

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES  
SATELITALES DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE COCHÁN,  
PERIODO 2001 – 2018.**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**WILDER GIL TARRILLO**

**ASESOR:**

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

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2019**



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



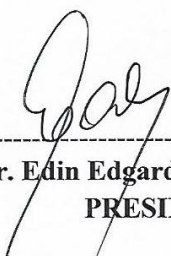
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

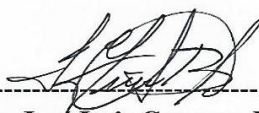
En Cajamarca, a los **dieciocho** días del mes de **junio** del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente **2A-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 73 -2018-FCA-UNC, Fecha 31 de Mayo de 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis titulado: **“CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE COCHÁN, PERIODO 2001-2018”**, del Bachiller: **GIL TARRILLO WILDER** en Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

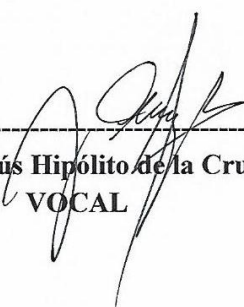
A las **once** horas y **trece** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **aprobación por unanimidad**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

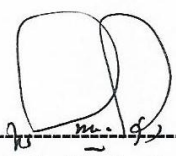
A las **doce** horas y **dieciocho** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 18 de Junio de 2019.

  
-----  
**Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia**  
**PRESIDENTE**

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

  
-----  
**Ing. M. Sc. Jesús Hipólito de la Cruz Rojas**  
**VOCAL**

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

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

*Por haberme guiado, para llegar a este punto y así poder lograr mis objetivos trazados durante esta etapa de mi vida.*

### **A mis padres.**

*Pedro Gil Uriarte y Maria Graciela Tarrillo Ruiz, Por haberme apoyado en todo momento, por sus cuidados, consejos y amor que me han brindado todos los días para ser una persona de bien, inculcándome valores.*

### **A mis hermanas.**

*Elita Gil tarrillo y Eulalia Gil tarrillo, Por los buenos consejos, amor, ejemplos de perseverancia y superación.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi asesor Ing. M. Sc. Wilfredo Poma rojas, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico y su continuo apoyo para la realización de esta investigación.*

*A los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos, valores y apoyo para seguir adelante día a día.*

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

*Al ingeniero, compañero y amigo Yover Avilex Rubio Llatas, por su gran apoyo y valiosos aportes.*

*A mis cuñados José Albarino Acuña Cabrera y Elmer Acuña Cabrera, por el apoyo intenso que me dieron para alcanzar esta meta.*

*A mis sobrinos Eder Yoel Acuña Gil y Niler Acuña Gil, por el gran apoyo que me brindaron día a día para poder llegar a esta meta.*

*A Araceli Eugenio Leiva, por el apoyo incondicional, para poder llegar a esta meta.*

## ÍNDICE

<b><u>CONTENIDO</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
<i>DEDICATORIA</i> .....	i
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	ii
ÍNDICE .....	iii
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE ANEXOS .....	x
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVOS .....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos .....	2
CAPÍTULO II .....	3
REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. A nivel Internacional.....	3
2.1.2. A nivel Nacional.....	4
2.1.3. A nivel Regional.....	5
2.2. Bases teóricas.....	6
2.2.1. Cambio de uso del suelo.....	6
2.2.2. Cobertura vegetal.....	7

2.2.2.1.	Cambios en la cobertura vegetal.....	8
2.2.2.2.	Importancia de la cobertura vegetal. ....	8
2.2.3.	Uso del suelo. ....	9
2.2.3.1.	El suelo como recurso natural. ....	9
2.2.3.2.	Uso actual y uso potencial del suelo. ....	10
2.2.3.3.	Intensificación del uso del suelo. ....	10
2.2.3.4.	Capacidad de uso del suelo. ....	11
2.2.4.	Herramientas para identificar las coberturas del suelo. ....	11
2.2.4.1.	Teledetección y sensores remotos. ....	11
2.2.4.2.	El programa Landsat. ....	12
2.2.4.3.	El programa aster. ....	13
2.2.4.4.	Sistemas de Información Geográfica (SIG). ....	13
2.2.5.	Suelo.....	14
2.2.6.	Reflectancia de las superficies terrestres.....	14
2.2.7.	Descripción de satélites y sensores.....	15
2.2.7.1.	Satélites.....	15
2.2.7.2.	Satélite Landsat.....	15
2.2.7.3.	Sensores. ....	17
2.2.7.4.	Resolución de los sensores remotos.....	18
2.2.7.4.1.	Resolución espacial .....	18
2.2.7.4.2.	Resolución espectral.....	20
2.2.7.4.3.	Resolución radiométrica.....	21
2.2.7.4.4.	Resolución temporal.....	21
2.2.7.4.5.	Resolución angular .....	21
2.2.7.4.6.	Índice kappa.....	22
2.2.8.	Fundamentos físicos de la teledetección. ....	22
2.2.8.1.	Imágenes satelitales.....	22

2.2.8.2.	Matriz de confusión .....	24
2.2.8.3.	Random forest (Bosque al azar).....	24
2.2.8.4.	Landsat 5.....	24
2.2.8.5.	Landsat 7.....	25
2.2.8.6.	Imágenes Landsat 7 ETM <sup>+</sup> .....	26
2.2.8.7.	Landsat 8.....	27
2.2.9.	Sistemas de clasificación de cobertura del suelo.....	28
2.2.9.1.	Corine land cover adaptada para Perú.....	28
CAPÍTULO III .....		32
MATERIALES Y MÉTODOS .....		32
3.1.	Descripción general de la zona. ....	32
3.1.1.	Ubicación.....	32
3.1.2.	Aspectos demográficos. ....	34
3.1.2.1.	Población urbana y rural.....	34
3.1.3.	Regiones naturales del distrito de San Silvestre de Cochán. ....	35
3.1.3.1.	Quechua.....	35
3.1.3.2.	Suni.....	35
3.1.3.3.	Puna.....	35
3.1.3.4.	Yunga marítima. ....	36
3.1.4.	Hidrografía.....	38
3.1.5.	Geología general .....	40
3.1.5.1.	Formación chulec (Ki-chu).....	40
3.1.5.2.	Formación pariatambo (Ki-pa).....	40
3.1.5.3.	Depósitos fluvio-glaciares (Qp-fg).....	40
3.1.5.4.	Volcánico huambos (Nm-vh) .....	40
3.1.5.5.	Volcánico san pablo (Po-vsp).....	41

3.1.5.6.	Volcánico llama (Pe-vII) .....	41
3.1.6.	Zonas de vida natural. ....	43
3.1.6.1.	Bosque seco montano bajo tropical (bs-MBT).....	43
3.1.6.2.	Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT). ....	43
3.1.6.3.	Páramo pluvial subalpino tropical (pp-SAT). ....	43
3.1.6.4.	Bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT).....	43
3.2.	Materiales y equipos de campo.....	46
3.2.1.	Materiales. ....	46
3.2.2.	Herramientas. ....	46
3.2.3.	Instrumentos y equipos.....	46
3.3.	Materiales y equipos de gabinete.....	46
3.3.1.	Materiales. ....	46
3.3.2.	Equipo. ....	46
3.3.3.	Material cartográfico. ....	47
3.3.4.	Software.....	47
3.4.	Metodología.....	47
3.4.1.	Fase inicial de gabinete .....	48
CAPÍTULO IV .....		56
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....		56
4.1.	Categorías de cobertura y uso del suelo, identificadas para el distrito de San Silvestre de Cochán, según la clasificación Corine Land Cover (base de datos sobre la cobertura y uso del suelo). ....	56
4.2.	Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo ocurrido en los periodos 2001 - 2018. ....	62
4.2.1.	Cobertura y uso del suelo año 2001.....	62
4.2.2.	Cobertura y uso del suelo año 2018.....	69
4.3.	Análisis de cambio y no cambio de uso del suelo. ....	76



4.3.1. Cambio y no cambio del uso del suelo periodo 2001 - 2018. ....	76
4.4. Análisis de transición de cobertura y uso del suelo.....	80
4.4.1. Análisis de cambios por cobertura.....	80
4.4.1.1. Cambios de cobertura del periodo 2001 – 2018.....	80
CAPÍTULO V .....	85
CONCLUSIONES.....	85
CAPÍTULO VI.....	86
BIBLIOGRAFÍA .....	86
ANEXOS .....	93

## LISTA DE TABLAS

	PÁG.
<b>Tabla 1.</b> Escalas de acuerdo a las diferentes resoluciones .....	19
<b>Tabla 2.</b> Características según los tamaños de resolución.....	20
<b>Tabla 3.</b> Escala de valores índice kappa.....	22
<b>Tabla 4.</b> Características de Landsat5 .....	25
<b>Tabla 5.</b> Características de Landsat7 .....	26
<b>Tabla 6.</b> Resoluciones: espacial; temporal; radiométrica y espectral del sensor ETM +.....	26
<b>Tabla 7.</b> Características de Landsat 8.....	27
<b>Tabla 8.</b> Corine land cover (base de datos sobre la cobertura y uso del suelo) adaptada para Perú.....	29
<b>Tabla 9.</b> Población del distrito de San Silvestre de Cochán obtenido de los censos de Población y Vivienda de los años 2005, 2007 y 2017. ....	34
<b>Tabla 10.</b> Población urbana y rural para el distrito de San Silvestre de Cochán año 2007. ....	34
<b>Tabla 11.</b> Datos de las imágenes descargadas .....	49
<b>Tabla 12.</b> Valores utilizados en la segmentación .....	52
<b>Tabla 13.</b> Categorías de cobertura y uso actual del suelo identificadas en el distrito de San Silvestre de Cochán. ....	56
<b>Tabla 14.</b> Categorías obtenidas para el año 2001. ....	63
<b>Tabla 15.</b> Matriz de confusión año 2001. ....	66
<b>Tabla 16.</b> Categorías obtenidas para el año 2018. ....	69
<b>Tabla 17.</b> Matriz de confusión año 2018. ....	72
<b>Tabla 18.</b> Ganancia y pérdida de cobertura del suelo periodo 2001- 2018.....	77
<b>Tabla 19.</b> Transición de la cobertura y uso del suelo, periodo 2001 – 2018. ....	82

## LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
<b>Figura 1.</b> Cobertura histórica del satélite landsat.....	17
<b>Figura 2.</b> Ubicación del distrito de San Silvestre de Cochán. ....	32
<b>Figura 3.</b> Regiones naturales del distrito de San Silvestre de Cochán. ....	36
<b>Figura 4.</b> Hidrografía del distrito de San Silvestre de Cochán. ....	38
<b>Figura 5.</b> Geología general del distrito de San Silvestre de Cochán. ....	41
<b>Figura 6.</b> Zonas de vida natural del distrito de San Silvestre de Cochán.....	44
<b>Figura 7.</b> Proceso de clasificación para la representación cartográfica. ....	50
<b>Figura 8.</b> Tejido urbano continuo distrito de San Silvestre de Cochán. ....	57
<b>Figura 9.</b> Cultivos transitorios San Silvestre de Cochán.....	58
<b>Figura 10.</b> Categoría de pastos San Silvestre de Cochán.....	59
<b>Figura 11.</b> Categoría de plantación forestal San Silvestre de Cochán. ....	60
<b>Figura 12.</b> Categoría de herbazales centro poblado Tantachual Alto. ....	61
<b>Figura 13.</b> Categoría de Arbustos San Silvestre de Cochán. ....	62
<b>Figura 14.</b> Cobertura y uso del suelo año 2001 del distrito San Silvestre de Cochán.....	63
<b>Figura 15.</b> Distribución porcentual de cobertura año 2001. ....	65
<b>Figura 16.</b> Cobertura y uso del suelo año 2018 del distrito San Silvestre de Cochán.....	69
<b>Figura 17.</b> Distribución porcentual de cobertura año 2018. ....	71
<b>Figura 18.</b> Dinámica de la cobertura y uso del suelo de los años 2001 y 2018...	76
<b>Figura 19.</b> Cambio y no cambio del suelo periodo 2001 – 2018.....	77
<b>Figura 20.</b> Cambio y no cambio del uso del suelo periodo 2001 – 2018 del distrito San Silvestre de Cochán.....	78
<b>Figura 21.</b> Cambios de cobertura periodo 2001 – 2018 del distrito San Silvestre de Cochán.....	80
<b>Figura 22.</b> Porcentaje ordenado de menor a mayor según el cambio de cobertura periodo 2001 - 2018. ....	84

## LISTA DE ANEXOS

	<b>PÁG.</b>
<b>Anexo 1.</b> Panel fotográfico.....	94

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ArcGIS:** Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG).

**Banda:** Es la Región del espectro electromagnético en la cual las longitudes de onda adyacentes se comportan de forma similar o son generadas por mecanismos similares.

**Biosfera:** Capa del planeta Tierra en donde se desarrolla la vida.

**Bits:** Es la unidad de medida más pequeña y básica de almacenamiento que puede tomar un ordenador.

**Cobertura vegetal:** Capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre.

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

**Escala:** Es la relación matemática que existe entre las dimensiones reales y las del dibujo que representa la realidad sobre un plano o un mapa.

**Fotografía:** Es la ciencia y el arte de obtener imágenes duraderas por la acción de la luz. Es el proceso de capturar imágenes y fijarlas en un medio material sensible a la luz.

**Imagen Satelital:** Representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada para la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona que cubre.

**Landsat:** Es una serie de satélites construidos y puestos en órbita por EEUU, para la observación en alta resolución de la superficie terrestre.

**Mapa:** Es una representación gráfica simplificada del territorio con propiedades métricas, sobre una superficie bidimensional, que puede ser plana, esférica, o incluso poliédrica.

**ND (Nivel digital):** valor numérico discreto asignado por el sistema formador de imágenes a cada celda, en respuesta a la irradiancia recibida sobre el plano focal del sensor. Se le conoce así mismo como nivel de gris, luminancia, número digital, valor del pixel. Existe una relación lineal entre el ND grabado y la radiancia correspondiente a cada celda de terreno.

**Pixel:** unidad mínima que conforma una imagen digital. A mayor densidad de píxeles, mayor calidad de imagen.

**Ráster:** Consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura. Los rásteres son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.

**Sensor:** Es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.

**Shapefile:** Es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas).

**Topografía:** Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

## RESUMEN

La presente investigación está enfocada al análisis del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, durante los años 2001 y 2018, sumando un total de 17 años, utilizando la metodología Corine Land Cover (base de datos sobre la cobertura y uso del suelo) en un nivel II y III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (2013), la cual consta de tres fases, la fase inicial de gabinete; donde se recopila y acondiciona la información, además de la generación de mapas base a través del proceso de clasificación que incluye áreas de referencia, segmentación, información complementaria, selección de segmentos, integración de información, clasificación automatizada y random forest (bosque al azar), la segunda fase se realizó el trabajo de campo (evaluación de consistencia) y la fase final elaborada en gabinete, fue la edición vectorial y generalización. Identificándose 6 categorías: Tejido Urbano Continuo (Tu), Cultivos transitorios (Ct), Pastos (Pa), Plantación forestal (Pf), Herbazal (He) y Arbustos (Ar), además, se generaron mapas de cambio, no cambio y de cambios de cobertura. Para los 2 años, las áreas de las categorías de cobertura que tuvieron aumento fueron: tejido urbano continuo 5.32 ha, cultivos transitorios 311.92 ha, pastos 308.35 ha, Bosques plantados 673.30 ha y herbazal 225.98 ha. Por otro lado, disminuyó 1 categoría de: Arbusto 1524 ha, Estos cambios son mayormente causados por actividades antrópicas (agricultura, ganadería, deforestación); ocasionando reducción en la vegetación natural que protege el suelo.

**Palabras clave:** San Silvestre de Cochán, Random forest, cobertura, landsat, clasificación automatizada.

## ABSTRACT

This research is focused on the analysis of the change in vegetation cover and land use in San Silvestre de Cochán district, San Miguel province, department of Cajamarca, during the years 2001 and 2018, totaling 17 years, using the Corine Land Cover methodology (database on coverage and land use) at a level II and III, developed by the Ministry of the Environment (2013), which consists of three phases, the initial phase of the cabinet; where information is collected and conditioned, in addition to the generation of base maps through the classification process that includes reference areas, segmentation, complementary information, segment selection, information integration, automated classification and random forest (random forest) , the second phase was carried out the field work (consistency evaluation) and the final phase elaborated in the cabinet, was the vector edition and generalization. Identifying 6 categories: Continuous Urban Tissue (Tu), Transitory crops (Ct), Pastures (Pa), Forest plantation (Pf), Herbazal (He) and Shrubs (Ar), besides, maps of change, no change and changes in coverage. For the 2 years, the areas of coverage categories that had increase were: continuous urban fabric 5.32 ha, transitory crops 311.92 ha, pastures 308.35 ha, planted forests 673.30 ha and herbage 225.98 ha. On the other hand, 1 category decreased: Shrub 1524 ha, These changes are mainly caused by anthropic activities (agriculture, livestock, deforestation); causing reduction in the natural vegetation that protects the soil.

**Key words:** San Silvestre de Cochán, Random forest, coverage, landsat, automated classification.



## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

Los cambios de la cobertura vegetal en el suelo, que se viene dando a lo largo del tiempo, se debe a muchos factores climáticos, geológicos, hidrológicos y principalmente a la actividad antrópica, que es la principal transformadora del paisaje, mediante el cual surge la necesidad de analizar multitemporalmente los cambios ocurridos en la cobertura vegetal en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, en el transcurso de los años 2001 – 2018, a partir del comportamiento del desarrollo vegetal, para poder determinar los procesos de ascensión y retracción de la cobertura vegetal, mediante el análisis y procesamiento de imágenes satelitales Landsat.

Los estudios de cobertura vegetal son muy importantes por cuanto permiten conocer las especies que conforman un área geográfica, su distribución, fisonomía así como las potencialidades, limitaciones y amenazas a la que están sujetos. Estos estudios aportan información sobre el potencial que tiene el distrito de San Silvestre de Cochán respecto a la vegetación, así mismo brinda información del estado actual de los mismos de tal manera que se puedan plantear estrategias de conservación; en este sentido el estudio de cobertura vegetal es insumo principal para otros estudios como es el de flora, zonas de vida y sistemas ecológicos.

El presente estudio, está enfocado en los cambios de cobertura vegetal y uso actual del suelo que se realizó mediante trabajos de campo en el distrito de San Silvestre de Cochán y con el apoyo de la imagen satelital Landsat, se llevó a cabo una evaluación a nivel exploratorio respecto a la cobertura y uso actual de dicho distrito, cuyo proceso permitirá determinar diferentes tipos de cobertura vegetal, así como diferentes categorías de uso que el poblador viene dando a sus suelos.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. General**

Identificar los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, departamento Cajamarca periodo 2001 – 2018.

### **1.1.2. Específicos**

Analizar la incidencia de los factores antrópicos y naturales en los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, periodo 2001 - 2018.

Elaborar el mapa de cobertura y uso actual del suelo del distrito de San Silvestre de Cochán, periodo 2001 – 2018.

Analizar los cambios de cobertura y uso actual del suelo ocurrida en los respectivos periodos.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes.

##### 2.1.1. A nivel Internacional.

La magnitud, extensión y velocidad de las alteraciones antrópicas sobre la superficie de la tierra no tienen precedentes en la historia de la humanidad (Lambin, E. 1997). Alrededor de la mitad de la superficie de la tierra ha sido directamente transformada por la acción humana. Estos cambios han sido tan dramáticos que se acercan a los niveles de transformación que ocurrieron durante los períodos glaciales. (Goldewijk citado por Aguayo *et al.* 2009) determinó que durante el período 1700-1990, 1.206 millones de ha fueron convertidas en terrenos agrícolas y 2.927 millones fueron transformadas en áreas de pastoreo. Por otra parte, entre 1700 y 1992, 1.621 millones de hectáreas fueron habilitadas para la agricultura de las cuales 885 millones correspondían a bosque, 565 millones a sabana/praderas/estepa, 150 millones a matorrales y 21 millones a tundras/desiertos.

Debido a estas transformaciones los suelos de cultivo y pastoreo son, en la actualidad, los usos terrestres más grandes del planeta, los que ocupan alrededor de 40 % de la superficie de la tierra (Aguayo *et al.* 2009).

Mundialmente, las actividades agropecuarias, junto con la extracción de madera, (disminución de los bosques) han causado una pérdida de cerca de 13 millones de ha de bosques durante el último decenio, en comparación con 16 millones de ha por año en la década de 1990, teniendo en consideración que las tendencias en nuestro continente son preocupantes: siguen teniendo la pérdida neta de bosque más elevada (FAO, 2010). Toda esta situación, ligada a factores ambientales (las características del suelo, el clima, la

topografía, la vegetación), refleja la importancia del suelo como un factor fundamental para la producción.

El escenario es complejo pero sin duda las actividades realizadas por el hombre son las que han ocasionado en mayor importancia la pérdida de diversidad biológica, introducción de especies exóticas, cambio en el ciclo hidrológico, contaminación de la tierra, aire y agua, así como la disminución de la capacidad de rendimiento de tierras productivas (Bocco, G y Mendoza, M. 2001).

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

Se realizó un estudio del bosque seco localizado en la región Piura – Perú, con el objetivo de evaluar el cambio de la cobertura y el uso del suelo. Utilizando imágenes del satélite LANDSAT 5 registradas entre 1999 y el 2001, a través de una clasificación supervisada. Los resultados se compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) con interpretación visual de imágenes LANDSAT 5 registradas entre 1986 y 1994. El 38 % de área del bosque seco permaneció sin variación, mientras que 13 % mejoró su condición y el otro 23 % tiende a la reducción de su cobertura (Zorogastúa, P y Quiroz, R. 2011).

Se llevó acabo una investigación denominada Cambios de la cobertura del suelo en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca - Arequipa, Moquegua – Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación, durante el periodo 1986 – 2010; estableció 11 clases o tipos de coberturas del suelo, en dos grandes grupos: suelos con vegetación y suelos con escasa o nula vegetación. En el primer grupo se distinguieron 6 clases de cobertura: pajonal, tolar, césped de puna, bofedal, queñual y agricultura asociado con monte ribereño, mientras que el segundo grupo está conformado por 5 clases de cobertura: nevado, cuerpo de agua, embalse, salar y suelo sin o pobre vegetación. Para el periodo total de 24

años desde 1986 al 2010, en el grupo de suelos con vegetación, los pajonales presentan la mayor pérdida con -55,99 %, la mayor tasa de deforestación o cambio de -3,36 % y presenta una baja permanencia de 28,10%. El césped de puna gana un 75,39 % de cobertura, con una tasa de reforestación de 2,37 % y su capacidad para mantenerse es la más alta de 75,91 %. Dentro de este periodo de años para el grupo de suelos con escasa o nula vegetación, los nevados presentan la mayor pérdida de -96,29 % con una tasa de cambio de - 12,83 % y una estabilidad baja, de tan solo 3,63 %; en cambio el suelo sin o pobre vegetación aumenta a un 33,45 %, una tasa de cambio de 1,21 % y una estabilidad mayor de 97,56 % (Quispe, J. 2015).

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

La metodología dispuesta por el Ministerio del Ambiente (R.M. Nº 135-2013-MINAM), se basó en el procesamiento digital de imágenes satelitales utilizando los software ENVI y ArcGIS, que permitieron generar cartografía temática de cobertura y uso de la tierra para los periodos 2001 – 2013, donde los resultados indicaron que, el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca corresponde a un área de 599 236.15 ha que representa el 18.18 %, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2 696 027.69 ha que representa el 81.82% del área departamental, lo cual significa la fragmentación paulatina del paisaje en perjuicio de la superficie de hábitats naturales y en el aislamiento de los mismos (Alcántara Boñón citado por Rojas, C. 2017).

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

Según un estudio realizado por Saldaña, M (2010) ubicado en la región Cajamarca, provincia de Jaén, distrito de Jaén, muestra información procesada en la determinación del cambio de cobertura vegetal en el Área de Conservación Municipal “Bosques de Huamantanga” utilizando imágenes del satélite, donde se tuvo como área de evaluación una superficie total de 12 236.83 ha. Se usaron dos periodos comparativos, un primer periodo para los años 1989 al 2000 y un segundo periodo para los años 2000 al 2006, determinando que un 75 % de las áreas cambiaron de uso de los suelos con el paso de los años, mientras que el otro 25 % se mantuvo intacto.

Mientras que Tantaleán, A (2016), realizó un estudio en “Análisis del cambio de la cobertura vegetal y uso de la tierra en el distrito de Chota – Cajamarca, en un periodo de 24 años (1989 – 2013)”, mediante la utilización de imágenes satelitales. Indicando que el análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra permite mostrar cambios entre diferentes fechas de referencia, siguiendo las consecuencias de la acción humana sobre el medio, las cuales son las principales modeladoras y responsables como el cambio de pastos a áreas agrícolas heterogéneas, con un crecimiento considerable en su área inicial de estudio, lo que implica la pérdida de áreas de otras clases de cobertura.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. Cambio de uso del suelo.**

Se refiere a la actividad socioeconómica que se desarrolla (o desarrolló) sobre una cobertura. El término uso del suelo se aplica a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales (Bocco, G y Mendoza, M. 2001). Las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos (Guhl, A. 2004).

En la actualidad, el suelo se ha convertido en un indicador de la calidad ambiental. Al estar su cobertura, directamente relacionada con su uso, se hace necesario identificar la dinámica de este proceso para conocer las tendencias de degradación, desertificación o pérdida de biodiversidad (García, E. 2008).

### **2.2.2. Cobertura vegetal.**

Se relaciona con la existencia de diferentes especies vegetales, sean naturales o inducidos, que cubren los suelos; su mayor o menor porcentaje de cobertura influye en procesos de degradación y desertificación de los suelos. La expresión cartográfica de la cobertura terrestre constituye una de las aplicaciones básicas de la teledetección espacial desarrollada con fines de inventarios y diagnósticos espaciales, ordenación territorial y detección de cambios, entre otros (Cerdeira, T. 2007).

Capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos (Bennett, A. 1999).

Según García, E (2008) nos dice que existe vegetación potencial y vegetación actual.

**Vegetación potencial:** Es aquella mediante el cual, si se deja de realizarse actividades humanas en un área específica, en él se establecería una cubierta vegetal condicionada por las características físico-químicas del suelo, clima, precipitación y temperatura.

**Vegetación actual:** Incluye en las condiciones la influencia de las actividades humanas, la vegetación queda señalada en la ausencia o presencia de algunas especies.

### **2.2.2.1. Cambios en la cobertura vegetal.**

Según Heckadon, M (1999) los cambios en la cobertura vegetal es un componente importante en el estudio de cambio ambiental global. La naturaleza dinámica de patrones de cobertura vegetal/uso suelo y sus cambios es un fenómeno que afecta muchos procesos ecológicos y biofísicos, tales como la estructura trófica, la composición de las especies y su dispersión, los patrones climáticas, y la estabilidad hidrica. Además, en regiones tropicales, los cambios de cobertura vegetal (específicamente la deforestación) es una de las amenazas más graves a la biodiversidad.

El desbalance observado entre los hábitats humanos en su interacción con los hábitats naturales, ha sido determinante para concebir esta relación como preocupante por las alteraciones en la biodiversidad y funciones ecológicas que ponen en riesgo la sustentabilidad. El reconocer el comportamiento que el crecimiento humano tiene, nos permite conocer los cambios que ha tenido el paisaje a lo largo del tiempo. La importancia de la interrelación entre los factores humanos y biológicos, permite dar cuenta de que los principales cambios en los ecosistemas terrestres se deben a la conversión de la cobertura de suelo, a la degradación de la que es objeto el suelo, y la intensificación en el uso de suelo (Romero, H y Vásquez, A. 2005).

### **2.2.2.2. Importancia de la cobertura vegetal.**

Según Towers, P (2002) las coberturas vegetales son un elemento esencial en el gran sistema que llamamos suelo, las plantas absorben y reciclan nutrientes, dióxido de carbono, nitrógeno, azufres y fósforos que están en la atmósfera, absorben agua de los suelos y a su vez, son parte del fundamento básico de la cadena alimenticia que sustenta la vida y proveen al hombre de materiales industriales, plantas medicinales, fibras y resinas.



En el caso específico de los bosques, éstos juegan un papel importante en la conservación del ambiente, ya que mantienen la estabilidad hídrica, regulan el clima a nivel mundial y local, y lo más importante favorecen la conservación de los suelos previniendo la erosión, además son el hábitat de numerosas especies de plantas y animales (Bennett, A. 1999).

### **2.2.3. Uso del suelo.**

Se aplica a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. Las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos (López, E. 1999).

En el transcurso de la historia, el suelo ligado a la productividad agropecuaria, además del cambio de cobertura del suelo, se han constituido en factores importantes para el crecimiento y desarrollo de todas las culturas y en los últimos 20 años, ha resurgido la importancia verdadera y real que tiene la conservación de los recursos naturales, y como componente de éstos el recurso suelo como fuente de producción de alimento para la humanidad (Dalence, S. *et al.* 1999).

#### **2.2.3.1. El suelo como recurso natural.**

Es un elemento imprescindible alrededor del cual las sociedades emergen; se convierte así, en el soporte para la integración y estructuración de los asentamientos humanos. Actualmente, la magnitud y alcance espacial de las alteraciones humanas a la superficie de la tierra, no tienen precedente; de ahí, que la importancia de controlar y orientar la ocupación del suelo radique en encontrar un balance entre el hábitat natural y humano, para una futura conservación de la biodiversidad (García, E. 2008).

### **2.2.3.2. Uso actual y uso potencial del suelo.**

Se encuentran muy relacionados entre sí, puesto que la discrepancia entre el uso potencial y el uso actual del suelo resulta en los conflictos de uso del suelo. El uso actual del suelo, es el resultado de la acción del hombre sobre el ambiente natural, el resto es el uso que la vegetación natural dispone como resultado de las características del sitio y la competencia entre especies y el lugar que ocupan; si se le toma como una clasificación del uso de la tierra como la de la Unión Geográfica Internacional (UGI), se ordena el uso actual del suelo desde el punto de vista de intensidad de uso. A diferencia, el uso potencial del suelo es considerado como la posibilidad de uso de la tierra, es decir, el destino presumiblemente adecuado desde el punto de vista ambiental y socioeconómico de un área, de acuerdo a sus características intrínsecas y de la dinámica de otros usos de suelo próximos, aunque desde el punto de vista agronómico, el uso potencial se refiere a los sistemas de producción aconsejables para lograr la mejor productividad permanente, preservando la integridad del recurso (Petit, M y Medina, M. 2004).

### **2.2.3.3. Intensificación del uso del suelo.**

La intensificación del uso del suelo se encuentra asociada con sistemas agrícolas, agroforestales o de pastoreo. Un manejo intensificado puede estar basado en técnicas como la irrigación, utilización de fertilizantes, incendios, prácticas de labranza o la integración de diferentes actividades de producción, Esta intensificación afecta la composición del ecosistema, el ciclaje de nutrientes y la distribución de la materia orgánica. Es así que, como ejemplo en agricultura, surgen los problemas ambientales más convencionales como resultado de la intensificación de la producción del suelo agrícola existente: compactación del suelo, uso excesivo de fertilizantes y biocidas (Romero, H y Vásquez, A. 2005).

#### **2.2.3.4. Capacidad de uso del suelo.**

En términos físicos es la determinación del soporte que tiene una unidad de suelo de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo (Cerdeira, T. 2007).

#### **2.2.4. Herramientas para identificar las coberturas del suelo.**

##### **2.2.4.1. Teledetección y sensores remotos.**

La teledetección se traduce literalmente como percepción remota. Se refiere a la ciencia, técnica o, incluso “arte” para algunos, de obtener información (imágenes) de la superficie de nuestro planeta a distancia, sin entrar en contacto directo con él. Pero la teledetección también incluye todo el trabajo realizado a posteriori con esas imágenes, es decir, su procesamiento e interpretación. La teledetección más utilizada se refiere a la captura de imágenes desde satélites o plataformas aéreas (aviones, helicópteros, etc). Sin embargo, las ventajas que ofrece la observación espacial desde satélites, esto es, la cobertura global y exhaustiva de la superficie terrestre, la observación multiescala y no destructiva y la cobertura repetitiva, han propiciado el desarrollo y utilización de este tipo de productos de manera sistemática (Labrador, M y Évora, J. 2012).

La teledetección es aquella técnica que nos permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación remota sea posible es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción y el resultado usualmente, pero no necesariamente, es almacenado como una imagen (fuente de datos). Para esto se requiere al menos, tres componentes: foco energético, superficie terrestre y sensor (Chuvieco, E. 2002).

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

Para Lillesand *et al* (2004) la teledetección o percepción remota es la ciencia y el arte de obtener información acerca de un objeto, área, o fenómeno a través del análisis de datos adquiridos por un dispositivo que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación.

El flujo de energía entre el objeto y el sensor constituye una forma de radiación electromagnética, que es la forma en que se transfiere la energía en los sistemas de teledetección (Jensen, J. 1996).

La descripción de la radiación electromagnética se realiza en función de su longitud de onda o frecuencia, de tal modo que la sucesión de valores de longitud de onda permite establecer una serie de bandas en donde la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar, siendo la organización de estas bandas lo que conocemos como espectro electromagnético (Chuvienco, E. 2002).

El termino sensor incluye todos aquellos instrumentos que detectan y miden a distancia radiación electromagnética emitida y reflejada, esto significa que aquellos sensores remotos de mayor resolución espectral tienen mayor capacidad de discriminar distintos objetos o coberturas del suelo (Lillesand *et al*. 2004).

#### **2.2.4.2. El programa Landsat.**

El programa Landsat es el programa civil de observación de la tierra más antiguo. Comenzó el año 1972 con el Satélite Landsat -1. Hasta ahora al último Landsat (el 8) se ha incorporado un nuevo sensor, que mejora las

características, añadiéndole una banda pancromática de 15 m de resolución, y aumentando la resolución de la banda térmica a 60 m (Chuvienco, E. 2002).

#### **2.2.4.3. El programa aster.**

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

#### **2.2.4.4. Sistemas de Información Geográfica (SIG).**

Los SIG ofrecen numerosas ventajas respecto a la cartografía convencional, puesto que de forma automática permiten manejar datos espaciales internamente referenciados, producir mapas temáticos y realizar procesos de información de tipo digital” (Yepes, M y Gasca, S. 2013).

Según Barredo, J (1996), un SIG puede ser concebido como una especialización de un sistema de bases de datos, caracterizado por su capacidad de manejar datos geográficos, que están georreferenciados y los cuales pueden ser visualizados como mapas.

De acuerdo a lo mencionado por Martínez, J y Martin, M (2010), el SIG es un programa diseñado para la delimitación de cuencas, la misma que se la realiza mediante la interpretación de los mapas cartográficos, este

proceso ha ido evolucionando con la tecnología. En la actualidad proporcionan una amplia gama de aplicaciones y procesos que, con entender los conceptos y teoría, se puede realizar de una forma más sencilla y rápida el análisis y delimitación de una cuenca mediante los programas disponibles para SIG.

Sin embargo para Labrador, M y Évora, J (2012), define a un Sistema de Información Geográfica (SIG), como un sistema computarizado que facilita las fases de entrada de datos, análisis de datos espaciales y presentación de datos, especialmente en casos cuando trabajamos con datos georeferenciados. Además, permiten almacenar esa información espacial de forma eficiente, simplificando su actualización y acceso directo al usuario.

#### **2.2.5. Suelo**

Según Esperanza, F y Zerda, H (2002), es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. Desde una perspectiva ambiental, tiene un rol fundamental en todos los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza, tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes. Por ello, el hombre en su tendencia natural de seleccionar y clasificar los objetos de su entorno, consideran al suelo como un objeto común útil que satisface las necesidades humanas (alimentos, fibras, maderas, construcciones, etc.).

#### **2.2.6. Reflectancia de las superficies terrestres**

La reflectancia espectral se define como la proporción de energía incidente que es reflejada por una superficie. Por lo tanto, es una magnitud adimensional que puede tomar valores entre 0 y 1 ó porcentajes entre 0 y 100 %. Para una determinada superficie este parámetro varía en función de

la longitud de onda. El gráfico de la reflectancia espectral frente a la longitud de onda se le denomina curva de reflectancia espectral o firma espectral. La configuración de estas curvas permite extraer las características espectrales de una superficie y tiene una gran influencia sobre la elección de la región espectral en la cual los datos de teledetección se deben adquirir para una aplicación particular (Martinez, J y Martin, M. 2010).

## **2.2.7. Descripción de satélites y sensores**

### **2.2.7.1. Satélites**

Son naves espaciales que han sido diseñadas, fabricadas y enviadas al espacio para observar desde una órbita a la Tierra, lunas, cometas, asteroides, planetas, estrellas e incluso galaxias. Los satélites recorren una órbita alrededor de la Tierra a diferentes alturas. Los de órbita baja, sobrevuelan en un rango de 200 a 1200 km. Tienen un período de rotación inferior al de la Tierra (entre 90 minutos y 5 horas), por lo que su posición relativa en el cielo cambia constantemente. Son idóneos para la detección de incendios, determinación de la biomasa, estudio de la capa de ozono, determinación de la cobertura, etc. Los satélites orbitan a 35875 o más kilómetros, emplean en su recorrido un periodo de tiempo similar al de la rotación de la Tierra, por lo que siempre permanecen fijos en el mismo punto (INEGI, 2014).

### **2.2.7.2. Satélite Landsat.**

La constelación de satélites LANDSAT (LAND=tierra y SAT=satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (Satélites de Tecnología de Recursos Terrestres), fue la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. La forman 8 satélites. Su mantenimiento y operación está a cargo de la Administración Nacional

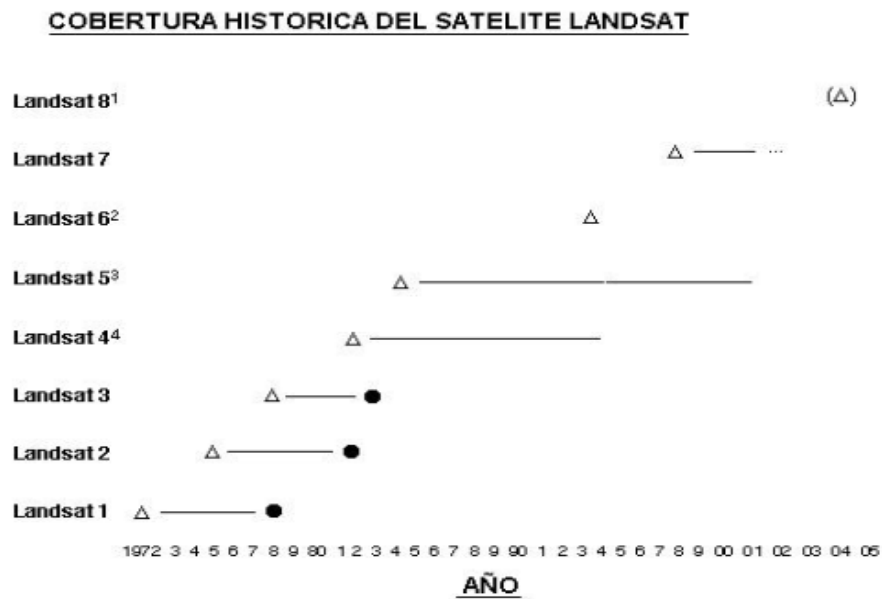
de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (INEGI, 2014).

Con el lanzamiento del satélite LANDSAT, se abrió una nueva percepción del planeta con una resolución tanto temporal como espectral desconocida hasta entonces. Este satélite, dotado de sensores empleados en la teledetección, fue diseñado con el fin de obtener datos de los recursos terrestres. En base a este objetivo se diseñó las resoluciones para adaptarse a este fin (Fernández, C. 2001).

El sensor TM fue colocado a bordo del Landsat 4 por insistencia de los investigadores del departamento de Agricultura de los Estados Unidos, quienes querían un sistema multispectral para estudios agrícolas. Se trata de un barrido óptico electrónico, que opera en cuatro canales del espectro electromagnético, dos en el visible (4 y 5) y en el infrarrojo cercano (6 y 7). Una escena terrestre observada por este sensor representa un área de 185 km y la resolución con su sensor TM (Thematic mapper), tiene una resolución radiométrica 8 bits (García, A. 2014).

El satélite Landsat 8 consta de una plataforma con capacidad de carga de dos de sensores de observación terrestre, el primero de ellos denominado Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico infrarrojo Thermal Infrared Sensor (TIRS). OLI y TIRS recogerán los datos de forma conjunta para proporcionar imágenes coincidentes de la superficie terrestre, incluyendo las regiones costeras, hielo polar, las islas y las zonas continentales, penetración del agua/aerosol, detección y la banda de nubes (cirrus) para el enmascaramiento de nubes y otras aplicaciones (Ariza, A. 2013).





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

**Fuente:** (Fernández, C. 2001).

### 2.2.7.3. Sensores.

Para el INEGI (2014), los sensores son dispositivos instalados en las plataformas de los satélites destinados a captar la energía electromagnética, reflejada o emitida, por los objetos de la superficie terrestre observados. Existen 2 tipos de sensores, según el tipo de energía detectada:

#### **Pasivos**

Aquéllos que registran datos utilizando una fuente externa, por ejemplo el sol.

#### **Activos**

Requieren de una fuente interna de energía que dispara una señal hacia la superficie terrestre, es decir poseen una fuente de energía propia y opera independientemente de las condiciones atmosféricas

La fracción de radiación que regresa es medida y proporciona información de los objetos observados. Son sensores activos microondas, radar y láser.

#### **2.2.7.4. Resolución de los sensores remotos.**

Segun Pérez, D (2007), los sensores instalados en los satélites de teledetección poseen una serie de particularidades que determinan las características de las imágenes que van a proporcionar. Estas características vienen definidas básicamente por diferentes tipos de resolución:

##### **2.2.7.4.1. Resolución espacial**

Es una medida de la distancia angular o lineal más pequeña que puede captar un sensor remoto de la superficie de la Tierra, y viene representada por un píxel. Un píxel es la unidad mínima que conforma una imagen digital. El píxel es generalmente de forma cuadrada, por lo que la longitud medida sobre el terreno de un lado del píxel define la resolución espacial del sensor. La resolución espacial de un sensor se suele expresar en metros o metros/píxel. Cuanto mayor sea la resolución espacial, es decir, menor superficie represente un píxel de la imagen, más pequeños serán los objetos que se pueden distinguir en la superficie y viceversa (Pérez, D. 2007)

Para Geoservice Peru (2004), la resolución espacial de la imagen debe ser equivalente con el tamaño del menor objeto que se desea identificar. La forma más simple para definir el tipo de resolución espacial que se debe utilizar, es establecer una relación entre la relación y la escala del trabajo que pretende realizar. Algunas relaciones generales son las siguientes:

**Tabla 1.** Escalas de acuerdo a las diferentes resoluciones

<b>Resolución Espacial</b>	<b>Escala de Trabajo</b>
1 metros	1:2 000
5 metros	1:12 000
10 metros	1:25 000
20 metros	1:50 000
30 metros	1:80 000
80 metros	1:200 000
1 000 metros	1:1 500 000

**Fuente:** Geoservice Perú (2004)

Por otro lado, también es posible definir el Tamaño de resolución Espacial siguiente el tipo de Información que se desea obtener.

**Tabla 2.** Características según los tamaños de resolución

<b>Resolución Espacial</b>	<b>Características</b>
61 cm a 5 metros	Permite diferenciar tipos de edificaciones (casas, forma del terreno, características de los techos). Elaboración de mapas a escala humana o también es posible individualizar árboles, carros, ómnibus, monumentos y calles urbanas. Identificación de áreas agrícolas menores.
10 – 15 metros	Identificación de cuarteles de una ciudad, edificios, calles principales. Detalle de áreas forestales. Identificación de minerales y áreas agrícolas.
20 – 30 metros	Identificación de regiones urbanas, aeropuertos, autopistas principales y ferroviarias. Identificación de grandes áreas forestales y agrícolas, vías hidrográficas y caracterización de cobertura del suelo. Identificación de lineamientos geológicos.
80 – 100 metros	Mapas de estructuras geológicas regionales. Mapas de grandes vías hidrográficas y extensas áreas forestales y agrícolas.

**Fuente:** Geoservice Perú (2004)

#### **2.2.7.4.2. Resolución espectral**

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

#### **2.2.7.4.3. Resolución radiométrica**

Es la capacidad que tiene un sensor de poder discriminar, albedos con diferencias de radiación reflejada o emitida (cantidad de niveles de grices). Cuanto mayor es el número de niveles de grices, mayor es la resolución. Una imagen con dos niveles (blanco y negro) tendrá menos resolución que otra imagen con 32 niveles de grices entre el blanco y el negro. El número de niveles de grices que el sensor puede detectar depende de su sistema de grabación y se expresa en función de números binarios "*bits*". El valor en bits se expresa en potencia de  $2^n$ , siendo n el número de bits usados en la grabación (Geoservice Perú 2004).

#### **2.2.7.4.4. Resolución temporal**

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

#### **2.2.7.4.5. Resolución angular**

Capacidad que tiene un sensor para tomar imágenes oblicuas. Esta propiedad permite no solamente cortar los ciclos temporales de recubrimiento, sino que posibilita la generación de imágenes estereoscópicas y por tanto la reconstrucción del relieve. (Pérez, C y Muñoz, A. 2006).

#### 2.2.7.4.6. Índice kappa

El coeficiente kappa refleja la concordancia inter-observador y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión. 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. (Cerde, J y Villarroel, L. 2008).

A partir de los datos arrojados de la matriz, se va a obtener el coeficiente kappa que es un valor que va de -1 a 1 (Tabla N° 3), explicando que los valores más cercanos a 1 representan una mayor concordancia de la realidad con el mapa de clasificación. (Aronoff citado por Chuvieco, E. 2002).

**Tabla 3.** Escala de valores índice kappa

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

**Fuente:** Landis y Koch citado por Cerda, J. 2008

#### 2.2.8. Fundamentos físicos de la teledetección.

##### 2.2.8.1. Imágenes satelitales.

Producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial a través de la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste; producto que posteriormente se transmite a estaciones terrestres para su visualización, procesamiento y análisis. Existen diferentes tipos de imágenes satelitales,

dependiendo del tipo de sensor. Desde las primeras cámaras fotográficas montadas en satélites en la década de los 60 hasta los más sofisticados y sensibles sensores hiperespectrales. Existe una amplia gama de tipos de imágenes satelitales que hoy se utilizan en las más diversas áreas, dependiendo de su resolución espacial así como de la información espectral que poseen; desde el espionaje militar, el monitoreo del cambio climático, monitoreo de incendios e inundaciones, seguimiento de huracanes y tifones, evaluaciones multiespectrales de vegetación etc (Bense, T. 2007).

Por más de tres décadas los satelitales Landsat han capturado información que ha permitido realizar estudios y evaluar los cambios producidos. Fue el primer programa de satélites de percepción remota para observación de los recursos terrestres. Desde el lanzamiento del primer satélite en 1972 con el sensor Multispectral Scanner (MSS) los desafíos por contar con un mejor producto no ha cesado. Así, desde 1984 se cuenta con el sensor Thematic Mapper (TM) y a partir de 1999 con Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Son estos últimos los que se mantienen operativos. Entre ellos presentan diferencias como la incorporación de una banda pancromática, con una resolución de 15 m en el sensor ETM+, pero al considerar que el área que cubre una sola imagen se mantiene en los 185 x 185 km y que el período de revolución es de 16 días, hace que sea una buena alternativa para realizar estudios multitemporales (ESRI, 2016).

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

#### **2.2.8.2. Matriz de confusión**

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

#### **2.2.8.3. Random forest (Bosque al azar)**

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información (Breiman citado por Arnillas *et al.* 2012). Dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de “votos” entre el conjunto de árboles para “decidir” la clase; cada árbol calibrado es un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas (Arnillas, C. *et al.* 2012).

#### **2.2.8.4. Landsat 5.**

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



**Tabla 4.** Características de Landsat5

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

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

#### 2.2.8.5. Landsat 7.

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

**Tabla 5.** Características de Landsat7

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

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

#### 2.2.8.6. Imágenes Landsat 7 ETM<sup>+</sup>

El sensor ETM + dispone de lectura de 8 canales, o bandas situadas en distintas zonas del espectro electromagnético, mientras que el sensor TM dispone de 7 bandas, como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Resoluciones: espacial; temporal; radiométrica y espectral del sensor ETM +

Banda	Resolución terreno (m)	Línea de Datos por Escáner	Longitud De línea (Bytes)	Bits por pixel	Rango Espectral (µm)	Zona del espectro
1	30	16	6.600	8	0.45 – 0.52	Visible azul
2					0.52 – 0.60	Visible verde
3					0.63 – 0.69	Visible rojo
4					0.77 – 0.90	Infrarrojo cercano
5	60	8	3.300	1.55 – 1.75	Infrarrojo medio	
6				10.40 – 12.50	Infrarrojo Térmico	
7				2.09 – 2.35	Infrarrojo medio	
8	15	32	13.200		0.52 – 0.90	Visible

**Fuente:** USGS (EEUU, 2009).

La resolución temporal mide el tiempo transcurrido desde la obtención de una imagen de un punto del suelo, hasta la siguiente imagen del mismo punto. Para el satélite Landsat 7 la resolución temporal es de 16 días. Esta resolución, aunque es alta, en realidad es menos útil de lo que en principio se pudiera pensar, la presencia de nubes ocasiona que las imágenes sean inservibles en algunos casos (Fernández, C. 2001).

### 2.2.8.7. Landsat 8.

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

**Tabla 7.** Características de Landsat 8

	<b>Banda</b>	<b>longitud de onda (micrómetros)</b>	<b>Resolución espacial (m)</b>
	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45-0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53-0.59	30
<b>Landsat8</b>	Banda 4- Rojo	0.64 - 0.67	30
<b>Operational</b>	Banda5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
<b>Land Imager (OU)</b>	Banda 6- SWIR 1	1.57-1.65	30
<b>and Thermal Infrared</b>	Banda 7 - SWIR 2	2.11-2.29	30
<b>Sensor (TIRS)</b>	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9-Cirrus	1.36-1.38	30
	Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60-11.19	100
	Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50-12.51	100

**Fuente:** INEGI, 2014

### **2.2.9. Sistemas de clasificación de cobertura del suelo.**

La cobertura del suelo es un elemento geográfico que puede formar una base de referencia para diversas aplicaciones que van desde el monitoreo forestal y pastoril, pasando por la generación de estadísticas, planificación, inversión, biodiversidad, cambio climático, hasta el control de la desertificación. (Petraglia, C. *et al.* 2015).

#### **2.2.9.1. Corine land cover adaptada para Perú**

La leyenda fue desarrollada siguiendo los acuerdos regionales vinculados a trabajar con el esquema Corine land cover (IDEAM 2010). 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 del suelo. Emplea una leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial con distintos niveles de detalle temático. (Disponible en <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>).

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 del suelo, y a la actualidad vienen elaborando las guías de procedimiento metodológico que incluirá el uso de Corine Land Cover (Disponible en [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00JZZX.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JZZX.pdf))

La cual se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 8.** Corine land cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
		1.2.5. Obras hidráulicas
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas
		1.4.2. Instalaciones recreativas
	2. Áreas Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios
2.2. Cultivos permanentes		
2.3 Pastos		
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		2.4.1. Mosaico de Cultivos
		2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	

Nivel I	Nivel II	Nivel III
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto
		3.1.4. Bosque abierto alto
		3.1.5. Bosque fragmentado
	3.2 Plantacion forestal	
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal
		3.3.2 Arbusto
		3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
		3.3.5 Arbusto / área intervenida
		3.3.6 Herbazal / área intervenida
		3.3.7 Arbusto-Herbazal/área intervenida
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2 Afloramientos rocosos
		3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4 Áreas quemadas
		3.4.5 Glaciares
		3.4.6 Salares

Nivel I	Nivel II	Nivel III
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas 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
5. Superficies de Agua	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**

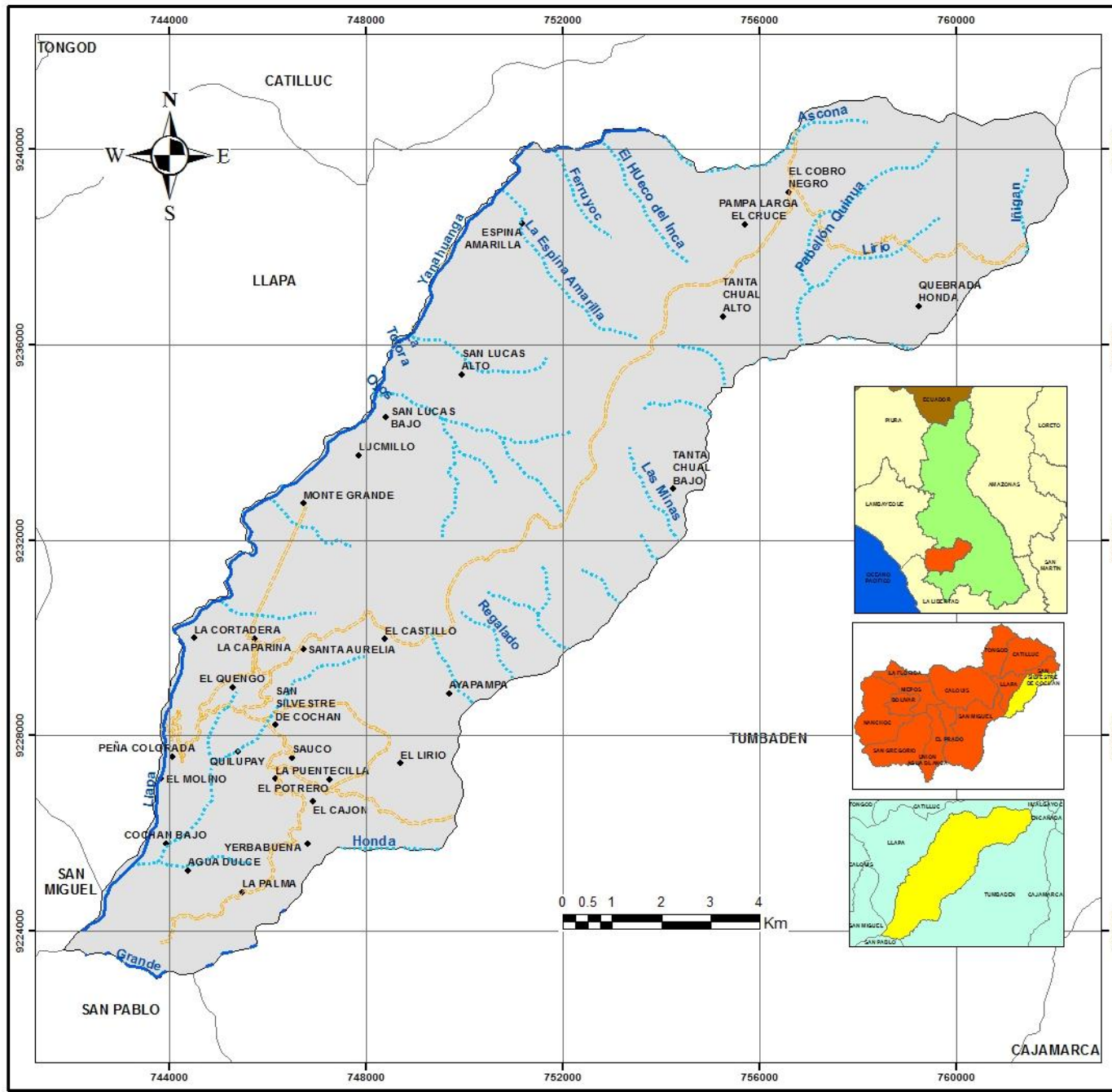
#### **3.1. Descripción general de la zona.**

##### **3.1.1. Ubicación.**





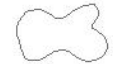
El distrito de San Silvestre de Cochán, se encuentra ubicado en la provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, limita al norte con Llapa (San Miguel), al este con Tumbadén (San Pablo), al sur con San Pablo, al oeste con San Miguel y Llapa. Localizado Geográficamente entre las coordenadas UTM 741833 y 762500 m Este y entre 9222938 y 9241125 m Norte. Su altitud oscila entre 2116 hasta 4120 msnm y la capital del distrito está ubicado a 2900 msnm. Posee una área total de 13 487.61 ha.

**Figura 2.** Ubicación del distrito de San Silvestre de Cochán.





## LEYENDA

-  Quebrada
-  Río
-  Vias de acceso
-  Centros poblados
-  Limite distrital



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

MAPA: UBICACIÓN DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE COCHAN

TESISTA: WILDER GIL TARRILLO

N° MAPA	ESCALA	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM
<b>01</b>	<b>1:80,000</b>	Datum Horizontal WGS 1984 Zona o Uso Horario 17 Sur

### 3.1.2. Aspectos demográficos.

De acuerdo a los censos de población y vivienda obtenidos del instituto Nacional de Estadística e Informatoca (INEI), para el distrito de San Silvestre de Cochán muestran los siguientes resultados.

**Tabla 9.** Población del distrito de San Silvestre de Cochán obtenido de los censos de Población y Vivienda de los años 2005, 2007 y 2017.

<b>Censos nacionales de poblacion y vivienda</b>	<b>Población total</b>
Censos nacionales 2005. X de población y V de vivienda	4813
Censos nacionales 2007. XI de población y VI de vivienda	4642
Censos nacionales 2017. XII de población y VII de vivienda	3864

**Fuente:** Adaptado de INEI (2005, 2007 y 2018).

#### 3.1.2.1. Población urbana y rural

Se tomó en cuenta los datos obtenidos de los censos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

**Tabla 10.** Población urbana y rural para el distrito de San Silvestre de Cochán año 2007.

<b>Población</b>	<b>Número de habitantes</b>
Urbana	259
Rural	4383

**Fuente:** Tomado de INEI 2007.

### **3.1.3. Regiones naturales del distrito de San Silvestre de Cochán.**

De acuerdo a la clasificación de las regiones naturales del Perú presentado por Javier Pulgar Vidal (1967), el distrito de San Silvestre de Cochán presenta cuatro regiones naturales, como se muestra en la figura 3.

#### **3.1.3.1. Quechua.**

Se extiende desde los 2300 a los 3500 msnm. El relieve de esta región es escarpado conformado por los valles interandinos y los flancos de suave pendiente. Zona en donde la población peruana se ha adaptado mejor. Presenta una área de 8702.07 ha.

#### **3.1.3.2. Suni.**

Se encuentra situada entre los 3500 y los 4000 msnm, Significa "región alta". Su relieve se caracteriza por ser rocoso y escarpado, constituido por estrechos valles y por zonas ligeramente ondulantes, llamadas pampas. Además se pueden distinguir zonas abruptas y empinadas donde sobresalen muros escarpados, desfiladeros rocosos y cumbres afiladas; las tierras agrícolas son escasas. Presentando una área de 4626.93 ha.

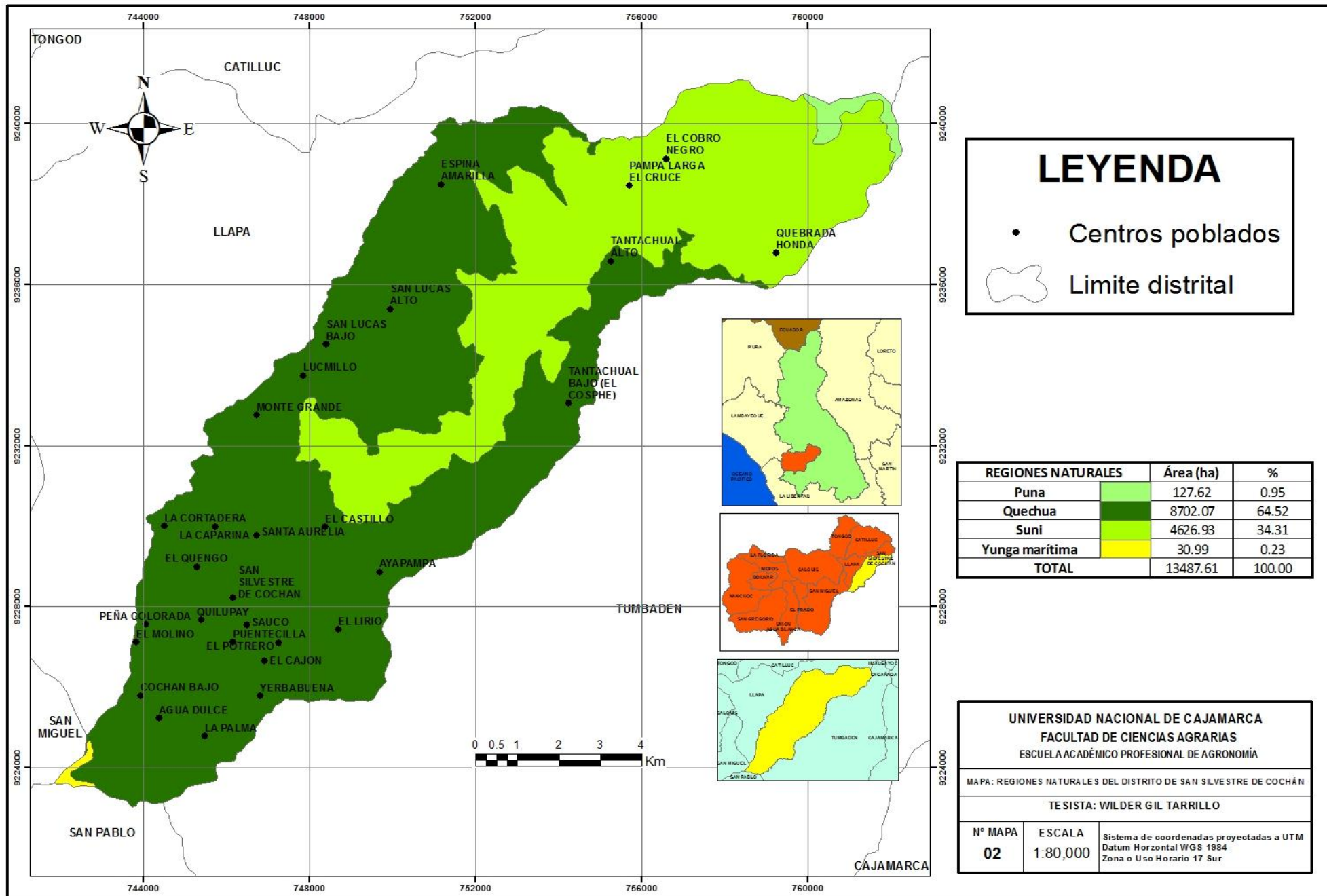
#### **3.1.3.3. Puna.**

Se encuentra situada entre los 4000 y los 4800 msnm, Puna significa "soroche" o "mal de altura". El relieve de este región es diverso conformado en su mayor parte por mesetas andinas en cuya amplitud se localizan numerosos lagos y lagunas. Debido a esto se dice que es el piso altitudinal de las mesetas y lagunas andinas. Algunas veces el relieve se muestra escarpado y otras, plano u ondulado. Presenta una área de 127.62 ha.

#### **3.1.3.4. Yunga marítima.**

Se encuentra ubicada en el flanco occidental, y se extiende desde los 500 hasta los 2300 msnm, esta zona o región se caracteriza por tener un relieve accidentado, escarpado, con valles muy estrechos y profundas quebradas. La vegetación es abundante en los valles. Presentando una área de 30.99 ha.

**Figura 3.** Regiones naturales del distrito de San Silvestre de Cochán.



## LEYENDA

- Centros poblados
- Limite distrital

REGIONES NATURALES	Área (ha)	%
Puna	127.62	0.95
Quechua	8702.07	64.52
Suni	4626.93	34.31
Yunga marítima	30.99	0.23
<b>TOTAL</b>	<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>

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

---

MAPA: REGIONES NATURALES DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE COCHÁN

---

TESISTA: WILDER GIL TARRILLO

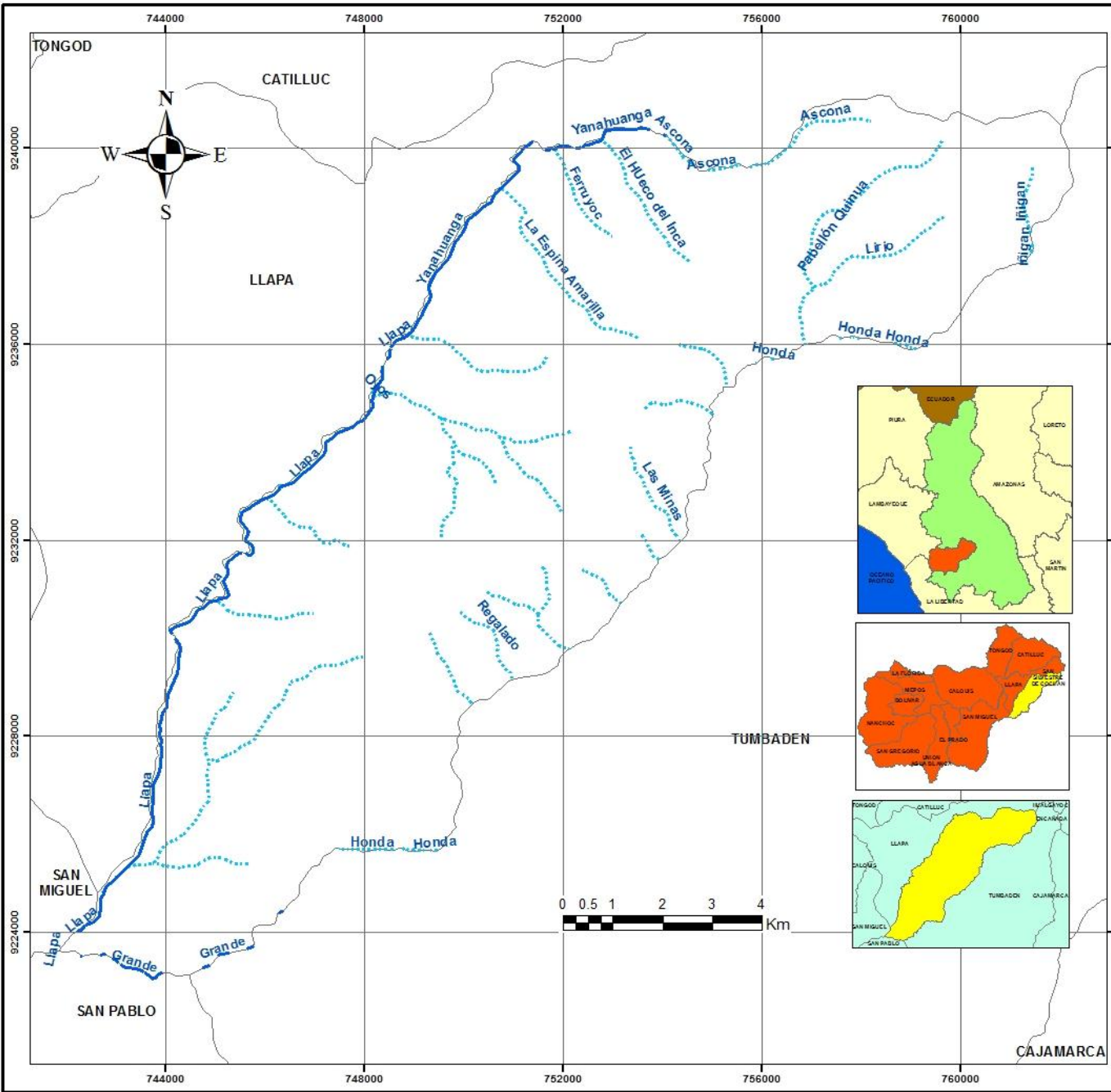
---

N° MAPA	ESCALA	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM
<b>02</b>	<b>1:80,000</b>	Datum Horizontal WGS 1984
Zona o Uso Horario 17 Sur		

#### **3.1.4. Hidrografía.**

La hidrografía del distrito de San Silvestre de Cochán, está conformada por los ríos Yanahuanga que limita con Llapa, que en el transcurso del recorrido también lleva el nombre de río Llapa, con una longitud de 23.40 km. Tiene afluentes como la quebrada El Huevo del Inca, quebrada Ferruyoc, quebrada Espina Amarilla y la quebrada Ojos.

**Figura 4.** Hidrografía del distrito de San Silvestre de Cochán.

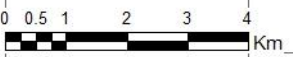
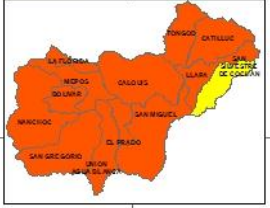


## LEYENDA

- Quebrada
- Río
- Limite distrital



REGIONES NATURALES	Área (ha)	%
Puna	127.62	0.95
Quechua	8702.07	64.52
Suni	4626.93	34.31
Yunga marítima	30.99	0.23
<b>TOTAL</b>	<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>



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

MAPA: HIDROGRAFÍA DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE COCHÁN

TE SISTA: WILDER GIL TARRILLO

N° MAPA	ESCALA	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona o Uso Horario 17 Sur
<b>03</b>	<b>1:80,000</b>	

### **3.1.5. Geología general**

Según el mapa geológico del Perú (2016), el distrito de San Silvestre de Cochán está conformado por las siguientes formaciones.

#### **3.1.5.1. Formación chulec (Ki-chu)**

Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo, ocupa una área de 173.13 ha, la mayor extensión se encuentra en los Centros Poblados el Cobro Negro y Pampa Larga el Cruce y en menor extensión en el Centro Poblado de Quebrada Honda.

#### **3.1.5.2. Formación pariatambo (Ki-pa)**

Esta formación consiste en una alternancia de lutitas con delgados lechos de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas, cuenta con una área de 101.36 ha, dicha extensión se encuentra en el centro poblado Quebrada Honda.

#### **3.1.5.3. Depósitos fluvioglaciares (Qp-fg)**

Se encuentran morrenas glaciares compuestas por fragmentos de caliza del cretáceo superior. El límite inferior de las morrenas queda alrededor de 3600 msnm. Cuenta con un área de 25.45 ha, encontrándose en el Centro Poblado Quebrada Honda.

#### **3.1.5.4. Volcánico huambos (Nm-vh)**

La topografía del volcánico Huambos es bastante característica, generalmente forma llanuras delimitadas por farallones o escarpas donde



se aprecia la estratificación, sobre estas superficies se ha desarrollado un sistema dendrítico de drenaje, con una extensión de 5839.32 ha, dicha área se encuentra en los centros poblados de Cobro Negro, Pampa Larga el Cruce, Quebrada Honda, Espina Amarilla, Tantachual Alto y Tantachual Bajo (El Cosphe).

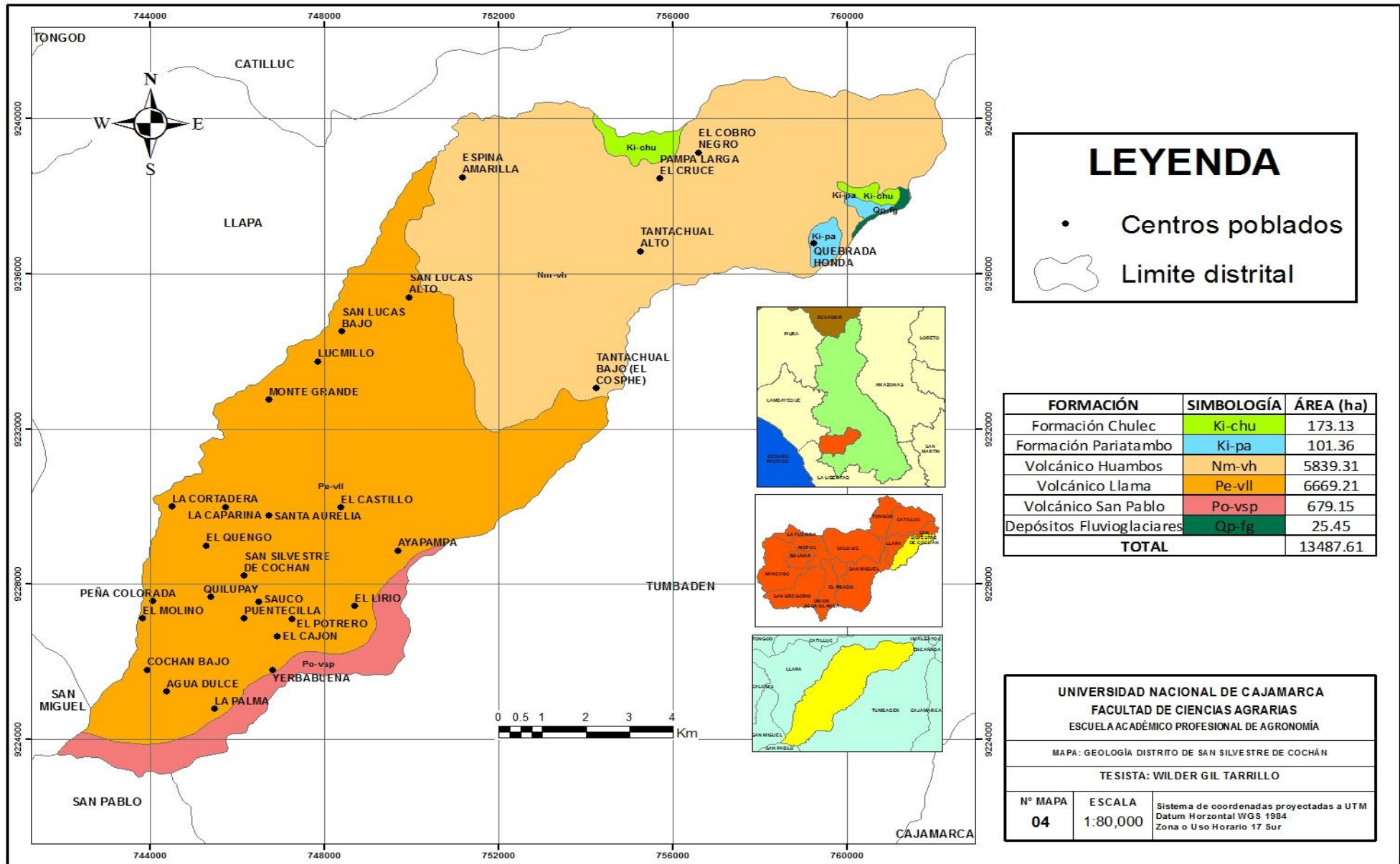
#### **3.1.5.5. Volcánico san pablo (Po-vsp)**

Consiste en gruesos estratos de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior de una espesa secuencia de aglomerados y piroclásticos bien estratificados, cuenta con una área de 679.15 ha dicha extensión se encuentra en Centro Poblado La Palma.

#### **3.1.5.6. Volcánico llama (Pe-vii)**

El volcánico Llama está formado por una secuencia gruesa de volcánicos que afloran ampliamente en toda la parte occidental del departamento, en la mayoría de los casos el volcánico es resistente a la erosión y constituye escarpas o farallones, cuenta con una área de 6669.20 ha, dicha extensión se encuentra distribuida en los centros poblados de San Lucas Alto, San Lucas Bajo, Lucmillo, Monte Grande, La Cortadera, El Castillo, La Caparina, Santa Aurelia, El Quengo, Ayapampa, Peña Colorada, Quilupay, Puentequilla, El Molino, El Cajon, El Potrero, Cochán Bajo, Yerba Buena, Agua Dulce y la palma. Es la formación con mayor área.

**Figura 5.** Geología general del distrito de San Silvestre de Cochán.



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

Las zonas de vida para el área de estudio, se han definido teniendo en cuenta el Mapa Ecológico del Perú, conjuntamente con la guía explicativa de INRENA.

#### **3.1.6.1. Bosque seco montano bajo tropical (bs-MBT).**

Ocupa los valles mesoandinos, entre los 2 000 y 3 000 msnm, en la región sierra. Siendo Cajamarca el centro geográfico más importante, con temperatura máxima anual de 13.7 °C y una mínima de 10.9 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 500 y 650 mm. (INRENA 1994).

#### **3.1.6.2. Bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT).**

Ocupa los valles interandinos, entre los 2 500 y 3 000 msnm, con una precipitación promedio anual de 1 000 a 2 000 mm y una temperatura anual máxima de 15.25 °C y una mínima de 12 °C. Clima bastante favorable para la agricultura y ganadería. (INRENA 1994).

#### **3.1.6.3. Páramo pluvial subalpino tropical (pp-SAT).**

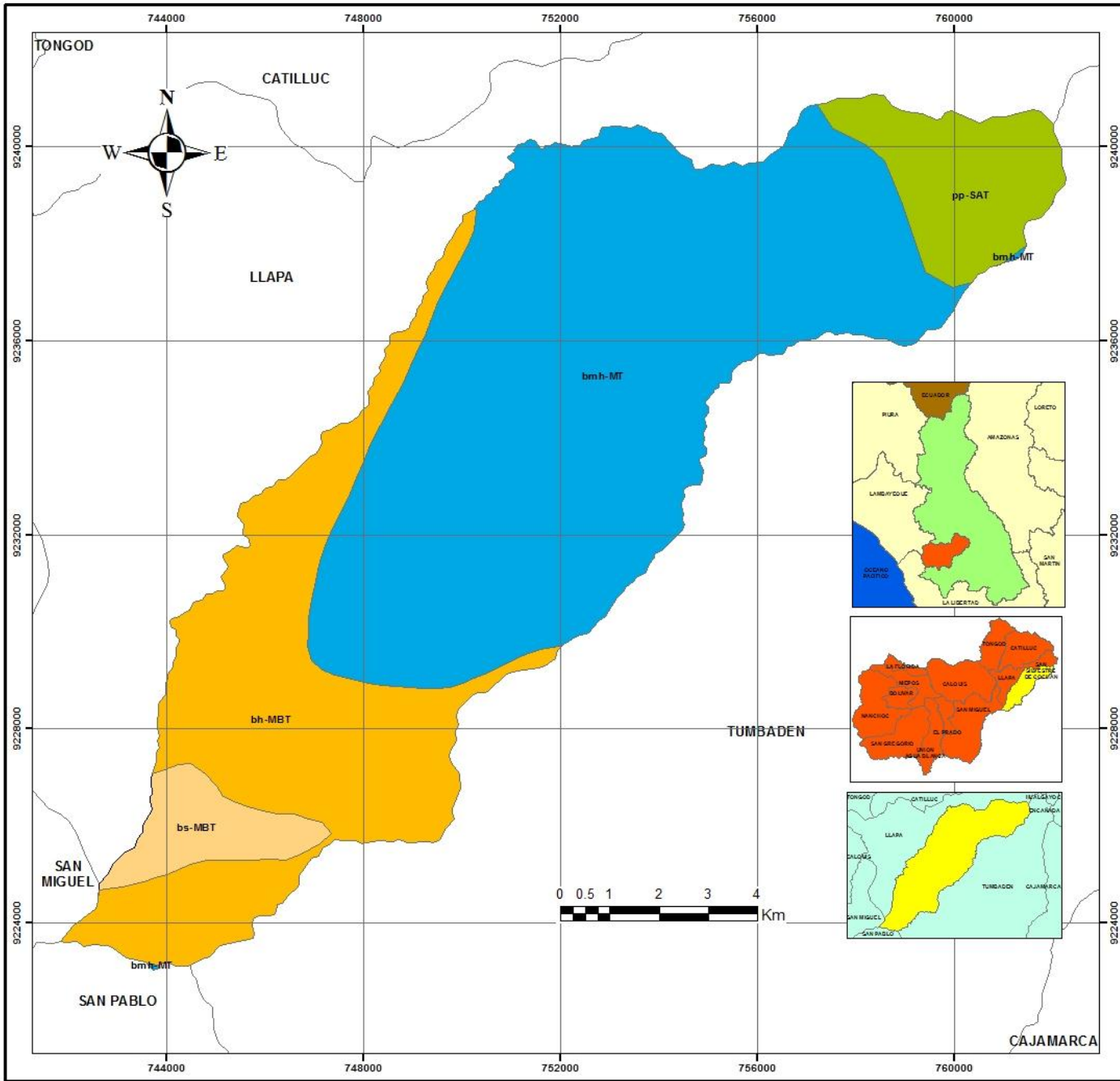
Ocupa las cumbres, aproximadamente sobre los 4 000 msnm, la precipitación pluvial alta y se estima que más del 75% de toda la precipitación se elimina de esta superficie por escorrentía, presenta una temperatura máxima anual de 4 °C y una mínima de 3 °C. (INRENA 1994).

#### **3.1.6.4. Bosque muy húmedo montano tropical (bmh-MT).**

Se distribuyen en la región cordillerana, desde los 3500 hasta cerca de los 3800 msnm. La Temperatura anual máxima es de 8.7 °C y la mínima de 6.5 °C, con una precipitación media anual entre 1 000 y 1 600 mm.

Presenta condiciones adecuadas para la actividad agropecuaria.  
(INRENA 1994).

**Figura 6.** Zonas de vida natural del distrito de San Silvestre de Cochán.



# LEYENDA

Limite distrital

ZONAS DE VIDA	SIMBOLOGÍA	TEMPERATURA °C		ÁREA (ha)
		MÁXIMA	MÍNIMA	
bosque humedo Montano Bajo Tropical	bh-MBT	15.25	12.6	3656.18
bosque muy humedo Montano Tropical	bmh-MT	8.7	6.5	8200.05
bosque seco Montano Bajo Tropical	bs-MBT	13.7	10.9	554.07
paramo pluvial Subalpino Tropical	pp-SAT	4.5	3	1077.31
<b>TOTAL</b>				<b>13487.61</b>



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

---

MAPA: ZONAS DE VIDA DEL DISTRITO DE SAN SILVESTRE DE COCHÁN

---

TE SISTA: WILDER GIL TARRILLO

---

N° MAPA	ESCALA	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona o Uso Horario 17 Sur
<b>05</b>	<b>1:80,000</b>	

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

#### **3.2.1. Materiales.**

Lápices y lapiceros  
Libreta de apuntes  
Formatos de campo  
Wincha

#### **3.2.2. Herramientas.**

Botas de jebe  
Machete  
Linterna  
Poncho impermeable

#### **3.2.3. Instrumentos y equipos.**

Sistema de posicionamiento global-GPS  
Cámara fotográfica  
Binoculares

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

#### **3.3.1. Materiales.**

Papel bond A4  
Marcadores

#### **3.3.2. Equipo.**

Laptop implementada con sistema de información geográfica  
Impresora  
Escáner

### **3.3.3. Material cartográfico.**

Carta Nacional del Perú 1: 100 000.

Shapefile del distrito de San Silvestre de Cochán, obtenido del gobierno regional de Cajamarca.

Base de datos ZEE Cajamarca.

### **3.3.4. Software.**

Microsoft office 2013

ArcGIS 10.4.1.

Envi 4.8.

RGui 2.15.2

## **3.4. Metodología**

La presente investigación en los cambios de cobertura y uso del suelo, periodos 2001 – 2018, se realizó en el distrito de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca. La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales descargadas del 21/06/2001 para el landsat7, 30/01/2018 para el landsat8 y la validación en campo se realizó el 18/11/2018 y el 07/12/2018, posteriormente se trabajó en 5 etapas de clasificación como se describe en la figura número siete (7), la clasificación se realizó con la leyenda corine land cover (base de datos sobre la cobertura y uso del suelo) en un nivel II y III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), que nos permite interpretar los cambios ocurridos en el distrito.

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

### **3.4.1. Fase inicial de gabinete**

#### **3.4.1.1. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 2001-2018.**

Se realizó mediante información recopilada y analizada, de los diferentes usos que se dan a los suelos en el distrito de San Silvestre de Cochán.

##### **3.4.1.1.1. Instituciones visitadas**

Gobierno regional de Cajamarca – sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT). Obteniendo los shapefiles de distritos, límites distritales, mapa de geología y mapa ecológico.

Ministerio del Ambiente – MINAM, obteniendo información temática y cartográfica.

##### **3.4.1.1.2. Descarga del modelo de elevación digital (MED)**

Mediante el geo servidor del Ministerio del Ambiente de la zona 17 S.

##### **3.4.1.1.3. Selección y descarga de imágenes Landsat**

Imágenes Landsat del distrito de San Silvestre de Cochán, fueron adquiridas del servidor de [www.glovis.usgs.gov](http://www.glovis.usgs.gov) vía internet, analizando los cambios de cobertura y uso actual del suelo, cuyas especificaciones son las siguientes:



**Tabla 11.** Datos de las imágenes descargadas

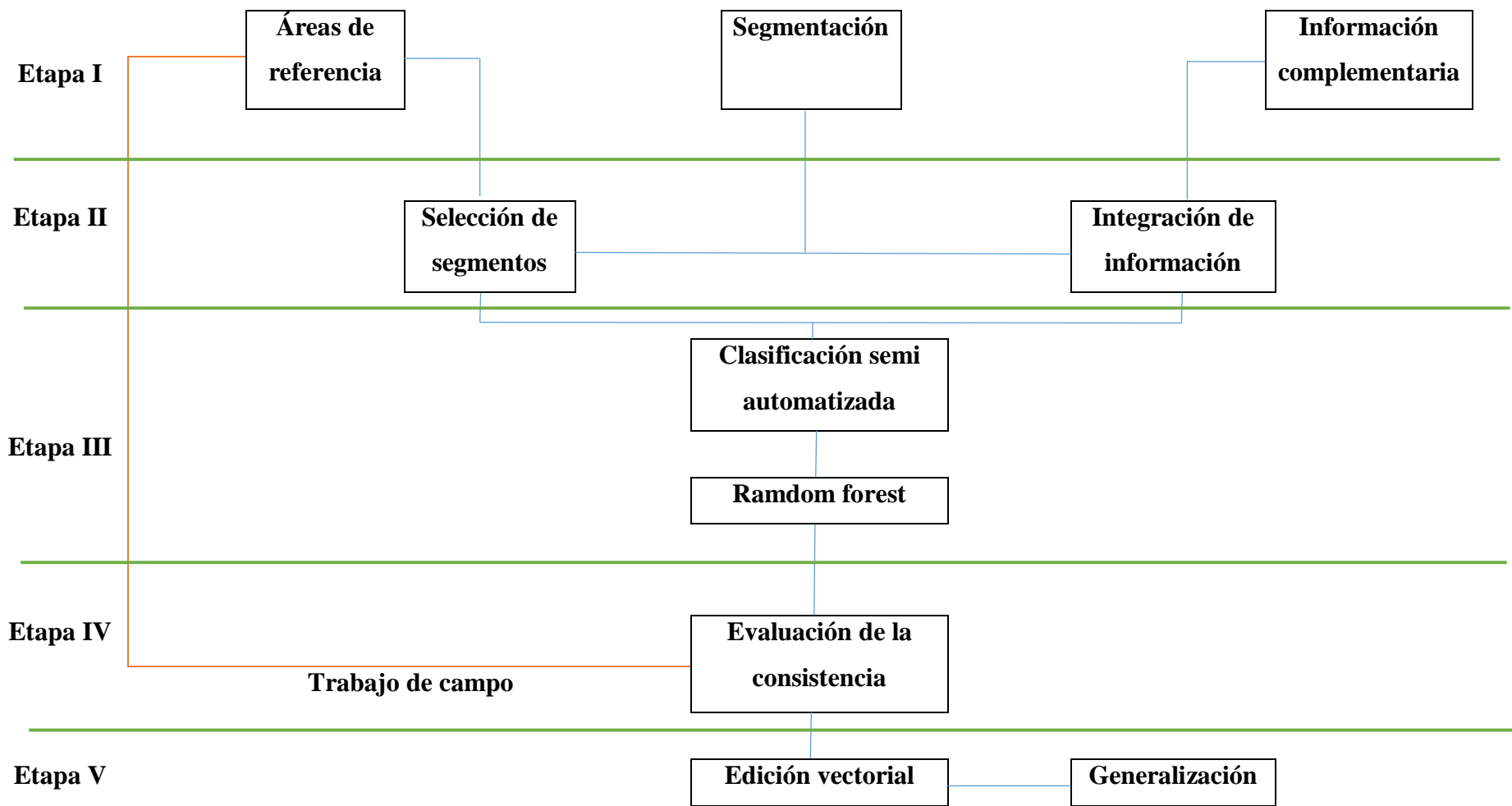
<b>ID</b>	<b>Satélite</b>	<b>Fecha</b>
LE07_L1TP_009065_20010621_20170204_01_T1	Landsat7	21/06/2001
LC08_L1TP_009065_20180103_20180118_01_T1	Landsat8	03/01/2018

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **3.4.1.1.4. Corrección atmosférica de las imágenes descargadas**

Mediante software Erdas 2014, se llevó acabo la corrección atmosférica, corrigiendo el ángulo de toma de imagen.

En la fase inicial se trabajó en las etapas I, II y III de la Figura 7, presentado a continuación.



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

### 3.4.1.2. Etapa I

#### 3.4.1.2.1. 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 Landsat7 y Landsat8 obteniendo como resultado un archivo con formato raster.

#### 3.4.1.2.2. Segmentación

En el proceso de segmentación se utilizó el software envi zoom 4.8, con la finalidad de dividir en segmentos por medio de una agrupación de pixeles vecinos cuyas características (brillo, textura, color) tienen valores similares, considerándose los siguientes parámetros.

##### **Scale (Escala).**

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

##### **Merge (Fusionar).**

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

**Tabla 12.** Valores utilizados en la segmentación

<b>Segmentación</b>	<b>Landsat7</b>	<b>Landsat8</b>
<b>Escala</b>	20	20
<b>Fusionar</b>	30	30

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.4.1.2.3. Información complementaria**

Se utilizó el ModelBuilder “Coberturas\_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM), que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, 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.

### **3.4.1.3. Etapa II**

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

Se creó un shapefile con el nombre de aeita\_1 con el software ArcGIS, que nos permite reconocer los segmentos que se muestran consistentes, constituye el conjunto de información de entrada que alimentara el proceso de clasificación automática.

#### **3.4.1.3.2. Integración de información**

La información complementaria se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del Ministerio del Ambiente, 2013, consiste en unir la información obtenida del Modelo de Elevación Digital (DEM) y las imágenes satelitales como son:

### **Brightness (brillo)**

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

### **Greenness (índice de verdor)**

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

### **Slope (pendiente)**

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

### **Curvatura**

Describe las características físicas de una cuenca de drenaje para intentar entender los procesos de erosión y escorrentía. La pendiente afecta la tasa general de movimiento descendente. La orientación define la dirección del flujo. La curvatura del perfil afecta la aceleración y desaceleración del flujo y, por lo tanto, influye en la erosión y la sedimentación. La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo. En donde se nos genera una tabla llamada "Todo seg" en formato .dbf y .Rdata.

#### **3.4.1.4. Etapa III**

##### **3.4.1.4.1. 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.

##### **3.4.1.4.2. Random forest (bosque aleatorios)**

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

#### **3.4.1.5. Etapa IV**

##### **3.4.1.5.1. Fase de campo (Evaluación de la consistencia)**

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados en campo el 18/11/2018 y el 07/12/2018 y con una distribución al azar de puntos GPS, con los actores directos; es decir, sobre el mapa y la imagen satelital, se realizaron las correcciones que eran necesarias, paralelamente se hizo anotaciones sobre el tipo de vegetación más importante, altitud, erosión, y datos referentes al uso actual del suelo como cultivos, herbazales, arbusto, etc.

### **3.4.1.6. Etapa V (Fase Final de gabinete)**

#### **3.4.1.6.1. Edición vectorial**

Proceso que consistió en rectificar mediante el programa ArcGIS 10.4.1 las imágenes satelitales corregidos a nivel de campo.

#### **3.4.1.6.2. Generalización**

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

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Categorías de cobertura y uso del suelo, identificadas para el distrito de San Silvestre de Cochán, según la clasificación Corine Land Cover (base de datos sobre la cobertura y uso del suelo).

Del análisis de las 2 imágenes utilizadas para la presente investigación, se obtuvieron 6 categorías, las cuales han sido clasificadas en el Nivel II y III de Corine Land Cover adaptada para Perú. Cada una de estas categorías sirvió para el análisis cuantitativo y cualitativo (análisis multi temporal) en el distrito de San Silvestre de Cochán; Como se muestra a continuación:

**Tabla 13.** Categorías de cobertura y uso actual del suelo identificadas en el distrito de San Silvestre de Cochán.

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. Plantación forestal		Pf
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He
		3.3.2. Arbusto	Ar

**Fuente:** elaboración propia



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

##### a. “1.1. Áreas urbanizadas”

- “1.1.1 Tejido urbano continuo (Tu)”

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



Figura 8. Tejido urbano continuo distrito de San Silvestre de Cochán.

#### 4.1.2. “2. Áreas agrícolas”

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

Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto (hasta 2 años), llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses,

como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa, oca, olluco), las raíces (yuca, camote, arracacha), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas, algunas especies de flores a cielo abierto. En el distrito de San Silvestre de Cochán, se encontraron los siguientes cultivos: papa (*Solanum Tuberosum* L.), maíz (*Zea mays* L.), trigo (*triticum aestivum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).



**Figura 9.** Cultivos transitorios San Silvestre de Cochán.

#### **b. “2.3. Pastos (Pa)”**

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace. En el distrito de San Silvestre de Cochán, encontramos a pastos naturales grama (*Cynodon dactylon* L.) y kikuyo (*Pennisetum*

*clandestinum* Hochst.ex Chiov.) y en mayor cantidad al pasto cultivado Rye gras (*Lolium multiflorum* Lam.), Trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).



**Figura 10.** Categoría de pastos San Silvestre de Cochán.

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

##### a. “3.2. Plantación forestal (Pf)”

Coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, bajo la supervisión e intervención del hombre en el proceso de forestación y reforestación, con fines de producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras). En el distrito de San Silvestre de Cochán, en mayor cantidad está constituidas por pino (*Pinus radiata* D. Don), (*Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham.) y en cantidades menores por eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.).



Figura 11. Categoría de plantación forestal San Silvestre de Cochán.

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

• “3.3.1. Herbazal (He)”

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



**Figura 12.** Categoría de herbazales centro poblado Tantachual Alto.

- “3.3.2. Arbusto (Ar)”

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, dicha vegetación arbustiva se desarrolla en forma natural en diferentes densidades y sustratos. En el distrito de San Silvestre de Cochán se encontró arbustos como zarzamora (***Rubus fruticosus*** L.), pushgay (***Vaccinium floribundum*** Kunth.), poro poro (***Solanum aviculare*** G. Forst.), lanche (***Calypranthes*** sp.), tres hojas (***Mauria heterophylla*** Kunth.), tomatillo de perro (***Lycianthes jelskii*** Bitter.), maimai (***Monnina conferta*** Ruiz & Pav.), tallanco (***Baccharis nítida*** (Ruiz & Pav.) Pers.), chilca (***Baccharis latifolia*** (Ruiz & Pav.) Pers.), Quinual (***Polylepis racemosa*** Ruiz & Pav.) y Chinchango (***Hypericum laricifolium*** Juss.).



**Figura 13.** Categoría de Arbustos San Silvestre de Cochán.

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

De las imágenes satelitales procesadas, se obtuvieron los mapas de cobertura y uso actual del suelo de cada periodo como se describe a continuación.

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

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en Junio del 2001, se muestran en la tabla 14 y en la figura 14, de cobertura y uso del suelo.

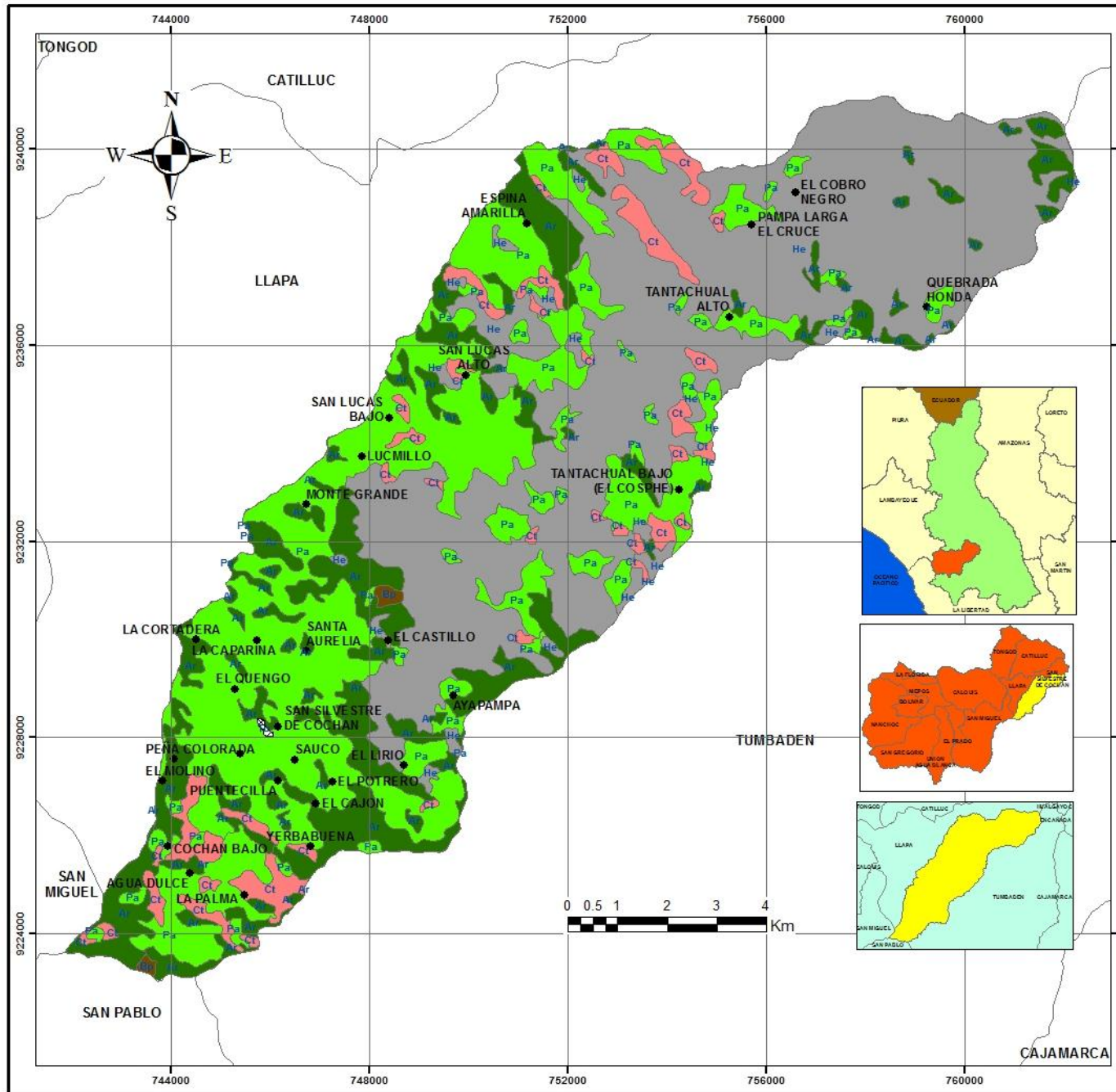
**Tabla 14.** Categorías obtenidas para el año 2001.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	5.00	0.04
2. Áreas Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	738.84	5.48
	2.3. Pastos		Pa	4377.91	32.46
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Plantación forestal		Pf	29.76	0.22
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	5941.10	44.05
		3.3.2. Arbusto	Ar	2395.00	17.76
<b>TOTAL</b>				<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>

Fuente: elaboración propia

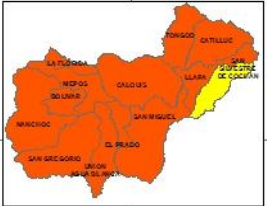
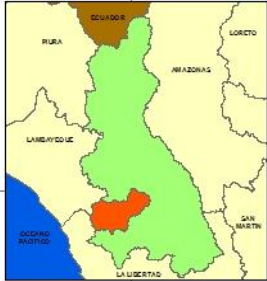
En la tabla 14 observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel II y III del distrito de San Silvestre de Cochán.

**Figura 14.** Cobertura y uso del suelo año 2001 del distrito San Silvestre de Cochán.



## LEYENDA

- Centros poblados
- Limite distrital



Simbología	Descripción	Área (ha)	%
Ar	Arbustal	2395.00	17.76
Bp	Bósque plantado	29.76	0.22
Ct	Cultivos transitorios	738.84	5.48
He	Herbazal	5941.10	44.05
Pa	Pastos	4377.91	32.46
Tu	Tejido urbano continuo	5.00	0.04
<b>Total</b>		<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>

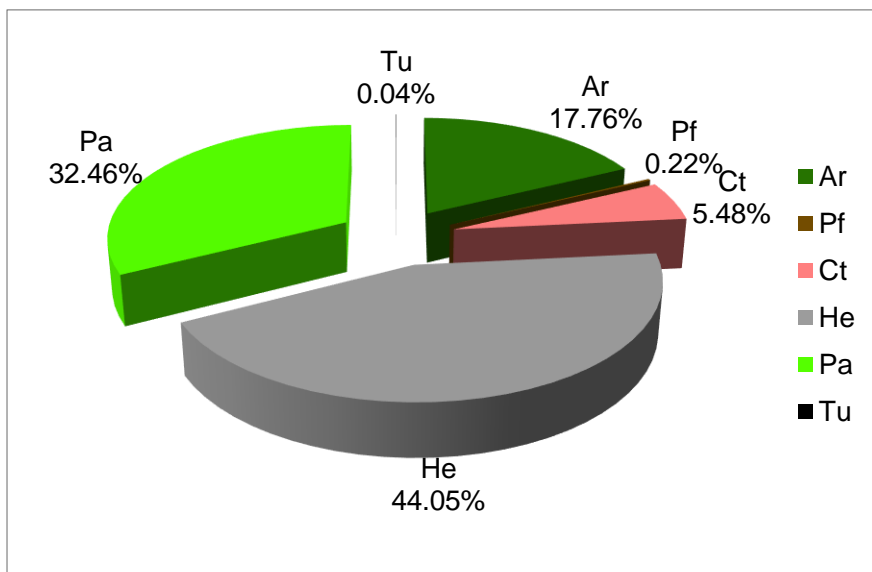
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

MAPA: COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 2001

TESISTA: WILDER GIL TARRILLO

N° MAPA	ESCALA	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona o Uso Horario 17 Sur
<b>06</b>	<b>1:80,000</b>	





**Figura 15.** Distribución porcentual de cobertura año 2001.

**Según la Figura 15.**

El 0.04 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán estuvo cubierta por Tejido urbano continuo (Tu).

El 5.48 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán estuvo cubierta por Cultivos transitorios (Ct).

El 32.46 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán estuvo cubierta por Pastos (Pa).

El 0.22 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán estuvo cubierta por Plantación forestal (Pf).

El 44.05 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán estuvo cubierta por Herbazal (He).

El 17.76 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán estuvo cubierta por Arbustos (Ar).

#### 4.2.1.1. Matriz de confusión

Se obtuvo la matriz de confusión para el año 2001, en dicha matriz se adquirió la Fiabilidad del producto y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

**Tabla 15.** Matriz de confusión año 2001.

		Categorías asignadas a la imagen							F. Usuario %
		111	21	23	32	331	332	TOTAL	
Resultados de la clasificación	Categorías								
	111 Tu	10	0	0	0	0	0	10	100.00
	21 Ct	0	13	0	0	1	0	14	92.86
	23 Pa	0	0	14	0	0	0	14	100.00
	32 Pf	0	0	0	11	0	1	12	91.67
	331 He	0	1	0	0	10	0	11	90.91
	332 Ar	0	0	0	0	0	15	15	100.00
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>76</b>	<b>F. Global % 95.91</b>	
<b>F. productor %</b>	<b>100.00</b>	<b>92.86</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>90.91</b>	<b>93.75</b>	<b>96.25</b>		

Fuente: Elaboración propia

##### a. Interpretación:

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

En la primera fila se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano continuo (Tu), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

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

En la tercera fila se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (Pa), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 12 áreas de entrenamiento que pertenecen a Plantacion forestal (Pf), de las cuales 11 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Arbustos (Ar). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 91.67 %.

En la quinta fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (He), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

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

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

En la primera columna se obtuvieron 10 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Tejido Urbano continuo (Tu). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100 %.

En la segunda columna se obtuvieron 14 clasificaciones de las cuales 13 fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (Ct) y 1 fue confundida con Herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 92.86 %.

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

En la cuarta columna se obtuvieron 11 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Plantación forestal (Pf). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

En la quinta columna se obtuvieron 11 clasificaciones de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente representando a Herbazal (He) y 1 fue confundida con Cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 90.91 %.

En la sexta columna se obtuvieron 16 clasificaciones de las cuales 15 fueron clasificadas correctamente representando a Arbusto (Ar) y 1 fue confundida con Plantación forestal (Pf). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 93.75 %.

#### 4.2.1.2. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2001

$P_o$  = Proporción de concordancia observada.

$$P_o = \frac{10 + 13 + 14 + 11 + 10 + 15}{76} = 0.96$$

$P_e$  = Proporción de concordancia esperada al azar.

$$P_e = \frac{(10 \times 10) + (14 \times 14) + (14 \times 14) + (11 \times 12) + (11 \times 11) + (16 \times 15)}{76^2} = 0.17$$

$$k = \frac{0.96 - 0.17}{1 - 0.17} = 0.95$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.95 que según la fuerza de concordancia es **casi perfecto**.

#### 4.2.1.3. Porcentaje correctamente clasificado.

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2001 es de 95.18 %.

#### 4.2.2. Cobertura y uso del suelo año 2018.

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en enero de 2018, se muestran en la tabla 16 y en la figura 16 de cobertura y uso del suelo del 2018.

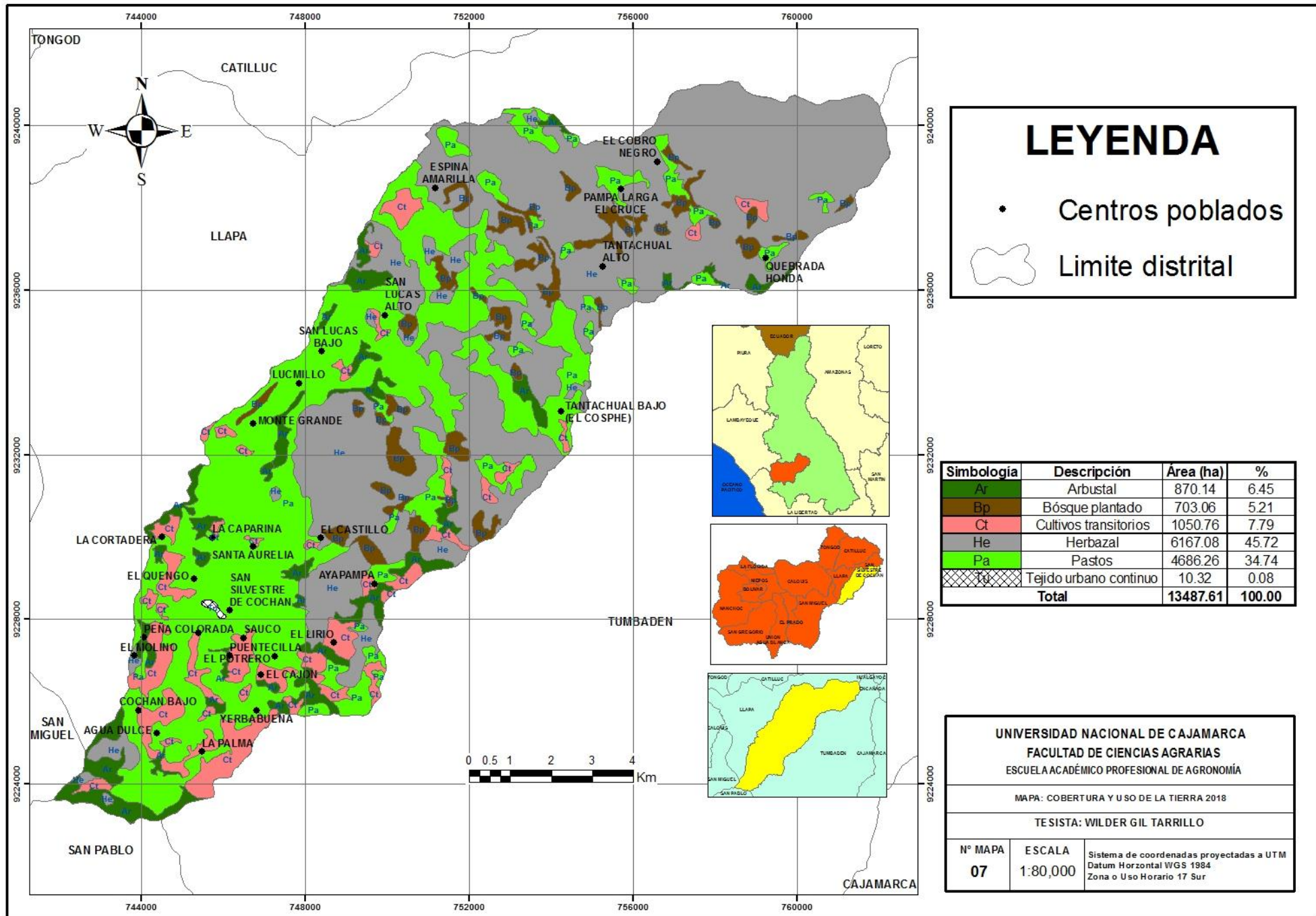
**Tabla 16.** Categorías obtenidas para el año 2018.

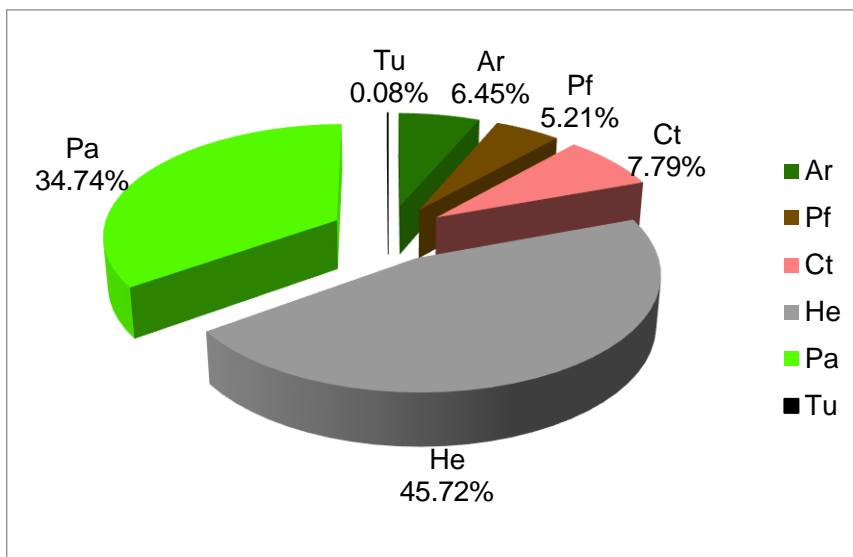
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	10.32	0.08
2. Áreas Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	1050.76	7.79
	2.3. Pastos		Pa	4686.25	34.74
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Plantación forestal		Pf	703.06	5.21
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	6167.08	45.72
		3.3.2. Arbusto	Ar	870.14	6.45
<b>TOTAL</b>				<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** elaboración propia

En la tabla 16 observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel II y III del distrito de San Silvestre de Cochán.

**Figura 16.** Cobertura y uso del suelo año 2018 del distrito San Silvestre de Cochán.





**Figura 17.** Distribución porcentual de cobertura año 2018.

**Según la Figura 17.**

El 0.08 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán, está cubierta por Tejido urbano continuo (Tu). Motivo por el cual la población de este distrito se encuentra en mayor cantidad en la zona rural, desempeñando diferentes trabajos para el sustento de su familia.

El 7.79 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán, está cubierta por Cultivos transitorios (Ct). Se debe a que la población de este distrito están enfocados a la producción de los principales cultivos de pan llevar (papá, maíz, frejol, etc.), los cuales son utilizados primordialmente para su propio consumo.

El 34.74 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán, está cubierta por Pastos (Pa). Ya que su principal sustento de los pobladores se debe a la producción ganadera, generando mejores ingresos económicos y tener una mejor calidad de vida.

El 5.21 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán, está cubierta por Plantación forestal (Pf). Ya que cierta parte de la población se dedica a la plantación forestal con fines maderables o de bienes y servicios ambientales.

El 45.72 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán, está cubierta por Herbazal (He). Debido a que los terrenos cultivados por los pobladores de este distrito, son abandonados (suelos en descanso) por tierras nuevas y más fértiles para tener una mejor producción, también se debe a la migración por motivo de estudio o trabajo.

El 6.45 % de la superficie del distrito de San Silvestre de Cochán, está cubierta por Arbusto (Ar). En comparación con el año 2001, muestra una pérdida de área, debido a que la población busca mayor área de suelos para la producción agrícola y ganadera para mejorar beneficios económicos.

#### 4.2.2.1. Matriz de confusión

Se obtuvo la matriz de confusión para el año 2018 en dicha matriz se adquirió la fiabilidad del producto y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

**Tabla 17.** Matriz de confusión año 2018.

		Categorías asignadas a la imagen							F. Usuario %	
Resultados de la clasificación	Categorías	111	21	23	32	331	332	TOTAL		
	111	Tu	15	0	0	0	0	1	16	93.75
	21	Ct	0	13	0	0	0	0	13	100.00
	23	Pa	0	0	14	0	0	0	14	100.00
	32	Pf	0	0	0	10	1	0	11	90.91
	331	He	0	0	0	0	10	0	10	100.00
	332	Ar	0	0	0	1	0	6	7	85.71
	TOTAL		15	13	14	11	11	7	71	F. Global % 95.06
F. productor %		100.00	100.00	100.00	90.91	90.91	85.71	94.59		

Fuente: elaboración propia



#### **a. Interpretación:**

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

En la primera fila se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido Urbano Continuo (Tu), de las cuales 15 fueron correctamente digitalizadas y 1 confundida con Arbustal (Ar). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.75 %.

En la segunda fila se digitalizaron 13 áreas de entrenamiento que pertenecen a Cultivos transitorios (Ct), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la tercera fila se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (Pa), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecen a plantación forestal (Pf), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas, y 1 fue confundida con Herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la quinta fila se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (He) de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la sexta fila se digitalizaron 7 áreas de entrenamiento que pertenecen a Arbusto (Ar), de las cuales 6 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Plantación forestal (Pf). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 85.71 %.

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

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

En la segunda columna se obtuvieron 13 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

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

En la cuarta columna se obtuvieron 11 clasificaciones de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente representando a Plantación forestal (Pf), y 1 fue confundida con Arbusto (Ar). Equivalente a una fiabilidad del productor de 90.91 %.

En la quinta columna se obtuvieron 11 clasificaciones de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente representando a Herbazal (He) y 1 fue confundida con Plantacion forestal (Pf). Equivalente a una fiabilidad del productor de 90.91 %.

En la sexta columna se obtuvieron 7 clasificaciones de las cuales 6 fueron clasificadas correctamente representando a Arbusto (Ar) y 1 fue confundida con Tejido Urbano (Tu). Equivalente a una fiabilidad del productor de 85.71 %.

## b. Índice kappa.

Cálculo del índice kappa para el año 2018

$P_o$  = Proporción de concordancia observada.

$$P_o = \frac{15 + 13 + 14 + 10 + 10 + 6}{71} = 0.96$$

$P_e$  = Proporción de concordancia esperada al azar.

$$P_e = \frac{(15 \times 16) + (13 \times 13) + (14 \times 14) + (11 \times 11) + (11 \times 10) + (7 \times 7)}{71^2} = 0.18$$

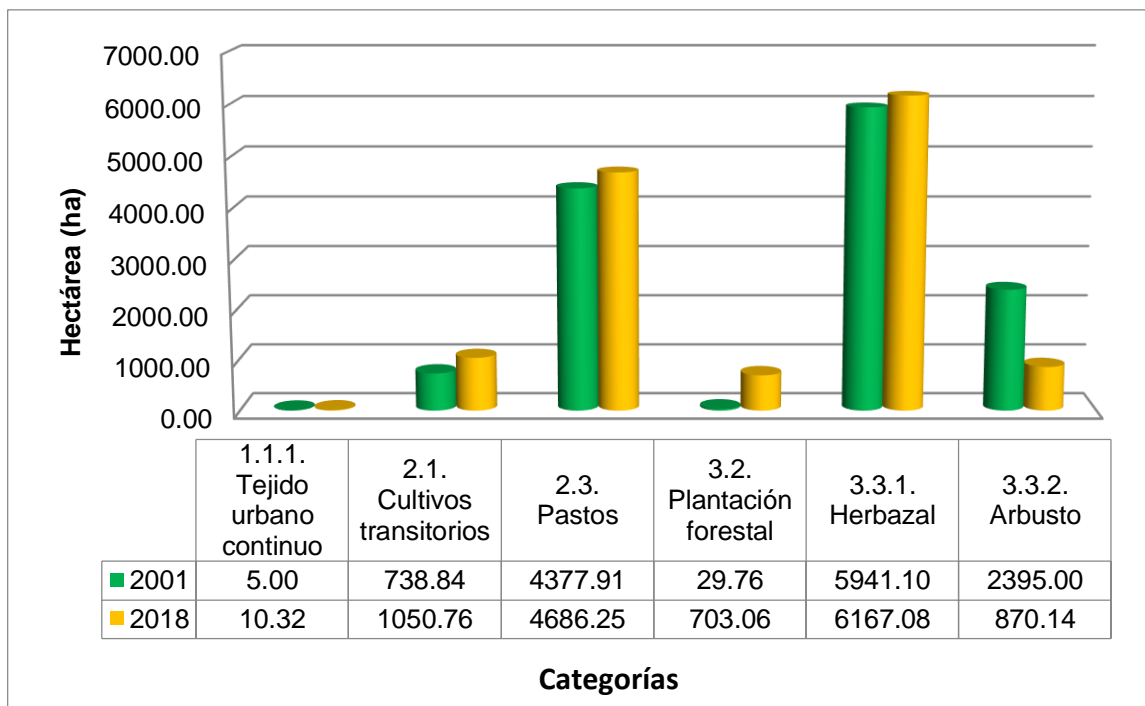
$$k = \frac{0.96 - 0.18}{1 - 0.18} = 0.95$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.95, que según la fuerza de concordancia es **casi perfecto**.

### 4.2.2.2. Porcentaje correctamente clasificado.

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2018 es de 95.12 %.

Según los resultados obtenidos acerca de la cobertura vegetal y uso del suelo para el distrito de San Silvestre de Cochán en los periodos 2001 y 2018 (17 años), se puede apreciar en la siguiente figura las variaciones de cada una de las categorías encontradas.



**Figura 18.** Dinámica de la cobertura y uso del suelo de los años 2001 y 2018.  
**Fuente:** elaboración propia.

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

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la transición de los polígonos de forma global entre cada periodo de evaluación (2001 - 2018), como se muestra los resultados del análisis.

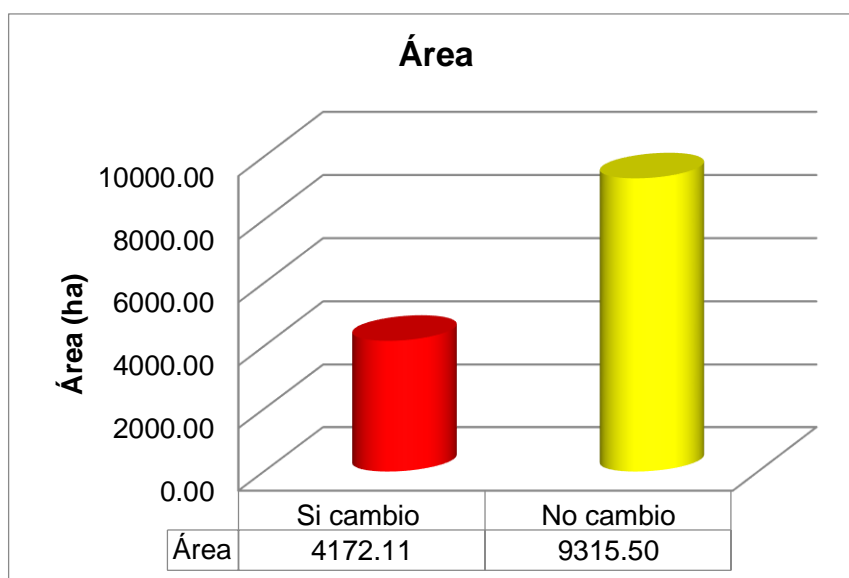
##### 4.3.1. Cambio y no cambio del uso del suelo periodo 2001 - 2018.

En el periodo 2001 - 2018, hubo ganancia de área (+) como también pérdida (-) en las categorías diferenciadas, se obtuvo una ganancia en las categorías Tejido urbano continuo (Tu) con +5.32 ha, Cultivos transitorios (Ct) con +311.92 ha, Pastos (Pa) con +308.34 ha, Plantación forestal (Pf) con +673.30 ha y Herbazal (He) con 225.98 ha; así como también se tiene 1 categoría que a mostrado un gran cambio negativo, Arbusto (Ar) con -1524.86 ha. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la tabla 18.

**Tabla 18.** Ganancia y pérdida de cobertura del suelo periodo 2001- 2018.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Superficie 2001		Superficie 2018		Periodo 2001-2018	
				Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	5.00	0.04	10.32	0.08	5.32	0.04
2. Áreas Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	738.84	5.48	1050.76	7.79	311.92	2.31
	2.3. Pastos		Pa	4377.91	32.46	4686.25	34.74	308.34	2.29
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. plantación forestal		Pf	29.76	0.22	703.06	5.21	673.30	4.99
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	5941.10	44.05	6167.08	45.72	225.98	1.68
		3.3.2. Arbusto	Ar	2395.00	17.76	870.14	6.45	-1524.86	-11.31
<b>TOTAL</b>				<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>	<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

Fuente: elaboración propia.

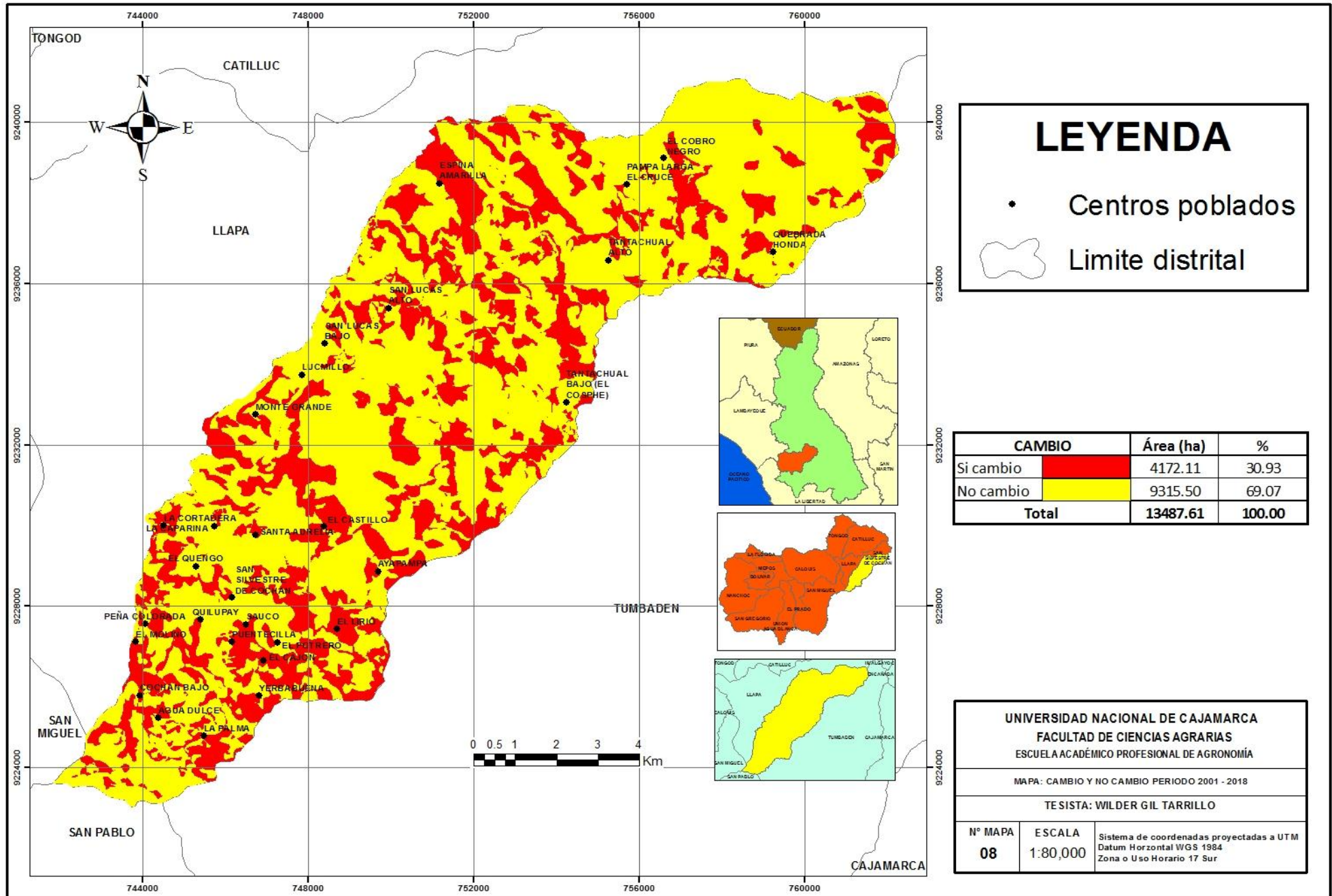


**Figura 19.** Cambio y no cambio del suelo periodo 2001 – 2018.

Fuente: elaboración propia.

Según la figura 19, se puede apreciar el cambio y no cambio de la cobertura del suelo en el distrito de San Silvestre de Cochán, periodo 2001 - 2018, de un total de 13487.61 ha, sufrieron cambios 4172.11 ha equivalente al 30.93 % y no cambio 9315.50 ha, equivalente al 69.07 %, como se muestra en la figura 29 de cambio y no cambio.

**Figura 20.** Cambio y no cambio del uso del suelo periodo 2001 – 2018 del distrito San Silvestre de Cochán.



# LEYENDA

- Centros poblados
- Limite distrital

CAMBIO		Área (ha)	%
Si cambio		4172.11	30.93
No cambio		9315.50	69.07
<b>Total</b>		<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>

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

MAPA: CAMBIO Y NO CAMBIO PERIODO 2001 - 2018  
 TESIS: WILDER GIL TARRILLO

N° MAPA	ESCALA	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona o Uso Horario 17 Sur
<b>08</b>	<b>1:80,000</b>	

#### **4.4. Análisis de transición de cobertura y uso del suelo.**

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

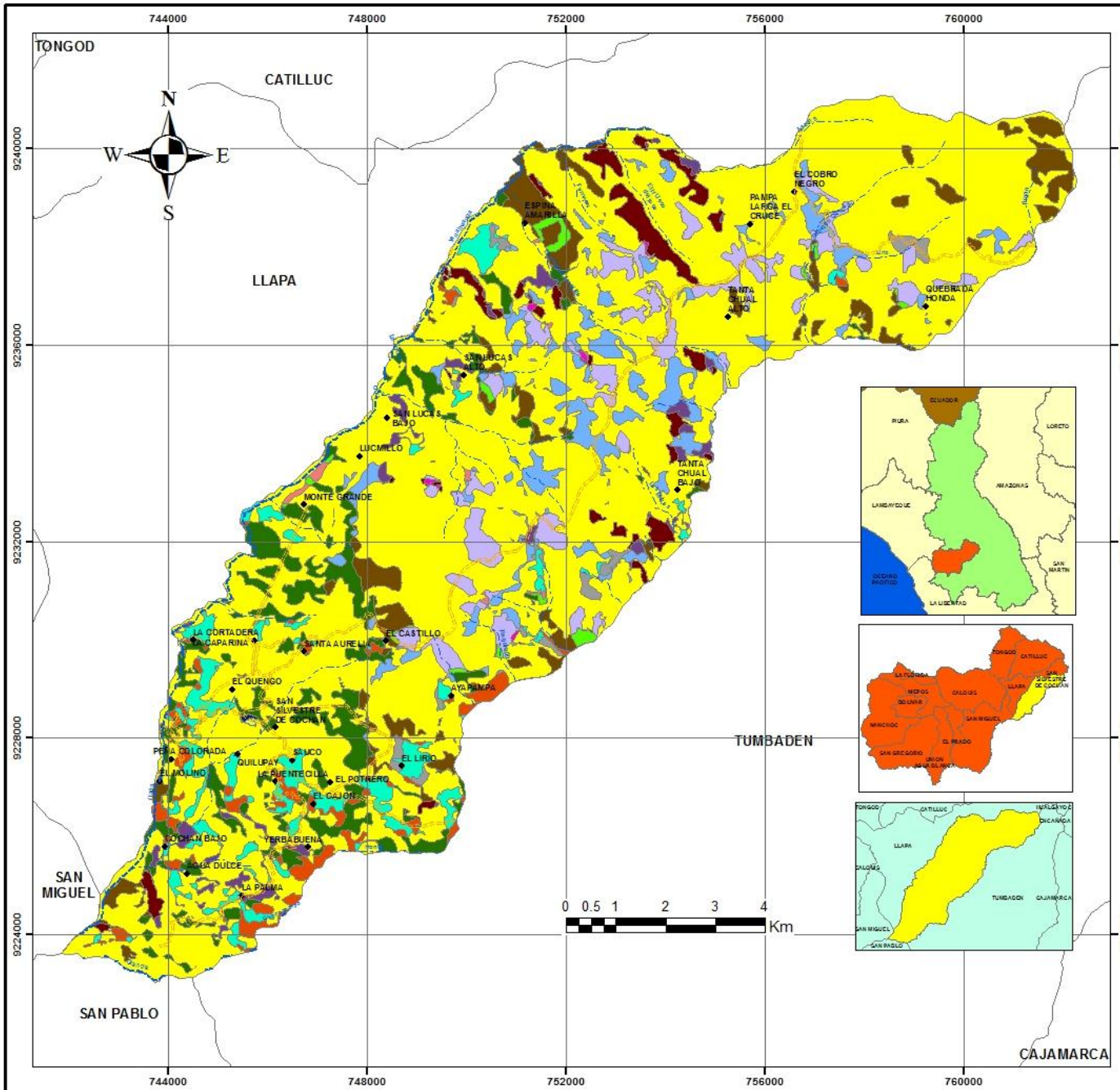
Consta en la evaluación del cambio por cobertura es decir de una cobertura inicial a una actual entre cada periodo de evaluación. En este proceso, solo se evalúa las áreas en las que hubo cambio, dejándose de lado los de no cambio. A continuación, se muestran los resultados de este análisis.

##### **4.4.1.1. Cambios de cobertura del periodo 2001 – 2018.**

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 2001 – 2018 en el distrito de San Silvestre de Cochán, se determinó 14 cambios de cobertura, como se muestra en la tabla 19 y en la figura 21 de cambios de cobertura.

**Figura 21.** Cambios de cobertura periodo 2001 – 2018 del distrito San Silvestre de Cochán.





### LEYENDA

- Quebrada
- Rio
- Vias de acceso
- Centros poblados
- Limite distrital



CODIGO	SIMBOLOGÍA	CUT_2001	CUT_2018	Área (ha)	%
1	Ar-Bp	Arbustal	Bosque plantado	65.66	0.49
2	Ar-Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	257.88	1.91
3	Ar-He	Arbustal	Herbazal	683.53	5.07
4	Ar-Pa	Arbustal	Pastos	816.26	6.05
5	Ar-Tu	Arbustal	Tejido urbano continuo	2.97	0.02
6	Ct-Bp	Cultivos transitorios	Bosque plantado	10.41	0.08
7	Ct-He	Cultivos transitorios	Herbazal	317.75	2.36
8	Ct-Pa	Cultivos transitorios	Pastos	187.86	1.39
9	He-Bp	Herbazal	Bosque plantado	614.68	4.56
10	He-Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	100.83	0.75
11	He-Pa	Herbazal	Pastos	587.78	4.36
12	Pa-Bp	Pastos	Bosque plantado	23.52	0.17
13	Pa-Ct	Pastos	Cultivos transitorios	500.63	3.71
14	Pa-Tu	Pastos	Tejido urbano continuo	2.35	0.02
NO CAMBIO				9315.50	69.07
<b>TOTAL</b>				<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>

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

MAPA: CAMBIOS DE COBERTURA PERIODO 2001-2018

TE SISTA: WILDER GIL TARRILLO

N° MAPA	ESCALA	Sistema de coordenadas proyectadas a UTM Datum Horizontal WGS 1984 Zona o Uso Horario 17 Sur
<b>09</b>	<b>1:80,000</b>	

**Tabla 19.** Transición de la cobertura y uso del suelo, periodo 2001 – 2018.

Código	Simbología	CUT_2001	CUT_2018	Área (ha)	%
1	Ct-Pf	Cultivos transitorios	Plantación forestal	10.41	0.08
2	Ct-He	Cultivos transitorios	Herbazal	317.75	2.36
3	Ct-Pa	Cultivos transitorios	Pastos	187.86	1.39
4	Pa-Pf	Pastos	Plantación forestal	23.52	0.17
5	Pa-Ct	Pastos	Cultivos transitorios	500.63	3.71
6	Pa-Tu	Pastos	T. urbano continuo	2.35	0.02
7	He-Pf	Herbazal	Plantación forestal	614.68	4.56
8	He-Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	100.83	0.75
9	He-Pa	Herbazal	Pastos	587.78	4.36
10	Ar-Pf	Arbusto	Plantación forestal	65.66	0.49
11	Ar-Ct	Arbusto	Cultivos transitorios	257.88	1.91
12	Ar-He	Arbusto	Herbazal	683.53	5.07
13	Ar-Pa	Arbusto	Pastos	816.26	6.05
14	Ar-Tu	Arbusto	T. urbano continuo	2.97	0.02
15	NO CAMBIO			9315.50	69.07
<b>TOTAL</b>				<b>13487.61</b>	<b>100.00</b>

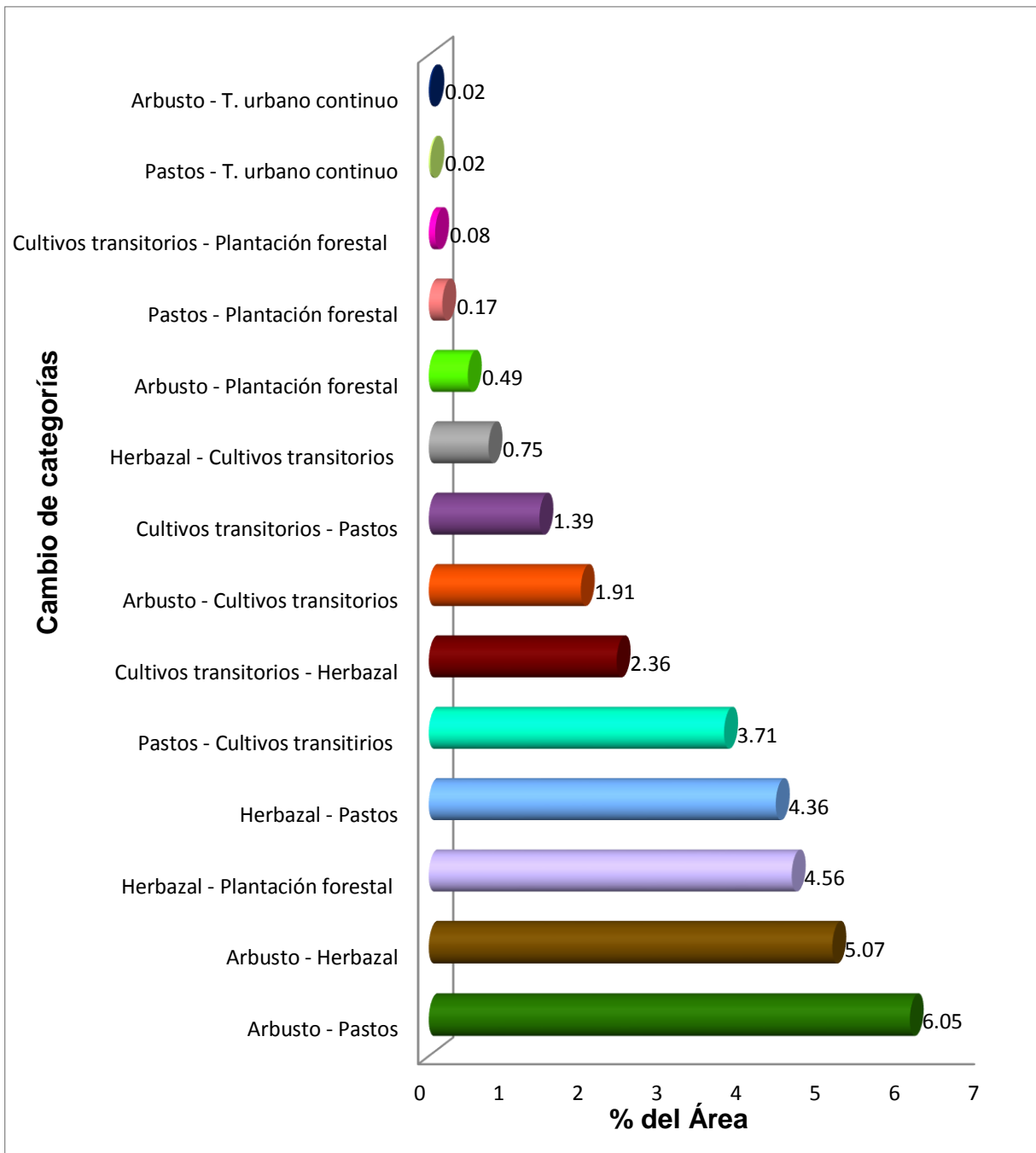
Fuente: elaboración propia.

La categoría Cultivos transitorios (Ct) fue reemplazada por, Plantación forestal (Pf) con un área de 10.41 ha, Herbazal (He) con un área de 317.75 ha y Pastos (Pa) con un área de 187.86 ha. La categoría Cultivos transitorios (Ct) tuvo una pérdida total de 516.02 ha; los cambios de esta categoría se debe a que el poblador de este distrito al no tener los rendimientos necesarios, opta por la instalación de nuevas especies vegetales.

La categoría Pastos (Pa) fue reemplazada por Plantación forestal (Pf), con un área de 23.52 ha, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 500.63 ha y Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 2.35 ha. La categoría Pastos (Pa) tuvo una pérdida total de 526.51 ha; esta pérdida se debe a que muchos de los agricultores opta por la planatcion forestal con fines maderables, cultivos transitorios para una mejor producción y tejido urbano continuo para construcción de viviendas.

La categoría Herbazal (He) fue reemplazada por Plantación forestal (Pf), con un área de 614.68 ha, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 100.83 ha y Pastos (Pa) con un área de 587.78 ha. La categoría Herbazal (He) tuvo una pérdida de 1303.29 ha; esto se debe a que la población explota los suelos de forma significativa, experimentando con diferentes coberturas vegetales que sea rentable para su economía.

La categoría Arbusto (Ar) fue reemplazada por Plantación forestal (Pf), con un área de 65.66 ha, Cultivos transitorios (Ct) con un área de 257.88 ha, Herbazal (He) con un área de 683.53 ha, Pastos (Pa) con un área de 816.26 ha y Tejido urbano continuo (Tu) con un área de 2.97 ha. La categoría Arbusto (Ar) tuvo una pérdida de 1826.30 ha; estos cambios son realizados por el poblador ya que hoy en día busca mejores ingresos económicos para satisfacer sus necesidades y tener una mejor calidad de vida y también interviene en la tala ilegal para el aprovechamiento de los arbustos en leña.



**Figura 22.** Porcentaje ordenado de menor a mayor según el cambio de cobertura periodo 2001 - 2018.

**Fuente:** elaboración propia.

Según se aprecia en la figura 22, el porcentaje de área que más cambio sufrió fue la categoría de Arbusto a pastos (Ar - Pa) en 6.05 % y la que menos cambio sufrió es la de Arbusto a Tejido urbano (Ar - Tu) en 0.02%, indicando que la categoría de pastos fue la que tuvo una mayor ganancia de área; esto se debe a que los pobladores del distrito de San Silvestre de Cochán, se dedican mayormente a la producción pecuaria.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Se identificó los cambios de cobertura y uso actual del suelo del distrito de San Silvestre de Cochán, mediante imágenes satelitales a través de la metodología corine land cover para los periodos 2001 - 2018, en un nivel II y III, identificándose 6 categorías: tejido urbano continuo (Tu), cultivos transitorios (Ct), pastos (Pa), Plantación forestal (Pf), herbazal (He) y arbusto (Ar).

Se elaboró los mapas de cobertura y uso actual del suelo, con el algoritmo de máxima verosimilitud para los periodos 2001 - 2018, alcanzando una fiabilidad de 95.18 % y 95.12% respectivamente, el cual fue corroborado en campo.

Las categorías que presentaron ganancia en área son: Plantación forestal con 4.99 %, Pastos con 2.29 %, Cultivos transitorios con 2.31 %, Herbazal con 1.68 %, y tejido urbano continuo con 0.4 %. Y la categoría que presento pérdida en área fue Arbusto con 11.31 %.

El cambio y no cambio de la cobertura se viene dando principalmente por los factores antrópicos, en cantidades menores por factores naturales y como tambien por el cambio climático, teniendo un cambio de 30.93 % y no cambio de 69.07 %.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo *et al.*, 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. Revista Chile de Historia Natural. 82: 361-374 p.
- Ariza, A. 2013. Descripción y corrección de productos Landsat 8. Bogotá. Colombia. IGAC. 42 p.
- Arnillas, C; Barrena, V; Llactayo, W; Ortíz, H; Regal, F; Rubín de Celis, E; Vásquez, P; Drenkhan, F; Llerena, CE; Espino, P; García, V; González Zúñiga, S; Gushiken, E; López, D. y Vásquez, R. 2012. Informe Final del Proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina. Componente Nacional Perú – Primera Etapa. Centro de Datos para la Conservación (CDC-UNALM). Laboratorio de Teledetección (LTAUNALM). Dirección General de Ordenamiento Territorial - Ministerio del Ambiente (DGOT - MINAM). Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA). Lima - Perú. 56 p.
- Barredo, J. 1996. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. Editorial Ra-ma. Madrid - España.
- Benítez, J. 2011. Descubrimiento de Información en Textos (en línea). Consultado 30 nov. 2017. Disponible en [http://www.jabenitez.com/personal/MASTER/DESCUBRIMIENTO\\_DE\\_INFO\\_EN\\_TEXTOS/TAREA\\_7/RESPUESTA\\_TAREA\\_TEMA7-Jose\\_Alberto\\_Benitez\\_Andrades-71454586A.docx](http://www.jabenitez.com/personal/MASTER/DESCUBRIMIENTO_DE_INFO_EN_TEXTOS/TAREA_7/RESPUESTA_TAREA_TEMA7-Jose_Alberto_Benitez_Andrades-71454586A.docx).

- Bennett, A. 1999. Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Programa de conservación de bosque UICN, Conservando los ecosistemas boscosos serie No. 1, primera y segunda parte. Unión Mundial para la Naturaleza. 275 p.
- Bense, T. 2007. Introducción a la percepción remota (en línea). Consultado 03 ene. 2019. Disponible en <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/imagenes-satelitales-tutorial.htm>.
- Bocco, G.; Mendoza, M. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación (Parte 1). INTERNET: <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/boletin/bol44/b44art2.pdf>
- Cerda, J.; Villarroel, L. 2008. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica. Coeficiente de Kappa. Scielo, 54-58 p.
- Cerda, T. 2007. Expansión urbana discontinua analizada desde el enfoque de accesibilidad territorial aplicación a Santiago de Chile. Tesis de Maestría, Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de construcciones arquitectónicas, Centro de política de suelo y valoraciones, [Disponible en: [http://www-cpsv.upc.es/tesis/TM07resum\\_cerda.pdf](http://www-cpsv.upc.es/tesis/TM07resum_cerda.pdf)].
- Chuvieco, E. 2002. Fundamentos de Teledetección Espacial. Tercera Edición. Ediciones Rialp S. A. Madrid - España. 568 p.
- Dalence, S.; Gutiérrez, G.; Guzmán, G.; Segovia, D., 1999. Levantamiento semidetallado de suelos en el valle alto. Zona Punata –Arani. Informe de trabajo de campo. CLAS. Cochabamba-Bolivia. 56 p.

- García, E. 2008. El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua. Tihuana – México. 11 – 23 p.
- Esperanza, F.; Zerda, H. 2002. Potencialidad de los índices de vegetación Para la discriminación de coberturas forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago del Estero, 2002.
- Esri. 2016. Learn ArcGis.23 p. Consultado 22 Agt. 2016. Disponible en <https://learn.arcgis.com/es/projects/assess-burn-scars-with-satellite-imagery/lessons/compare-band-combinations.htm>.
- FAO, 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Departamento Forestal Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. INTERNET:
- Fernández, C. 2001. El satélite LANDSAT, Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite LANSDAT. Universidad de Valladolid - España. 37 p.
- García, A. 2014. LANDSAT. Venezuela. Edes. 40 p.
- Geoservice Perú. 2004. Como escoger una imagen satelital. Geoservice Perú. 4 p. Consultado 08 de Jun 2016 disponible en: [http://www.gspperu.com/pdf/como\\_seleccionra\\_imagen.pdf](http://www.gspperu.com/pdf/como_seleccionra_imagen.pdf).
- Guhl, A. 2004. Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana entre 1970 y 1997. Cenicafé 55(1). 29-44 p.
- Gutiérrez, J. 2000. Sistema de Información Geográfica. Ed. Síntesis. España. 246 p.



- Heckadon, M. 1999. La Cuenca del Canal: Deforestación, Urbanización y contaminación. PMCC. Sumario Ejecutivo. Smithsonian Tropical Research Institute, United States Agency for International Development, Autoridad Nacional del Ambiente. 120 p.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2010. METODOLOGÍA CORINE LAND COVER. (En línea). Consultado el 11 de ene. 2017.
- INEGI (Dirección General de Geografía y Medio Ambiente). s/f. Aspectos Técnicos De Las Imágenes Landsat (en línea). 22 p. Consultado 08 ene. 2018. Disponible en [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos\\_tecnicos\\_de\\_imagenes\\_landsat.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf).
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2005. Censos Nacionales 2005: X de Población y V de Vivienda (en línea). Consultado 07 abr. 2019. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/Censos2005/redatam/#>.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Consultado 07 Abr. 2019. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/>.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2017. Censos Nacionales 2017: XII de Población y VII de Vivienda y III de comunidades indígenas (en línea). Consultado 07 abr. 2019. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/Censos2017/redatam/#>.
- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 1994. Mapa Ecológico del Perú. Escala 1/1 000 000. Lima. Perú.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. Elementos de la percepción remota. México. 80p. Consultado 07 Jul. 2016. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/elementos.aspx>.

- Jensen, J. 1996. *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective*. 318 p.
- Labrador, M.; Évora, J. 2012. *Satélites de teledetección para la gestión del territorio*. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. España. 66 p.
- Lambin, E. 1997. *Modelling and Monitoring land-cover change processes in tropical regions*, *Progress in Physical Geography* 21,3 (1997). 375-393 p.
- Lillesand, *et al.*, 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons, Inc. 5<sup>ta</sup> Edición. 748 p.
- López, E. 1999. *Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia*. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. 134 p.
- Martínez, J. Martín, M. 2010. *Teledetección y medio ambiente*. Ministerio de Ciencia e Innovación- España. 67 p.
- MINAM (Ministerio dei Ambiente). 2014. *Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina (en línea)*. Lima, Perú. Consultado 20 nov. 2016. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wpcontent/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-TierraCAN.pdf>.
- Pérez, C.; Muñoz, A. 2006. *Teledetección: nociones y aplicaciones*. Universidad de Salamanca - España. 360 p.
- Pérez, D. 2007. *Introducción a los sensores remotos- Aplicaciones en Geología*. Argentina. Uba. 45 p.

- Petite, M.; Medina, M. 2004. *Glosario de términos sobre temas de Ordenamiento Territorial y Ambientales*. Montevideo. [En: [http://puerto.edu.uy/estructura/servicios\\_docentes/institutos/itu/InvBasica/glosario/glosario.htm](http://puerto.edu.uy/estructura/servicios_docentes/institutos/itu/InvBasica/glosario/glosario.htm)].
- Petraglia, C; Acosta, S; Acosta, L. 2015. Sistema de clasificación de cobertura de la ttietta – FAO. Uruguay; 23 jul. Consultado en 18 ene. 2017. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2567871>.
- Pulgar Vidal, J. 1967. Geografía del Perú: las ocho regiones naturales del Perú. Ansonia. 256 p.
- Quispe, J. 2015. Cambios de la cobertura del suelo en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca - Arequipa, Moquegua – Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación, durante el periodo 1986 – 2010. Tesis Blgo. Arequipa-Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 116 p.
- Rodríguez, A., Ordóñez, R.; González, E. 2004. Agricultura de Conservación en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Cualidades y tipos principales. Técnicas de Agricultura de Conservación. Mundi-Prensa. Madrid. Capítulo 17.
- Rojas, C. 2017. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el Distrito de Ichocán, Provincia de San Marcos - Cajamarca, Periodo 1989-2015. Cajamarca – Perú. 140 p.
- Romero, H.; Vásquez, A. 2005. *Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile*. En *Revista EURE* Vol. XXXI N° 94: 97 – 117 p.
- Saldaña, M. 2010. “Determinación del cambio de cobertura vegetal en el área de conservación municipal “Bosques de Huamantanga”, utilizando imágenes de satélite. Tesis Ing. Forestal. Jaén-Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. 78 p.

- Tantaleán, A. 2016. Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Chota, años 1989-2013. Tesis Ing. Forestal. Cajamarca- Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 101 p.
- Towers, P. 2002. Conceptos Iniciales sobre Teledetección y su Aplicación al Agro. Buenos Aires, 138 p.
- U.S.G.S. 2009. Geological Survey Earth Resources Observation & Science Center (EROS). Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), Product Description. Disponible en Internet en:  
[http://eros.usgs.gov/#/Find\\_Data/Products\\_and\\_Data\\_Available/Aster](http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/Aster)  
[Consulta: 02 de abril 2012].
- UNCPBA (Facultad de Ciencias Exactas). 2012. Curso sensores remotos (en línea). Consultado 12 ene. 2018. Disponible en [http://cursosihlla.bdh.org.ar/SR\\_Exactas/2\\_Teoria/2%20Resoluciones%20en%20Teledetecci%C3%B3n.pdf](http://cursosihlla.bdh.org.ar/SR_Exactas/2_Teoria/2%20Resoluciones%20en%20Teledetecci%C3%B3n.pdf).
- Yepes, M.; Gasca, S. 2013. Fundamentos físicos de la teledetección. España: Universidad de Almería. 8 p.
- Zorogastúa, P.; Quiroz, R. 2011. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura - Perú. Tesis Blgo. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 10 p.

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Panel fotográfico**



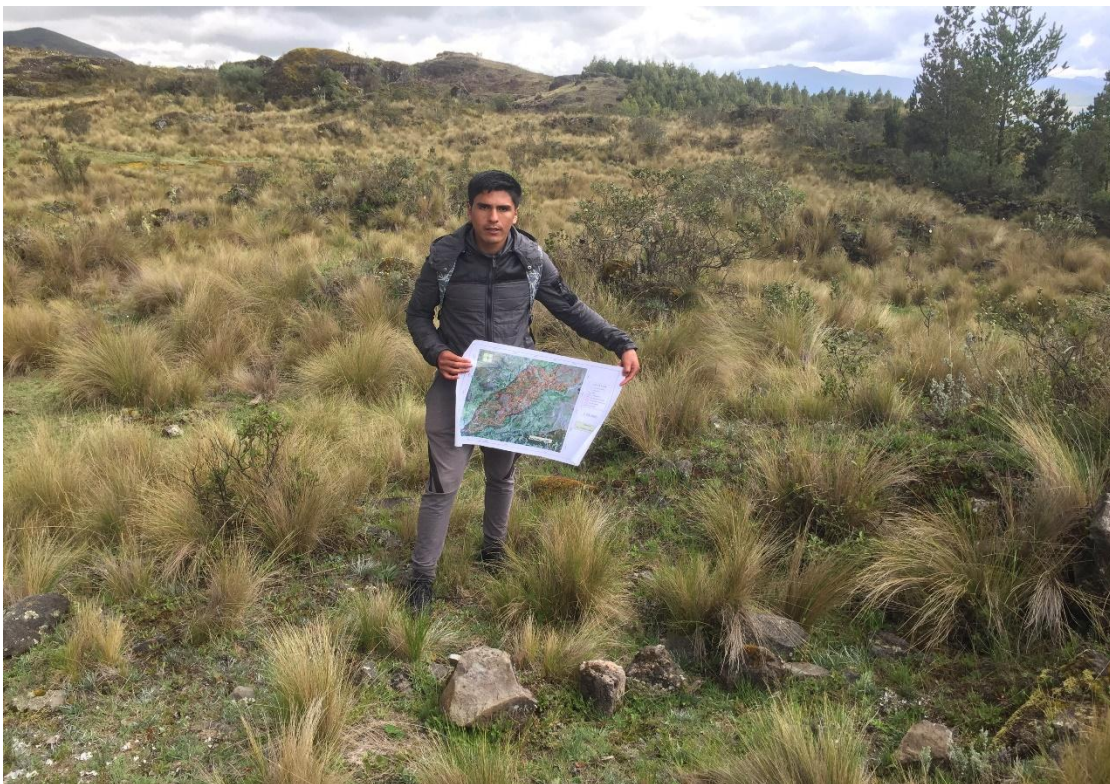
**Figura 14.** Cobertura de Arbusto San Silvestre de Cochán.



**Figura 15.** Cerro el Castillo San Silvestre de Cochán.



**Figura 16.** Cobertura de Pastos San Silvestre de Cochán.



**Figura 17.** Validación en campo San Silvestre de Cochán.