

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“ANÁLISIS DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON
IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE SAN LUIS, SAN PABLO -
CAJAMARCA PERIODO 2005-2018”**

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CÉSAR ULISES DÍAZ ROJAS

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 **diez** días del mes de **julio** del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente **2A-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designado por consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 230 – 2019 – FCA – UNC, Fecha 12 de Abril del 2019, con el objetivo de evaluar la sustentación de la Tesis titulada “**ANÁLISIS DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE SAN LUIS, SAN PABLO - CAJAMARCA PERIODO 2005 - 2018**” del Bachiller: **DÍAZ ROJAS, CÉSAR ULISES** en Cajamarca, para optar el Título profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las diecisiete horas y diez minutos y de acuerdo a lo estipulado en el reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado; el Presidente anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **QUINCE (15)**.

Por lo tanto, el graduando queda expedito para que se le expida el Título Profesional correspondiente.

A las 18 horas y 45 minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 10 de julio del 2019.

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
PRESIDENTE

Ing. Walter Roncal Briones
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Segundo Guevara Cieza
VOCAL

Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios por darme fuerzas para continuar con este proceso, mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Nacional de Cajamarca y en especial al Ing. Wilfredo Poma Rojas y también a Dennis Alvarino Cieza Tarrillo, Yover Avilex Rubio Llatas por el gran apoyo para lograr la culminación del presente trabajo. A la Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial del Gobierno Regional de Cajamarca por fortalecer mis conocimientos.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Lista de tablas	vi
Lista de figuras	vii
Glosario de términos	ix
Resumen.....	xi
Abstract	xii
CAPÍTULO I	1
1. Introducción.....	1
1.1. Objetivos.....	2
CAPÍTULO II	3
2. Marco teórico.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. Bases teóricas	4
CAPÍTULO III	22
3. Materiales y métodos	22
3.1. Descripción general del distrito de San Luis.....	22
3.2. Materiales y equipos de campo	34
3.3. Materiales y equipos de gabinete.....	34
CAPÍTULO IV	42
4. Resultados y discusiones.....	42
4.1. Categorías de cobertura y uso de la tierra, identificadas para el distrito de San Luis, según la clasificación Corine Land Cover	42
4.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurrido en el periodo 2005 – 2018.....	47
CAPÍTULO V	69
5. Conclusiones y recomendaciones	69
CAPÍTULO VI	70
6. Bibliografía.....	70

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Características de satélite Landsat 7	13
Tabla 2. Características de satélite Landsat 8	14
Tabla 3. Combinación de bandas Landsat 8	18
Tabla 4. Escala de valores del coeficiente de Kappa	20
Tabla 5. Población del distrito de San Luis obtenidos de los censos de Población y vivienda de los años 1993 - 2007	24
Tabla 6. Población urbana y rural para el distrito de San Luis año 2007.....	24
Tabla 7. Descarga de imágenes Landsat	36
Tabla 8. Valores utilizados en la segmentación.....	38
Tabla 9. Categorías de cobertura y uso actual de la tierra identificadas en el distrito de San Luis.....	42
Tabla 10. Categorías obtenidas para el año 2005	47
Tabla 11. Matriz de confusión año 2005.....	50
Tabla 12. Categorías obtenidas para el año 2018	53
Tabla 13. Matriz de confusión año 2018.....	56
Tabla 14. Ganancia y pérdida de cobertura del suelo periodo 2005-2018.....	59
Tabla 15. Tasa de crecimiento anual para dos periodos.....	62
Tabla 16. Población del distrito de San Luis para los años 2005 y 2018	63
Tabla 17. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2005 – 2018	65
Tabla 18. Leyenda Corine Land Cover adaptada para Perú.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura de las imágenes satelitales	10
Figura 2. Cobertura histórica del satélite Landsat	12
Figura 3. Ubicación del distrito de San Luis	23
Figura 4. Mapa de regiones naturales de San Luis	25
Figura 5. Hidrología del distrito de San Luis	27
Figura 6. Geología del distrito de San Luis.....	30
Figura 7. Zonas de Vida del distrito de San Luis	33
Figura 8. Proceso de clasificación para la representación cartográfica	37
Figura 9. Tejido urbano distrito San Luis	43
Figura 10. Cultivos transitorios centro poblado San Salvador.....	43
Figura 11. Categoría de pastos centro poblado Barro Negro	44
Figura 12. Categoría de herbazal centro poblado San Salvador.....	45
Figura 13. Categoría de Arbustal centro poblado Barro Negro.....	45
Figura 14. Categoría de vegetación arbustiva / herbácea del centro poblado San Salvador.....	46
Figura 15. Categoría tierras desnudas del centro poblado Las Paltas.....	46
Figura 16. Mapa de Cobertura y uso de la Tierra del distrito de San Luis año 2005	48
Figura 17. Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de San Luis año 2005	48
Figura 18. Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de San Luis año 2018	54
Figura 19. Distribución porcentual de cobertura año 2018.....	55
Figura 20. Mapa de cambio y no cambio del distrito de San Luis periodo 2005 – 2018	60
Figura 21. Cambio y no cambio de las coberturas del distrito de San Luis	61
Figura 22. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2005 – 2018	61
Figura 23. Mapa de cambios de cobertura del distrito de San Luis periodo 2005 - 2018	66
Figura 24. Porcentaje del cambio de coberturas periodo 2005-2018	67
Figura 25. Descarga de imágenes satelitales	80
Figura 26. Segmentación del área de estudio	80
Figura 27. Segmentación de las áreas de entrenamiento	81

Figura 28. Rellenado de polígonos de las áreas de entrenamiento.....	81
Figura 29. Ejecución del script Random Forest	82
Figura 30. Enmascarado de capas mediante Envi 4.8.....	82
Figura 31. Un cambio de cobertura de Arbustiva/ herbácea a herbazal	83
Figura 32. Vías de acceso al distrito de San Luis	83
Figura 33. Río San Miguel	84
Figura 34. Verificación in situ del mapa CUT 2018.....	84
Figura 35. Consulta a los agricultores.....	85

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Banda: Es cada uno de los intervalos en los que se divide el espectro electromagnético en un archivo multispectral de una imagen de sensor.

Bosque: Es una asociación vegetal natural o plantada, en cualquier etapa del ciclo natural de vida, dominada por árboles y arbustos o una combinación de ellos.

Cobertura de la Tierra: Es la cobertura biofísica que se puede observar sobre la superficie de la tierra, bosques, arbustales, herbazales, cultivos transitorios entre otros distribuidos en un área determinada.

Corrección geométrica: Consiste en vincular una región de una imagen con una correspondiente región de otra imagen, la cual es tomada con un sensor diferente o un ángulo de vista diferente. Permite corregir la posición relativa del píxel, la cual se modificó por la geometría del sensor o por variaciones en el terreno.

Firma espectral: Es lo que se refleja visiblemente en un objeto de acuerdo a una combinación de radiaciones de distintas longitudes de onda (color); rojo verde azul la cual es el mismo sistema que utiliza nuestra retina.

Imagen Landsat: Imagen tomada por el sensor satélite Landsat, estas imágenes cubren áreas de 185 km x 175 km. Este sensor tiene periodos de toma de las imágenes de 16 días.

Píxel (picture element): Unidad básica de información gráfica que se refiere a cada uno de los puntos que conforman una imagen, es decir, la mínima área de captura en el formato Raster. A mayor densidad de píxeles, mayor calidad de imagen.

Precisión: Es el nivel de concordancia entre medidas repetidas de la misma característica. Se representa como una estrecha agrupación de resultados de los puntos de muestreo o parcelas. La precisión es inversamente proporcional al error.

Resolución: Nivel de detalle con el que se posible identificar los elementos sobre las imágenes y se relaciona con la unidad mínima de almacenamiento de datos o píxel.

Sensores remotos: Es una serie de técnicas y procesos que permiten obtener una imagen de la superficie terrestre de forma remota, es decir captada por sensores situados en satélites o aviones, y posteriormente tratarla e interpretarla con el objetivo de obtener información de la superficie terrestre y de sus cambios ocurridos en ella.

SIG (Sistema de información geográfica): Es un conjunto de herramientas muy utilizada hoy en día que nos permite captar, almacenar, administrar y analizar información espacial que sirve de base para la planificación y la toma de decisiones en niveles estratégicos, educacionales, monitoreo entre otros.

Teledetección: Es la obtención de información de un objeto específico o de un área determinada sin que exista un contacto directo con el mismo, a través de dispositivos tecnológicos que nos permitan interpretar de una mejor manera sus características.

Shapefile: Es un formato que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas, que se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas).

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo, departamento Cajamarca y tuvo la finalidad analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra, durante el periodo 2005 – 2018, a través del uso de imágenes satelitales Landsat7 y Landsat 8 con la metodología Corine Land Cover – CLC, en el nivel II y III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), la cual se desarrolla en tres fases, fase inicial de gabinete en la que se recopila y selecciona información bibliográfica y cartográfica para la elaboración de mapas base, la segunda fase de campo se realiza para constatar y realizar las correcciones necesarias de los mapas elaborados y una tercera en la que se trabaja en gabinete en la edición vectorial y la generalización. Además, se generaron mapas de cambio y no cambio ocurrido en periodo antes mencionado y el mapa de transición. Los resultados del presente estudio, se determinó que el 7.13 % de la cobertura total sufrió cambios en un período de tiempo de 13 años, las categorías que alcanzaron mayor cambio son arbustal con 3.84% y la categoría que no sufrió cambios es tierras desnudas, los cambios de las categorías son causados por actividades antrópicas y el uso de la agricultura.

Palabras clave: Cambio de cobertura, uso de la tierra, Landsat, San Luis.

ABSTRACT

The present work was carried out in the district of San Luis, province of San Pablo, Cajamarca department and had the purpose of analyzing the changes of coverage and land use, during the period 2005 - 2018, through the use of satellite images Landsat7 and Landsat 8 with the Corine Land Cover methodology - CLC, in level II and III, developed by the Ministry of the Agriculture (MINAM), which is developed in three phases, initial phase of the cabinet in which bibliographic and cartographic information is collected and selected for the elaboration of base maps, the second phase of the field is done to verify and make the necessary corrections of the elaborated maps and a third one in which the vector edition and the generalization work in the cabinet. In addition, change maps were generated and no change occurred in the aforementioned period and the transition map. The results of the present study, it was determined that 7.13% of the total coverage underwent changes in a period of time of 13 years, the categories that reached the greatest change are arbustal with 3.84%, transient crops with 1.66% and the category that did not suffer changes is bare land, the changes of the categories are caused by anthropogenic activities and the use of intensive agriculture.

Keywords: Change of coverage, Land use, Landsat, San Luis.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cambio de cobertura y uso de la tierra una de las principales causas del cambio global, y son los temas más estrechamente relacionados con los procesos naturales y humanos, que afectan el desarrollo sostenible de las ciudades, las sociedades y la vida cotidiana de las personas. Es de gran importancia monitorear de manera oportuna, precisa y efectiva el uso y cobertura de la tierra en todas las regiones, para el desarrollo y la utilización razonables de los recursos naturales (Deng *et al.* 2018).

El trabajo se realizó en el ámbito del distrito de San Luis con la finalidad de identificar los cambios de coberturas existentes en esa zona y clasificarlos según la metodología Corine Land Cover, con la finalidad de obtener un estudio semi detallado de dicho distrito, para así poder trabajar de forma adecuada en el uso de sus recursos.

Metodológicamente, se realizó en tres fases: Una fase inicial de gabinete a través del cual se recopiló estudios relacionados con el tema de investigación realizados en el ámbito de estudio, mapas cartográficos, imágenes satelitales, entre otros; insumos que sirvieron en principio para generar mapas temáticos preliminares de cobertura y uso de la tierra del periodo mencionado; los cuales servirán como insumos principales para realizar el análisis de los referidos cambios.

Los resultados nos indican cualitativa y cuantitativamente los cambios ocurridos durante el periodo 2005 - 2018, dicha información será útil para planificar el uso adecuado de la tierra, en beneficio del manejo eficiente de los recursos naturales, sobre todo de los servicios ambientales; aspectos que motivaron la presente investigación.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. General

Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de San Luis, provincia San Pablo, departamento Cajamarca durante los años 2005 – 2018.

1.1.2. Específicos

Elaborar el mapa temático de cobertura y uso actual de la tierra del distrito San Luis, periodo 2005 – 2018 utilizando la metodología Corine Land Cover y el algoritmo de máxima verosimilitud.

Identificar la situación actual de los cambios de cobertura y uso de la tierra y sus principales efectos generados en el distrito.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Guerra (2006) realizó una investigación del “Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS” en la cuenca baja del Río Grande – Santa Cruz”, en la cual indica que al hacer un análisis multitemporal con la utilización de imágenes de satélite de diferentes fechas, se determinó el cambio de cobertura de la tierra para el periodo de 1986 – 2005, en este periodo de 20 años se ha visto un fuerte cambio de áreas de bosque a áreas de agricultura, es así que en 1986 se tenía un 61 % de bosque hasta el año 2005 hubo una reducción hasta el 37 %, y mediante las observaciones en campo se pudo determinar que existen muy pocas áreas con bosque especialmente zona central del área, en la cuenca baja del Río Grande, provincia de Santa Cruz - Bolivia, este ha sido fragmentado debido a la fuerte expansión de la frontera agrícola.

Contreras (2016) trabajó en el uso y cobertura del suelo en el BPA (Bosque Protector Aguarongo), localizado en la provincia de Azuay – Ecuador; en lo que se refiere a las técnicas ancestrales de la gestión del suelo. Utilizando como metodología la investigación bibliográfica; así como, la observación in situ, la ejecución de encuestas a los usuarios del bosque y la aplicación de sistemas de información geográfica para la obtención de mapas temáticos, logrando como resultado que los bosques constituyen un medio de subsistencia para las comunidades aledañas ya que obtienen recursos maderables y medicinales del mismo, tomando en cuenta que históricamente las comunidades se han dedicado a la siembra de especies como: maíz, arveja, papas y árboles frutales, para consumo familiar y en menor proporción para el mercado local, también la población ha buscado formas de recuperar su terreno erosionado con la siembra de barreras vivas.

2.1.2. A nivel nacional

Zorogastúa *et al.* (2010) realizó el estudio del bosque seco localizado en la región Piura, Perú con el objetivo de evaluar el cambio de la cobertura y el uso de la tierra. Se utilizó el procesamiento digital de imágenes del satélite LANDSAT 5 registradas entre 1999 y el 2001, a través de una clasificación supervisada, usando el algoritmo de máxima verosimilitud. Los resultados se compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA con interpretación visual de imágenes LANDSAT 5 registradas entre 1986 y 1994.

2.1.3. A nivel regional

Alcántara (2014) realizó un estudio de “Cobertura vegetal y uso actual de la tierra - Departamento Cajamarca”, para determinar la dinámica y los principales efectos generados por los cambios en la cobertura y uso de la tierra, en el ámbito del departamento mencionado para el periodo 2001 - 2013 a partir de la generación de mapas temáticos de los referidos años; los objetivos específicos fueron: analizar factores que inciden en los cambios de la cobertura y uso de la tierra, analizar los principales efectos generados por los cambios de cobertura y uso, delimitar y caracterizar zonas de tratamiento especial e identificar medidas de gestión que permitan promover dinámicas convenientes de cobertura y uso sostenible de la tierra. En el cual se obtuvieron los siguientes resultados: el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca corresponde a un área de 599,236.15 hectáreas que representa el 18.18%, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2'696 027.69 hectáreas 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.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Teledetección

La teledetección es la adquisición de información satelital en diferente escala, ya sea de un objeto o fenómeno, utilizando instrumentos de escaneo y grabación, es decir, que no se encuentren en contacto con el objeto. Tomando en cuenta desde el punto de vista práctico, la teledetección tiene por objeto principal el reconocimiento de las

características que se encuentran en la superficie terrestre y fenómenos que son registrados por el sensor (Sobrino 2000).

La teledetección tiene una serie de ventajas cuando se compara con otros sistemas convencionales de observación de la Tierra. Entre las principales ventajas, se resaltan las siguientes: visión global, observación de información en regiones no visibles, observación a distintas escalas, frecuencia y homogeneidad en la adquisición. Gracias a ello, la teledetección se convierte en una herramienta de información para la producción y actualización cartográfica, como fuente de entrada en Sistemas de información geográfica (Pancel 2015).

2.2.2. Tierra

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

2.2.3. Uso de la tierra

Según Di Gregorio y Jansen (1998) el uso de la tierra se caracteriza por las actividades que realiza la población con la finalidad de mantener un cierto tipo de cobertura; esto nos lleva a comprender sobre el vínculo directo entre la cobertura de la tierra y las acciones que realiza la población dentro del ambiente.

El uso actual de la tierra es el que genera mayores posibilidades de desarrollo para las regiones; sin embargo, en América Central ya se han recibido serias advertencias sobre el uso irracional e inadecuado en la agricultura, ganadería y forestería, siendo sus

principales consecuencias la erosión, deforestación, inundaciones, sedimentación en los embalses de represas hidroeléctricas (Vargas 1992).

La tierra no debe ser considerada simplemente como el suelo y la superficie topográfica, sino la que abarca muchos otros elementos como los depósitos superficiales, los recursos agua, clima, comunidades animales y vegetales que se van desarrollando como resultado de la interacción; debido a las actividades humanas se refleja cambios en la cobertura vegetal o en las estructuras, las que se conoce como características de la tierra. Pero debido a la transformación; los factores de flora, fauna, suelos, distribución superficial del agua y el clima. Estos cambios se pueden fácilmente explicar en razón de la planificación y el manejo de los recursos tierra (Guerra 2006).

El proceso que determina y predice el comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales. Esta evaluación considera los aspectos económicos del uso propuesto, sus consecuencias sociales para la gente que se encuentra dentro del área y del país en general y las repercusiones benéficas o adversas para el medio ambiente (FAO 2003).

2.2.4. Cobertura vegetal

El uso de la cobertura vegetal permite al agricultor proteger el suelo: así como, conseguir un aporte de nutrientes al mismo. En cultivos anuales el terreno se trata de mantener cubierto a lo largo de todo el año por cultivos (comerciales o implantados con la finalidad de mantener el suelo cubierto), también esparcían los restos de cosecha del año anterior (CLIMAGRI 2014).

La cobertura vegetal y uso actual de la tierra, se expresa mediante la descripción de las diferentes formas de cobertura vegetal y de los usos de la tierra; la finalidad es dar a conocer los diferentes tipos de uso en una época determinada y la forma como se ha desarrollado con la utilización de sus recursos, sin tomar en consideración su potencial o uso futuro; es decir, con el aprovechamiento de los recursos naturales suelo, agua y vegetación (Alcántara 2011).

Según MINAGRI (2014) señala que la cobertura del suelo puede ser representada básicamente por la cobertura vegetal de las plantas durante su periodo vegetativo o por sus restos de cosecha. La cobertura del suelo con plantas en crecimiento, varía de especie

a especie, en función de sus características fenológicas y vegetativas (ciclo, hábito de crecimiento, altura, velocidad de cobertura del suelo, estado de crecimiento) y de las prácticas culturales necesarias para su cultivo (densidad, fertilización, riego, etc.). Sin embargo, los cultivos en desarrollo no reducen tan eficientemente la erosión como lo hacen sus residuos de cosecha, debido al contacto directo que poseen con la superficie del suelo; a su vez es la manera más eficiente, simple y económica para el control de la erosión.

2.2.5. Causas del cambio del uso actual de la tierra

Los principales cambios se deben a la expansión agrícola, ganadera y sobre todo urbana. En efecto se estima que las tierras de cultivo y pastoreo ocupan alrededor del 40% de la superficie terrestre (Foley *et al.* 2005).

Los cambios en las actividades agropecuarias, se encuentran ganando terreno a nivel mundial por la demanda de productos alimenticios entre los que destacan los cereales (maíz, trigo y arroz), siendo la fuente alimenticia más importante del mundo, tanto para el consumo humano directo como indirecto (FAO 2002).

2.2.6. Factores que inciden en el cambio de uso actual de la tierra

Según Bocco, citado por López *et al.* (2014) indican la existencia de diversos factores que influyen en el cambio de uso del suelo a nivel ambiental, demográfico, económico y sociocultural, que en su conjunto llegan a provocar un deterioro ambiental y pérdida de la diversidad biológica.

2.2.7. El tiempo y el efecto en el uso de la tierra

Según Velásquez *et al.* citado por García *et al.* (2014) consideran que el uso de la tierra con el tiempo provoca variación en las poblaciones edáficas como respuesta a las modificaciones en su cobertura vegetal, la radiación solar, la lluvia y las propiedades físicas y químicas del suelo; lo cual genera la pérdida de materia orgánica que constituye uno de los principales factores para la densidad y biomasa de la macrofauna; indica que además esta se relaciona estrechamente con las propiedades químicas del suelo, tales

como: el contenido de cationes intercambiables, el pH, la textura y la capacidad de retención de agua.

2.2.8. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra

Según (Guerra 2006) el análisis multitemporal permite reconocer la descripción total del área de estudio y localizar la dinámica de coberturas entre diferentes fechas de referencia, analizando los cambios del medio natural o las consecuencias de las actividades antrópicas sobre ese medio. Por ende, al comparar imágenes satelitales procesadas podemos observar y determinar las ganancias o pérdidas de cobertura del suelo de un área establecida para un tiempo determinado.

2.2.9. Sistemas de información geográfica

Los Sistemas de información geográfica son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar preguntas de modo inmediato. También se entiende como la unión de la información y herramientas informáticas (programas y software) para su análisis con unos objetivos concretos. Por otra parte, al incluir el término “Geográfica” se asume que la información es especialmente explícita, es decir, incluye la posición en el espacio (Peña 2006).

Según Centro Europeo de Postgrado (CEUPE) (2018), los sistemas de información geográfica se colocan dentro de la sociedad de la información, considerada sucesora de la sociedad industrial. Actualmente, la mayor parte de los puestos de trabajo de las sociedades modernas están relacionados con la generación, almacenamiento y procesamiento de todo tipo de información y comunicación; Además resulta esencial la rapidez en la disponibilidad y gestión de la información, para resolver problemas y proporcionar respuestas de forma inmediata.

2.2.10. Sistemas de clasificación de cobertura de la tierra

La clasificación describe el esquema sistemático con los nombres de las clases y los criterios utilizados para poder distinguir la relación entre clases. Por lo que la clasificación

requiere la definición de límites de clase, los cuales deben ser claros, precisos y basados en criterios reales (Patiño 2015).

2.2.11. Corine Land Cover adaptada para Perú

La metodología Corine Land Cover, es una metodología francesa adaptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales para Colombia; consiste en la evaluación de coberturas de la tierra mediante el uso de imágenes satelitales tipo Landsat (Suárez *et al.* 2009).

La leyenda fue desarrollada siguiendo los acuerdos regionales vinculados a trabajar con el esquema Corine Land Cover. Este esquema ha sido adaptado para Colombia, y da un arco de comparabilidad internacional. Corine Land Cover (CLC) es una metodología para la construcción de mapas de cobertura y uso de la tierra. Esta experiencia fue tomada y adaptada para países miembros de la Comunidad Andina, mediante el proyecto “Análisis de las dinámicas de cambios de cobertura y uso de la tierra”, cofinanciado por la secretaria general de la Comunidad Andina (CAN), Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) y el Ministerio del Ambiente (MINAM 2014).

El MINAM en cumplimiento a sus funciones y competencias asignadas en materia de Ordenamiento Territorial, emitió la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM, que aprueba la Guía Metodológica para la elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial. En esta guía se menciona al estudio de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, y en la actualidad vienen elaborando las guías de procedimiento metodológico que incluirá el uso de Corine Land Cover (ver tabla 18).

2.2.12. Imágenes satelitales

Una imagen satelital es una matriz digital de puntos capturada por un sensor montado a bordo de un satélite que orbita alrededor de la tierra. A medida que el satélite avanza en su órbita barre la superficie con un conjunto de detectores que registran la energía reflejada (Martínez 2005).

Según Cervantes (2014) indica, que las imágenes satelitales se encuentran en formato raster, el cual consiste en una matriz de miles de píxeles, en donde cada píxel tiene un

valor digital o de reflectancia; ejemplificando, si la resolución de la imagen es de 30 metros, cada pixel muestra un área en la superficie terrestre de 30 x 30 metros, con esto, la firma espectral o reflectancia de todos los objetos existentes en la superficie que abarca la imagen será promediada para darle su valor digital al píxel. La información contenida en cada pixel, está en formato digital, normalmente de 8 bit por lo que cada pixel de la imagen puede tener 256 valores o colores distintos, en donde 0 corresponde al color negro, 255 al color blanco y se encuentran 254 distintos tonos de grises intermedios.

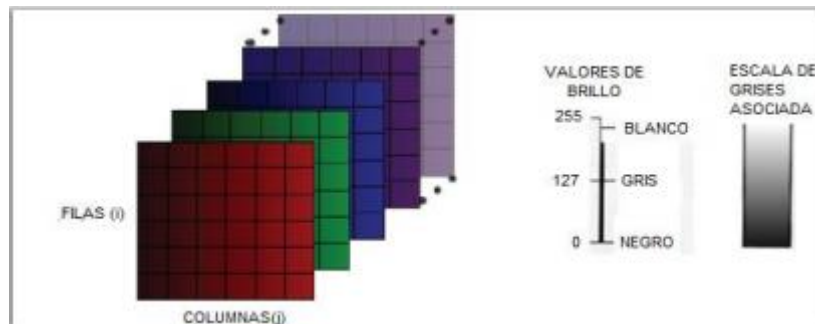


Figura 1. Estructura de las imágenes satelitales

Fuente: <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/estructura-imagenes-digitales.htm>

2.2.13. Clasificación de imágenes satelitales

Según (Vicens 2009) las técnicas de clasificación de imágenes posibilitan la transformación de imágenes crudas (fotografías aéreas, imágenes de satélite, etc.) en datos temáticos o mapas que mostraran información con un significado evidente. Como sucede a menudo, existen diferentes técnicas para poder llevar a cabo estas clasificaciones.

2.2.13.1. Clasificación supervisada

En las clasificaciones supervisadas se requiere la participación activa del analista que esté realizando la clasificación de la imagen de satélite, en este caso el técnico que está llevando a cabo la tarea debe indicar al software que debe realizar en cada momento (como debe clasificar cada uno de los píxeles existentes en la imagen), a partir de la definición de unas áreas de entrenamiento, de las cuales se conoce a priori la naturaleza de su superficie (Monterroso 2013).

2.2.13.2. Clasificación no supervisada

Según Chuvieco, citado por Ayala y Menety (2001) indican que para realizar este tipo de clasificación no es necesario un conocimiento previo del área de estudio por parte del analista que va a realizar la clasificación, aunque este tendrá la misión de interpretar las clases que son generadas a partir de dicha clasificación. Este proceso consiste fundamentalmente en la elección automatizada de las diferentes clases que componen la imagen.

2.2.14. Interpretación de imágenes satelitales

El análisis de las imágenes satelitales se puede realizar de dos modos: mediante interpretación visual o mediante técnicas de tratamiento de información multispectral. La interpretación visual pretende, sin intervención del ordenador, extraer información espacial del análisis de la imagen y sus cualidades (brillo, color, textura, forma, tamaño de los elementos que la componen). El tratamiento digital se encamina, del mismo modo hacia la extracción de información temática del territorio. Estas técnicas se engloban dentro del campo de la clasificación digital y se desarrollan en las fases de entrenamiento, asignación y verificación (Suárez *et al.* 2017).

2.2.15. Satélite Landsat

Gracias a los brillantes resultados que proporcionaron las primeras fotografías espaciales, la Agencia Espacial Norteamericana (NASA) diseñó a finales de los años 60 el primer proyecto dedicado exclusivamente a la observación de los recursos terrestres. Fruto de estos trabajos fue la puesta en órbita del primer satélite de la serie ERTS (Earth Resource Technology Satellite) el 23 de Julio de 1972. Esta familia de satélites fue rebautizada como Landsat a partir del segundo lanzamiento, en 1975 (Landsat 2) (García 2001).

COBERTURA HISTORICA DEL SATELITE LANDSAT

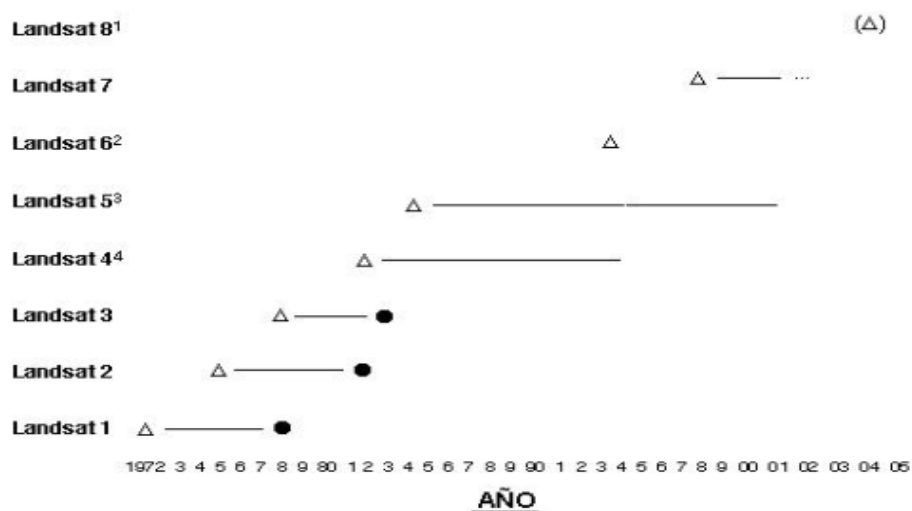


Figura 2. Cobertura histórica del satélite Landsat

Fuente: García 2001

2.2.15.1. 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 (Mamani 2018).

Tabla 1. Características de satélite Landsat 7

Modo espectral	Resolución espacial (m)	Resolución (micras)	espectral	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			
Pancromática	15	2: 1.55 – 1.75			
		Banda 6 infrarrojo medio			
		: 2.09 – 2.35			
		Banda 8 pancromática: 0.52 – 0.90			

Fuente: INEGI 2013

2.2.15.2. Landsat 8

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

Tabla 2. Características de satélite Landsat 8

Landsat8	Banda	longitud de onda (micrómetros)	de Resolución espacial (m)
Operational	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
Land	Banda 2 – Azul	0.45-0.51	30
Imager	Banda 3 – Verde	0.53-0.59	30
(OU) and	Banda 4- Rojo	0.64 - 0.67	30
Thermal	Banda5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
Infrared	Banda 6- SWIR 1	1.57-1.65	30
Sensor	Banda 7 - SWIR 2	2.11-2.29	30
(TIRS)	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 2013

2.2.16. Resolución de un sensor

Mientras que en otros tipos de sistemas cartográficos estamos acostumbrados a relacionar de forma exclusiva resolución y precisión geométrica, en los sistemas sensores de teledetección se habla de cinco resoluciones distintas. Gracias a ellas pueden evaluarse rangos de precisión referentes a distintos conceptos de suma importancia para el análisis de las imágenes espaciales. Dichas resoluciones son: espacial, radiométrica, espectral, temporal y angular (Pérez y Muñoz 2006).

a. Resolución espacial

La resolución espacial se refiere a la finura de detalles visibles en una imagen: cuanto menor es las áreas terrestres representadas por cada píxel en una imagen digital mayores son los detalles que pueden ser captados y mayor resolución espacial (Barrera y García 2015). Este concepto designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen. En un sistema fotográfico, suele medirse como la mínima separación a la cual

los objetos aparecen distintos y separados en la fotografía. Se mide en unidades de longitud (mm sobre la foto o metros sobre el terreno), y depende de la longitud focal de la cámara y de su altura sobre la superficie (García 2001).

b. Resolución espectral

Indica el número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor. Un sensor será tanto más idóneo cuanto mayor número de bandas proporcione, ya que facilita la caracterización espectral de las distintas cubiertas. A la vez, conviene que esas bandas sean suficientemente estrechas con el objeto de recoger la señal sobre regiones coherentes del espectro. Bandas muy amplias suponen registrar un valor promedio que puede encubrir la diferenciación espectral entre cubiertas de interés (García 2001).

c. Resolución radiométrica

La resolución o sensibilidad radiométrica hace referencia al rango dinámico o número de nivel digital usados al digitalizar la información procedente del sensor (bits por píxel). En general, mayor número de niveles mayor detalle de la información. La resolución radiométrica indica la sensibilidad del sensor, es decir la capacidad de discriminar entre pequeñas variaciones en la radiación que capta. Suele expresarse mediante el número de bits necesarios que se precisan para almacenar cada píxel. Los sensores Landsat (5 y 7) utilizan 8 bits lo que da $2^8 = 256$ niveles de energía que pueden ser captados. Cuanto mayor sea la precisión radiométrica mayor número de detalles que podrán captarse en la imagen radiométrica (García 2001).

d. Resolución temporal

Este tipo de resolución se refiere al intervalo de tiempo entre muestras sucesivas de la misma zona de la cobertura terrestre. El ciclo de cobertura depende de las características de la órbita del satélite, así como del diseño del sensor (Basterra 2010).

e. Resolución angular

Es la capacidad que tiene un sensor para tomar imágenes oblicuas. Esto permite no solo acortar los ciclos temporales de recubrimiento, sino también posibilita la generación de imágenes estereoscópicas y por tanto la reconstrucción del relieve (Barrera y García 2015).

f. Resolución digital

Es el número de bits que comprende cada muestra digital de datos en las imágenes, están representadas por números digitales que varían de 0 a una potencia seleccionada de 2; intervalo que corresponde a una cantidad de bits utilizados para la codificación de números en formato binario; cada bit registra un exponente de la potencia 2. De esta manera el número máximo de niveles de luminosidad disponibles depende del número de bits utilizados en la representación de la energía registrada (Barrera y García 2015).

g. Firma espectral

Se basa en la interacción del espectro electromagnético y la cubierta terrestre. Cuando realizamos un gráfico en el que representamos la cantidad de radiación reflejada por una superficie y la relacionamos con la longitud de onda, obtenemos lo que se denomina firma espectral (Ayala y Menety 2001).

2.2.17. Realce y mejoramiento de imágenes satelitales

Es el primer contacto visual con la imagen del satélite en crudo pone de manifiesto una serie de deficiencias sobre su aspecto. Estas pueden subsanarse de cara a conseguir una mejor interpretación de la misma. Dichas mejoras se concretan en las operaciones de ajustes del contraste y en generación de aplicaciones en color. Por ajuste del contraste se entienden a todas aquellas técnicas de expansión o compresión del histograma de la imagen original que tiene como finalidad acomodarlo al rango dinámico del dispositivo de salida (monitor del ordenador) (Suarez 2017).

2.2.18. Preprocesamiento de imágenes satelitales

La energía reflejada por las cubiertas terrestres y captada por el sensor difiere en función de la región espectral (banda) a la que este sea sensible. Esto permite realizar composiciones en color, combinando tres bandas, a las cuales se les asigna los colores primarios azul, verde y rojo (RGB). Así pues, para crear una composición en color se requiere seleccionar tres bandas de una imagen y asignar a cada una de ellas un color primario (Martínez y Martín 2010).

a. Correcciones geométricas – georreferenciación

Es la primera etapa para utilizar la información de las imágenes de satélite es la georreferenciación, asignándole a cada píxel su coordenada geográfica correspondiente, o encontrando el píxel o grupo de píxeles que proporcionan información sobre una determinada coordenada geográfica. Este proceso conlleva a la transformación de las coordenadas de los píxeles de la segunda imagen de tal forma que coincidan de manera precisa con las de la primera (imagen de referencia). Se realiza mediante una transformación polinomial de segundo grado que se obtiene a partir de un conjunto de pares de puntos de control de ambas imágenes (Ambrosio y Gonzales 2002).

b. Corrección radiométrica

Designa aquellas técnicas que modifican los ND originales, con objeto de acercarlos a los que habría presentes en la imagen caso de una recepción ideal puesto que existen distorsiones provocadas por la atmosfera, así como los problemas radiométricos derivados del mal funcionamiento del sensor (Chuvieco 1995).

c. Corrección atmosférica

La corrección atmosférica es un proceso que se aplica a las imágenes digitales, con el propósito de eliminar los efectos de los aerosoles y la radiancia intrínseca que se introduce en el sensor y se ve reflejado en la imagen, como resultado de la interacción del sensor con la atmósfera. Con el proceso de corrección atmosférica se logra mejorara la calidad

visual de la imagen; así como eliminar los componentes intrusivos que se genera en la atmosfera (Aguilar *et al.* 2014).

2.2.19. Combinación de bandas

La combinación de imágenes satélite nos permite analizar elementos específicos de la superficie terrestre en función de su espectro de emisión. Gracias a las distintas bandas multiespectrales de operación de los satélites podemos interpretar aspectos como la vegetación, los usos del suelo o las masas de agua. Combinaciones específicas RGB nos mostrarán y discriminarán los elementos de nuestras imágenes satélites de forma rápida (Ramos 2016).

Tabla 3. Combinación de bandas Landsat 8

Combinación RGB	Descripción de bandas Landsat 8
431	Permite destacar objetos en cuerpos de agua.
432	Es una composición que se aproxima al color real de las coberturas ante la vista humana. Su equivalente en Landsat 7 es la combinación 321.
543	Esta combinación da como resultado una imagen muy similar a la tradicional fotografía aérea infrarrojo color. Es útil para estudios de vegetación, patrones de suelos, crecimiento de cultivos y monitoreo de drenajes. La vegetación saludable tiende a una apariencia rojo brillante.
562	Combinación útil para distinguir vegetación saludable.
564	Combinación útil para diferenciar tierra / agua y para destacar áreas de bosque.
652	Agricultura.
654	Análisis de vegetación.
742	Permite destacar elementos geológicos.
764	Permite destacar formaciones rocosas. También útil para distinguir áreas urbanas.
765	Es útil para estudios geológicos, así como para análisis de humedad en suelos.

Fuente: Franco 2017

2.2.20. Índice de vegetación diferencia normalizada

El Índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como NDVI, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. es el más utilizado para todo tipo de aplicaciones. La razón fundamental es su sencillez de cálculo y disponer de un rango de variación fijo (entre -1 y $+1$), lo que permite establecer umbrales y comparar imágenes, valores muy bajos de NDVI, del orden de 0.1, corresponden a áreas rocosas, arenosas o nevadas, valores de 0.2 a 0.3 pueden corresponder a áreas pobres con arbustos o pasturas naturales. A partir de estos valores tendremos los niveles correspondientes a praderas, cultivos, forestaciones etc. dependiendo el valor alcanzado (Muñoz 2013).

2.2.21. Modelo de elevación digital

Los Modelos Digitales de Elevación (MDE) son productos geomáticos esenciales en el estudio, manejo y administración del territorio. Su uso, así como la disponibilidad de datos de alta resolución, ha ido en crecimiento sostenido en las últimas décadas, permitiendo diversos y variados análisis cuyos resultados permiten cualificar y cuantificar las características propias del terreno. De este modo se obtiene una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados (Mena *et al.* 2011).

2.2.22. Ramdom Forest

Según Breiman, citado por MINAM (2014) es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información. Dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de “votos” entre el conjunto de árboles para “decidir” la clase de 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.

2.2.23. Índice de kappa

El coeficiente kappa refleja la concordancia inter-observador y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión, siempre y cuando se contrasten dos observadores (para la evaluación de concordancia de tres o más observadores se utiliza el coeficiente kappa de Fleiss; este puede tomar valores entre -1 y +1. Mientras más cercano a +1, mayor es el grado de concordancia inter-observador, por el contrario, mientras más cercano a -1, mayor es el grado de discordancia inter-observador. Un valor de $\kappa = 0$ refleja que la concordancia observada es precisamente la que se espera a causa exclusivamente del azar. La interpretación del índice kappa se realiza correlacionando su valor con una escala cualitativa que incluye seis niveles de fuerza de concordancia, simplificando la comprensión del mismo (Cerdeja y Villarroel 2008).

Tabla 4. Escala de valores del coeficiente de Kappa

Coeficiente kappa	Fuerza de concordancia
< 0.00	Pobre
0.01 – 0.20	Leve
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Considerable
0.81 – 1.00	Casi perfecta

Fuente: Cerdeja y Villarroel 2008

2.2.24. Matriz de confusión

La matriz de confusión es una tabla en la que se contabilizan los píxeles de cada clase (reconocida en la imagen) que han sido clasificados dentro de su propia clase o en otra diferente. La matriz tiene tantas filas y columnas como clases de hayan difundido en la escena y las celdas de esa matriz contienen el número de píxeles que, siendo de una clase, dada por la fila (según el conocimiento a priori de la zona de estudio o según comprobaciones hechas a posteriori), han sido clasificados como otra clase, dada por la columna. La clasificación perfecta sería una matriz en la que el 100% de los píxeles clasificados estuviesen contabilizados en las celdas de la diagonal de esa matriz; en ese caso, todos los píxeles estarían correctamente clasificados (Rodríguez *et al.* 2015).

Porcentaje Correctamente clasificado

Se calcula dividiendo el número total de píxeles correctamente clasificados por el número total de píxeles de referencia y expresándolo como porcentaje. Generalmente se basa en un muestreo de sitios de verificación, cuya clasificación se obtiene a partir de observaciones de campo o del análisis de imágenes más detalladas (con mejor resolución), que aquellas utilizadas para generar el mapa; utilizan fotografías aéreas para verificar mapas generados a partir de imágenes de satélite de alta resolución como Landsat (Díaz y Pérez 2003).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción general del distrito de San Luis

3.1.1. Ubicación

El estudio se realizó en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca; limita por el norte con el distrito de San Pablo, por el sur con el distrito de San Bernardino y el centro poblado de Lllallán, por el este con el distrito de San Bernardino por el oeste con la provincia de San Miguel (trazado por el lecho del río Puclush).

Geográficamente el distrito se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM 9 202 086 N y 9 215 119 N y 738 295 E y 730 046 E; sus límites altitudinales oscilan entre 800 y 2100 msnm. La altitud mínima se encuentra ubicada en la unión del río Puclush con el río Chilete y la altitud máxima se encuentra ubicada en la cima del cerro Barro Negro.

El distrito de San Luis cubre una extensión de 4276.94 ha. la cual hace un porcentaje del 6.36 % del área de la provincia de San Pablo.

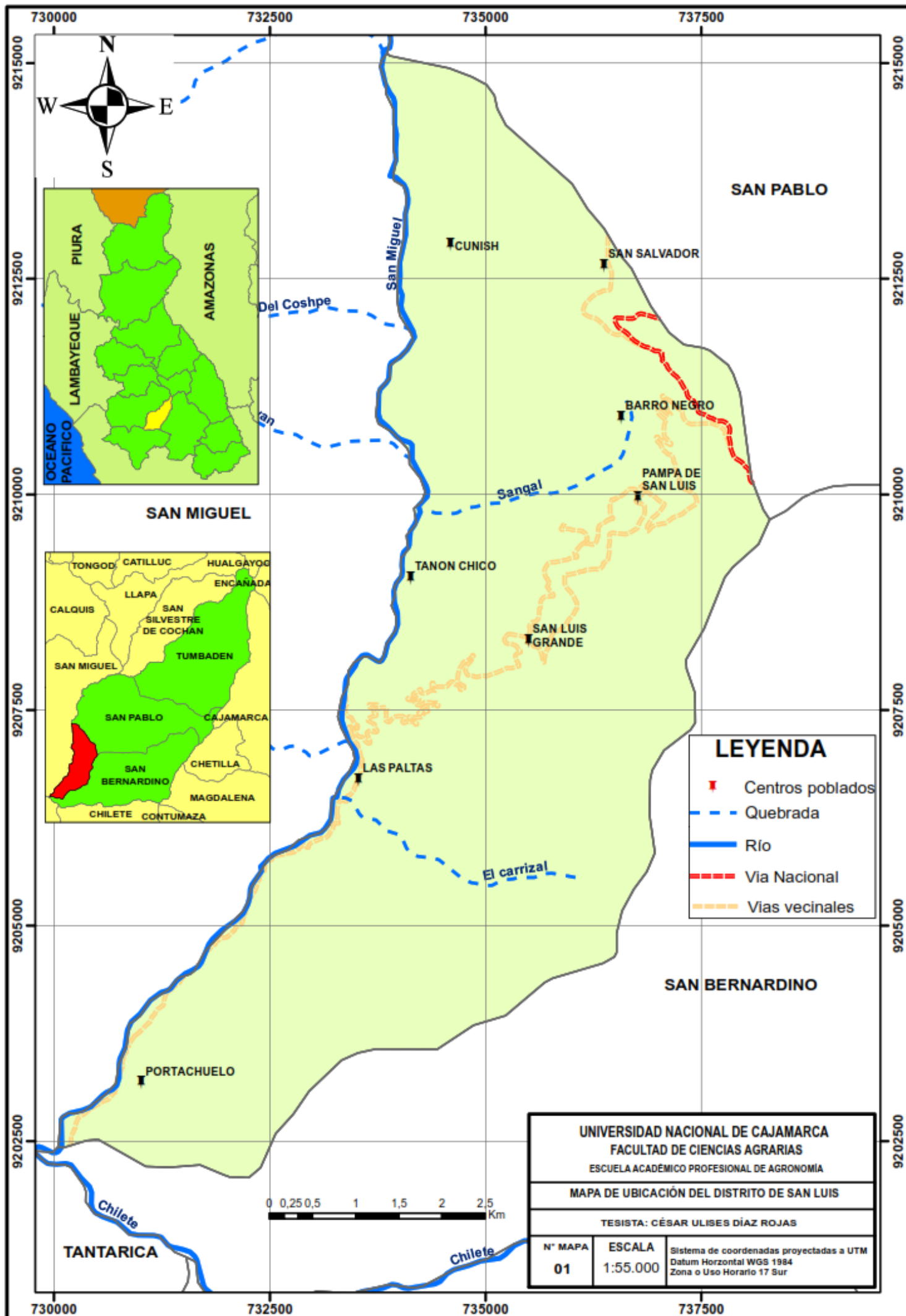


Figura 3. Ubicación del distrito de San Luis

3.1.1.1. Aspectos demográficos

Los resultados obtenidos de los censos de población y vivienda, realizados por el INEI en el distrito de San Luis son los siguientes.

Tabla 5. Población del distrito de San Luis obtenidos de los censos de Población y vivienda de los años 1993 - 2007

Censos nacionales de población y vivienda	Población total
Censos nacionales 1993 IX de población y IV de vivienda	1803
Censos nacionales 2007 XI de población y VI de vivienda	1406

Fuente: INEI (1993 y 2007)

3.1.1.2. Población rural

Para la esta categoría se tomó en cuentas los datos obtenidos de los censos del INEI.

Tabla 6. Población urbana y rural para el distrito de San Luis año 2007

Población censada	Número de habitantes
Urbana	96
Rural	1310
Total	1406

Fuente: tomada de INEI 2007

3.1.2. Regiones naturales del distrito de San Luis

De acuerdo a la clasificación de las regiones naturales del Perú presentado por Javier Pulgar Vidal, el distrito de San Luis presenta sola la región Yunga marítima.

3.1.2.1. Yunga marítima

Según Vidal (1967) indica que la región yunga marítima se encuentra comprendida en los niveles altitudinales de 500-2300 msnm. El distrito de San Luis se encuentra dentro de esta región, donde encontramos pendientes nulas o casi a nivel, ligeramente inclinada, ligeramente inclinada a moderadamente empinada, muy empinada y extremadamente empinada.

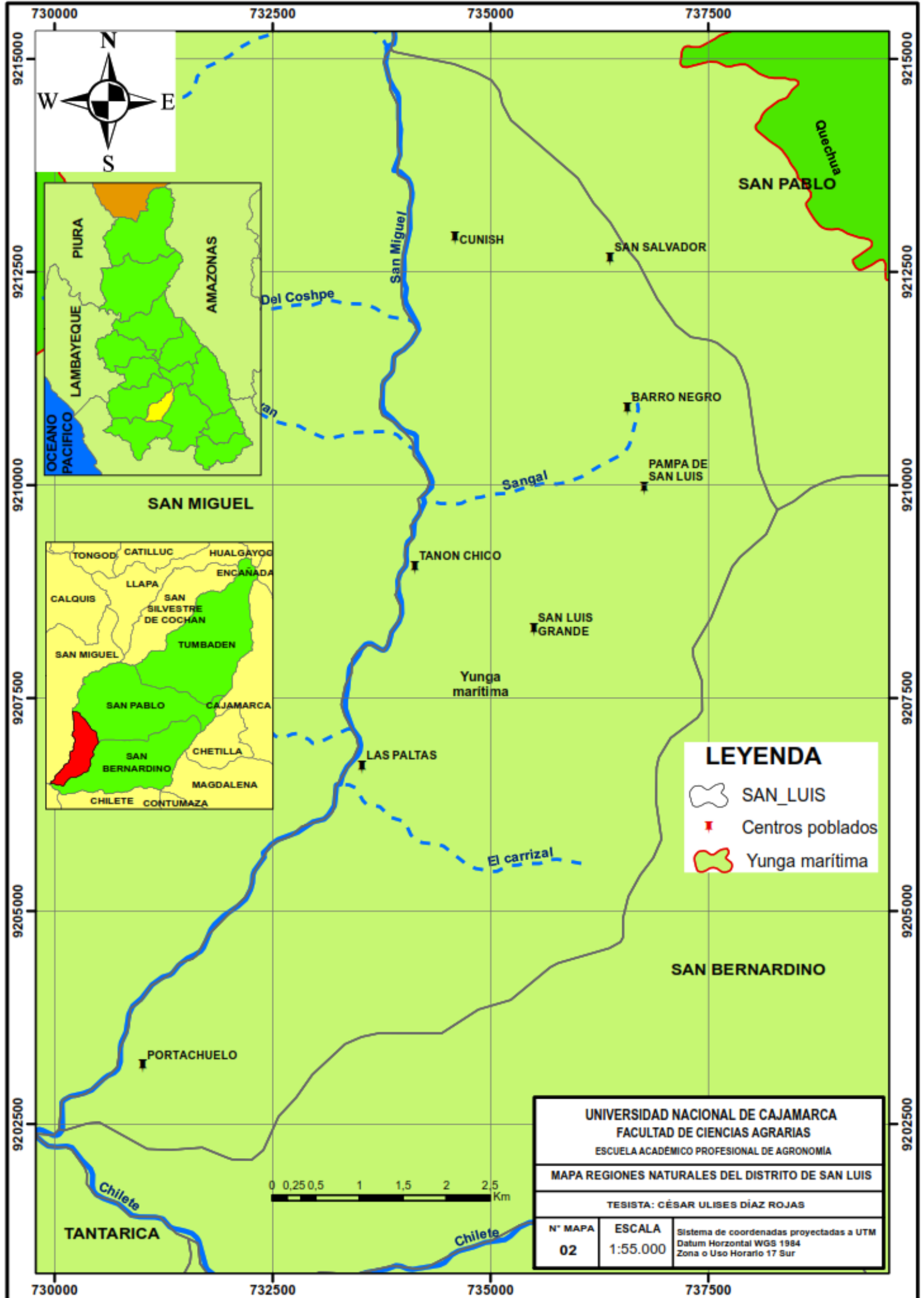


Figura 4. Mapa de regiones naturales de San Luis

3.1.3. Hidrología

La hidrología del distrito de San Luis está conformada por el río Puclush, que recorre de norte a sur, sirve como límite por el oeste con la provincia de San Miguel, el cual tiene como afluente la quebrada Sangal que divide a los centros poblados de Barro Negro y Pampa de San Luis; también, tiene como afluente la quebrada el Carrizal que cruza por el centro poblado las Paltas. Así mismo, el río San Miguel que pasa por el límite del distrito y tiene una longitud de 15.93 km.

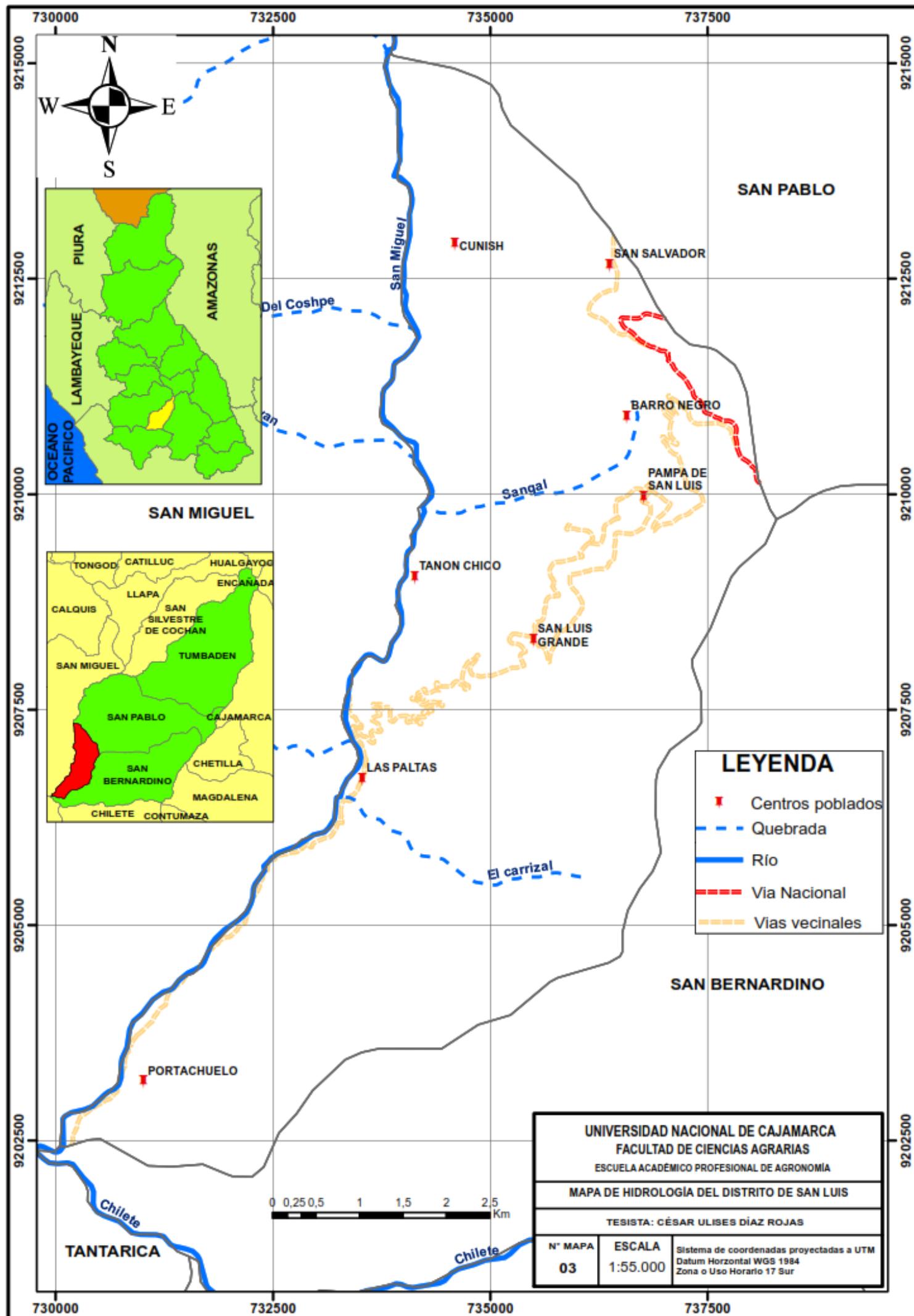


Figura 5. Hidrología del distrito de San Luis

3.1.4. Geología general

Según el mapa geológico, obtenido de (INGEMMET 2016), el distrito de San Luis abarca las siguientes formaciones.

3.1.4.1. Formación Chulec (Ki-Chu)

Está formada por rocas sedimentarias y una litología conformada por calizas, lutitas y margas, se encuentran ocupando un área de 631.26 ha. Equivalente al 14.76 % se puede observar en los centros poblados San Luis Grande y Tanon Chico y una parte del centro poblado las Paltas (INGEMMET 2016).

3.1.4.2. Formación Farrat (Ki-f)

Está formada por rocas sedimentarias y una litología conformada por cuarcitas y areniscas; se encuentran ocupando un área de 358.29 ha. Equivalente al 14.21 %, se pueden observar en los centros poblados Pampa San Luis y San Luis Grande (INGEMMET 2016).

3.1.4.3. Volcánico Llama (Pe-vll)

Está formado por rocas volcánica – sedimentaria y una litología conformada por andesita, tobas, areniscas y calizas; se encuentran ocupando un área de 104.23 ha. Equivalente al 2.44 %, se puede observar una pequeña parte en los centros poblados Tanón Chico y San Luis Grande (INGEMMET 2016).

3.1.4.4. Volcánico San Pablo (Po-vsp)

Está formado por rocas volcánica – sedimentaria y una litología toba, aglomerados y brechas; se encuentran ocupando un área de 1079.92 ha. Equivalente al 25.25 %, se observa que ocupa una parte de los centros poblados de Portachuelo y Las Paltas (INGEMMET 2016).

3.1.4.5. Volcánico Tembladera (Pp-vt)

Está formado por rocas volcánica – sedimentaria y una litología conformada por tobas, aglomerados; se encuentran ocupando un área de 232.28 ha. Equivalente al 5.43 %, se observa ocupando en su totalidad el centro poblado Las Paltas (INGEMMET 2016).

3.1.4.6. Volcánico Chilete (Pe-vch)

Está formado por rocas volcánica – sedimentaria y una litología conformada por tobas, aglomerados y brechas; se encuentran ocupando un área de 1826.78 ha. Equivalente al 42.71 %, se observa ocupando la mayor parte del distrito en los centros poblados de Barro Negro, Pampa San Luis, Cunish y Portachuelo (INGEMMET 2016).

3.1.4.7. Depósitos Fluviales (Qp-fl)

Los depósitos fluviales están conformados por rocas sedimentarias y una litología conformada por gravas, arenas, arcillas y limos; se encuentra ocupando un área de 44.20 ha. Equivalente al 1.03 %, se puede observar en pequeñas partes en los caseríos de Tanón Chico, Las Paltas y Portachuelo; limitando con el distrito de San miguel (INGEMMET 2016).

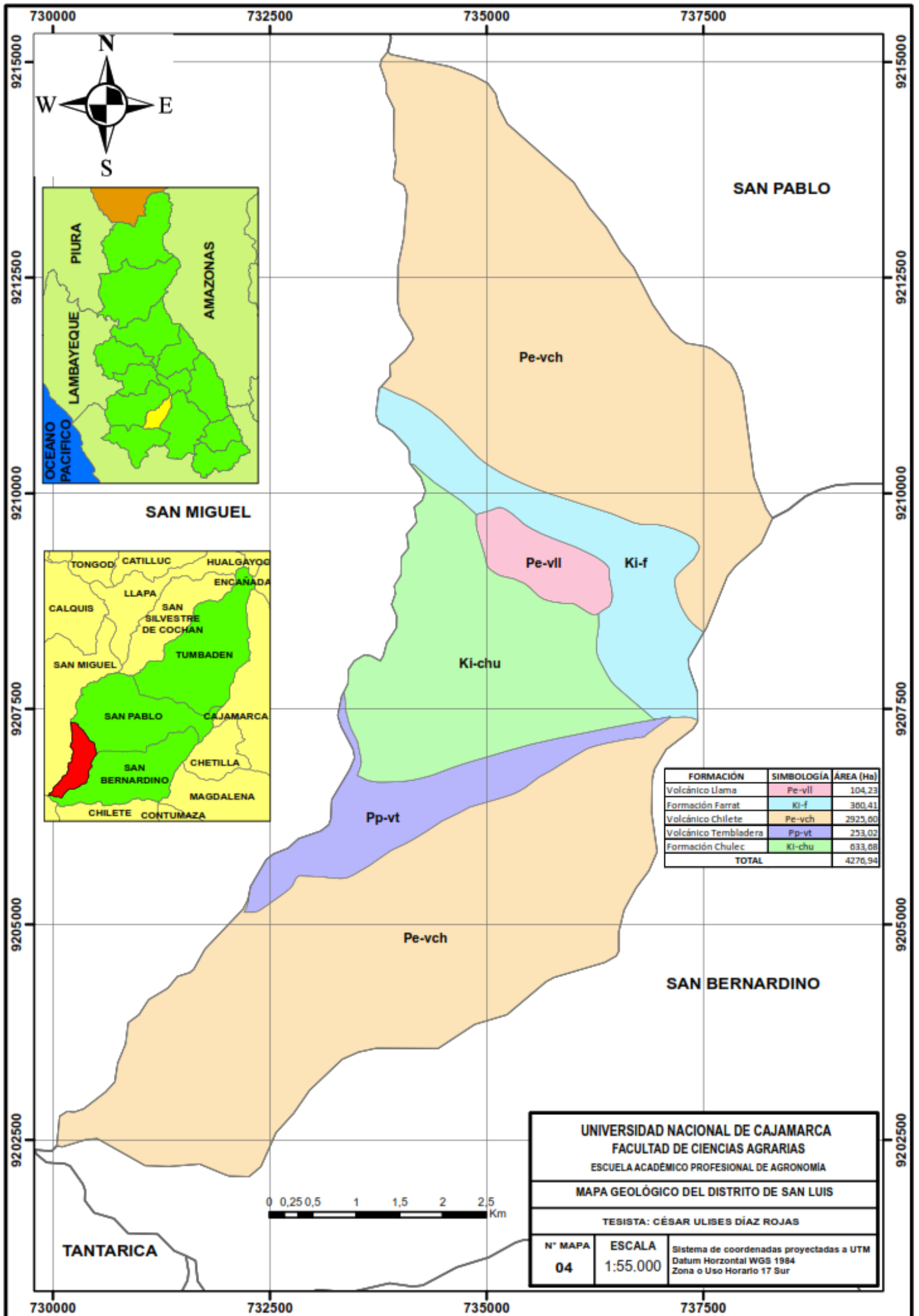


Figura 6. Geología del distrito de San Luis

3.1.5. 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 del Mapa Ecológico del Perú (INRENA 1995).

Son áreas definidas por parámetros de precipitación, elevación (curvas de nivel) y temperatura. De tal manera, la combinación de los factores existentes son los principales actores para realizar la clasificación por categorías como tenemos a continuación:

3.1.5.1. Bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

Esta zona de vida se encuentra ubicada en la región meso-andina. Entre 2000 y 3000 msnm. Comprende el centro poblado San Salvador y se extiende en una superficie de 134.18 ha, que representa el 3.24 % del área distrital. El relieve del terreno se caracteriza por ser accidentado, con predominio de laderas montañosas con fuertes pendientes, excepto las áreas con agricultura cuyo relieve original ha sido modificado por esta actividad. El clima reinante en esta zona de vida se caracteriza por su sequedad durante varios meses del año. Presenta una temperatura media anual que fluctúa entre 15°C y 18°C y la precipitación total anual fluctúa entre 500 y 600 mm (INRENA 1995).

3.1.5.2. Bosque seco Premontano Tropical (bs-PT)

Esta zona de vida se ubica en la porción inferior de la Cordillera de los Andes, conocida como bajo andina, aproximadamente entre 1500 y 2000 msnm. Incluye el centro poblado de Cuñish, Barro Negro, Pampa San Luis, San Luis Grande y abarca una extensión superficial de 20128.56 ha, que representa el 47.43% del área distrital. El relieve del terreno se caracteriza por ser accidentado, con predominio de laderas montañosas con fuertes pendientes. El clima reinante en esta zona de vida se caracteriza por su sequedad durante varios meses del año. Presenta una temperatura media anual que fluctúa entre 19°C y 21°C y la precipitación total anual fluctúa entre 500 y 550 mm (INRENA 1995).

3.1.5.3. Matorral desértico – Tropical (md-T)

Esta zona de vida se ubica entre los 150 y 350 msnm., y comprende los centros poblados de Portachuelo y Las Paltas. Ocupa una superficie de 665.26 ha, que representa el 15.55% del área distrital. Presenta un relieve plano en el fondo de los valles aluviales e inclinado hasta empinado en los piedemontes. Esta zona de vida, se caracteriza por presentar una temperatura media anual que fluctúa entre 23.5°C y 24.9°C y una precipitación pluvial total anual que fluctúa de entre 100 y 200 mm, excepto cuando se presenta el fenómeno El Niño (INRENA 1995).

3.1.5.4. Monte espinoso – Premontano Tropical (mte-PT)

Esta zona de vida se ubica en la porción inferior de la cordillera de los andes, conocida como bajo andina, aproximadamente entre 500 y 1500 msnm. Incluye los centros poblados de Tanón Chico, Las Paltas, Portachuelo y abarca una extensión superficial de 1448.94 ha, que representa el 33.88% del área distrital. El relieve del terreno se caracteriza por ser accidentado, con predominio de paisajes de colinas altas y vertientes montañosas con fuertes pendientes. El clima reinante en esta zona de vida se caracteriza por su sequedad durante varios meses del año. Presenta una temperatura media anual que fluctúa entre 21°C y 23°C y la precipitación total anual fluctúa entre 200 y 450 mm, excepto cuando se presenta el fenómeno El Niño (INRENA 1995).

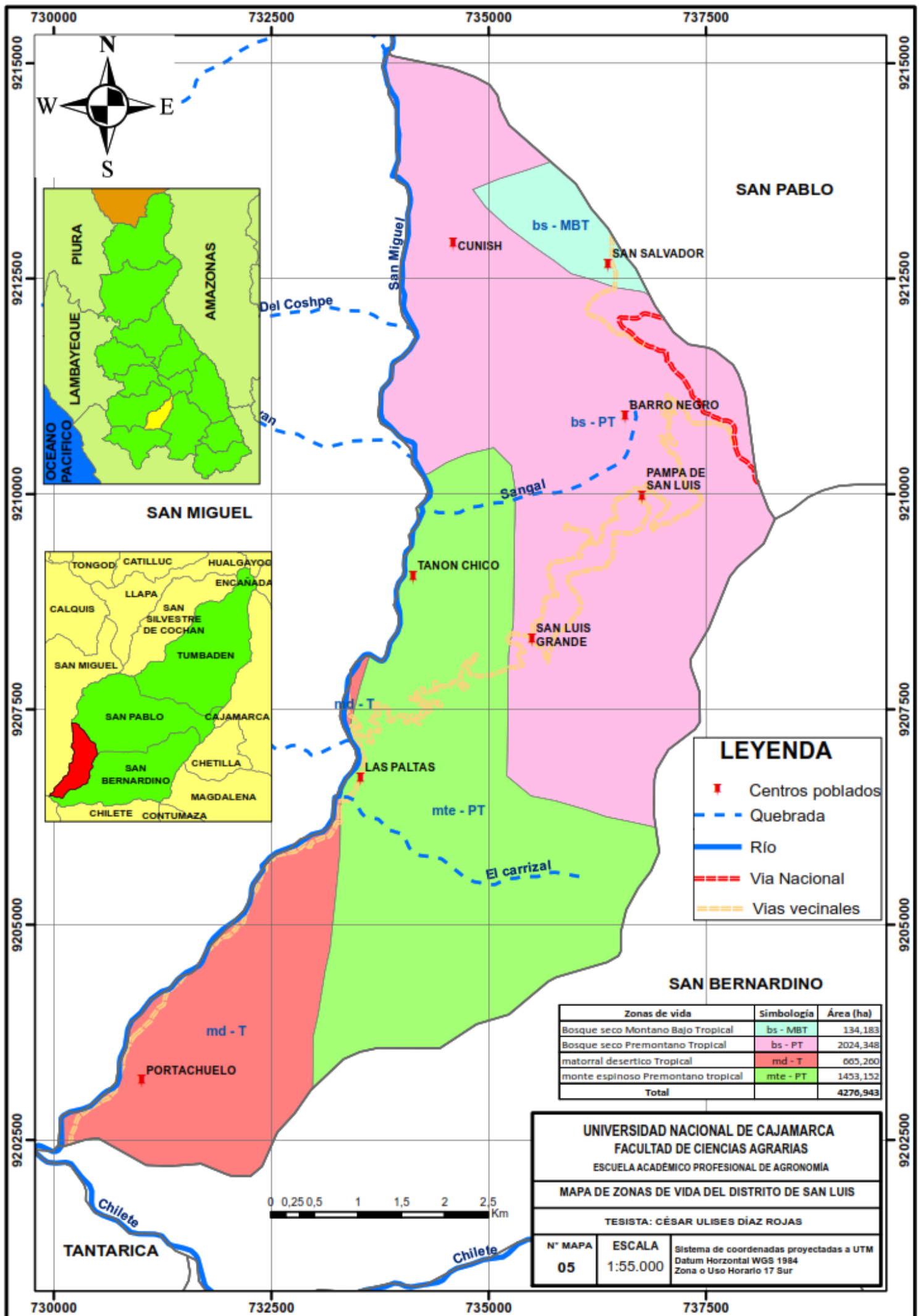


Figura 7. Zonas de Vida del distrito de San Luis

3.2. Materiales y equipos de campo

3.2.1. Materiales

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

3.2.2. Herramientas

Linternas, botas de jebe, poncho impermeable, bolsa de dormir

3.2.3. Instrumentos y equipos

Sistema de posicionamiento global-GPS

Binoculares de largo alcance

Cámara fotográfica semi profesional

3.3. Materiales y equipos de gabinete

3.3.1. Materiales

Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros y lápices

3.3.2. Equipos

Laptop, impresora y escáner

3.3.3. Material cartográfico

Carta nacional del Perú 1: 100 000

Shapefile del distrito obtenido del Gobierno Regional de Cajamarca

Base de datos ZEE Cajamarca

3.3.4. Software

Microsoft Windows 10

RGui 2.15

Microsoft office 2016

Conjunto integrado de aplicaciones SIG

ArcGIS 10.6

Envi 4.8

3.4. Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodo 2005 - 2018 se realizó en el distrito de San Luis, provincia de San Pablo, departamento Cajamarca. La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales de landsat7 y landsat8, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación como se describe en la figura (8), la clasificación se realizó con la leyenda Corine Cover – CLC, en el nivel II y III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM 2014).

3.4.1. Fase inicial de gabinete

3.4.1.1. Recopilación selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas de los años 2015 – 2018

Consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con el uso de las tierras en el distrito de San Luis.

a. Instituciones visitadas

Gobierno Regional de Cajamarca – Sub gerencia de Acondicionamiento Territorial (ZEE - OT), donde se obtuvo los shapefiles de distritos, límites distritales, mapa de geología y mapa ecológico.

Autoridad Nacional del Agua (ANA), donde se obtuvo los shapefile de cuencas hidrográficas.

Ministerio del Ambiente (MINAM), del cual se obtuvo información temática y cartográfica. Como es el producto de la metodología Corine Land Cover, el esquema de procesos de clasificación.

b. Descarga de modelo de elevación digital DEM

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

c. Selección y descarga de imágenes Landsat

Las imágenes Landsat del distrito de San Luis, fueron adquiridas del servidor <https://earthexplorer.usgs.gov>. Mediante internet lo cual constituyó la base para el análisis del cobertura y uso actual de la tierra, cuyas especificaciones son las siguientes.

Tabla 7. Descarga de imágenes Landsat

ID	Satélite	Fecha
LE07_L1TP_009065_20050616_20170114_01_T1	Landsat7	16/06/2005
LC08_L1TP_009065_20180612_20180615_01_T1	Landsat8	12/06/2018

Fuente: Elaboración propia

d. Corrección atmosférica de las imágenes descargadas

La corrección atmosférica se realizó con el software Envi 4.8, donde se corrigió el ángulo de toma de imagen.

En la fase inicial se trabajó en las etapas I, II y III del esquema, como se muestra a continuación en la figura 8.

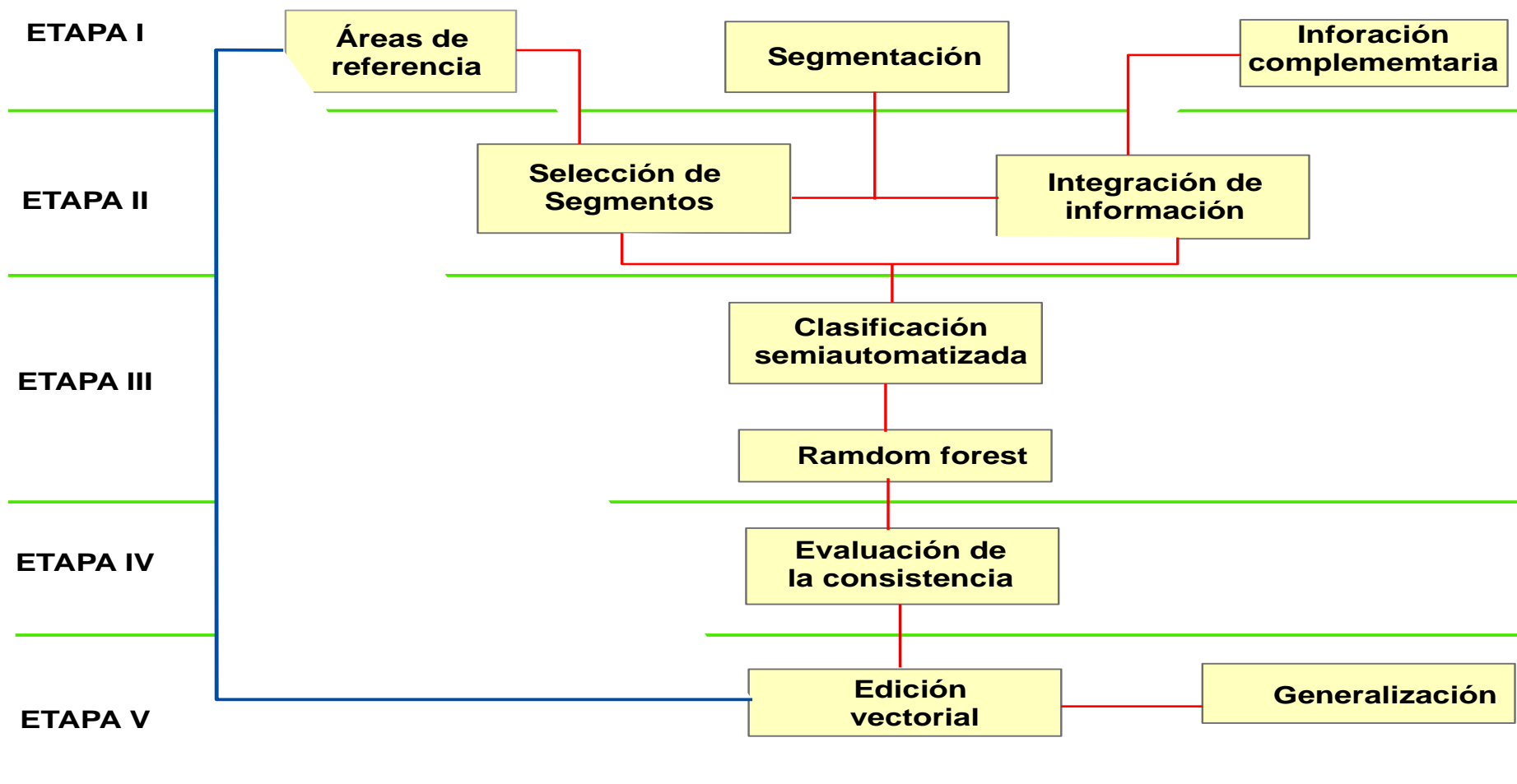


Figura 8. Proceso de clasificación para la representación cartográfica

3.4.1.2. Etapa I

a. Áreas de referencia

Se creó un shapefile en el software ArcGIS de forma geométrica (polígono) para poder delimitar el área de trabajo y posteriormente cortar las imágenes de Landsat7 y Landsat8 obtenido como resultado un archivo con formato ráster.

b. Segmentación

Para realizar el proceso de segmentación se utilizó el software Envi Zoom 4.8 con la finalidad de dividir en segmentos por medio de una agrupación de píxeles vecinos cuyas características (brillo, textura y color) tienen valores similares, se consideró los siguientes parámetros.

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

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

Tabla 8. Valores utilizados en la segmentación

Segmentación	Landsat7	Landsat8
Escale	20	20
Merge	30	30

Fuente: Elaboración propia

c. Información complementaria

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

BRIGHTNESS: Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índices de brillo generado a partir de imágenes satelitales de Landsat7 y Landsat8.

GREENESS: Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat7 y Landsat8.

SLOPE: Archivo en formato ráster que contiene altitud, generados a partir de un 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 de flujo. La curvatura del perfil afecta la aceleración y desaceleración del flujo, de tal manera que influye en la erosión y la sedimentación. La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo.

3.4.1.3. Etapa II

a. Sección 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 alimenta el proceso de clasificación automática.

Además, se utilizó el Model Builder “Coberturas_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (2014) que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, proceso mediante el cual se selecciona los segmentos que se intersecan con las áreas de entrenamiento haciendo una interrelación entre ambos asignando así las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas. Se obtiene el SegSelc_A2.shp en formato shapefile.

b. Integración de la información

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

3.4.1.4. Etapa III

a. Clasificación semi automatizada

La clasificación semi automatizada se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “filtrar.tabla.todo.rf.2” obtenido del Ministerio del Ambiente, que consiste en procesar el archivo generado en la sección de segmentos “SegSelec_A2” y el archivo generado a partir de la información generada en los archivos “Todo seg, en formato dbf y Rdata. En donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato raster.

b. Random Forest

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

3.4.1.5. Etapa IV

a. Fase de trabajo de campo (evaluación de consistencia)

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

3.4.1.6. Etapa V (Fase final de gabinete)

a. Edición vectorial

Procedimiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.6 sobre imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo.

b. Generalización

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

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

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

En el análisis de las dos imágenes satelitales landsat 7 y landsat 8, utilizadas para la presente investigación, de las cuales se determinaron siete categorías o clases finales de cobertura para los años 2005 - 2018, 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 de cobertura y uso de la tierra propuesto para el distrito de San Luis, como se muestra a continuación.

Tabla 9. Categorías de cobertura y uso actual de la tierra identificadas en el distrito de San Luis

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te
	2.1. Cultivos transitorios		Ct
2. Áreas agrícolas	2.3. Pastos		Pa
	3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.3.1. Herbazal
3.3.2. Arbustal			Ar
3.3.4. vegetación arbustiva / herbácea		Ar/He	
	3.4. Área sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	Td

4.1.1. “1. Áreas artificializadas”

4.1.1.1. “1.1. Áreas urbanizadas”

a. “1.1.1 Tejido urbano continuo (Te)”

Las áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación asociadas con ellas.



Figura 9. Tejido urbano distrito San Luis

4.1.2. “2. Áreas agrícolas”

4.1.2.1. “2.1 Cultivos transitorios (Ct)”

Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir su producción. Comprenden las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto (hasta dos años), llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa, yuca), las leguminosas (ajonjolí y algodón), la mayor parte de las hortalizas, algunas flores a cielo abierto. En el distrito de San Luis se puede encontrar los siguientes cultivos: maíz (*Zea mays* L.), avena (*Avena sativa* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.).



Figura 10. Cultivos transitorios centro poblado San Salvador

4.1.2.2. “2.3 Pastos (Pa)”

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dedicadas a pastoreo permanente por un periodo 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 Luis podemos encontrar pastos naturales grama (*Cynodon dactylon* L.), sorgo forrajero (*Sorghum vulgare* L.) kikuyo (*Pennisetum clandestinum* L.) y pastos cultivados alfalfa (*Medicago sativa* L.).



Figura 11. Categoría de pastos centro poblado Barro Negro

4.1.3. “3. Bosques y áreas mayormente naturales”

4.1.3.1. “3.3. Áreas con vegetación herbáceas y/o arbustiva”

a. “3.3.1. Herbazal (He)”

Cobertura constituida por una comunidad vegetal denominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa o abierta como: Botanera (*Browallia americana* L.), *Perezia pungens*, *Perezia* sp.



Figura 12. Categoría de herbazal centro poblado San Salvador

b. “3.3.2 Arbustal (Ar)”

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 2 m, fuertemente ramificados en la base sin una copa definida. En el distrito de San Luis se encontró arbustos como *Baccharis* sp. *Ageratina* sp. *Acacia macracantha*.



Figura 13. Categoría de Arbustal centro poblado Barro Negro

c. “3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea”

Comprende los territorios con una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea *Perezia* sp. *Browallia americana*, *Acacia macracantha*. desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos.



Figura 14. Categoría de vegetación arbustiva / herbácea del centro poblado San Salvador

4.1.4. “3.4 Áreas sin o con poca vegetación”

a. “3.4.3 Tierras desnudas (Td)”

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocoso, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve.



Figura 15. Categoría tierras desnudas del centro poblado Las Paltas

4.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurrido en el periodo 2005 – 2018

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

4.2.1. Cobertura y uso de la tierra año 2005

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en junio de 2005, se muestra en la tabla número (10) y en el mapa de cobertura y uso de la tierra (ver figura 16).

Tabla 10. Categorías obtenidas para el año 2005

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Te	5.86	0.14
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	691.68	16.17
	2.3. Pastos		Pa	49.54	1.16
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	883.57	20.66
		3.3.2. Arbustal	Ar	1183.13	27.66
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	Ar/He	1151.52	26.92
	3.4 Área sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	Td	311.64	7.29
TOTAL				4276.94	100.00

En la tabla (10) observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en el nivel II y III del distrito de San Luis.

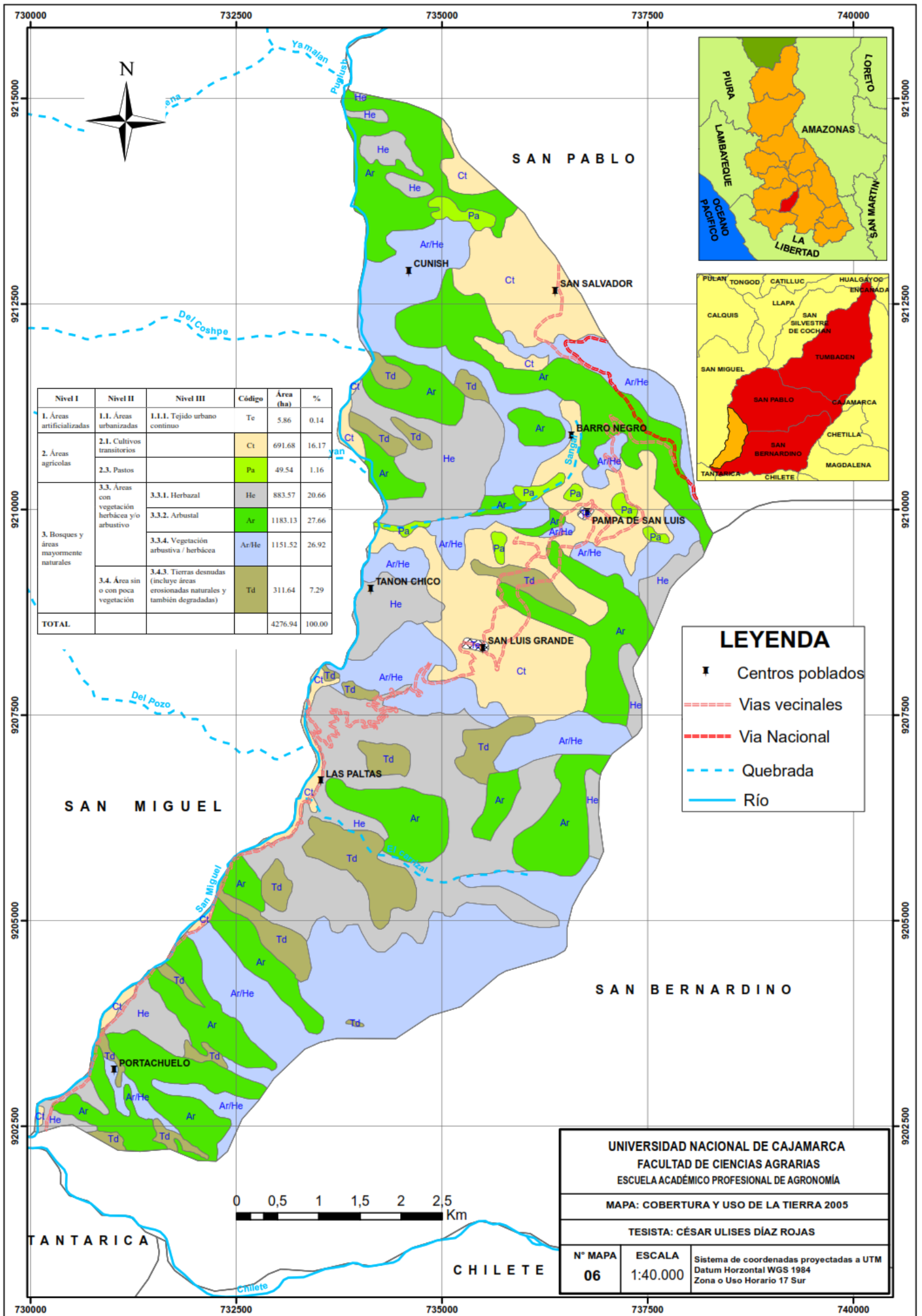


Figura 16. Mapa de Cobertura y uso de la Tierra del distrito de San Luis año 2005

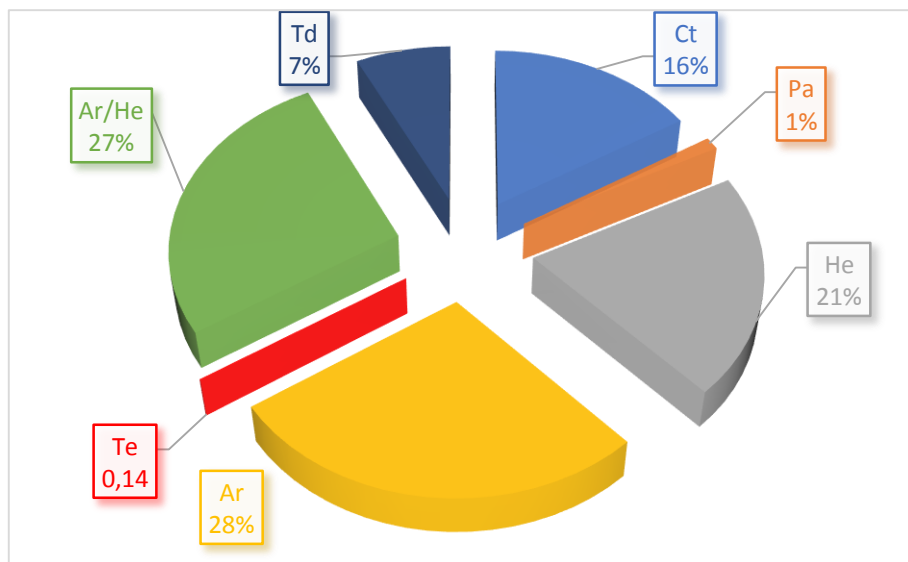


Figura 17. Distribución porcentual de cobertura año 2005

Según la figura (17)

El 0.14 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por tejido urbano continuo (Te).

El 16.17 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por cultivos transitorios (Ct).

El 1.16 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por pastos (Pa).

El 20.66 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por herbazal (He).

El 27.66 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por arbustal (Ar).

El 26,92 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por vegetación arbustiva/herbácea.

El 7.29 % de la superficie del distrito de San Luis está cubierta por tierras desnudas (Td).

4.2.1.1. Matriz de Confusión

Se obtuvo la matriz de confusión para el año 2005 en la cual se adquirió la fiabilidad del productor y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación.

Tabla 11. Matriz de confusión año 2005

		Categorías asignadas a la imagen							F. Usuario %
		21	23	331	332	334	343	Total	
Resultados de la clasificación	21	15	0	0	0	0	0	15	100.00
	23	0	11	1	0	0	0	12	91.67
	331	0	0	15	0	0	0	15	100.00
	332	0	0	0	14	1	0	15	93.33
	334	0	1	0	0	15	0	16	93.75
	343	0	0	0	0	0	15	15	100.00
	Total	15	12	16	14	16	15	88	F. global % 96.46
F. Productor %		100.00	91.67	93.75	100.00	93.75	100.00	96,53	

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

En la Primera fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a cultivos transitorios (Ct), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la segunda fila se digitalizaron 12 áreas de entrenamiento que pertenecen a pastos (Pa), de las cuales 11 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 91.67 %.

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

En la cuarta fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a arbustales (Ar), de las cuales 14 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con arbustiva/herbácea (Ar/He). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.33 %

En la quinta fila se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento que pertenecen a vegetación arbustiva/herbácea (Ar/He), de las cuales 15 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con pastos (Pa). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.75 %.

En la sexta fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a la clasificación de tierras desnudas (Td), 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 15 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100 %.

En la segunda columna se obtuvieron 12 clasificaciones de las cuales 11 fueron clasificadas correctamente representando a pastos (Pa) y 1 fue confundida con arbustiva /herbácea (Ar/He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 91.67 %.

En la tercera columna se obtuvieron 16 clasificaciones de las cuales 15 fueron clasificadas correctamente representando a herbazales (He) y 1 fue confundida con la categoría pastos (Pa). Equivalente a una fiabilidad de productor de 93.75 %.

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

En la quinta columna se obtuvieron 16 clasificaciones de las cuales 15 fueron clasificadas correctamente representando a la vegetación arbustiva/herbácea (Ar/He) y 1 fue confundida con vegetación arbustiva (Ar). Equivalente a una fiabilidad del productor de 93.75 %.

En la sexta columna se obtuvieron 15 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a tierras desnudas (Td). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

4.2.1.2. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2005.

P_o = Proporción de concordancia observada.

$$P_o = \frac{15 + 11 + 15 + 14 + 15 + 15}{88} = 0.97$$

P_e = Proporción de concordancia esperada por puro azar.

$$P_e = \frac{(15 \times 15) + (12 \times 12) + (16 \times 15) + (14 \times 15) + (16 \times 16) + (15 \times 15)}{88^2} = 0.17$$

$$k = \frac{0.97 - 0.17}{1 - 0.17} = 0.96$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.96 que según la fuerza de concordancia es **Casi perfecto**. Como se muestra en la tabla 4.

4.2.1.3. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2005 es 96.46 %, según la tabla 11.

4.2.2. Cobertura y uso de la tierra año 2018

Las principales categorías de cobertura vegetal encontradas en el mes de junio de 2018, se muestran en la tabla (12) y el mapa de cobertura y uso de la tierra (figura 18)

Tabla 12. 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	Te	13.02	0.30
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	762.55	17.83
	2.3. Pastos		Pa	68.36	1.60
3. Bosques y áreas mayormente naturales		3.3.1. Herbazal	He	940.77	22.00
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.2. Arbustal	Ar	1018.74	23.82
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	Ar/He	1161.86	27.17
	3.4. Área sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	Td	311.64	7.29
TOTAL				4276.94	100.00

En la tabla (12) observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel II y III del distrito de San Luis.

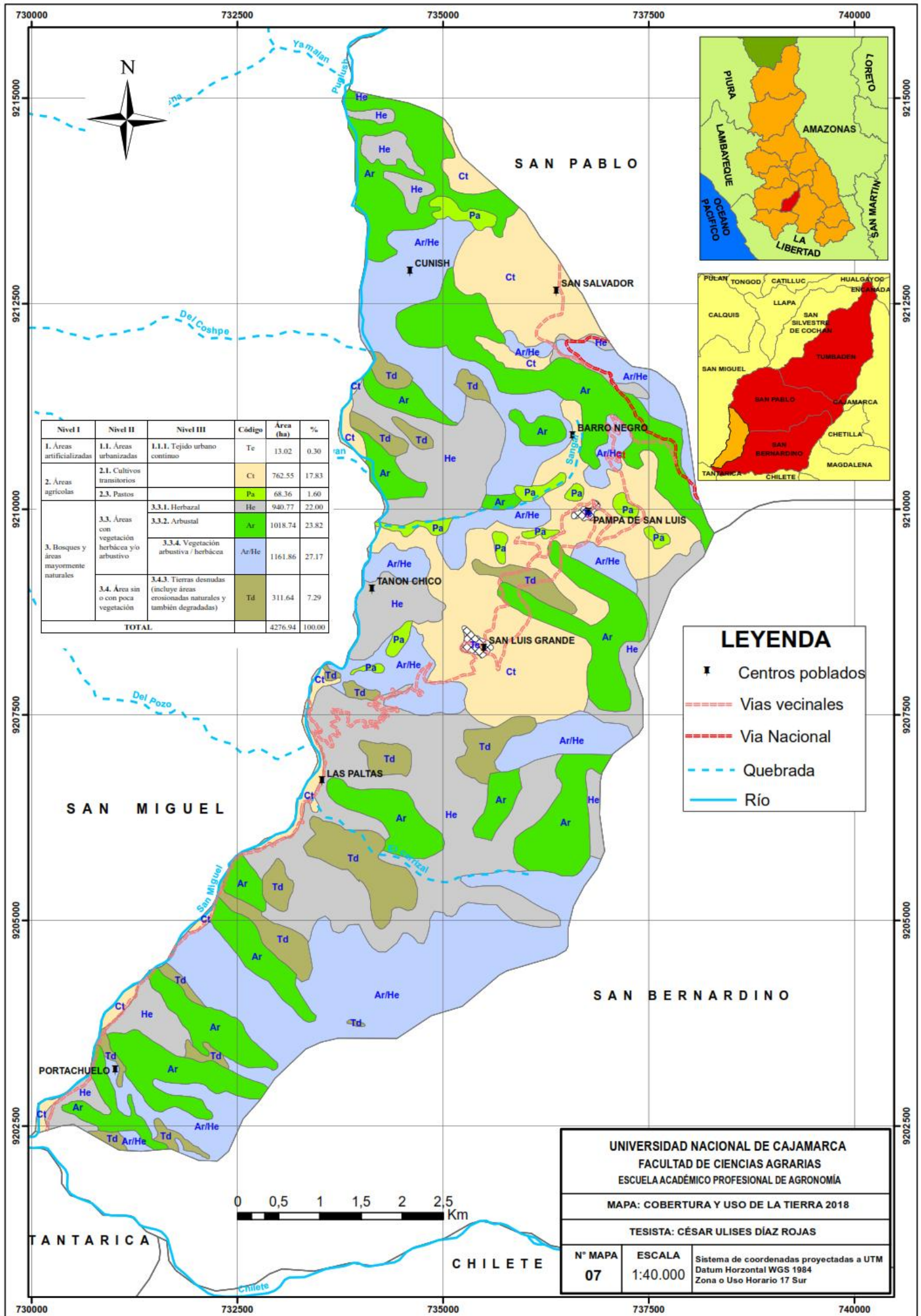


Figura 18. Mapa de cobertura y uso de la tierra del distrito de San Luis año 2018

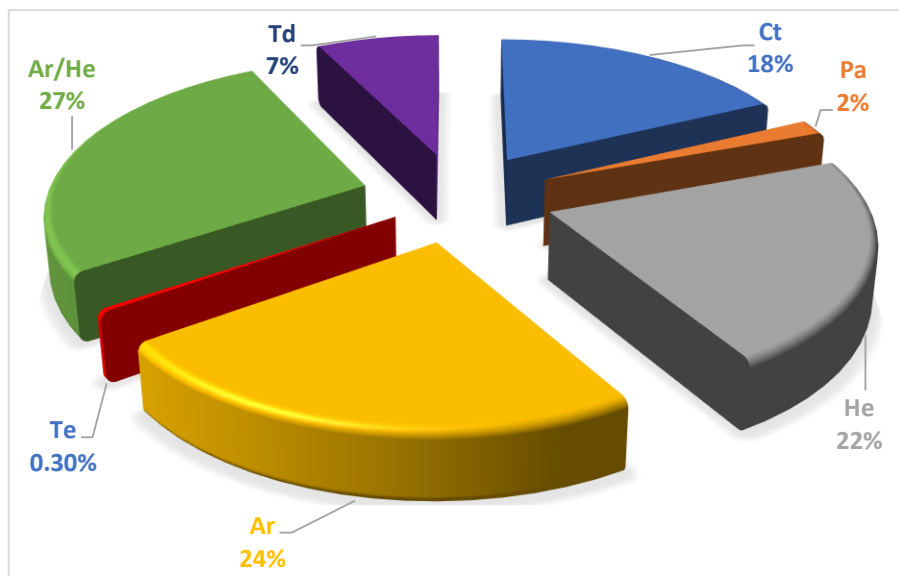


Figura 19. Distribución porcentual de cobertura año 2018

Según la figura (19)

El 0.30 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por tejido urbano continuo (Te).

El 17.83 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por cultivos transitorios (Ct).

El 1.60 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por pastos (Pa).

El 22.00 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por herbazal (He).

El 23.82 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por arbustal (Ar).

El 27,17 % de la superficie del distrito de San Luis estuvo cubierta por vegetación arbustiva/herbácea (334).

El 7.29 % de la superficie del distrito de San Luis está cubierta por tierras desnudas (Td).

4.2.2.1. Matriz de confusión

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

Tabla 13. Matriz de confusión año 2018

		Categorías asignadas a la imagen						Total	F. Usuario %
		21	23	331	332	334	343		
Resultados de la clasificación	21	18	0	1	0	0	0	19	94.74
	23	0	14	0	0	1	0	15	93.33
	331	0	0	16	0	0	0	16	100.00
	332	1	0	0	20	0	0	21	95.32
	334	0	0	0	1	20	0	21	95.23
	343	0	0	0	0	0	16	16	100.00
Total		19	14	17	21	21	16	108	F. global % 96.42
F. Productor %		94.74	100.00	94.12	95.24	95.24	100.00	96,56	

Interpretación tabla 13

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

En la Primera fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a cultivos transitorios (Ct), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con herbazal (He). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.74 %.

En la segunda fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a pastos (Pa), de las cuales 11 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con (He), de las cuales todas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00%.

En la cuarta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a arbustales (Ar), de las cuales 20 fueron correctamente clasificadas y 1 fue confundida con cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.24 %.

En la quinta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a vegetación arbustiva/herbácea (Ar/He), de las cuales 20 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con pastos (Pa). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.24 %.

En la sexta fila se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento que pertenecen a la clasificación de tierras desnudas (Td), 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 19 clasificaciones de las cuales 18 fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (Ct) y 1 fue confundida con la categoría arbustal (Ar). Equivalente a una fiabilidad del productor de 94.74 %.

En la segunda 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 tercera columna se obtuvieron 17 clasificaciones de las cuales 16 fueron clasificadas correctamente representando a herbazales (He) y 1 fue confundida con la categoría de cultivos transitorios (Ct). Equivalente a una fiabilidad de productor de 94.12 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 21 clasificaciones de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente representando a arbustales (Ar) y 1 fue confundida con la categoría arbustiva/herbácea (Ar/He). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.24 %.

En la quinta columna se obtuvieron 21 clasificaciones de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente representando a la vegetación arbustiva/herbácea (Ar/He) y 1 fue confundida con la categoría pastos (Pa). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.24 %.

En la sexta columna se obtuvieron 16 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a tierras desnudas (Td). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

4.2.2.2. Índice de kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2018.

P_o = Proporción de concordancia observada.

$$P_o = \frac{18 + 14 + 16 + 20 + 20 + 16}{108} = 0.96$$

P_e = Proporción de concordancia esperada por puro azar.

$$P_e = \frac{(19 \times 19) + (14 \times 15) + (17 \times 16) + (21 \times 21) + (21 \times 21) + (16 \times 16)}{108^2} = 0.17$$

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

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.96 que según la fuerza de concordancia es **Casi perfecto**. Como se muestra en la tabla 4.

4.2.2.3. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2018 es 96.42 %, según la tabla 13.

4.2.3. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la variación de los polígonos de forma global entre cada periodo de evaluación (2005-2018), sin importar los motivos o a que categorías de cobertura vegetal cambiaron dichos polígonos. A continuación, se muestra los resultados del análisis.

4.2.3.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2005 – 2018

En el periodo 2005 - 2018, se puede observar ganancias de área (+) como también pérdida (-) en las categorías obtenidas, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías, cultivos transitorios (Ct) con +70.87 ha. herbazal (He) con +57.21 ha. y los que han

mostrado cambios pasivos son: pastos (Pa) con +18.82 ha. arbustiva/herbácea (Ar/He) +10.35 ha. tejido urbano continuo (Te) +7.16 ha. tierras desnudas (Td) +0.01 ha. y el que sufrió cambios negativos es la categoría pastos (Pa) con -164.39 ha. Como se muestra en la tabla (14) y en el mapa de cambios de cobertura (Figura 20).

Tabla 14. Ganancia y pérdida de cobertura del suelo periodo 2005-2018

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	superficie 2005		superficie 2018		2005 – 2018	
				Área ha	%	Área ha	%	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Te	5.86	0.14	13.02	0.30	7.16	+0.17
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	691.68	16.17	762.55	17.83	70.87	+1.66
	2.3. Pastos		Pa	49.54	1.16	68.36	1.60	18.82	+0.44
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal	He	883.57	20.66	940.77	22.00	57.21	+1.34
		3.3.2 Arbustal	Ar	1183.13	27.66	1018.74	23.82	-164.39	-3.84
		3.3.2. Arbustiva /Herbácea	Ar/He	1151.52	26.92	1161.86	27.17	10.35	+0.24
5. Superficies de agua	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas	Td	311.64	7.29	311.64	7.29	-0.01	-0.00
TOTAL				4276.94	100.00	5790.74	100.00	0.00	0.00

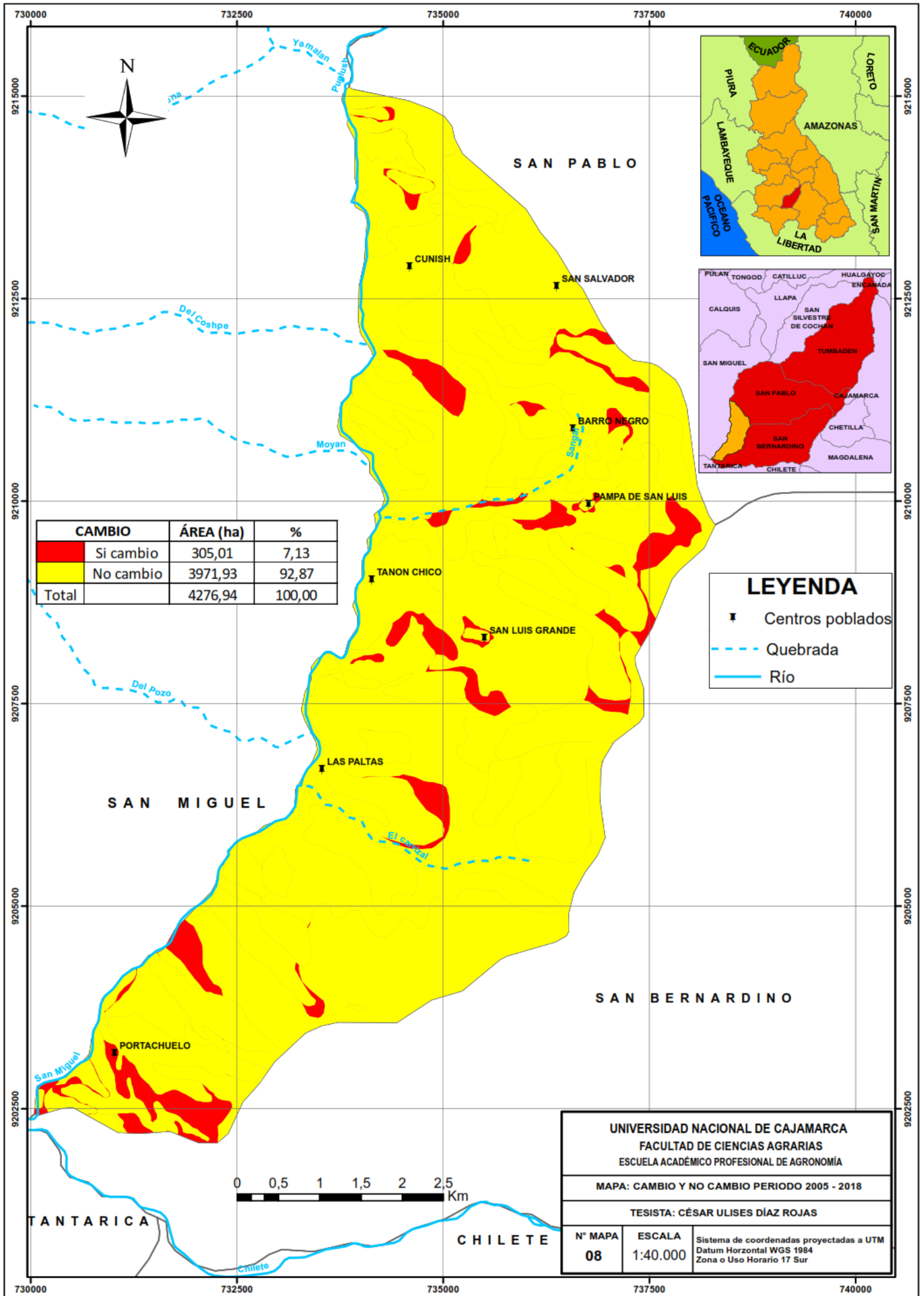


Figura 20. Mapa de cambio y no cambio del distrito de San Luis periodo 2005 – 2018

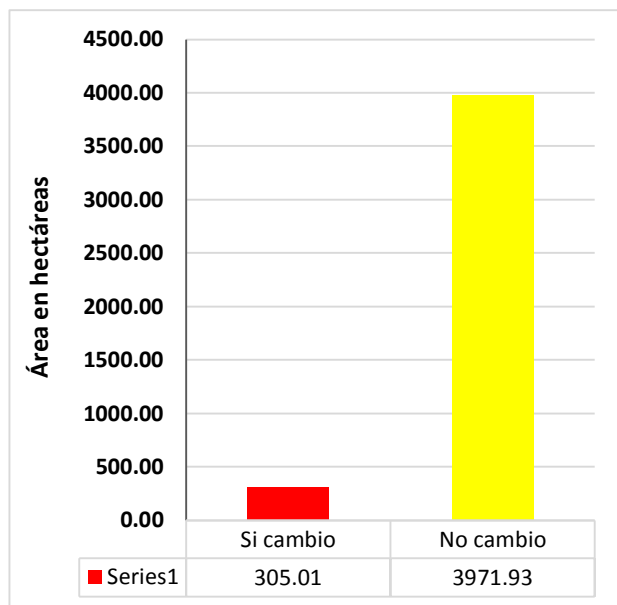


Figura 21. Cambio y no cambio de las coberturas del distrito de San Luis

Se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de San Luis en hectáreas, de un total de 4276.94 ha. la cantidad que sufrieron cambios es de 305.01 ha equivalente al 7.13 % y la que no cambio es de 3971.93 ha equivalente al 92.87 %, como se muestra en el mapa de cambio y no cambio (Figura 23).

Según los resultados obtenidos de la cobertura vegetal y uso de la tierra para el distrito de San Luis en los periodos 2005-2018, como se muestra en la figura.

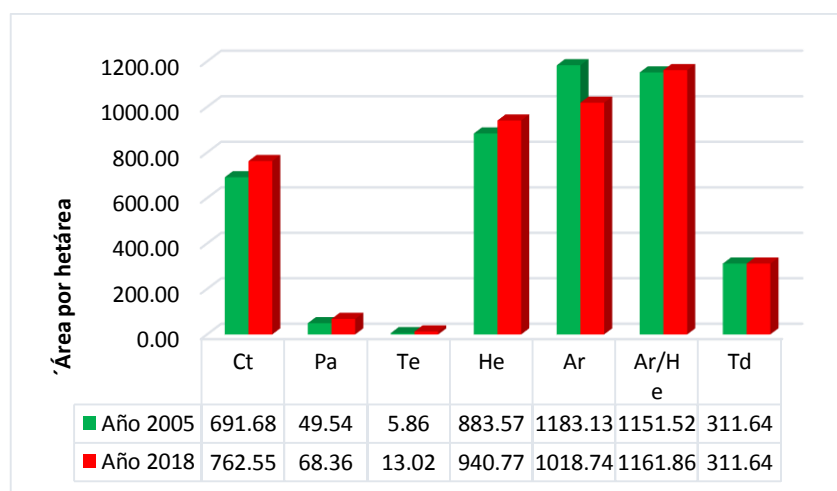


Figura 22. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2005 – 2018

Para indicar los resultados obtenidos, nos basamos en cifras obtenidas por el INEI, en los censos 1993 y 2007, a través de los cuales se estimó la tasa de crecimiento poblacional (r). teniendo los siguientes resultados.

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

r = Crecimiento poblacional

P_o = Población inicial

P_n = Población final

n = diferencia de tiempo de los censos.

Tabla 15. Tasa de crecimiento anual para dos periodos

Año	Estimación de la tasa de crecimiento anual
1993 – 2007	- 1.76
2007 – 2017	- 3.76

Según datos del INEI nos indica que para el censo 2017 hubo una desaceleración de 0,5 %.

Con los datos obtenidos de población se estimó la población para el distrito de San Luis con siguiente formula.

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

P_n = Población final

P_o = Población inicial

r = Crecimiento poblacional

t = Tiempo

Tabla 16. Población del distrito de San Luis para los años 2005 y 2018

Año	Estimación de la población total
2005	1457
2018	922

Para el periodo 2005 la categoría cultivos transitorios (Ct) presenta una superficie de 691.68 ha. y para el año 2018 una superficie de 762.55 ha. esto indica que la categoría cultivos transitorios (Ct) aumentó en 70.87 ha. se explica debido a su incremento en el consumo de productos agrícolas, los pobladores del distrito incrementan las áreas de siembra de cultivos, con la finalidad de satisfacer las necesidades de la población local, regional y nacional. Como indica FAO (2019), en todo el mundo, se prevé que el uso de cereales para la alimentación aumente en unos 150 millones de toneladas durante el período de la previsión, lo que supone un incremento del 13 por ciento sobre todo gracias al arroz y el trigo. El principal motivo es debido al crecimiento demográfico.

La categoría pastos (Pa) para el año 2005 presenta una superficie de 49.54 ha. y para el año 2018 una superficie de 68.38 ha. incrementándose esta categoría en 18.82 ha. de tal manera que este aumento se debe a que los pobladores que utilizaban las áreas para siembra de cultivos los van abandonando y como alternativa cultivan pastos para alimentar a sus animales. Como indica Rubio (2018) los antiguos agricultores van dejando algunos terrenos descansar porque tenían una extensión más grande para desarrollar sus actividades agrícolas y pecuarias, pero como las nuevas generaciones toman posesión de ello, estos lo utilizan de acuerdo al propósito que ellos desean como la instalación de pasturas donde fue cultivos.

Por otro lado, la categoría tejido urbano (Te) para el año 2005, presenta una superficie de 5.86 ha. y para el año 2018 una superficie de 13.02 ha. logrando un incremento de 7.16 ha. esto se explica que los pobladores migran del campo hacia la ciudad, sin dejar de cultivar sus tierras, en busca de un mejor estilo de vida. Según Delgado (2010), el crecimiento territorial viene asociado exclusivamente a la construcción de viviendas en la periferia del área destinada para zona urbana.

La categoría herbazal (He) presenta para el año 2005 una superficie. 883.57 ha. y para el año 2018 presenta una superficie de 940.77 ha. presentando una pérdida de 57.20 ha es. esto se debe a la extensión de la actividad agrícola, en este proceso los agricultores buscan nuevas áreas con la finalidad que éstas sean más eficientes; por ende, las áreas que fueron cultivadas anteriormente son dejadas y en ellas crecen una serie de plantas pequeñas denominadas herbazales. Como indica Slania del Sur (2016) que los diferentes tipos de cobertura desde herbazales, rastros pequeños y grama natural, entre otros. Son producto en su mayor parte de la rotación de cultivos o en el abandono de las tierras.

La categoría arbustal (Ar) para el año 2005 presenta una extensión de 1183.13 ha. y para el 2018 presenta una extensión de 1018.74 ha. presentando una pérdida de 164.39 ha. en el periodo de 13 años. La disminución de la categoría arbustal (Ar), se debe a que la población lo utiliza para la extracción de leña para actividades domésticas y para la venta en mercado local. Sin embargo, genera una gran amenaza para el planeta. Como indica la FAO (2012) que la cubierta forestal a nivel mundial alcanza casi 4 000 millones de hectáreas, y cubre cerca del 30 por ciento de la superficie terrestre y entre 1990 y 2005, el mundo perdió el 3 por ciento de su superficie forestal, con una reducción media del 0,2 por ciento anual.

En cuanto la categoría arbustal/ herbazal (Ar/He) para el año 2005 presenta un área de 1151.52 ha. y para el 2018 presenta 1161.86 ha. presentando un incremento de 10.34 ha. esto es debido a la remoción que realiza el hombre para limpiar el área y ser utilizada para la siembra de cultivos, como indica Bravo *et al.* (2016) la cobertura vegetal ha sido reducida a consecuencia de las actividades antrópicas.

Finalmente, la categoría de Tierras desnudas, no ha sufrido cambios en cuanto a su cobertura.

4.2.4. Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra

4.2.4.1. Análisis de cambios por cobertura

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

a. Cambios por cobertura del periodo 2005 – 2018

En cuanto a los cambios por cobertura del periodo 2005-2018 en el distrito de San Luis, se determinó los principales cambios que fueron en total 15, como se muestra en la tabla (17) y en el mapa de cambios de cobertura (ver Figura 23).

Tabla 17. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2005 – 2018

Código	Simbología	CUT_2005	CUT_2018	Área ha	%
1	Ct – Te	Cultivos transitorios	Tejido urbano	7.16	0.17
2	He – Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	4.72	0.11
3	Ar – Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	6.33	0.13
4	Ar – He	Arbustal	Herbazal	45.62	1.07
5	Ar – Ar/He	Arbustal	Vegetación arbustiva/herbácea	107.37	2.51
6	Ar – Td	Arbustal	Tierras desnudas	5.93	0.14
7	Ar/He – Ct	Vegetación arbustiva/herbácea	Cultivos transitorios	68.32	1.60
8	Ar/He – Pa	Vegetación arbustiva/herbácea	Pastos	16.51	0.39
9	Ar/He – He	Vegetación arbustiva/herbácea	Herbazal	16.82	0.39
10	No cambio	3998.17	93.48	3998,17	93,48
TOTAL				4276.94	100.00

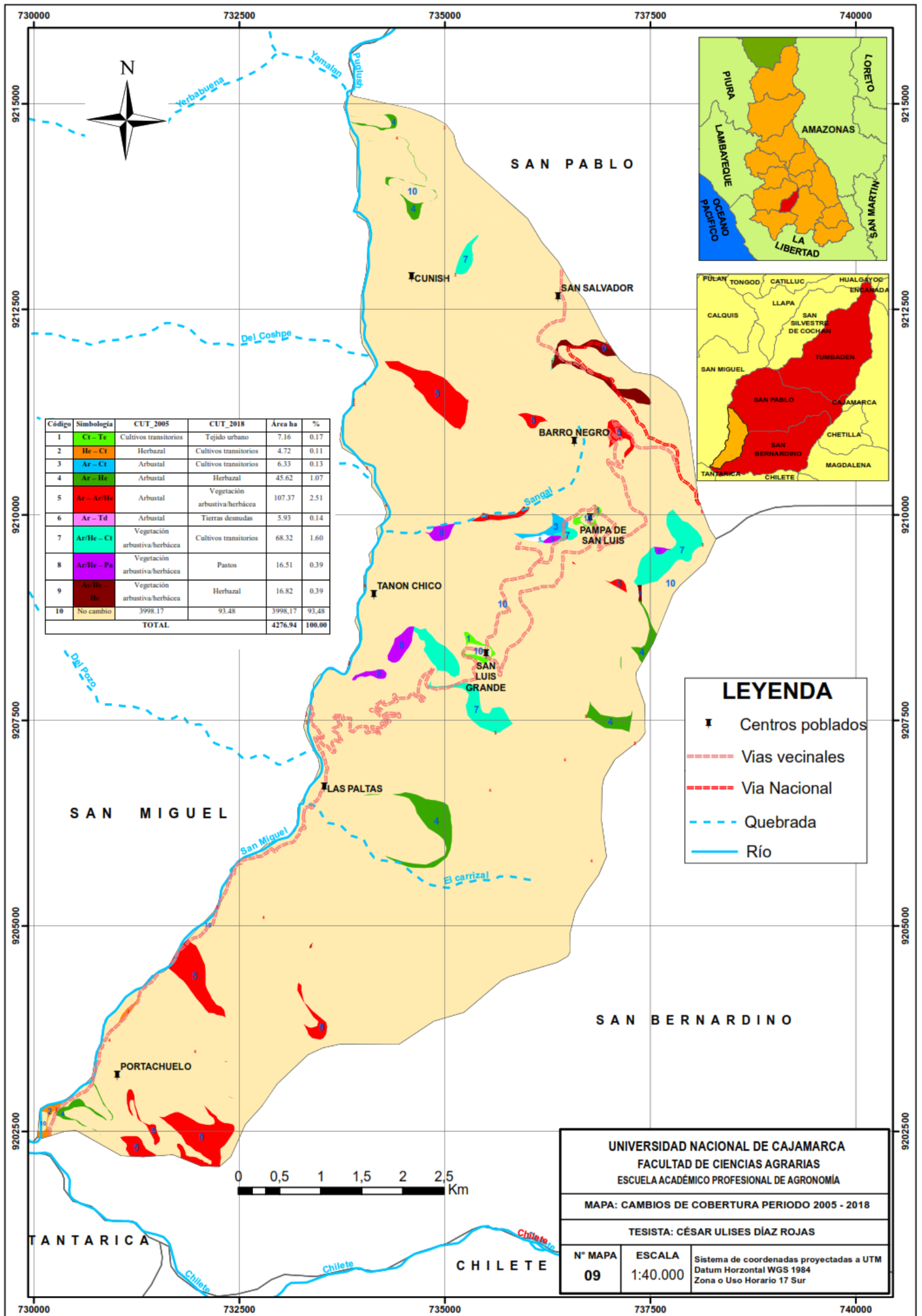


Figura 23. Mapa de cambios de cobertura del distrito de San Luis periodo 2005 - 2018

La categoría cultivos transitorios (Ct) fue remplaza por, tejido urbano (Te) con un área de 7.16 ha. Siendo la misma el total de pérdida de la categoría en mención.

La categoría herbazal (He) fue reemplazada por cultivos transitorios con un área de 4.72 ha. Siendo la misma el total de pérdida de la categoría en mención.

La categoría arbustal (Ar) fue reemplazada con cultivos transitorios (Ct) con un área de 6.33 ha, herbazal (He) con un área de 45.62 ha, vegetación arbustiva/herbácea (Ar/He) con un área de 107.37 ha, tierras desnudas (Td) con un área de 5.93 ha.

La categoría vegetación arbustiva/herbácea (Ar/He) fue reemplazada con cultivos transitorios (Ct) con un área de 68.32 ha, pastos (Pa) con un área de 16.51 ha, herbazal (He) con un área de 16.83 ha.

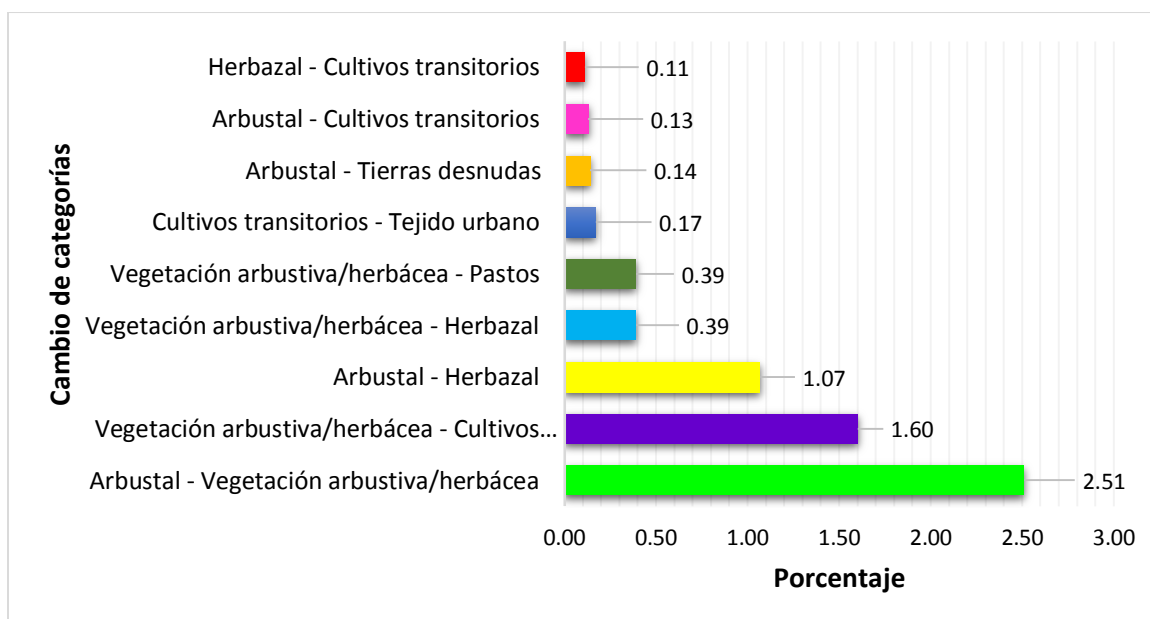


Figura 24. Porcentaje del cambio de coberturas periodo 2005-2018

Según se aprecia en la figura 24, el porcentaje de área que sufrió mayor cambio fue la categoría de arbustal a arbustiva/herbácea (Ar-Ar/He) en 2.51 % así también otra categoría que sufrió un alto porcentaje de cambio fue de vegetación arbustiva/herbácea a cultivos transitorios (Ar/He-Ct) en un 1.60 %, lo que indica que estos cambios se debe a la deforestación que realizan los pobladores con el fin de incrementar el área para la siembra del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), esta actividad se realiza con la finalidad de suplir sus necesidades alimentarias y también hacer el ingreso de sus

productos en los mercados locales, regionales y nacionales para así tener mejores ingresos económicos, esto se sustenta con lo que indica Verma y Raghubanshi (2019), que los países dependen en gran medida de la agricultura para lograr el crecimiento económico, debido a este crecimiento los agricultores buscan nuevas tierras para hacerlas producir de tal manera que puedan lograr mejores resultados en sus cosechas.

Los agricultores del distrito en estudio son propietarios de pequeñas parcelas las cuales son cultivadas con labores tradicionales, pasadas de una generación a otra; dentro de estas labores podemos mencionar la utilización de herramientas como picos, palanas, lampas o uso de animales para la labranza del suelo como es la yunta. Como mencionó la FAO (1995) los pequeños agricultores se muestran a menudo reacios a abandonar una forma de agricultura tradicional, esto es debido a que las autoridades locales no están trabajando de manera oportuna en cuanto a las capacitaciones que deben brindar hacia los agricultores con la finalidad hacer producir a sus mismas tierras y evitar que ellos busquen tierras fértiles para la agricultura haciendo la deforestación de los bosques de la zona.

Actualmente, los pobladores del distrito de San Luis no están tomando en cuenta la importancia que tienen los recursos naturales en el ámbito de su distrito para el futuro, a consecuencia de ello están provocando que parte de la vegetación y especies que habitan se esté perdiendo por la tala que realizan; así mismo, este problema no solo afecta a los pobladores del lugar, sino a todo el ecosistema. También debemos mencionar que los procesos de deforestación traen como una de las principales consecuencias erosión hídrica, que empobrece los suelos y finalmente va reduciendo las áreas de cultivo, por lo cual, es comprensible el requerimiento de nuevas áreas de cultivo. Una manera de disminuir los efectos negativos de la deforestación sería que las autoridades de la zona promuevan prácticas de conservación de suelos y sistemas agroforestales que permitan un desarrollo de las actividades agropecuarias de una manera más sostenible. Según indica Emiru *et al* (2019) la tierra y sus recursos han sido utilizados para satisfacer las necesidades materiales, sociales de los seres humanos. Por ello, es que los bosques naturales se han transformado en áreas agrícolas para satisfacer la demanda de alimentos de la población.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Los cambios de cobertura se determinaron en dos niveles, nivel II se identificaron dos categorías (cultivos transitorios y pastos) y en el nivel III, se determinó cinco categorías (tejido urbano continuo, herbazal, arbustal, vegetación arbustiva/herbácea y tierras desnudas).

Se elaboró los mapas de cobertura y uso actual de la tierra, con el algoritmo de máxima verosimilitud para el período 2005 – 2018, alcanzando una fiabilidad de 96.46 % para el año 2005 y para el año 2018 alcanzando una fiabilidad de 96.42 %, el cual fue validado en campo.

Se determinó que, en el distrito de San Luis, los cambios ocurridos en el periodo analizado de 13 años representan el 7.13 % de 4276.94 ha. La categoría que más cambio sufrió en el periodo 2005 – 2018 fue arbustal (Ar) con una pérdida de 164.39 ha.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar *et al.* 2014. Metodología para la Corrección Atmosférica de Imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el Módulo Flaashgeogra del Software Envi, Revista Geográfica de América Central, Vol. 2 Núm. 53 (2014).
- Alcántara, G. 2011. Cobertura Vegetal y Uso Actual de la Tierra Departamento de Cajamarca, Gobierno Regional de Cajamarca, (6): 170 p
- Alcántara, G. 2014. Estudio Especializado Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra – Departamento de Cajamarca.
- Ambrosio, G.; Gonzales, V. 2002. Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal, Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. 29071 Málaga, 45. 61-71.
- Ariza, A. 2013. Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM. Bogotá – Colombia. 46 p.
- Ayala, M.; Menety, M. 2001. Metodología para la búsqueda del mejor Clasificador de Imágenes de Satélite, Teledetección Medio Ambiente y Cambio Global (2001) 469 – 472.
- Barrera, R.; García, D. 2015. Procesamiento, Interpretación y Análisis de Imágenes Satelitales en la Banda de los 400 a 700 nanómetro para Aplicaciones de Percepción Remota, tesis de grado, México, Instituto Politécnico Nacional, 10, 26 p.
- Basterra, I. 2010. Teledetección – Imágenes Satelitales – Procesamiento Digital de Imágenes Satelitales. (en línea) consultael 28 de setiembre del 2018. Disponible

en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2010/parte02/tdi.pdf>

Bravo *et al.* 2016. Composición y estructura arbórea y arbustiva de la vegetación de la zona costera de Bahía de Banderas, Nayarit, México, vol.94 no.3, ISSN 2007-4298

CEUPE (Centro Europeo de Postgrado) 2018. Los Sistemas de Información Geográfica, (en línea, blog), Alcalá, España: (1): 28005, Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/los-sistemas-de-informacion-geografica.html>

Cerda, J.; Villarroel, L. 2008, Evaluación de la concordancia inter-observador en Investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa, Revista Chilena de Enero-Febrero 2008, 79 (1): 54-58.

Cervantes, E. 2014. Clasificación de imágenes satelitales mediante el uso de memorias asociativas, tesis de grado de maestría, México, Instituto Politécnico

Chuvieco, E. 1995. Fundamentos de teledetección espacial. 2º ed. Madrid - España. 90, 116p.

CLIMAGRI. 2014. Cobertura Vegetal, (1): 234-235 Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina (en línea). Lima, Perú. Consultado 12 content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambiosde-la-Tierra-CAN.

Contreras, S. 2016 Análisis de la evolución de la gestión, uso y cobertura vegetal del suelo del bosque protector Aguarongo y Sectores Colindantes, Áreas de estudio: San Juan y Jadan, tesis de grado, Bolivia, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 5 p, solo resumen.

Delgado, C. 2010. Espacios y Paisajes Urbanos. Reflexionar sobre su presente para proyectar su futuro, Asociación de Geógrafos españoles: Universidad de Cantabria, Universidad de Oviedo, Universidad del país vasco. España, ISSN: 978 - 84 - 86116 - 17 - 0.

Deng *et al.* 2018. Clasificación de la cobertura del suelo usando series de tiempo Landsat 8 imágenes en un área muy urbanizada, *Investigaciones Geográficas*, (en línea). Revista de Elsevier, v. 63, n° 7, p. 2144-2145.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). 2019. El aumento de la producción agrícola mantendrá bajos los precios de los alimentos la próxima década, pero persisten muchas incertidumbres. Consultado 13 de julio de 2019. Disponible en <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000385/index>. Html

Diaz, J.; Pérez, A. 2003. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión, *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Revista científica Scielo, 11. Feb 2003, Núm. 51, 2003, pp. 53-72

Di Gregorio, A.; Jansen, L. 1998. La cobertura paramétrica de la tierra y las clasificaciones de uso de la tierra como herramientas para la detección del cambio ambiental. *Agricultura, ecosistemas y medio ambiente.*, 91(1), 89-100.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). 1995. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales - Vol 37.* (en línea), México, Consultado 12 junio de 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/r2640s/r2640s00.htm#Contents>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). 2002. La deforestación contribuye al cambio climático. Consultado 18 de julio de 2018. Disponible en <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000385/index.html>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2003. *Ordenamiento Territorial Rural Sostenible*, GCP/RLA/139JPN.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. Recursos de la Tierra y la Población: Dependencia e Interacción, (2): 143-152.
- Foley *et al.* 2005. ¿Cómo planean las ciudades responder al cambio climático? Evaluación de los planes climáticos locales de 885 ciudades en la UE-28. (en línea) Revista el Sevier v. 191, n° 1, p. 207-219.
- Franco, R. 2017. Composiciones Landsat en ArcGIS – Guía básica. Bogotá – Colombia. 17p.
- García, A. 2001. Landsat, Sistemas de Comunicación Vía Satélite, Estados Unidos, 27 – 40 p.
- García *et al.* 2014. Efecto de diferentes usos de la tierra en la composición y la abundancia de la macrofauna edáfica, en la provincia de Matanzas, Scielo, vol.37 no.3., ISSN 0864-0394.
- Guerra, E. 2006. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz, tesis de grado, Bolivia, Centro de Levantamientos Aeroespaciales y Aplicaciones SIG, 52 p.
- INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico). 2016. Mapa geológico del Perú. Shapefile y Memoria descriptiva (en línea). Consultado 22 de Noviembre. 2018. Disponible en <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2013. Elementos de la percepción remota. México. 80p. Consultado 10 noviembre de 2018. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/elementos.aspx>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Consultado 25 marzo de 2018. Disponible de <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/censos/>

- INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 1995. Mapa Ecológico del Perú. Escala 1/1 000 000. Lima. Perú.
- López *et al.* 2014. Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano, (en línea), CIENCIA ergo-sum, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. Pp. 136-144., ISSN 1405-0269
- Mamani, Y. 2018. ASPECTOS TÉCNICOS DE LAS IMÁGENES DE LANDSAT INEGI. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. 8p.
- Martínez, J. 2005. Percepción remota “Fundamentos de Teledetección Espacial”. Recopilación, Comisión nacional del Agua, Jefatura de Control Cartográfico. 62 p
- Martínez, J.; Martín, M. 2010. Teledetección y medio ambiente. España. Ministerio de Ciencia e Innovación- España. 67 p
- Mena *et al.* 2011. Generalización de Modelo Digital de Elevación Condicionada por Puntos Críticos de Terreno, Universidad de Talca, Centro de Geomática, (en línea). Revista de Scielo, v. 17, no 3, p.439-457
- MINAGRI. 2014. Efectos de la cobertura del suelo sobre la erosión. Practicas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín n°8 (19)
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2014. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Ministerio del Ambiente, 2014, Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina, dirección general de ordenamiento territorial - Lima, 2014.78 p n° 45.
- Monterroso, M. 2013. Clasificación de Imágenes Satelitales, Una guía práctica sobre la realización de clasificación supervisada y no supervisada de imágenes Satelitales utilizando el software ILWIS 3.3., (6): 2 - 4.

- Muñoz, P. 2013. Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación, Centro de Información de Recursos Naturales, ISBN 84-370-4220-8.
- Pancel, L. 2015. Análisis de Cambios de la Cobertura Forestal y Uso de la Tierra mediante imágenes satelitales de alta resolución espacial. República del Salvador. 48p.
- Patiño, N. 2015. Clasificación de la cobertura de la tierra en el suelo rural del municipio de pupiales – Nariño mediante la aplicación de herramientas SIG, tesis de grado, Colombia, Universidad de Manizales, 21 p.
- Peña, J. 2006. Sistema de Información Geográfica Aplicados a la gestión del Territorio, San Vicente, Alicante, España, ISBN: 978 – 84 – 8454 – 998 – 7
- Pérez, C.; Muñoz, A. 2006. Teledetección: Nociones y aplicaciones. España. Universidad de Salamanca. 356 p.
- Ramos, B. 2016. Cómo interpretar las bandas de las imágenes obtenidas por el satélite Landsat gracias a un visor cartográfico, (en línea, blog). Madrid, España, Consultado 23 dic. 2018. Disponible en: <https://www.cursosteledeteccion.com/como-interpretar-las-bandas-de-las-imagenes-obtenidas-por-el-satelite-landsat-gracias-a-un-visor-cartografico>
- Rodríguez *et al.* 2015. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión, 2003, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, N^o 51, 2003, pp. 53-72.
- Rubio Llatas, YA. 2018. Análisis del Cambio de Cobertura y Uso de la Tierra con Imágenes Satelitales del Distrito de Lajas Periodos 1987-2002-2016. Tesis Ing. Cajamarca, Perú, UNC. 150 p.
- Slania del Sur. 2016. Cobertura y Uso de la Tierra. Tesis Ing. Miranda, Colombia, Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Miranda – Cauca Diagnostico Territorial. 16 p.

- Sobrino, J. 2000. Teledetección Servicio de Publicaciones Universidad de Valencia, 467 p
- Suárez *et al.* 2009. Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá). Colombia. V.17, n° 1 p. 10-11.
- Suárez *et al.* 2017, Validación de la metodología Corine Land Cover (CLC) para determinación espacio-temporal de coberturas: caso microcuenca de la quebrada Mecha (Cómbita, Boyacá), Colombia, (en línea), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt" Colombia, Biota Colombia 17(1)
- Turpo, A. 2015. Las 8 Regiones naturales del Perú - Javier Pulgar Vidal. Perú. 6p. Consultado el 12 de noviembre de 2018. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/283489970/Las-8-Regiones-naturales-del-Peru-Javier-Pulgar-Vidal>
- Vargas, G. 1992. Estudio del uso actual y capacidad de uso de la tierra en América central, (en línea), anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 18(2): 7-23, 1992.
- Vicens, L. 2009. Fuentes y Adquisición de Datos: Lección 9, Clasificación de imágenes, Programa UNIGIS de Postgrado y Master Internacional a distancia en Sistemas de Información Geográfica, UNIGIS Girona, Universitat de Girona 9ª Edición, 2009, 15 p
- Zorogastúa *et al.* 2010. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura – Perú. (en línea), Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú 10(1), 2011

ANEXOS

Tabla 18. Leyenda 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 Bosques plantados	3.3.1 Herbazal
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.2 Arbustal
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.5 Arbustal / área intervenida
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.6 Herbazal / área intervenida
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.7 Arbustal-Herbazal/área intervenida
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramientos rocosos
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.4 Áreas quemadas
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.5 Glaciares
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	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: MINAM 2014.

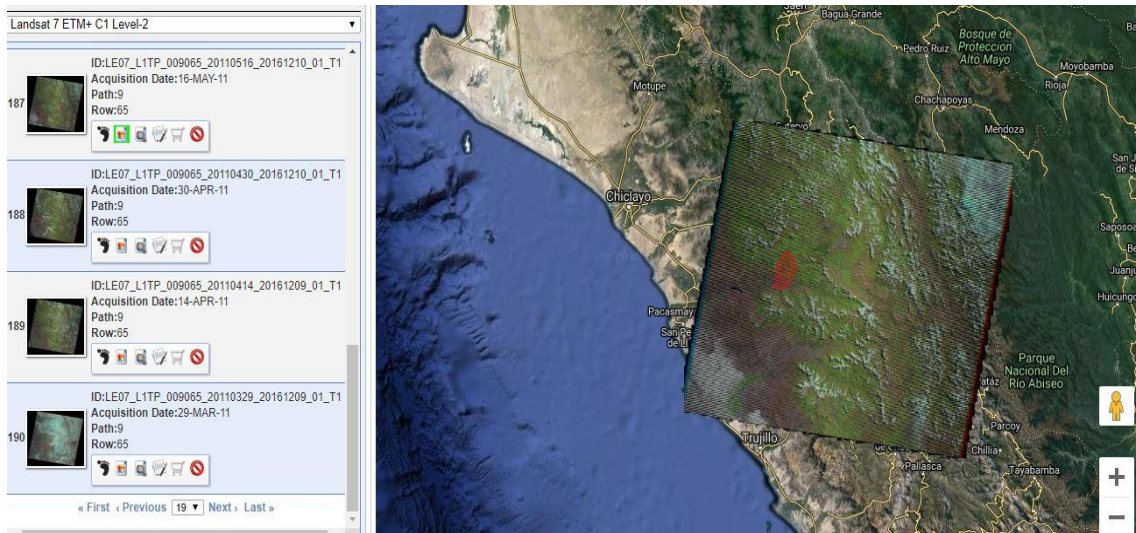


Figura 25. Descarga de imágenes satelitales

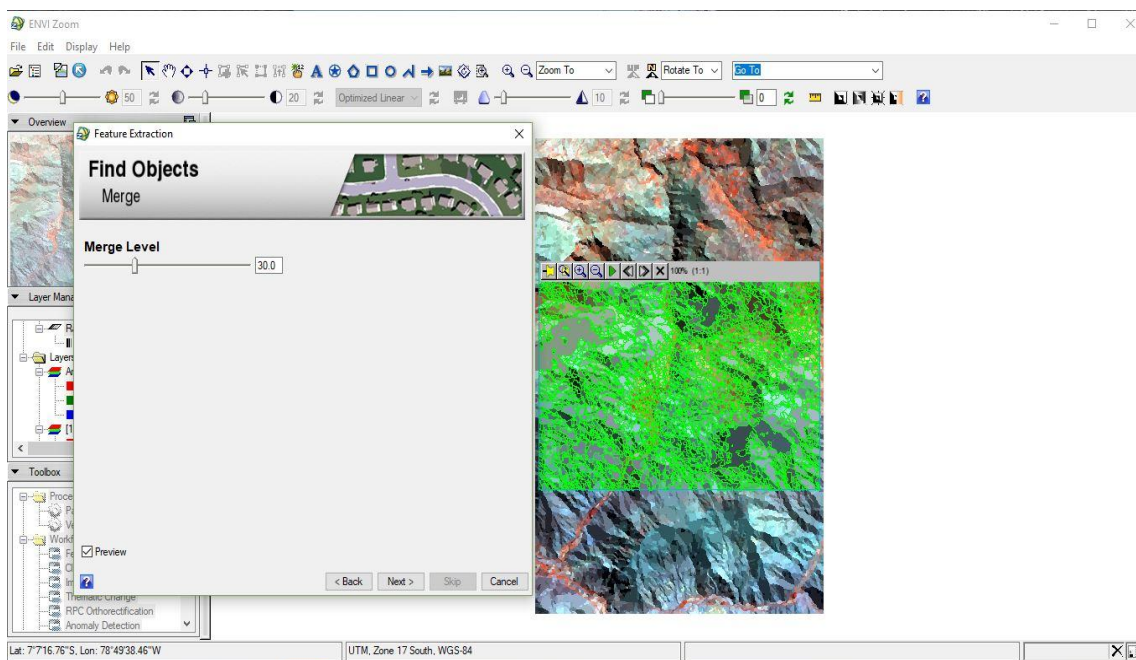


Figura 26. Segmentación del área de estudio

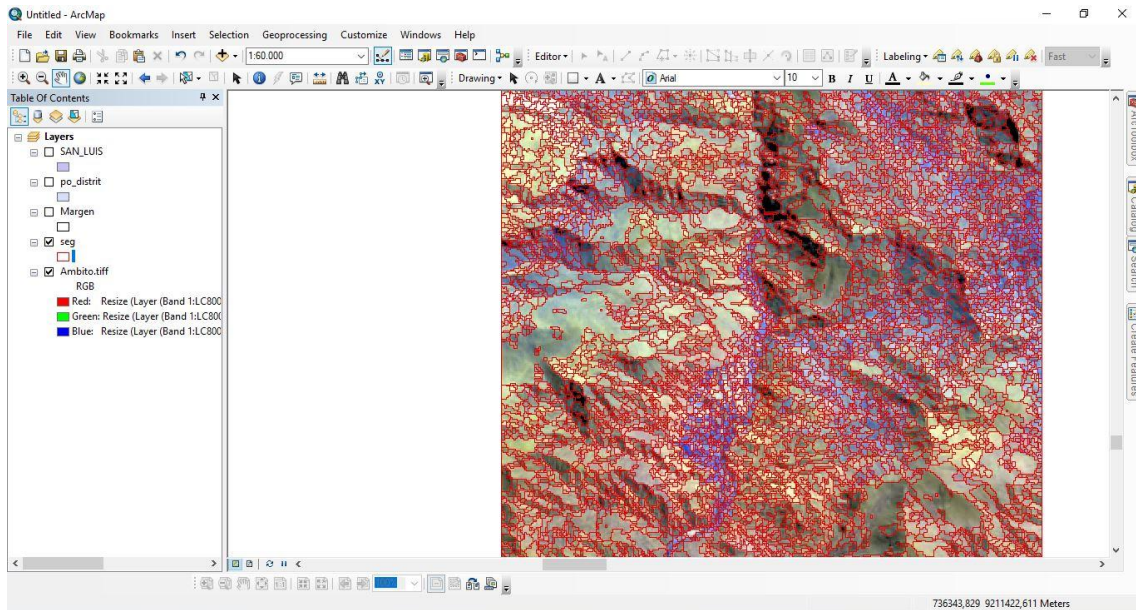


Figura 27. Segmentación de las áreas de entrenamiento

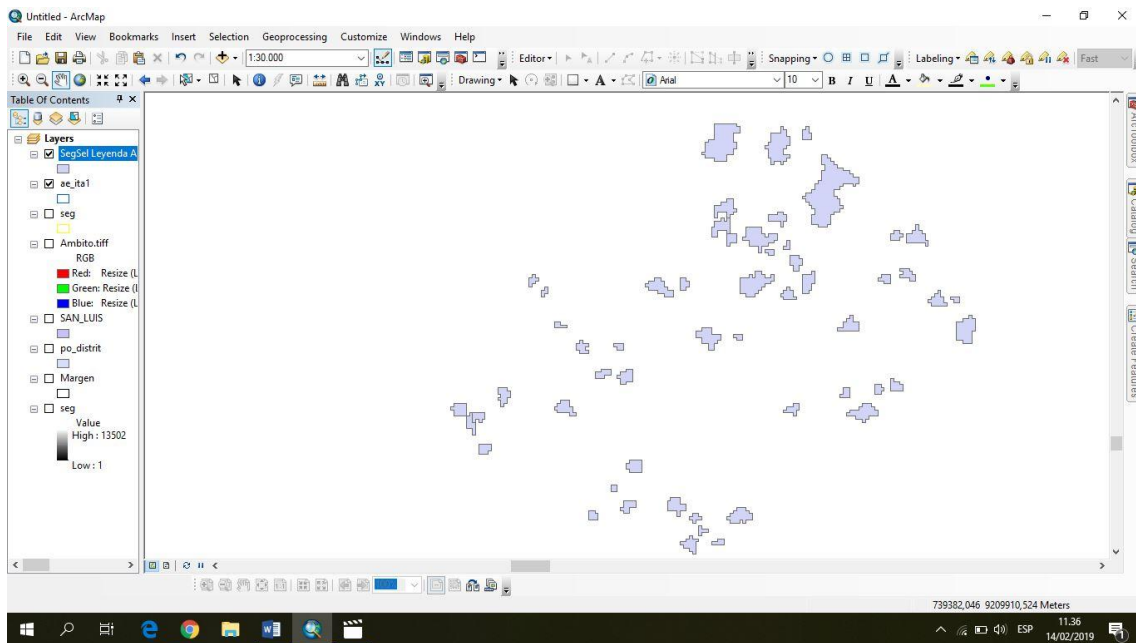


Figura 28. Rellenado de polígonos de las áreas de entrenamiento

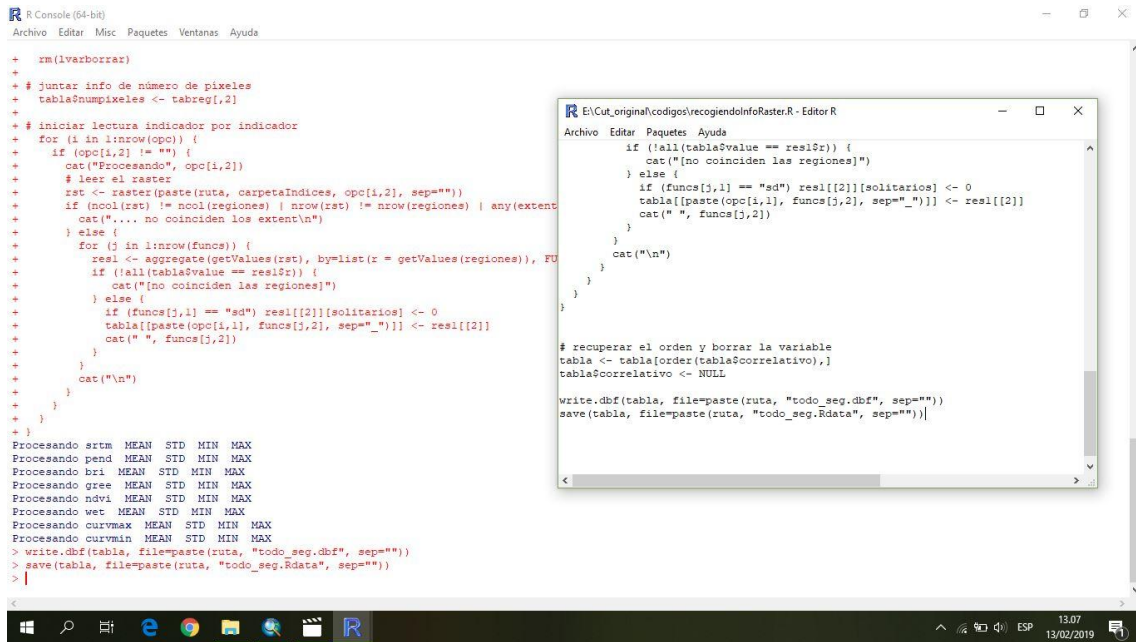


Figura 29. Ejecución del script Random Forest

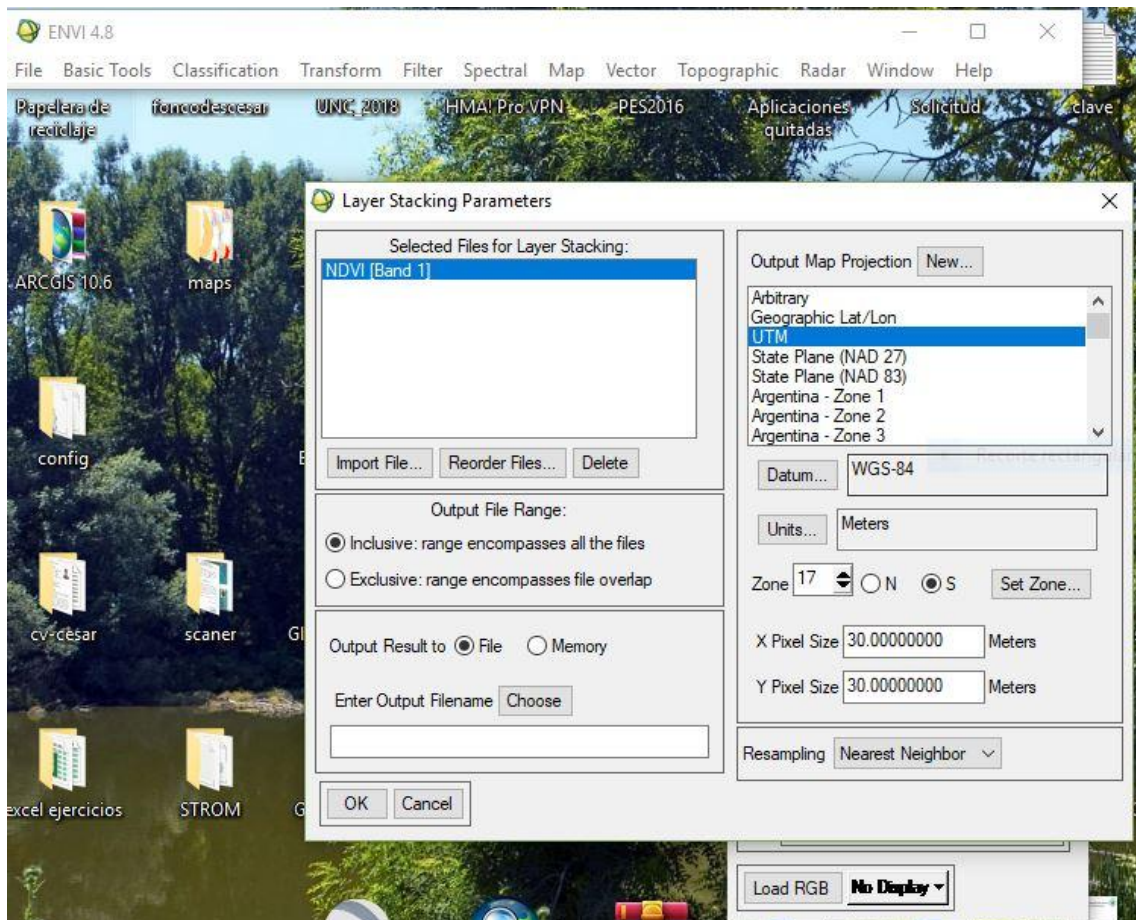


Figura 30. Enmascaramiento de capas mediante Envi 4.8



Figura 31. Un cambio de cobertura de Arbustiva/ herbácea a herbazal



Figura 32. Vías de acceso al distrito de San Luis



Figura 33. Río San Miguel



Figura 34. Verificación in situ del mapa CUT 2018



Figura 35. Consulta a los agricultores