetro fundamental es el medio ambiente (Fernández y Herrero 2001).

## **2.23. Imagen satelital según Martínez y Díaz (2005)**

Una imagen satelital es una matriz digital de puntos (igual a una fotografía digital) capturada por un sensor montado a bordo de un satélite que orbita alrededor de la tierra. A medida que el satélite avanza en su órbita, "barre" la superficie con un conjunto de detectores que registran la energía reflejada.

Las imágenes de satélite, se encuentran en formato ráster, el cual consiste en una matriz de miles de píxeles, en donde cada píxel tiene un valor digital o de reflectancia; ejemplificando, si la resolución de la imagen es de 30 metros, cada píxel muestra un área en la superficie terrestre de 30x30 metros (900m<sup>2</sup>), con esto, la firma espectral o reflectancia de todos los objetos existentes en una superficie de 900 m<sup>2</sup> será promediada para darle su valor digital al píxel.

## **2.24. Bandas espectrales adecuadas**

A partir de datos multiespectrales se generan composiciones a color RGB (Red, Green, Blue) donde las bandas individuales o combinaciones específicas de ellas son adecuadas para observar ciertos objetos (firmas espectrales). Cuando se trata de combinar, la selección de bandas más adecuada depende del tipo de sensor usado y la aplicación del proyecto. Entre

las combinaciones más comunes tenemos la 321 (color verdadero, RGB), 432 (falso color infrarrojo), la 543 (falso color, NRG), la 453 (falso color, NSR) y la 753; entre otras (Guerrero 2011).

No obstante, hay que tener en cuenta que las bandas rara vez se utilizan en solitario, normalmente se usan en combinaciones de tres bandas (SRGIS 2010).

SRGIS (2010) clasifica las distintas longitudes de ondas:

**Azul visible:** Cartografía de aguas someras. Diferenciación de suelo y vegetación.

**Verde visible:** Diferenciación de la vegetación por su salud.

**Rojo visible:** Diferenciación de la vegetación por especies.

**Infrarrojo cercano:** Cartografía de la vegetación Cartografía del vigor/salud de la vegetación. Diferenciación de la vegetación por especies.

**Infrarrojo medio:** Diferenciación de los tipos de rocas por composición. Detección de humedad en la vegetación y suelo Cartografía de la estructura geológica Trazado de límites tierra/agua.

## **2.25. Composición de la imagen satelital Landsat utilizando combinaciones de bandas según MINAM-DGOT (2015)**

### **2.25.1. Color real - Landsat 5/Landsat 7 TM (321); Landsat 8 (432)**

Resulta también ideal para estudios de aguas poco profundas, batimetría y carga de sedimentos. Dado que es la combinación que posee la mayor penetración en agua, lo que también determina su falta de discriminación entre suelo y capas de agua poco profundas.

### **2.25.2. Combinación falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (742); Landsat 8 (753)**

Útil para delinear unidades litológicas. Es también utilizada para identificar morfología y estructuras morfológicas del terreno. La vegetación saludable (verde brillante) y puede saturar en épocas de crecimiento intenso, pastizales (verdes), suelos áridos (rosado).

Vegetación seca (naranja) y el agua (azul). Arenas, suelos y minerales son destacados en multitud de colores, áreas quemadas (rojo). Áreas urbanas (rango de tonos de magenta). Pastos son verde claro. Tonos de Verde oliva a verde intenso muestran áreas arboladas.

#### **2.25.3. Falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (543); Landsat 8 (654)**

Esta combinación es útil para estudios de vegetación. Como la TM451, esta combinación da al usuario una gran cantidad de información y contraste de color. Vegetación saludable aparece verde brillante y suelos son lila. Mientras TM742 incluye la banda 7 con información litológica, esta contiene la banda 5 con información agrícola.

#### **2.25.4. Falso color Landsat 5/Landsat 7 TM (453); Landsat 8 (564)**

Utilizada para estudio de vegetación y uso de suelo. El uso la banda roja y las del infrarrojo medio y cercano, ofrece especial definición del borde tierra-agua y destaca detalles sutiles no fácilmente distinguibles en las bandas visibles solas. Tipos vegetación y sus condiciones se distinguen por su color, variando entre cafés, verdes y naranjos como también por su tonalidad. Esta combinación revela también diferencias de humedad, por lo que es útil para análisis de condiciones del suelo y su vegetación. Suelos húmedos aparecen más oscuros debido a la capacidad de absorción del agua en el infrarrojo.

### **2.26. Ortorrectificación**

La Ortorrectificación es un proceso computacional por el que se eliminan de las imágenes las distorsiones horizontales y verticales principalmente debidas al relieve. Este proceso mejora de forma espectacular la calidad y utilidad de la imagen porque le otorga las mismas cualidades que posee un mapa (SRGIS 2010).

### **2.27. Clasificación supervisada con Random Forest**

El objetivo principal es el generar un mapa de cobertura y uso de la tierra con una escena Landsat o equivalente, para eso es necesario tener insumos

como imágenes satelitales ortorectificadas, leyenda y guía de interpretación (MINAM-DGOT 2015).

El procedimiento se refleja en el siguiente diagrama. Debido a la complejidad del mismo, se ha optado por subdividir, el proceso son los siguientes:

### **2.27.1. Generación de segmentos según MINAM-DGOT(2015)**

El concepto principal de la clasificación de imágenes por objetos o segmentación radica en que la información necesaria para interpretar una imagen no está contenida en un solo pixel, sino en los objetos presentes en la imagen, y en las relaciones entre los objetos. La segmentación de imágenes es una técnica de agrupación de datos, en la cual solamente regiones espacialmente adyacentes, y de características espectrales semejantes, pueden ser agrupadas.

Proceso de dividir una imagen en segmentos por medio de una agrupación de píxeles vecinos cuyas características (brillo, textura, color, etc.) tienen valores similares. Estos segmentos idealmente corresponden a objetos del mundo real. La segmentación es un proceso por el cual se agrupan píxeles contiguos que tienen características espectrales semejantes, definiendo un área geográfica homogénea. Para realizar este proceso de Segmentación se utilizará el software ENVIZOOM. Cuyo modulo a emplear es el feature extracción teniendo como función la extracción de áreas y luego clasificarlos en base a su atributos espectrales y relaciones espaciales.

### **2.27.2. Generación de áreas de referencia**

La generación de áreas de referencia, permite al intérprete reconocer las unidades de la leyenda en el área de estudios y se generaran áreas de referencia. Estas áreas de referencia son polígonos que constituyen una muestra representativa de cada una de las clases presentes en la escena que servirán como insumo para la selección de segmentos (unidad de análisis para el clasificador) (MINAM-DGOT 2015).

### 2.27.3. Integración de información complementaria

La generación de esta información servirá como insumos que enriquecerán el análisis en el proceso de clasificación. Para generar este tipo de información se requiere de información satelital (imágenes Landsat y modelo de elevación digital del terreno - DEM) y segmentación final de la escena (MINAM-DGOT 2015).

## 2.28. Validación de la clasificación

### 2.28.1. Matriz de confusión

La matriz de confusión (C) o contingencia, permite comparar dos clasificaciones: una definida por el usuario como base y la otra, la que se desea evaluar. Se construye una comparación matricial de clases realizadas de la clasificación, ubicada generalmente en diferentes sectores o en la totalidad del mapa, confrontando las clases de cada clasificación. Con la matriz de confusión se generan tres tipos de exactitud: exactitud global, exactitud del usuario, exactitud del productor (Rodríguez 2011).

#### a. Exactitud Global (EG)

Indica la exactitud del conjunto de las clases del método a evaluar.

$$EG = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N}$$

Xii: diagonal mayor que C

N: número total de áreas de entrenamiento

r: número de filas de la matriz

#### b. Exactitud de Usuario (EU)

Es el acertamiento de una clase en particular respecto a toda la clasificación.

$$EU = \frac{X_{ii}}{X + i} \times 100$$

**Donde:**

X<sub>ii</sub>: diagonal de dicha fila

X<sub>+i</sub>: totales marginales de la fila i

**c. Exactitud de Productor (EP)**

Es el acercamiento de una clase en particular, respecto a la clasificación a evaluar.

$$EP = \frac{X_{ii}}{X_{+i}}$$

**Donde:**

X<sub>ii</sub>: diagonal de dicha columna

X<sub>+i</sub>: totales marginales de la columna i

Las medidas de exactitud mencionadas, solo se basan en resultados parciales de la matriz, por lo tanto, no aprovechan todos los datos en su totalidad, a su vez se toman resultados aleatorios, que pueden llevar a interpretaciones sesgadas del método. Para corregir los tipos de exactitud, se utiliza el Coeficiente Kappa (Rodríguez 2011).

**2.28.2. Índice de Kappa (k)**

El coeficiente kappa refleja la concordancia inter-observador y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión, siempre y cuando se contrasten dos observadores (para la evaluación de concordancia de tres o más observadores se utilizan el coeficiente kappa de Fleiss. El coeficiente Kappa puede tomar valores entre -1 y +1. Mientras más cercano a +1, mayor es el grado de concordancia inter-observador, por el contrario, mientras más cercano a -1, mayor es el grado de discordancia inter-observador. Un valor de k = 0 refleja que la concordancia observada es precisamente la que se espera a causa exclusivamente del azar (Cerdeña y Villarroel 2008).

El índice kappa, se define como

$$K = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

**Donde:**

**P<sub>0</sub>:** Proporción de acuerdos observados

**P<sub>e</sub>:** la proporción de acuerdos esperados (Abraira 2001).

La máxima concordancia posible corresponde a  $k = 1$ . El valor  $k = 0$  se obtiene cuando la concordancia observada es precisamente la que se espera a causa exclusivamente del azar. Si la concordancia es mayor que la esperada simplemente a causa del azar,  $k > 0$ , mientras que, si es menor,  $k < 0$ , el mínimo valor de  $k$  depende de las distribuciones marginales (López 2001).

A la hora de interpretar el valor de  $k$  es útil disponer de una escala como se muestra en el siguiente cuadro, a pesar de su arbitrariedad:

**Cuadro N° 01:** Valor del índice de Kappa

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

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

## 2.29. Modelos Digitales de Elevación (DEM)

Llamados también modelos digitales del terreno, estos conjuntos de datos contienen medidas de la elevación del terreno obtenidas aplicando procedimientos fotogramétricos a pares de imágenes estereoscópicas

solapadas. Los DEM se usan con frecuencia para crear modelos tridimensionales y en los programas informáticos de visualización comúnmente usados en ingeniería civil, cartografía geológica y simulación de vuelo. Actualmente existen dos conocidos satélites que toman imágenes con un par estereoscópico: Ikonos y Aster de los cuales se pueden obtener modelos de elevación digital a 1 y 15 metros respectivamente (SRGIS 2010).

#### **a. Fusiones**

Es posible fundir dos tipos de imágenes de satélite distintas para crear un producto híbrido que une las ventajas de ambas imágenes. Lo más habitual es fundir una imagen pancromática, como la SPOT de 10 metros con otra multiespectral SPOT de 20 metros o Landsat de 30 metros. Esto produce una imagen que contiene los datos multiespectrales y la información espacial de la imagen pancromática (SRGIS 2010).

#### **b. Mosaicos**

Es frecuente que la escena de la imagen del satélite no abarque el área de interés en su totalidad. En ese caso se pueden solicitar dos o más escenas adyacentes y el distribuidor efectuará un mosaico utilizando complejos algoritmos informáticos que hagan coincidir exactamente los bordes de las escenas y equilibren los colores para crear una base de datos sin fisuras de la zona extensa (SRGIS 2010).

### **2.30. Índice de vegetación de diferencia normalizada**

El Índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

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

La leyenda fue desarrollada siguiendo los acuerdos regionales vinculados a trabajar con el esquema Corine Land, este esquema ha sido adaptado para

Colombia, y da un arco de comparabilidad internacional. Corine Land Cover (CLC) es una metodología para la construcción de mapas de cobertura y uso de la tierra. Emplea una leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial con distintos niveles de detalle temático (IDEAM 2010).

El MINAM en cumplimiento a sus funciones y competencias asignadas en materia de Ordenamiento Territorial, emitió la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM, que aprueba la Guía Metodológica para la elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial. En esta guía se menciona al Estudio de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, y a la actualidad vienen elaborando las guías de procedimiento metodológico que incluirá el uso de Corine Land Cover (USAID 2014).

La cual se observa en el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 02:** Corine Land Cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Definición a nivel II
<b>1. Áreas Artificializadas</b>	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	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.
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales	Comprende las áreas cubiertas por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.
		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	Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras e hidrocarburíferas, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen. (Incluye colas y desmontes).
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos	
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1 Áreas verdes urbanas	Comprende las áreas verdes localizadas en las zonas urbanas, sobre las cuales se desarrollan actividades comerciales, recreacionales, de conservación y amortiguación, donde los diferentes usos del suelo no requieren de infraestructura construida apreciable. En general, estas áreas verdes son el resultado de procesos de planificación urbana o áreas que por los procesos de urbanización quedaron embebidas en el perímetro de la ciudad.
1.4.2 Instalaciones recreativas			

<b>2. Áreas Agrícolas</b>	2.1 Cultivos transitorios	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.
	2.2 Cultivos permanentes	Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a dos años, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos industriales de caña, los cultivos de herbáceas como plátano y banano; los cultivos arbustivos como café y cacao; y los cultivos arbóreos como palma africana y árboles frutales.
	2.3 Pastos	Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por las familias Poaceae y Fabaceae, 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.

	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	<p>2.4.1. Mosaico de Cultivos</p> <p>2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos</p> <p>2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales</p> <p>2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales</p>	<p>Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales. Están, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra. 70% intervenido en la UMM. Si el % es menor, la cobertura continua define a la matriz.</p>
<b>3. Bosques y áreas mayorment e naturales</b>	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo	<p>Altura mayor a 5m. Cobertura mayor a 10%. Umbral entre denso y abierto: 70% de cobertura. Los bosques riparios y otros ecológicamente discernibles entrarían como nivel 4. Se consideran excepciones importantes definidas por restricciones bioclimáticas y biogeográficas (particularmente en Perú y Bolivia), como los bosques de Polylepis o Prosopis.</p>
		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	<p>Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de</p>	

		bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras).
3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	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 (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, 1982). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).
	3.3.2 Arbustal	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 (FAO, 2001).
	3.3.3 Vegetación secundaria o en transición	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan

			elementos intencionalmente introducidos por el hombre.
		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.
		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	Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.
		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>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)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.5. Descripción general de la zona

##### 3.5.1. Ubicación

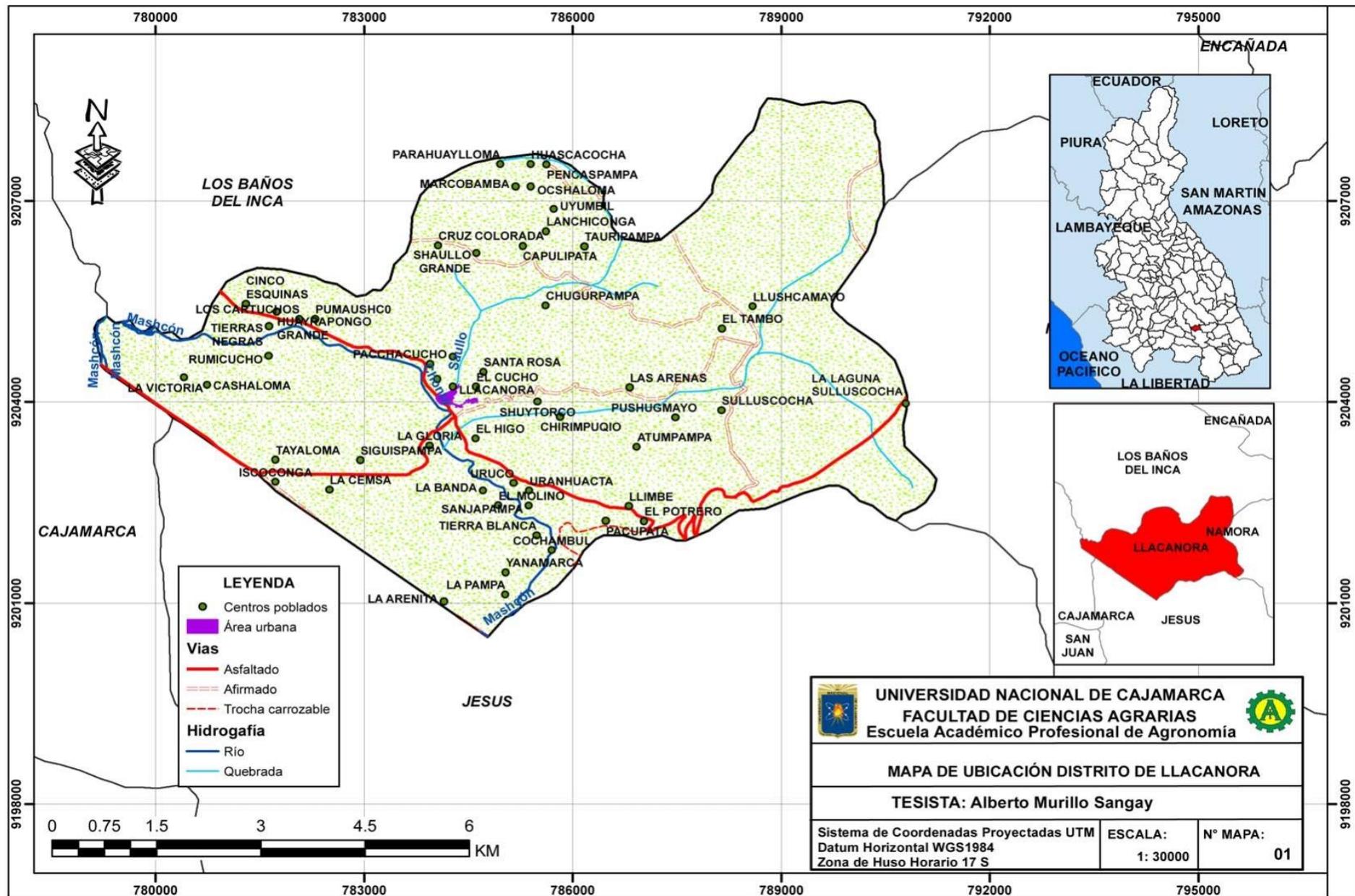
El estudio se realizó en el distrito de Llacanora, provincia y departamento de Cajamarca. Cuenta con una extensión de 5122.38 (ha), datos obtenidos del Shapelite (Shp) de la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) del Gobierno Regional Cajamarca. Limita al Norte con el distrito de Los Baños del Inca, al Oeste con Namora, mientras que al Sur limita con el distrito de Jesús y al Este con el distrito de Cajamarca.

Geográficamente la zona de estudio se ubica en la vertiente del Atlántico, entre los cuadrantes:

<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
788838	9208559
784773	9205068
779114	9205068
791224	9202873

##### 3.5.2. Demografía

Según el INEI (2016), la población del distrito de Llacanora, en el año 2001 tenía 4494 habitantes, de los cuales 500 habitaban en la zona urbana y 3994 en la zona rural. En el año 2016 tenía 4905 habitantes de los cuales 648 habitaban en la zona urbana y 4257 en la zona rural. En estos 15 años se ha incrementado 411 habitantes, de los cuales 148 habitantes se ha incrementado en la zona urbana y 263 habitantes se ha incrementado en la zona rural.



### **3.6. Materiales y equipos de campo**

#### **3.6.1. Materiales**

- Libreta de apuntes
- Lápices y lapiceros

#### **3.6.2. Equipos de campo**

- Navegador GPS
- Cámara fotográfica digital

### **3.7. Materiales y equipos de gabinete**

#### **3.7.1. Materiales**

- Materiales de escritorio

#### **3.7.2. Equipos de cómputo**

#### **3.7.3. Material cartográfico**

- Carta nacional del Perú. Escala 1: 100 000.
- Shapefile del distrito obtenido del Gobierno Regional de Cajamarca.
- Base de datos ZEE Cajamarca.

#### **3.7.4. Software**

- ArcGIS 10.4.1
- Envi 4.8
- RGui 2.15

### **3.8. Metodología**

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodo 2001 y 2016 se realizó en el ámbito del distrito de Llacanora, provincia y departamento de Cajamarca, abarca un área de 5122.38 (ha). La información generada sobre cobertura de la tierra, se fundamenta en el empleo del sistema de clasificación CORINE LAND COVER propuesta por el MINAM con la Resolución Ministerial N° 135-2013 adaptada para el Perú hasta el nivel III con una representación cartográfica a escala 1/30000, con un estudio semidetallado, utilizando imágenes satelitales Landsat TM con resolución espacial de 30 m y modelo de elevación digital (DEM) de 30 m para desarrollar los análisis de indicadores complementarios de vegetación y topográficos de acuerdo a la aplicación de los protocolos marco de interpretación empleando segmentación y clasificación supervisada con Random Forest, el cual presentan sub protocolos de áreas de referencia,

generación de información complementaria, clasificación, validación, levantamiento de información de campo y generación e información de respaldo obtenida a partir de imágenes satelitales.

El Sistema geodésico de referencia utilizado fue WGS84 y el sistema de coordenadas UTM fue la zona 17 sur. La interpretación sobre imagen de referencia será del satélite Landsat TM y la unidad mínima de mapeo cartografiable, es de 5 ha. Los softwares utilizados para la generación del mapa son el software ENVI Zoom para la segmentación (módulo feature extracción), software ArcGIS 10.4.1, para la interpretación visual en pantalla y procesamiento digital de información vectorial, Software RGui 2.15 para el análisis estadístico, aplicación del algoritmo de clasificación, calibración del umbral de análisis, evaluación de los indicadores de calidad cartográfica (índice de porcentaje correctamente clasificado e índice de Kappa), Matriz de confusión y por lo siguiente formarán parte de la construcción del modelo para la generación del mapa de cobertura de la tierra.

### **3.8.1. Fase inicial de gabinete**

#### **a. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 2001 y 2016**

Consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información, para eso se ha tenido por conveniente realizar los siguientes pasos:

##### **i. Instituciones visitadas para la obtención de los shapefiles (shp)**

- Gobierno Regional de Cajamarca – Sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT)
- El Ministerio del Ambiente – MINAM, del cual se obtuvo la información temática y cartográfica.

## ii. Descarga del modelo de elevación digital DEM

- Se realizó a través del geo servidor del Ministerio del Ambiente de la zona 17 S, cuadrante S08W079.

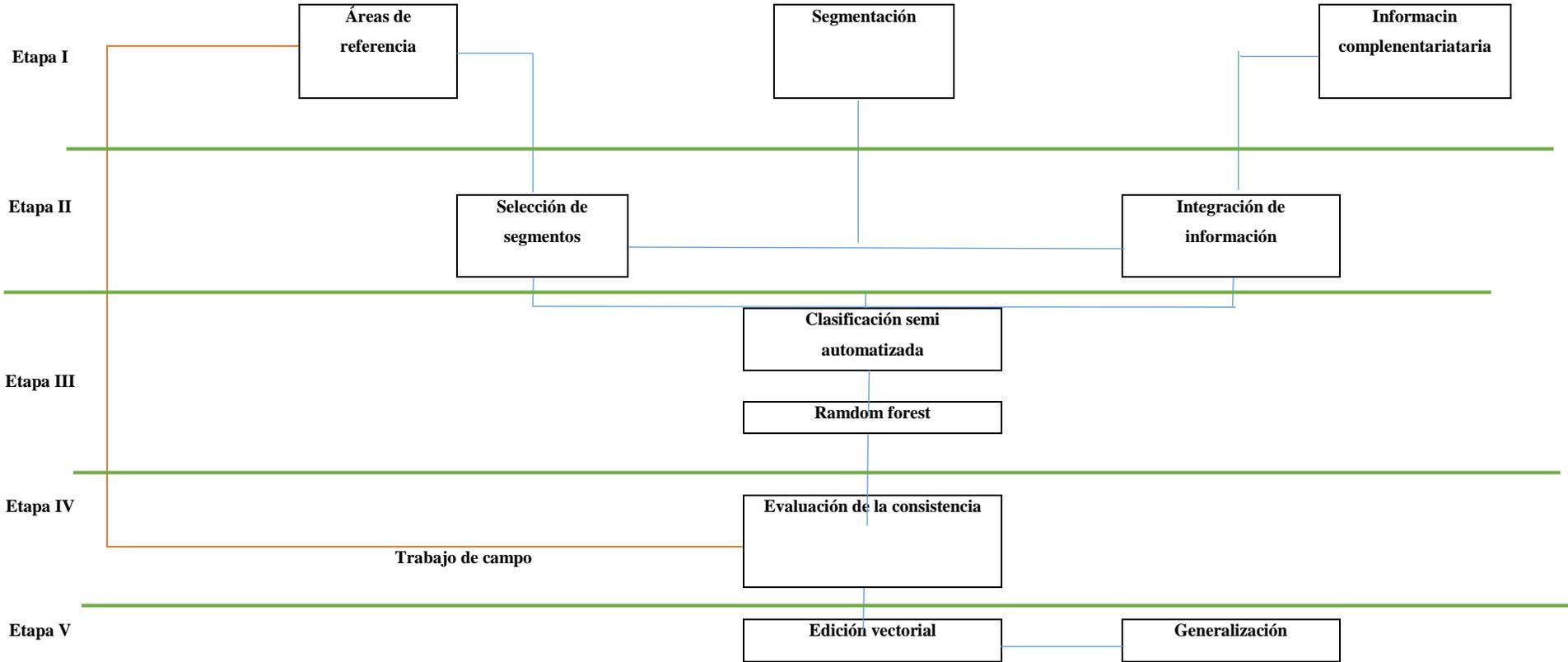
## iii. Selección y descarga de imágenes Landsat

Imágenes Landsat del distrito de Llacanora, estas 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:

**Cuadro N° 03:** Datos de las imágenes descargadas

<b>ID</b>	<b>Satélite</b>	<b>Fecha</b>
LT50090652001185CUB00	Landsat5	29/07/2001
LC80090652016206LGN00	Landsat8	24/07/2016

**ESQUEMA 1:** Proceso de clasificación para la representación cartográfica



## b. Etapa I

### i. Áreas de referencia

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

### ii. Segmentación

Para realizar el proceso de segmentación se utilizó el software Envi Zoom 4.8, con los parámetros de Scale y Merge, 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:**

Es un parámetro que sirve para segmentar las imágenes y dentro de ello hay otros parámetros este 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 que se generaron con el scale, elementos como árboles y nubes pueden generar segmentos no deseados.

**Cuadro N° 04:** Valores obtenidos de la segmentación

<b>Segmentación</b>	<b>Landsat5</b>	<b>Landsat8</b>
<b>Escale</b>	<b>30</b>	<b>20</b>
<b>Merge</b>	<b>40</b>	<b>30</b>

### **iii. Información complementaria**

Se utilizó el ModelBuilder “Coberturas\_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM), que 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 intersectan con las áreas de entrenamiento haciendo una interrelación entre ambos asignando así las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas.

#### **c. Etapa II**

##### **i. Selección de segmentos (áreas de entrenamiento)**

Se creó un nuevo shapefile con el nombre de aeita\_1 (área de entrenamiento) en el software ArcGIS, con la finalidad de poder digitalizar dentro de la segmentación de acuerdo a la concordancia de píxeles de la imagen satelital que constituye el conjunto de información de entrada que alimentara el proceso de clasificación automática. Por cada categoría según la metodología CORINE LAND COVER se deben digitalizar de 10 a más áreas de entrenamiento.

##### **ii. Integración de información**

La información complementaria se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en unir la información obtenida del Modelo de Elevación Digital (DEM) y las imágenes satelitales, como son los siguientes:

###### **Brightness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat5 y 8

### **Greenness**

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

### **Slope**

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

### **Curvatura**

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

En donde se nos genera una tabla llamada "Todo seg" en formato .dbf y .Rdata.

## **d. Etapa III**

### **i. Clasificación semi automatizada**

La clasificación semi automatizada se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo "filtrar.tabla.todo.rf.2" obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en procesar los archivos "Todo seg, aeita\_1, y el archivo obtenido de la información complementaria", en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster.

### **ii. Random forest**

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

### **3.8.2. Fase de campo**

En esta fase se trabajó la etapa IV del esquema N° 1.

- **Evaluación de la consistencia**

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados in situ y también sobre el mapa y la imagen satelital se realizaron las correcciones que eran necesarias, paralelamente se hizo anotaciones sobre el tipo de vegetación más importante y datos referentes al uso actual de la tierra como cultivos, herbazales, arbustales, etc.

### **3.8.3. Fase Final de gabinete**

En esta fase se trabajó la etapa V del esquema N° 1.

- **Edición vectorial**

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

- **Generalización**

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

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.4. Categorías identificadas de cobertura y uso de la tierra bajo la clasificación Corine Land Cover

Del análisis de las 2 imágenes utilizadas para la presente investigación, se obtuvieron 08 categorías para el año 2001, y para el año 2016 se obtuvo 09 categorías las cuales han sido clasificadas en el Nivel I, Nivel II, Nivel III conforme lo establece Corine Land Cover adaptada para Perú. Cada una de estas categorías sirvió para el análisis cuantitativo y cualitativo (análisis multi temporal) en el distrito de Llacanora. A continuación se muestra las categorías obtenidas de la clasificación:

**Cuadro N° 05:** Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el distrito de Llacanora de acuerdo a la metodología CORINE LAND COVER

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct
	2.3. Pastos		Pa
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados		Bo
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He
		3.3.2. Arbustal	Ar
		3.3.7. Herbazal - Arbustal	He-Ar
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	AfR
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	La

Según el cuadro 05 describimos las siguientes coberturas encontradas en el distrito de Llacanora:

#### 4.4.1. Áreas artificializadas

##### Tejido urbano continuo (Tu)

En el distrito de Llacanora las áreas urbanizadas están incluidas los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación asociadas con ellas, que configuran un tejido urbano. El material predominante de construcción es de tapial, luego construcción con concreto.



Fotografía 1: Tejido urbano continuo distrito de Llacanora

#### 4.4.2. Áreas agrícolas

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

En el distrito de Llacanora se identificaron los siguientes cultivos: Maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), papa (*Solanum tuberosum*), chocho (*Lupinus mutabilis*), avena (*Avena sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), alverja (*Pisum sativum*).



**Fotografía 2:** Cultivos transitorios centro poblado Limbe.

**b. Pastos (Pa)**

En el distrito de Llacanora se identificó pastos cultivados como: Rye grass (*Lolium multiflorum*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*), alfalfa (*Medicago sativa*). En pastos naturales el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)



**Fotografía 3:** Categoría de pastos centro poblado Chucsen.

#### 4.4.3. Bosques y áreas mayormente naturales

##### a. Bosques plantados (Bo)

En el distrito de Llacanora se encuentran en mayor parte la plantación de eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) y en su minoría plantaciones de pinos (*Pinus radiata*, *Pinus patula*).



Fotografía 4: Bosques plantados centro poblado Limbe.

##### b. Áreas con vegetación Herbácea y/o arbustivo

###### Herbazal (He)

En el distrito de Llacanora se encontraron: *Eragrostis sp*, *Pennisetum sp*, *Stipa sp*, *Schizachyrium sanguineum*, *Baccharis hutchisonii*. *Salvia sagitata*, *Achyrocline alata*, *Cuphea cillata*



Fotografía 5: Categoría de herbazales

### **Arbustal (Ar)**

En el distrito de Llacanora se encontró arbustales como la chamana (*Dodonaea viscosa*), *Lycianthes lycioides*, *Hesperomeles cuneata*, *Baccharis alaternoides*, ada (*Tecoma sambucifolia*), malmal (*Monnina conferta*), tallanco (*Baccharis obtusifolia*), retama (*Spartium junceum*), *coreopsis sp*



**Fotografía 6:** Categoría de Arbustales centro poblado El Tambo.

### **Asociación Herbazal – Arbustal (He - Ar)**

En el distrito de Llacanora comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva y Herbácea desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos.



**Fotografía 7:** Categoría de Herbazal –Arbustal centro poblado El Tambo.

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

### **Afloramientos rocosos (AfR)**

En el distrito Ilacanora los afloramientos rocosos están compuestas de rocas areniscas, cuarcíticas y ferrojinosas



**Fotografía 8:** Afloramiento rocoso al Norte de la laguna Sulluscocha.

#### **4.4.4. Superficies de agua**

##### **Lagunas (La)**

En el distrito de Llacanora se encuentra la Laguna de Sulluscocha que se encuentra a una altitud de 2900 m.s.n.m.



**Fotografía 9:** Laguna Sulluscocha.

#### 4.5. Análisis de los cambios de cobertura y usos de la tierra ocurridos en los años 2001 y 2016.

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

##### 4.5.1. Cobertura y uso de la tierra para el año 2001.

###### a. Matriz de confusión

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

**Cuadro N° 06:** Matriz de confusión año 2001.

Categorías asignadas en la imagen.											
Resultados de la clasificación	Categorías	111	21	331	332	342	512	32	23	Total	Exactitud Usuario %
	111	17	0	0	0	0	0	0	0	17	100.00
	21	0	22	1	0	0	0	0	0	23	95.65
	331	0	2	9	0	0	0	0	0	11	81.82
	332	0	0	0	12	0	0	0	0	12	100.00
	342	0	0	0	0	11	0	0	0	11	100.00
	512	0	0	0	0	0	6	0	0	6	100.00
	32	0	0	0	0	0	0	11	0	11	100.00
	23	0	0	0	0	0	0	0	12	12	100.0
	<b>Total</b>	17	24	10	12	11	6	11	12	103	<b>Exactitud global 97.19</b>
<b>Exactitud Productor %</b>	100.00	91.67	90.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		

- Según el cuadro 06, las filas muestran el acierto de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario, y se obtuvo lo siguiente.

En la categoría tejido urbano continuo (111), se obtuvo un total de 17 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una exactitud del usuario de 100.00 %.

En lo concerniente a Cultivos transitorios (21), se obtuvo un total de 23, de las cuales 22 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con herbazal (331), equivalente a una exactitud del usuario de 81.82 %.

Para Herbazales (331), se obtuvo un total de 11, de las cuales 9 fueron correctamente digitalizadas y 2 fue confundida fue confundida con Cultivos transitorios (21), con una exactitud del usuario de 95.65 %.

En la categoría Arbustal (332), se obtuvo un total de 12, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, llegando a una exactitud del usuario de 100.00 %.

Se llegó a un total de 11 en la categoría Afloramiento rocoso (342), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, con una exactitud del usuario de 100.00 %.

Para la categoría Laguna (512), se obtuvo un total de 6, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, que equivale a una exactitud de 100.00 %.

En lo concerniente a Bosques plantado (Bo), se hizo un total de 11, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, llegando a obtener una exactitud del usuario de 100.00 %.

En la unidad Pastos (Pa), se obtuvo un total de 12, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, con una exactitud del usuario de 100.00 %.

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

En Tejido urbano (111), se obtuvo un total de 17 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una exactitud del productor de 100.00 %.

Para Cultivos transitorios (21), se obtuvo un total de 24, de las cuales 22 fueron correctamente digitalizadas y 2 fue confundida fue confundida con Herbazal (331), con una exactitud del productor de 91.67 %.

En lo concerniente a Herbazales (21), se obtuvo un total de 10, de las cuales 9 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida fue confundida con Cultivos transitorios (21), teniendo una exactitud del productor de 90.00 %.

Arbustal (332), con 12, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, llegando a obtener una exactitud del productor de 100.00 %.

Para Afloramiento rocoso (342), se obtuvo un total de 11, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una exactitud del productor de 100.00 %.

En la categoría lagunas (512), se obtuvo un total de 6, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, con una exactitud del productor de 100.00 %.

Con un total de 11 áreas de entrenamiento en Bosques plantados (32), todas fueron correctamente digitalizadas, llegando a una exactitud del productor de 100.00 %.

Para Pastos (23), se obtuvo un total de 12, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una exactitud del productor de 100.00 %.

## b. Índice kappa

### Cálculo del índice kappa para el año 2001

$$P_o = \frac{17 + 22 + 9 + 12 + 11 + 6 + 11 + 12}{103} = 0.97$$

Exactitud global (EG)

$$(EG) = 0.97 \times 100$$

$$(EG) = 97.60\%$$

$$P_e = \frac{(17 \times 17) + (24 \times 23) + (10 \times 11) + (12 \times 12) + (11 \times 11) + (6 \times 6) + (11 \times 11) + (12 \times 12)}{(103)^2}$$
$$= 0.14$$

$$k = \frac{0.97 - 0.14}{1 - 0.14} = 0.97$$

Por lo tanto el índice kappa es igual a 0.97 que según la fuerza de concordancia es muy bueno, el cual está clasificado en el cuadro N° 01.

## c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado o exactitud global para el año 2001 es 97.60 %, según la fuerza de concordancia es muy bueno.

## d. Categorías encontradas en el año 2001

Las principales categorías de cobertura encontrados en julio del año 2001 fueron: Tejido urbano, Cultivos transitorios, Pastos, Bosques plantados Herbazal, Arbustal, Afloramiento rocoso, Lagunas.

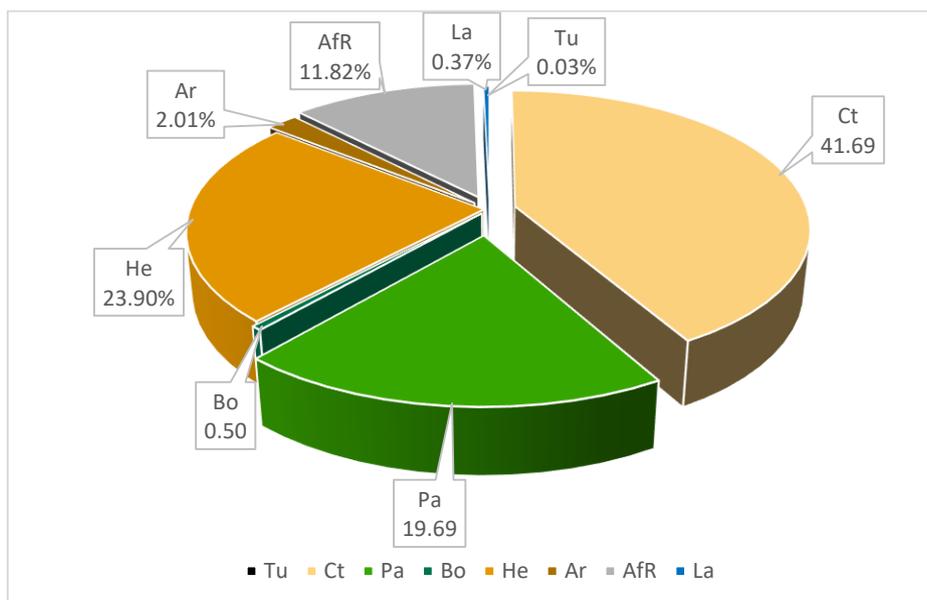
**Cuadro N°07:** Categorías obtenidas para el año 2001 de acuerdo a la metodología CORINE LAND COVER.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	1.56	0.03
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	2135.35	41.69
	2.3. Pastos		Pa	1008.54	19.69
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados		Bo	25.84	0.50
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	He	1224.02	23.90
		3.3.2. Arbustal	Ar	102.71	2.01
		3.4.2. Afloramientos rocosos	AfR	605.3	11.82
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	La	19.07	0.37
<b>TOTAL</b>				<b>5122.39</b>	<b>100.00</b>

Según el cuadro N° 07, se observa la clasificación de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Llacanora, año 2001, En donde se menciona los tipos de cobertura hasta un nivel III para el año 2001, se observa que la mayor área del distrito está cubierto por cultivos transitorios (Ct), con un área de 2135.35, representando el 41.69% del área del distrito.

La cobertura de menor extensión es el tejido urbano (Tu) con un área de 1.56 ha que representa el 0.03% del distrito de Llacanora.

**Grafico N° 1: Distribución porcentual de cobertura año 2001**



Según el gráfico N° 1 tenemos:

El 0.03 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).

El 41.69 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Cultivos transitorios (Ct).

El 19.69 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Pastos (Pa).

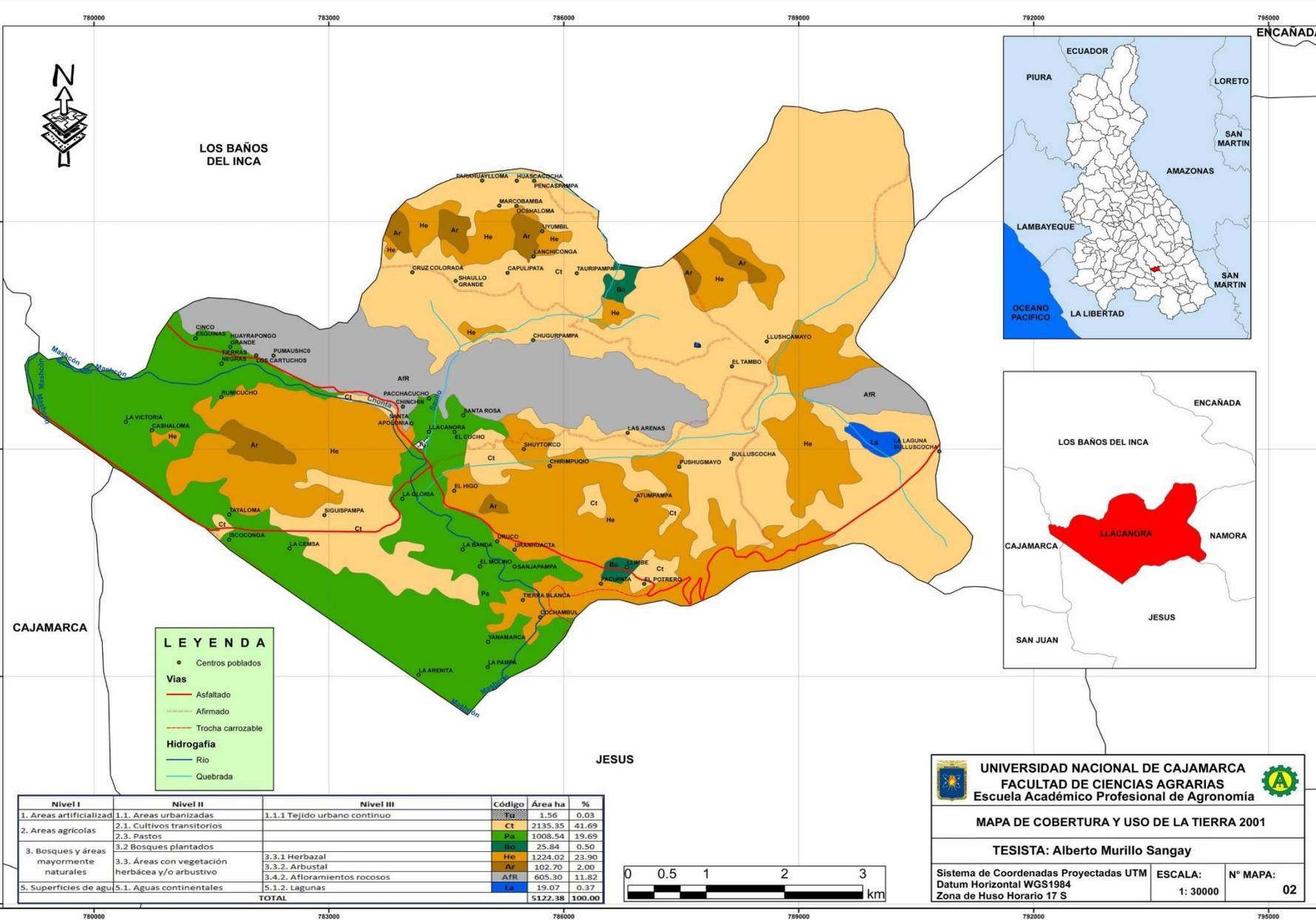
El 23.90% de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Herbazal (He).

El 2.01 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Arbustal (Ar).

El 0.37 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Laguna (La).



LOS BAÑOS DEL INCA



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Vias**
  - Asfaltado
  - Afirmado
  - - - Trocha carrozable
- Hidrografía**
  - Río
  - Quebrada

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	1.56	0.03
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	2135.35	41.69
			Pa	1008.54	19.69
			Bo	25.84	0.50
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados	3.2.1 Herbazal	He	1224.02	23.90
		3.2.2 Arbustal	Ar	102.70	2.00
		3.4.2. Afloramientos rocosos	AFR	605.30	11.82
		5.1.2. Lagunas	La	19.07	0.37
5. Superficies de agua	5.1.1. Aguas continentales				
<b>TOTAL</b>				<b>5122.38</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 2001**

**TESISTA: Alberto Murillo Sangay**

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 30000	N° MAPA: 02
---	---------------------	----------------

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

##### a. Matriz de confusión

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

**Cuadro N° 08:** Matriz de confusión año 2016

		Categorías asignadas en la imagen.									
Resultados de la clasificación	Categorías	111	21	331	332	342	512	32	23	Total	Exactitud Usuario %
	111	14	0	0	0	0	0	0	0	14	100.00
	21	0	12	0	0	0	0	0	0	12	100.00
	331	0	0	9	0	1	0	0	0	10	90.00
	332	0	0	1	12	0	0	0	0	13	92.31
	342	0	0	1	0	10	0	0	0	11	90.91
	512	0	0	0	0	0	6	0	0	6	100.00
	32	0	0	0	0	0	0	12	0	12	100.00
	23	0	0	0	0	0	0	0	16	16	100.00
	<b>Total</b>	14	12	11	12	11	6	12	16	94	<b>Exactitud global 96.61</b>
<b>Exactitud Productor %</b>	100.00	100.00	81.82	100.00	90.91	100.00	100.00	100.00			

- Según el cuadro 08, las filas muestran el acierto de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario, y se obtuvo lo siguiente.

En Tejido urbano continuo (111), se obtuvo un total de 14 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una exactitud del usuario de 100.00 %.

En la categoría Cultivos transitorios (21), se obtuvo un total de 12, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una exactitud del usuario de 100.00 %.

Para Herbazal (331), se obtuvo un total de 10, de las cuales 1 fue confundida con Afloramiento rocoso (342), con una exactitud del usuario de 90.00 %.

En la categoría Arbustal (332), se obtuvo un total de 13, de las cuales 1 fue confundida con Herbazal (331), llegando a una exactitud del usuario de 92.31 %.

Se llegó a un total de 11 áreas de entrenamiento en la categoría Afloramiento rocoso, de las cuales 1 fue confundida con Herbazal (331), con una exactitud del usuario de 90.91 %.

Para la categoría Laguna (512), se obtuvo un total de 6, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, que equivale a una exactitud del usuario de 100.00 %.

En lo concerniente a Bosques plantados (Bo), se hizo un total de 11, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, llegando a obtener una exactitud del usuario de 100.00 %.

En Pastos (23), se obtuvo un total de 16, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, con una exactitud del usuario de 100.00 %.

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

En Tejido urbano (111), se obtuvo un total de 14 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una exactitud del productor de 100.00 %.

Para Cultivos Transitorios (21), se obtuvo un total de 12, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, con una exactitud del productor de 100.00 %.

En lo concerniente a Herbazal (331), se obtuvo un total de 11, de las cuales 9 fueron correctamente digitalizadas, 1 fue confundida con Arbustal (332) y otra con Afloramiento rocoso (342), llegando a obtener una exactitud del productor de 81.82 %.

Arbustal (332): En esta categoría se obtuvo un total de 12, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, teniendo una exactitud del productor de 100.00 %.

Para Afloramiento rocoso (342), se obtuvo un total de 11, de las cuales 1 fue confundida con Herbazal (331), equivalente a una exactitud del productor de 90.91 %.

En la categoría Lagunas (512), se obtuvo un total de 6, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, con una exactitud del productor de 100.00 %.

Con un total de 12 áreas de entrenamiento en Bosques plantados (32), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, llegando a una exactitud del productor de 100.00 %.

Para Pastos (23), se obtuvo un total de 16, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una exactitud del productor de 100.00 %.

## b. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2003

$$P_o = \frac{14 + 12 + 9 + 12 + 10 + 6 + 12 + 16}{94} = 0.97$$

Exactitud global (EG)

$$(EG) = 0.97 \times 100$$

$$(EG) = 97.60\%$$

$$P_e = \frac{(14 \times 14) + (12 \times 12) + (11 \times 10) + (12 \times 13) + (11 \times 11) + (6 \times 6) + (12 \times 12) + (16 \times 16)}{(94)^2}$$
$$= 0.13$$

$$k = \frac{0.97 - 0.13}{1 - 0.13} = 0.97$$

Por lo tanto el índice kappa es igual a 0.97 que según la fuerza de concordancia es muy bueno, el cual está clasificado en el **cuadro N° 01**.

## c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado o exactitud global para el año 2016 es 97.60 %, según la fuerza de concordancia es muy bueno.

## d. Categorías encontradas en el año 2016

Las principales categorías de cobertura encontrados en julio del año 2016 fueron: Tejido urbano, Cultivos transitorios, Pastos, Bosques plantados, Herbazal, Arbustal, Herbazal – arbustal, Afloramientos rocosos, Lagunas.

**Cuadro N° 09:** Categorías obtenidas para el año 2016 de acuerdo a la metodología CORINE LAND COVER.

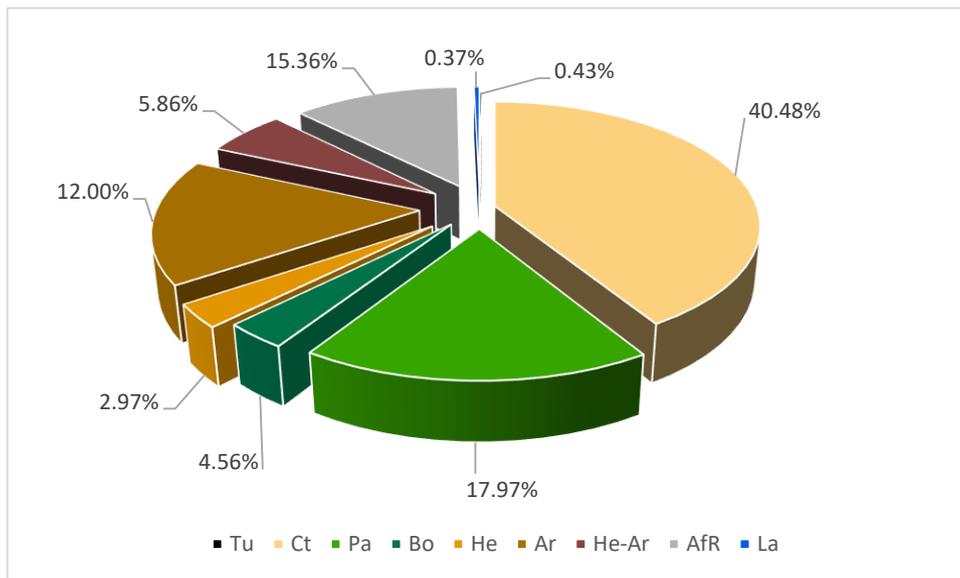
Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	21.89	0.43
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	2073.73	40.48
	2.3. Pastos		Pa	920.64	17.97
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados		Bo	233.71	4.56
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	He	151.92	2.97
		3.3.2. Arbustal	Ar	614.54	12.00
		3.3.7. Herbazal - arbustal	He-Ar	299.98	5.86
3.4.Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Afloramientos rocosos	AfR	786.80	15.36	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	La	19.17	0.37
<b>TOTAL</b>				5122.38	100.00

Según el cuadro N° 09, se observa la clasificación de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Llacanora, año 2016. En donde se menciona los tipos de cobertura hasta un nivel III para el año 2016, se observa que la mayor área del distrito está cubierto por cultivos transitorios (Ct), con un área de 2073.73 ha, representando el 40.48 % del área del distrito.

La cobertura de menor extensión es el tejido urbano (Tu) con un área de 21.89 ha que representa el 0.43 % del distrito de Llacanora.

El área urbana de la capital del distrito tiene 7.34 ha, la plaza pecuaria Iscoconga se ha categorizado como Tejido urbano ya que es una infraestructura teniendo un área de 14.55 ha, es por eso que la categoría Tejido urbano continuo para el año 2016 es 21.89 ha.

**Grafico N° 02:** Distribución porcentual de cobertura año 2016



Según el grafico N° 3 tenemos:

El 0.43 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).

El 40.48 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Cultivos transitorios (Ct).

El 17.97 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Pastos (Pa).

El 4.56 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Bosques plantados (Bo).

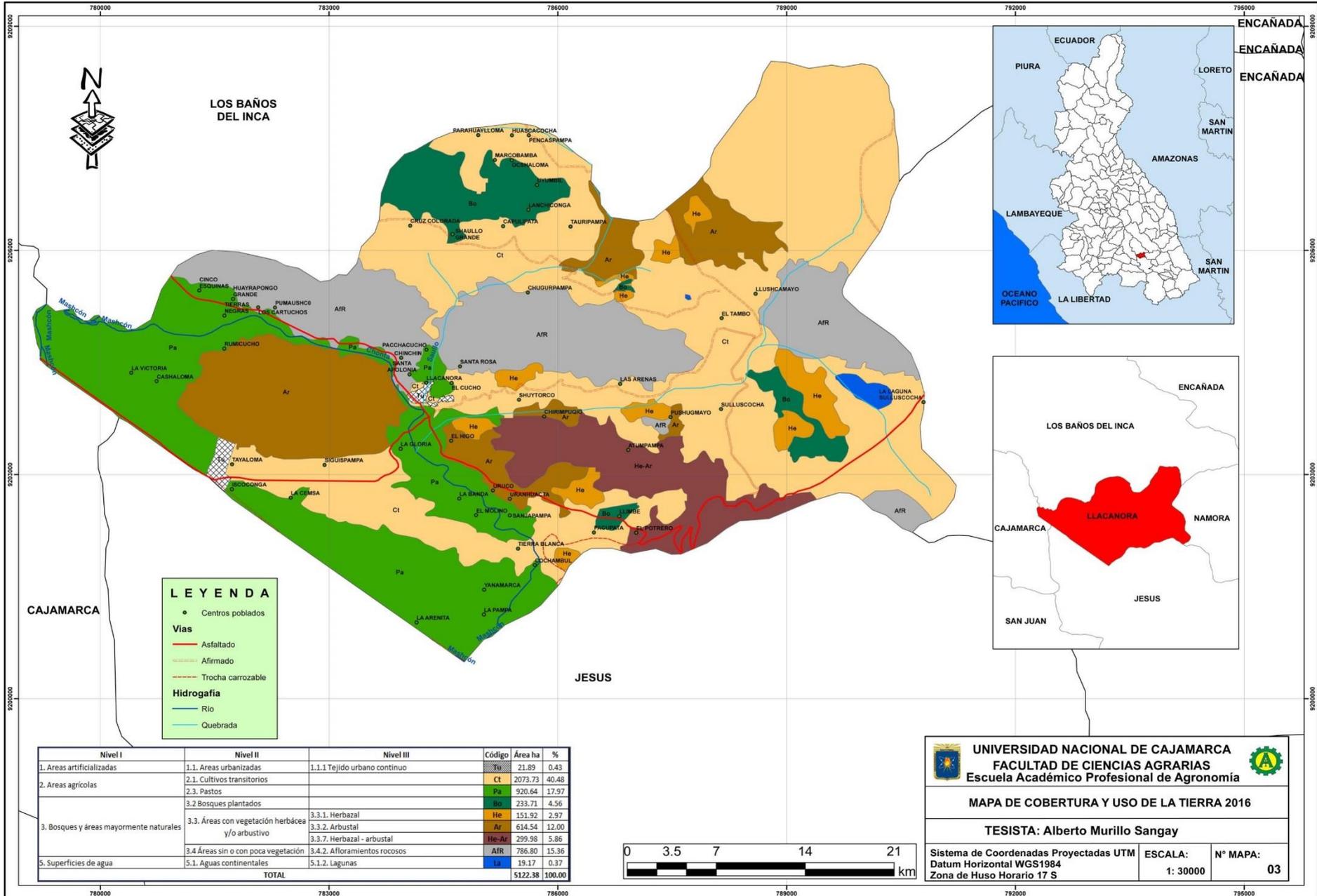
El 2.97 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Herbazal (He).

El 12.00 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Arbustal (Ar).

El 5.86 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Herbazal – Arbustal (He-Ar).

El 15.36 % de la superficie del distrito de Llacanora está cubierta por Afloramiento rocoso (AfR)

El 0.37 % de la superficie del distrito de Lllacanora está cubierta por Laguna (La).



LOS BAÑOS DEL INCA



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Vias**
  - Asfaltado
  - Afirmado
  - - - Trocha carrozable
- Hidrografía**
  - Río
  - Quebrada

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	21.89	0.43
	2.1. Cultivos transitorios		Ct	2073.73	40.48
2. Áreas agrícolas	2.3. Pastos		Pa	920.64	17.97
	3.2. Bosques plantados		Bc	233.71	4.56
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	151.92	2.97
		3.3.2. Arbustal	Ar	614.54	12.00
		3.3.7. Herbazal - arbustal	He-Ar	299.98	5.86
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	AfR	786.80	15.36
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas	La	19.17	0.37
<b>TOTAL</b>				<b>5122.38</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 2016**

---

**TESISTA: Alberto Murillo Sangay**

---

Sistema de Coordenadas Projectadas UTM	ESCALA: 1: 30000	N° MAPA: 03
Datum Horizontal WGS1984		
Zona de Huso Horario 17 S		

#### **4.6. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra**

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la variación de los polígonos de forma global del periodo de evaluación (2001 - 2016), sin importar los motivos o a que categorías de cobertura vegetal cambiaron dichos polígonos. A continuación se muestra los resultados del análisis:

##### **4.6.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2001 – 2016**

En el periodo 2001 -2016, se puede observar ganancia de área (+) como también pérdida (-) en las categorías obtenidas, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías:

Arbustal (Ar) con +511.84 ha, Herbazal – Arbustal (He-Ar) con +299.98 ha, Bosques (Bo) con +207.87 ha, Afloramiento rocoso (AfR) con 181.5 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con +20.33 ha, Lagunas (La) con 0.1, estas categorías están mostrando un cambio positivo; por otro lado la categoría herbazal (He) con -1072.1 ha, mostrando un cambio negativo. A continuación se detalla los resultados obtenidos en el cuadro y el mapa siguiente:

**Cuadro N° 10:** Perdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo  
2001 – 2016.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Superficie 2001		Superficie 2016		2001 - 2016	
				ha	%	ha	%	ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	1.56	0.03	21.89	0.43	20.33	0.40
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	2135.35	41.69	2073.73	40.48	-61.62	-1.20
	2.3. Pastos		Pa	1008.54	19.69	920.64	17.97	-87.9	-1.72
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados		Bo	25.84	0.50	233.71	4.56	207.87	4.06
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	1224.02	23.90	151.92	2.97	-1072.1	-20.93
		3.3.2. Arbustal	Ar	102.70	2.00	614.54	12.00	511.84	9.99
		3.3.7. Herbazal - Arbustal	He-Ar		0.00	299.98	5.86	299.98	5.86
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	AfR	605.3	11.82	786.80	15.36	181.5	3.54
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	La	19.07	0.37	19.17	0.37	0.1	0.00
<b>TOTAL</b>				5122.38	100.00	5122.38	100.00	0.00	0.00

#### 4.6.2. Cuantificación general del cambio

De acuerdo al análisis de los cambios de la cobertura y uso del suelo para los años 2001 y 2016, se tiene que las diferentes clases de cobertura que conforman el paisaje del distrito de Llacanora, ha sufrido un cambio general de su superficie en una extensión de 1717.12 há que representa el 33.52 % del área distrital; mientras que 3405.26 ha equivalente al 66.48 % del área distrital, permanece sin cambio (Cuadro 11).

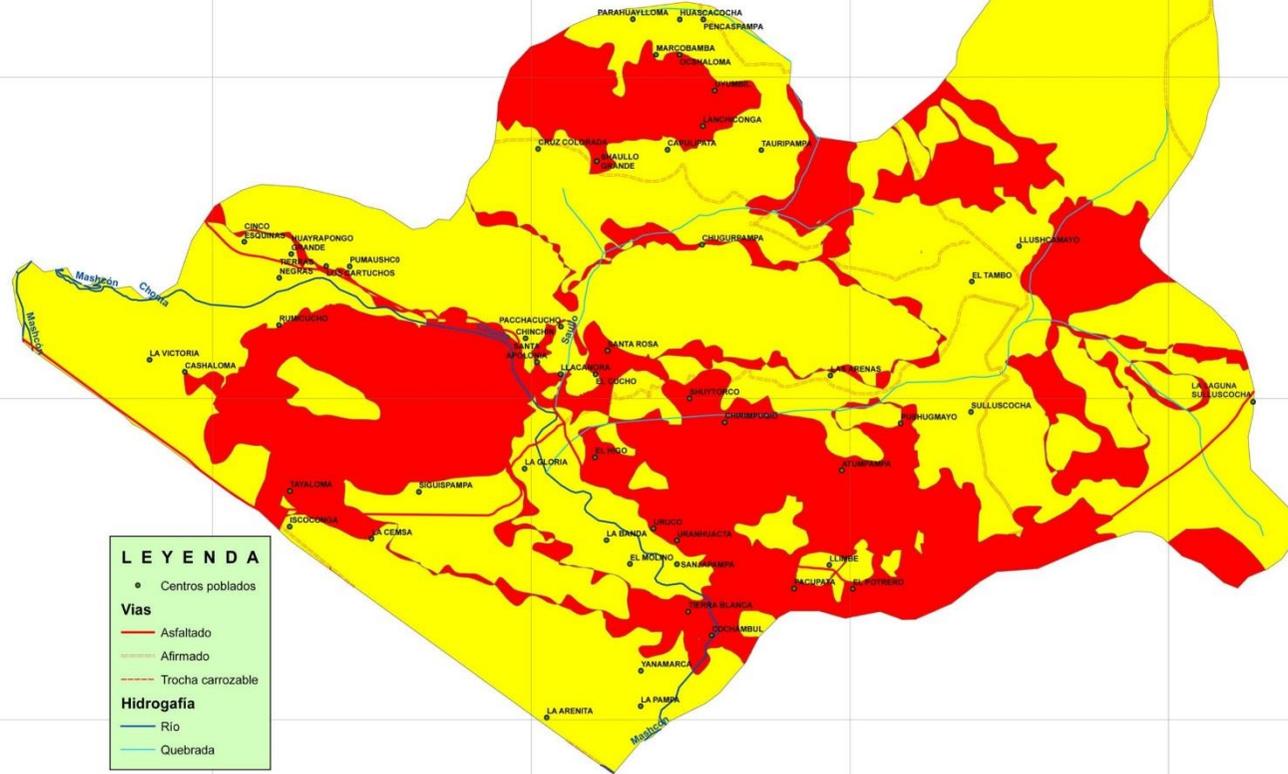
**Cuadro N° 11:** Superficie y porcentaje de las áreas con cambio en la cobertura

<b>CAMBIO</b>		<b>AREA (há)</b>	<b>%</b>
<b>SI CAMBIO</b>		1717.12	33.52
<b>NO CAMBIO</b>		3405.26	66.48
<b>ÁREA TOTAL DEL DISTRITO</b>		5122.38	100.00

La población carecen de incentivos para frenar el cambio inadecuado del uso de la tierra y mucho menos para incidir en la conservación de los recursos naturales, además el bajo nivel de capacidades básicas, como la pobreza que vive el distrito de Llacanora y el bajo nivel de información respecto a la importancia de los espacios naturales, contribuyen también un factor determinante para que los productores opten por un desarrollo económico distinto a la vocación natural de la tierra como vocación agrícola, forestal, entre otros; produciéndose los inadecuados cambios de cobertura y usos de los mismos.

En el mapa 04 muestra la distribución espacial de la superficie de cambios en la cobertura y uso de la tierra, para los años 2001 y 2016. Además, es necesario precisar que las manchas de color rojo, son espacios donde se han ocurrido distintos cambios por cobertura a lo largo de este periodo; mientras que las manchas de color amarillo, son espacios donde no ha ocurrido cambio de cobertura.

No hay que omitir el proceso de cambio global, que ha alcanzado elevados grados de cotidianidad y preocupación social (Gibson 2000). Existe un interés creciente por la dimensión humana de los cambios de uso del suelo y por sus inquietantes efectos ambientales: deforestación, incendios forestales, calentamiento global, desertificación y otras formas de degradación (Klaassen y Claussen 1994).



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Vias**
  - Asfaltado
  - Afirmado
  - Trocha carrozable
- Hidrogafia**
  - Río
  - Quebrada

Cambio	Área	
	ha	%
Si cambio	1717.12	33.52
No cambio	3405.26	66.48
<b>Total</b>	<b>5122.38</b>	<b>100.00</b>



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

**MAPA DE CONFLICTOS**

**TESISTA: Alberto Murillo Sangay**

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM Datum Horizontal WGS1984 Zona de Huso Horario 17 S	ESCALA: 1: 30000	N° MAPA: <b>04</b>
---	---------------------	-----------------------

### **4.6.3. Discusiones**

#### **a. Tejido urbano continuo (Tu)**

Como nos indica en el Cuadro N° 15, en el año 2001 tenemos una área de 1.56 ha de Tejido urbano continuo y en el año 2016 aumentó a 21.89 ha. Nos está indicando que del año 2001 hasta el año 2016 el distrito ha aumentado una expansión de 20.33 ha que equivale al 0.40 % del área distrital, lo cual se puede comparar mediante los datos del INEI de población censada en el sector urbano en el año 1993 hubo 500 personas y en el año 2007 se obtuvieron 648 personas, con un aumento de 148 personas en el sector urbano. También hemos tenido por conveniente categorizar a la plaza pecuaria Iscoconga como Tejido urbano ya que es una infraestructura que tiene un área de 14.55 ha.

#### **b. Cultivos transitorios (Ct)**

Para esta cobertura el área del año 2001 fue 2135.35 ha, para el año 2016 fue 2073.73 ha, lo que indica que la cobertura a disminuido en 61.62 ha.

Los terrenos de siembra en el distrito de Llacanora cada vez más se están perdiendo ya que la población y más que toda la juventud dejan sus tierras para acentuarse en el sector urbano de Cajamarca. Además, esta situación se agrava con la degradación acelerada de los terrenos por la misma topografía accidentada que se presenta en el distrito de Llacanora.

#### **c. Pastos (Pa)**

En esta cobertura para el año 2001 fue 1725.02 ha, para el año 20016 fue 920.64 ha. Tenemos como resultado que del año 2001 hasta el año 2016 esta cobertura disminuyó 87.9 ha. Esta cobertura se está perdiendo por diversos motivos: La mayoría de los niños y jóvenes del distrito, debido a los sistemas de enseñanza migran a otro lugar como la ciudad de Cajamarca, para tener una mejor educación y ya no están continuamente en la casa

de los padres viendo y ayudando al manejo de los pastos y de las tareas del ganado.

**d. Bosques plantados (Bo)**

En esta cobertura para el año 2001, el área fue 25.84 ha, para el año 2016 fue 233.71 ha, indicando que ha aumentado la cobertura de bosques plantados durante este periodo, que equivale a 4.06 % del área distrital. Esto se debe a los proyectos de reforestación que se ejecutaron en el distrito.

**e. Herbazal (He)**

El área de la cobertura herbazal para el año 2001 fue 12224 ha, para el año 2016 fue 151.22 ha. Indicando que esta cobertura ha sufrido disminución de 1072.1 ha, desde el año 2001 hasta el año 2016, que equivale al 20.93 % del área territorial. Esto se debe al crecimiento de áreas de otras clases de cobertura, así por ejemplo esta cobertura está siendo reemplazada por coberturas en mayor proporción de Arbustal, Herbazal - Arbustal, Cultivos transitorios que el hombre las destruye para realizar sus actividades agrícolas.

**f. Arbustal**

Para el año 2001 el área de la cobertura arbustal fue 102.70 ha, para el año 2016 fue 614.54 ha. Indicando que esta cobertura ha aumentado en una área de 511.84, que equivale a 9.99 % del área del distrito. Esto se debe a la no intervención de las comunidades. Tantaleán (2016), explica que la ganancia de arbustos ocurre en zonas no boscosas.

**g. Herbazal – Arbustal (He-Ar)**

Esta cobertura fue encontrada en el año 2016 con un área de 299.98 ha, que equivale al 5.86 % del área del distrito. Esto se debe a que dentro los herbazales crecen en forma natural y más aún cuando no hay interferencia del hombre.

#### **h. Afloramientos rocosos**

El área de esta cobertura para el año 2001 fue 605 ha, para el año 2016 fue 786.80 ha, el área aumentado en este periodo ha aumentado en una área de 181.5 ha esto se debe a la degradación de los suelos, por acción antrópica, cambios climáticos, por la erosión del suelo. 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 (Meeus 1988).

#### **4.7. Análisis de cambios por cobertura**

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

##### **a. Cambios de cobertura del periodo 2001 – 2016.**

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 2001 – 2016 en el distrito de Llacanora, se determinó que los principales cambios de cobertura son:

La categoría Afloramiento rocoso (AfR) fue reemplazada por: Cultivos transitorios (Ct) con una área de 18.27 (ha), Herbazal (He) con una área de 1.62 (ha) y Pastos (Pa) con un área de 6.91 (ha). Por lo tanto la categoría Afloramiento rocoso tuvo una pérdida total de 26.8 ha.

La categoría Arbustal (Ar) fue reemplazada por: Bosques Plantados (Bo) con una área de 43.96 (ha), Cultivos transitorios (Ct) con una área de 28.03 (ha). Por lo tanto la categoría Arbustal tuvo una pérdida total de 71.99 ha.

La categoría Bosques plantados (Bo) fue reemplazada por: Arbustal (Ar) con una área de 15.04 (ha), Cultivos transitorios (Ct) con una área de 1.67 (ha). Por lo tanto la categoría Bosques plantados tuvo una pérdida total de 16.71 ha.

La categoría Cultivos transitorios (Ct) fue reemplazada por: Herbazal - Arbustal (He-Ar) con una área de 40.06 (ha), Afloramiento rocoso (AfR) con un área de 70.7 (ha), Arbustal (Ar) con un área de 85.18 (ha), Bosques plantados (Bo) con un área de 66.98 (ha), Herbazal (He) con un área de 34.74, Laguna (La), con un área de 3.69 (ha), Pastos (Pa) con un área de 19.08 (ha), Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 4.34 (ha). Por lo tanto la categoría Cultivos transitorios tuvo una pérdida total de 254.07 ha.

La categoría Herbazal (He) fue reemplazada por: Herbazal - Arbustal (He-Ar) con una área de 252.64 ha, Afloramiento rocoso (AfR) con una área de 85.87 ha, Arbustal (Ar) con una área de 446.65 ha, Bosques plantados (Bo) con una área de 112.27 ha, Cultivos Transitorios (Ct) con un área de 177.13 ha, Pastos (Pa) con un área de 41.83 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con una área de 1.11 ha. Por lo tanto la categoría Herbazal tuvo una pérdida total de 1117.49 ha.

La categoría La (La) fue reemplazada por: Cultivos transitorios (Ct) con una área de 3.6 ha. Por lo tanto la categoría Laguna tuvo una pérdida total de 3.6 ha.

La categoría Pastos (Pa) fue reemplazada por: Afloramiento rocoso (AfR) con una área de 21.5 ha, Arbustal (Ar) con una área de 21.03 ha, Cultivos transitorios (Ct) con una área de 96.56 ha, Herbazal (He) con una área de 1.77 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con una área de 14.89 ha. Por lo tanto la categoría Pastos tuvo una pérdida total de 155.75 ha.

**Cuadro N° 12:** Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo  
2001 – 2016.

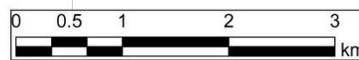
Código	Simbología	CUT_2001	CUT_2016	Área	
				ha	%
1	AfR-Ct	Afloramiento rocoso	Cultivos transitorios	18.27	0.36
2	AfR-He	Afloramiento rocoso	Herbazal	1.62	0.03
3	Afr-Pa	Afloramiento rocoso	Pastos	6.91	0.13
4	Ar-Bo	Arbustal	Bosques plantados	43.96	0.86
5	Ar-Ct	Arbustal	Cultivos Transitorios	28.03	0.55
6	Bo-Ar	Bosques Plantados	Arbustal	15.04	0.29
7	Bo-Ct	Bosques Plantados	Cultivos transitorios	1.67	0.03
8	Ct-(He-Ar)	Cultivos transitorios	Herbazal - Arbustal	40.06	0.78
9	Ct-AfR	Cultivos transitorios	Afloramiento rocoso	70.7	1.38
10	Ct-Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	85.18	1.66
11	Ct-Bo	Cultivos transitorios	Bosques plantados	66.98	1.31
12	Ct-He	Cultivos transitorios	Herbazal	34.74	0.68
13	Ct-La	Cultivos transitorios	Laguna	3.69	0.07
14	Ct-Pa	Cultivos transitorios	Pastos	19.08	0.37
15	Ct-Tu	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	4.34	0.08
16	He-(He-Ar)	Herbazal	Herbazal - Arbustal	252.64	4.93
17	He-AfR	Herbazal	Afloramiento rocoso	85.87	1.68
18	He-Ar	Herbazal	Arbustal	446.65	8.72
19	He-Bo	Herbazal	Bosques plantados	112.27	2.19
20	He-Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	177.13	3.46
21	He-Pa	Herbazal	Pastos	41.83	0.82
22	He-Tu	Herbazal	Tejido urbano continuo	1.11	0.02
23	La-Ct	Laguna	Cultivos transitorios	3.6	0.07
24	Pa-AfR	Pastos	Afloramiento rocoso	21.5	0.42
25	Pa-Ar	Pastos	Arbustal	21.03	0.41
26	Pa-Ct	Pastos	Cultivos transitorios	96.56	1.89
27	Pa-He	Pastos	Herbazal	1.77	0.03
28	Pa-Tu	Pastos	Tejido urbano continuo	14.89	0.29
29	<b>No cambio</b>			3405.26	66.48
<b>TOTAL</b>				<b>5122.38</b>	<b>100.00</b>



**LEYENDA**

- Centros poblados
- Vías**
  - Afollado
  - Afirmado
  - Trocha carrozable
- Hidrografía**
  - Río
  - Quebrada

Código	Simbología	CUT_2001	CUT_2016	Área	
				ha	%
1	Afr-Ct	Afloramiento rocoso	Cultivos transitorios	18.27	0.36
2	Afr-Hu	Afloramiento rocoso	Herbazal	1.62	0.03
3	Afr-Pa	Afloramiento rocoso	Pastos	6.91	0.13
4	Ar-Bu	Arbustal	Bosques Plantados	43.96	0.86
5	Ar-Ct	Arbustal	Cultivos Transitorios	28.03	0.55
6	Bo-Ar	Bosques Plantados	Arbustal	15.04	0.29
7	Bo-Ct	Bosques Plantados	Cultivos transitorios	1.67	0.03
8	Cl-(He-Ar)	Cultivos transitorios	Herbazal - Arbustal	40.06	0.78
9	Cl-Afr	Cultivos transitorios	Afloramiento rocoso	70.7	1.38
10	Cl-Ar	Cultivos transitorios	Arbustal	85.18	1.66
11	Cl-Bo	Cultivos transitorios	Bosques Plantados	66.98	1.31
12	Cl-He	Cultivos transitorios	Herbazal	34.74	0.68
13	Cl-La	Cultivos transitorios	Laguna	3.69	0.07
14	Cl-Pa	Cultivos transitorios	Pastos	19.08	0.37
15	Cl-Tu	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	4.34	0.08
16	He-(He-Ar)	Herbazal	Herbazal - Arbustal	252.64	4.93
17	He-Afr	Herbazal	Afloramiento rocoso	85.87	1.68
18	He-Ar	Herbazal	Arbustal	446.65	8.72
19	He-Bo	Herbazal	Bosques Plantados	112.27	2.19
20	He-Cl	Herbazal	Cultivos transitorios	177.13	3.46
21	He-Pa	Herbazal	Pastos	41.83	0.82
22	He-Tu	Herbazal	Tejido urbano continuo	1.11	0.02
23	La-Cl	Laguna	Cultivos transitorios	3.6	0.07
24	Pa-Afr	Pastos	Afloramiento rocoso	21.5	0.42
25	Pa-Ar	Pastos	Arbustal	21.03	0.41
26	Pa-Cl	Pastos	Cultivos transitorios	96.56	1.89
27	Pa-Ct	Pastos	Herbazal	1.77	0.03
28	Pa-Tu	Pastos	Tejido urbano continuo	14.89	0.29
29		No cambio		3405.26	66.48
<b>TOTAL</b>				<b>5122.38</b>	<b>100.00</b>



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

**MAPA CAMBIOS DE COBERTURA PERIODO 2001 - 2016**

**TESISTA: Alberto Murillo Sangay**

Sistema de Coordenadas Proyectadas UTM    ESCALA:    N° MAPA:  
 Datum Horizontal WGS1984    1: 30000    05  
 Zona de Huso Horario 17 S

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

- Para el año 2001 se determinó 08 categorías de las cuales son: Tejido urbano continuo, Cultivos transitorios, Pastos, Bosques plantados, Herbazal, Arbustal, Afloramiento rocoso, Laguna.
- Para el año 2016 se obtuvieron 09 categorías: Tejido urbano continuo, Cultivos transitorios, Pastos, Bosques plantados, Herbazal, Arbustal, Herbazal – Arbustal, Afloramiento rocoso, Laguna.
- Se determinó que las diferentes clases de cobertura que conforman el paisaje del distrito de Llacanora, cambió en su cobertura en una extensión de 1717.12 ha, equivalente al 33.52 % del área distrital; mientras que 3405.26 ha permanece sin cambio con un 66.48 %.
- La cobertura que tuvo un mayor cambio en el periodo 2001 – 2016 fue Herbazal (He) con una pérdida de 1117.49 ha equivalente al 21.82 %, la cobertura con menos cambio fue Lagunas (La) con un pérdida de 3.60 ha equivalente al 0.07 %.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara, G. 2014. Estudio Especializado: Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra. Cajamarca, Perú. 11 p.
- Alonso, F. 2005. Sistema de Información Geográfica. Murcia, España. 5,195,196p.
- Camacho, J; Juan, J; Pineda, N; Cadena, E; Bravo, L; Sánchez, M. 2015. Cambios de Cobertura/Uso del Suelo en una Porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. México. Consultado el 14 ago. 2017 (en línea). Disponible en:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712015000100008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000100008)
- Cerda, J; Villarroel, L. 2008. Evaluación de la Concordancia Inter-observador en Investigación Pediátrica: Coeficiente de Kappa. Chile. 54 - 58p.
- Cerdán, C. 2014. Concesiones mineras en Cajamarca (en línea). Cajamarca, Perú. Consultado 18 ene. 2017. Disponible en:  
<http://cronicascajamarca.blogspot.com/>.
- 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 AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION). 2006. Políticas Pecuarias (en línea). Consultado el 11 ene. 2017. Disponible en: <http://www.fao.Org/3/a-a0262s.pdf>
- FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION). 2008. Deforestación, Cambio de Uso de la Tierra y REDD (en línea). Consultado el 11 ene. 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/011/i0440s/i0440s02.htm>
- Fernández, I; Herrero, E. 2001. El Satélite Landsat. Análisis Visual de Imágenes Obtenidas del Sensor ETM+ Satélite Landsat. Valladolid, España. 4p.
- Gobierno Regional de Cajamarca. 2016. Zonificación Ecológica y Económica - Ordenamiento Territorial (ZEE - OT) (en línea). Consultado el 20 dic. 2016. Disponible en: <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/node/588>
- Guerrero, J. 2011. Combinación de Bandas Landsat con ERDAS (en línea). Consultado el 25 ene. 2017. Disponible en:

<https://joseguerreroa.wordpress.com/2011/08/30/2404/>

Ibáñez, N; Damman, G. 2014. Cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac (en línea). Apurímac, Perú. Consultado 14 ago. 2017. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/viewFile/108/107>

DEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2007. METODOLOGÍA CORINE LAND COVER. (En línea). Consultado el 11 de ene. 2017. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). Proyecciones de Población por Años Calendario según Departamentos, Provincias y Distritos (en línea). Llacanora, Perú. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0467/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0467/Libro.pdf)

Jiménez, P. 2010. Tala de Bosques (en línea). Consultado el 11 ene. 2017. Disponible en: <http://meamxpj.blogspot.pe/2010/06/tala-de-bosques.html>

Lillo, J. 2006. Impactos de la Minería en el Medio Natural. Grupo de Geología. Universidad Rey Juan Caños. 35p.

López. 2001. Medidas de Concordancia: el índice de Kappa. España. 169-171 p.

Martínez, J; Diaz, A. 2005. Percepción Remota. Fundamentos de la Teledetección Espacial (en línea). México. Consultado 22 ene. 2017. Disponible en: <http://siga.cna.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledeteccion%20espacial.PDF>

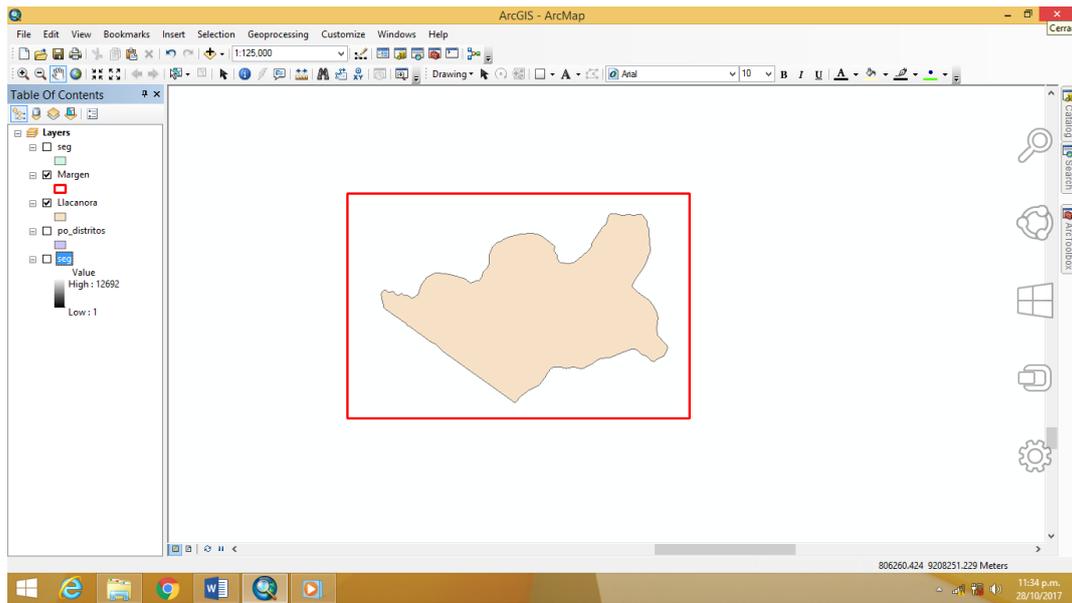
MINAM - DGOT (MINISTERIO DEL AMBIENTE - DIRECCION GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL). 2015. Capacitación. Aplicación de Cobertura y Uso de la Tierra. Cajamarca, Perú. 5, 6,10,14p.

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 nov. 2016. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorialAvp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>

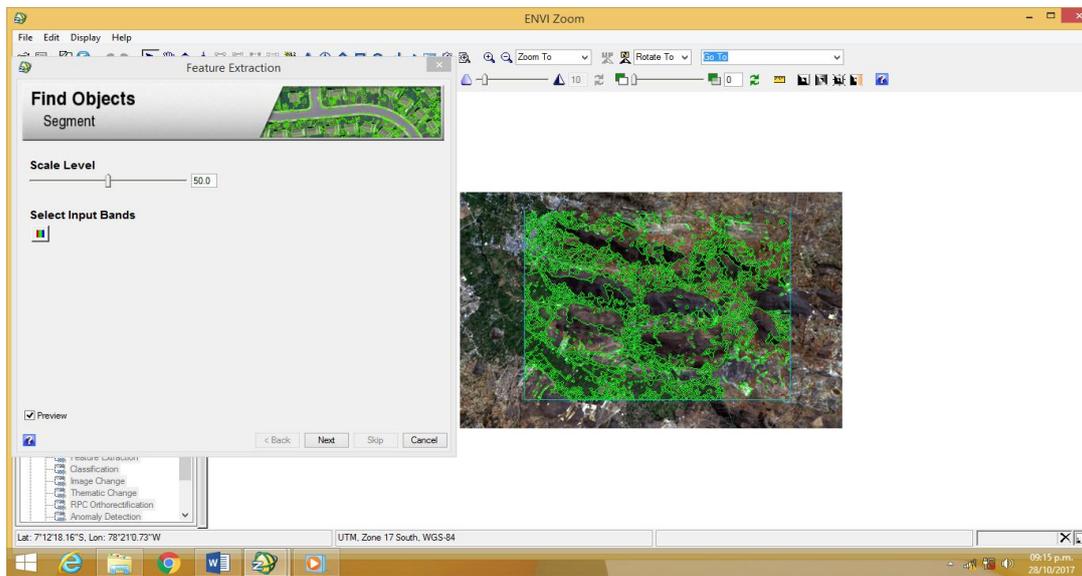
Municipio de Miranda, Cauca, Colombia. 2000. Esquema de Ordenamiento Territorial (en línea). Consultado 10 ene. 2017. Disponible en: <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POT/miranda/08%20COBERTURA%20Y%20USO.pdf>

- Nájera, O; Bojórquez, J; Cifuentes, L y Marceleño, S. 2010. Cambios de Cobertura y Uso del Suelo en la Cuenca del Río Mololoa, Nayarit (en línea). Consultado el 10 ene. 2017. Disponible en:  
<http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/01-01/2.pdf>
- Osuna, A; Diaz, J; Anda, J; Villegas, E; Gallardo, J; Davila, G. 2015. Evaluación de Cambio de Cobertura Vegetal y Uso de Suelo en la Cuenca del Río Tecolutla, Veracruz, México: Periodo 1994-2010 (en línea). Consultado el 14 ago. 2017. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2015000200350&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2015000200350&script=sci_abstract&tlng=es)
- Quito, A. 2014. Tala de Árboles (en línea). Consultado 15 ene. 2017. Disponible en:<http://taladearboles07.blogspot.pe/p/ventajas-y-desventajas-de-la-actividad.html>Richters, E. 1995. Manejo del Uso de la Tierra en América Central. Costa Rica. 27, 96p.
- 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, Colombia. 35p.
- SRGIS (SENSORES REMOTOS GIS). 2010. Guía básica sobre Imágenes Satelitales y sus Productos (en línea). Méjico. Consultado el 20 ene. 2017. Disponible en:  
<http://siga.cna.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledeteccion%20espacial.PDF>
- Tantaleán, A. 2016. Tesis. Análisis de Cambios de Cobertura y Uso del Suelo en el distrito de Chota, Periodo 1989 - 2013. Chota, Perú.
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2014. Informe final de la consultoría asistencia técnica para el análisis de la cobertura y uso de la tierra para el ordenamiento territorial en la provincia de picota. (En línea). Consultado 15 de ene, 2017. Disponible en:  
[http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JZZX.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JZZX.pdf)
- Zorogastúa, P; Quiroz, R; Garatuza, J. 2011. Evaluación de Cambios en la Cobertura y Uso de la Tierra con Imágenes de Satélite en Piura - Perú (en línea). Consultado el 14 ago. 2017. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v10n1/a02v10n1>

## **ANEXOS**



**Fotografía 10: Corte del Polígono del Distrito de Llacanora a través del Software ArcGIS 10.4.1.**



**Fotografía 11: Segmentación del área de estudio Mediante el Software Envi 4.8**



**Fotografía 12:** Verificación in situ del mapa CUT 2016



**Fotografía 13:** Con los pobladores del Caserío Tauripampa



Fotografía 14: Cosecha de Trigo del señor Jaime Ramirez - Sulluscocha



Fotografía 15: Estación Experimental Centro Poblado Sulluscocha



**Fotografía 16: Rastrojo de trigo en la estación experimental INIA-Sulluscocha**



**Fotografía 17: Unidad de Cultivos en el Centro Poblado El Tambo**



**Fotografía 18: Unidad de Arbustal en el Centro Poblado El Tambo**



**Fotografía 19: Unidad de Bosques Plantados en el Centro Poblado Shaullo Grande**



**Fotografía 20: Verificación in situ Junto a mi asesor en parte alta del Centro Poblado EL Llimbe**



**Fotografía 21: Identificación de especies encontradas en campo con el docente de Botánica Gustavo Iberico Vela.**