

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**ANÁLISIS DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON
IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE JOSÉ MANUEL QUIROZ
PERÍODO 2000 – 2018**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

RONAL MUÑOZ DÁVILA

ASESOR:

M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA – PERÚ

2018



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

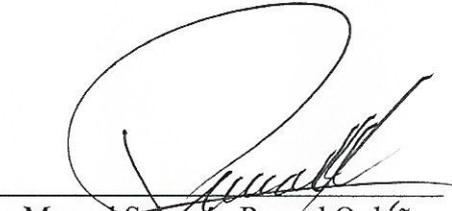
En Cajamarca, a los **ocho** días del mes de **noviembre** del año dos mil dieciocho, se reunieron en el ambiente **2A-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 414 - 2018 - FCA - UNC, Fecha 12 de setiembre de 2018, con el objetivo de Evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: “**ANÁLISIS DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE JOSÉ MANUEL QUIROZ PERÍODO 2000 – 2018**”, la misma que fue sustentada por el Bachiller en Agronomía: **RONAL MUÑOZ DÁVILA** en Cajamarca, para optar el Título profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

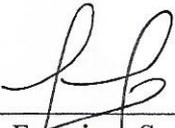
A las **once** horas y **cero** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, se procedió a la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado; el Presidente del jurado anunció la **aprobación** por **unanimidad** con el calificativo de **dieciséis (16)** con fines de Titulación correspondiente.

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

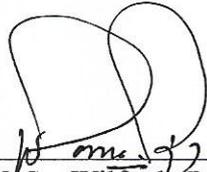
A las trece horas y cinco minutos, del mismo día el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 08 de noviembre de 2018.


Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez
PRESIDENTE


Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
SECRETARIO


Ing. Urias Mostacero Plasencia
VOCAL


Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios creador y dueño de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre Alicia a mi padre Enrique que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanos Walter, Enma, Mabel, Medaly, Oscar, Esmerita, Edin y Marleny que siempre han estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis amigos en general por los buenos consejos.

EL AUTOR.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre Alicia, a mi padre Enrique que con su demostración de unos padres ejemplares me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos que aun estando lejos los llevo siempre en mi corazón y mente.

A mi asesor y amigo Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas que con gran profesionalismo asesoro este trabajo de investigación.

EL AUTOR.

ÍNDICE

CONTENIDO

PÁGINA

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE MAPAS.....	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	1
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Cobertura vegetal.....	3
3.1.1 Pérdida de cobertura vegetal	3
2.2 Suelo agrícola	3
2.2.1 Uso del suelo agrícola.....	4
2.2.2 Cambios de usos del suelo	4
2.3 Evaluación de cambios en la cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales.....	5
2.4 Sistemas de información geográfica (SIG).....	5
2.4.1 Componentes y sub componentes de un SIG.....	5
2.4.2 Funciones de un SIG	6
2.4.4 Formato de representación de los SIG	7
2.5 Imagen satelital.....	9
2.5.1 Proceso de clasificación.....	9
2.5.2 Pre procesamiento y análisis de imágenes.....	9
2.5.3 Georreferenciación de imágenes de satélite.....	9

2.5.4 Correcciones de imágenes de satelitales.....	10
2.6 Satélites Landsats.....	11
2.6.1 Análisis visual de imágenes satelitales en color rojo, verde y azul (RGB)	13
2.7 Leyenda de Corine Land Cover adaptada para Perú.....	16
2.8 Modelo de elevación digital.....	17
2.9 Random forest	17
2.10 Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).....	17
2.11 Índice kappa.....	17
2.12 Interpretación de los valores de kappa.....	17
2.13 Matriz de confusión	18
2.14 Regiones naturales	18
2.15 Hidrografía.....	19
2.16 Zonas de vida natural.....	19
CAPÍTULO III	21
MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Ubicación	21
3.2 Materiales y equipos	24
3.2.1 Materiales cartográficos	24
3.2.2 Equipo óptimo de campo.....	24
3.2.3 Materiales de campo	24
3.2.4 Equipos de escritorio.....	24
3.3 Metodología	24
3.4 Recopilación y selección de información	26
3.5 Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de José Manuel Quiroz	27
CAPÍTULO IV.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	31
4.1 Regiones naturales encontradas en el distrito de José Manuel Quiroz .	31
4.2 Zonas de vida natural encontradas en el distrito de José Manuel Quiroz	

4.3 Hidrografía	35
4.4 Cobertura vegetal y uso del suelo del distrito de José Manuel Quiroz según la leyenda Corine Land Cover	37
4.5 Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo ocurrido en el período 2000 – 2018	45
4.6 Análisis de cambio y no cambio del uso del suelo	59
4.7 Factores que han Intervenido en los cambios de cobertura y uso del suelo	60
4.8 Cuantificación general del cambio de cobertura	61
4.9 Análisis de cambios por cobertura	63
4.10 Discusión.....	67
CAPÍTULO V	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1 Conclusiones.....	70
5.2 Recomendaciones	71
CAPÍTULO VI.....	72
BIBLIOGRAFÍA	72
GLOSARIO.....	77
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

NÚMERO	PÁGINA
1. Características del satélite Landsat	11
2. Corine Land Cover la zona de influencia	26
3. Escala de valores Índice Kappa.....	18
4. Datos de las imágenes descargadas	26
5. Valores obtenidos de la segmentación	27
6. Categorías obtenidas para el año 2000	46
7. Matriz de confusión para el año 2000	48
8. Categorías obtenidas para el año 2018	52
9. Matriz de confusión para el año 2018	53
10. Pérdida o ganancia de la CUT, período 2000 – 2018	59
11. Áreas de mapa cambio y no cambio.....	61
12. Comparación de cambios de cobertura en el periodo 2000 – 2018.....	63
13. Población del distrito de JMQ para los años 1993 y 2007	67
14. Población estimada distrito de JMQ el periodo de estudio	67

ÍNDICE DE FIGURAS

NÚMERO	PÁGINA
1. Elementos que forman el sistema SIG	6
2. Formato de representación de los SIG en modelo raster	8
3. Formato de representación de los SIG en modelo vectorial	8
4. Modelo de georreferenciación de las imágenes	10
5. Cobertura histórica del satélite desde landsat1 - landsat8	12
6. Modelo de análisis visual de imágenes RGB.....	13
7. Modelo de análisis visual de imágenes RGB.....	13
8. Combinación en color natural: RGB bandas 3, 2, 1 en landsat5	14
9. Combinación color verdadero en landsat8: RGB 4,3, 2	14
10. Combinación en falso color: RGB bandas 4, 5, 3	15
11. Combinación en falso color: RGB bandas 5,6,7	15
12. Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de José Manuel Quiroz.	25
13. Tejido urbano continuo distrito de José Manuel Quiroz.....	37
14. Tejido urbano discontinuo distrito de José Manuel Quiroz	38
15. Cultivos transitorios centro poblado Lic Lic.....	39
16. Cultivos permanentes en el caserío la Lima distrito JMQ	39
17. Pastos en el caserío San José distrito de José Manuel Quiroz	40
18. Cobertura de bosques plantados en el caserío de las Moradas.....	41
19. Cobertura vegetal de hierbas en el distrito de José Manuel Quiroz.	41
20. Cobertura vegetal de arbustos en el distrito de José Manuel Quiroz	42
21. Cobertura vegetal de vegetación arbustiva / herbácea.....	43
22. Cobertura vegetal de afloramiento rocoso en el CP de Lic Lic.....	43
23. Tierras desnudas en el caserío centro Poblado Pauca Santa Rosa	44
24. Parte del río Crisnejas afluente del río marañón.....	45
25. Distribución porcentual de cobertura año 2000	46
26. Distribución porcentual de cobertura año 2018	52
27. Dinámica de la cobertura y uso de la tierra de los años 2000 y 2018	56
28. Cambio y no cambio del uso de la tierra período 2000 – 2018.....	61

29.	Descarga de imágenes satelitales para el área de estudio	82
30.	Geoprocesamiento del área de estudio distrito de JMQ	82
31.	Creación del shapefile margen del área de estudio.....	83
32.	Segmentación del área de estudio Scale level	83
33.	Segmentación del área de estudio en para las áreas de entrenamiento	84
34.	Digitalización de las áreas de entrenamiento	84
35.	Aplicación de ModelBuilder para generar la IC.....	85
36.	Resultados de la ejecución del ModelBuilder las áreas de entrena.	85
37.	Ejecución del script RStudio	86
38.	Verificación in situ del mapa CUT 2018.....	86
39.	Verificación in situ del mapa CUT 2018 en el CP Lic Lic	87
40.	Verificación in situ del mapa CUT 2018 en el CP Pauca Santa Rosa.....	87
41.	Verificación in situ del mapa CUT 2018 en el CP de Lic Lic	88
42.	Verificación in situ del mapa CUT 2018 con todo el equipo.....	88

ÍNDICE DE MAPAS

NÚMERO		PÁGINA
1.	Ubicación del distrito de José Manuel Quiroz.....	22
2.	Ubicación de la provincia de San Marcos.....	23
3.	Regiones naturales del distrito de José Manuel Quiroz.....	32
4.	Zonas de vida del distrito de José Manuel Quiroz	34
5.	Hidrografía del distrito de José Manuel Quiroz	36
6.	Cobertura y uso de la tierra año 2000	51
7.	Cobertura y uso de la tierra año 2018	58
8.	Cambio y no cambio período 2018.....	62
9.	Transición de la cobertura y uso de la tierra, período 2000 -2018.	66

RESUMEN

El presente trabajo se realizó mediante el uso de imágenes satelitales Landsat5 TM y Landsat8 ETM+, cumpliéndose el objetivo de analizar los cambios de cobertura vegetal y uso de la tierra del distrito de José Manuel Quiroz provincia de San Marcos departamento de Cajamarca en los años 2000 – 2018, con la metodología Corine Land Cover encontrándose 12 clases de cobertura: 9.00 ha, de área urbana; 32.04 ha, urbanas con espacios verdes; 4391.75 ha, cultivos transitorios; de la familia gramíneae, fabáceae, solanáceae, umbelífera, liliaceae; 39.39 ha, cultivos permanentes, frutales de las familias rosáceas, lauraceas y rutaceas; 131.28 ha, de pastos de la familia poaceae; 132.00 ha, bosques de la familia myrtaceae; 3950.75 ha arbustos de la familia ericaceae, rosaceae; 579.10 ha, de vegetación arbustiva / herbácea; 648.11 ha, de hierbas de la familia asterácea; 180.91 ha, afloramiento rocoso; 557.86 ha, de tierras desnudas y 101.69 ha, del río (cuenca del Criznejas); los resultados muestran en el período de estudio un cambio de 3205.32 ha, representado el 29.81 % del área total, lo que ha generado a la vez 44 tipos de cambio los más significativos de las cuales: de arbustos cambio a hierbas en 320.66 ha, de arbustos a tierras desnudas en 190.62 ha, de hierbas a arbustos en una superficie 143.6 ha, de hierbas a vegetación arbustiva / herbácea en 200.48 ha, de hierbas a cultivos transitorios en 574.75 ha, de tierras desnudas a arbustos en una extensión de 186.38 ha.

Palabras clave: Imagen satelital, Landsat, cobertura vegetal.

ABSTRACT

The present work was carried out through the use of Landsat5 TM and Landsat8 ETM + satellite images, fulfilling the objective of analyzing changes in vegetation cover and land use in the district of José Manuel Quiroz province of San Marcos department of Cajamarca in the 2000s - 2018, with the Corine Land Cover methodology, finding 12 classes of coverage: 9.00 ha, of urban area; 32.04 ha, urban with green spaces; 4391.75 ha, transient crops; of the family Gramineae, Fabáceae, Solanáceae, Umbelíferas, Liliaceae; 39.39 ha, permanent crops, fruit trees of the Rosaceae, Lauraceae and Rutaceae families; 131.28 ha, of pastures of the poaceae family; 132.00 ha, forests of the myrtaceae family; 3950.75 ha shrubs of the family ericaceae, rosaceae; 579.10 ha, of shrub / herbaceous vegetation; 648.11 ha, of herbs of the asteraceae family; 180.91 ha, rocky outcrop; 557.86 ha, of bare lands and 101.69 ha, of the river (Criznejas basin); the results show a change of 3205.32 ha in the study period, representing 29.81% of the total area, which has generated at the same time 44 types of change the most significant of which: of bushes change to herbs on 320.66 ha, of shrubs to bare lands in 190.62 ha, from herbs to shrubs in a surface 143.6 ha, from herbs to shrub / herbaceous vegetation in 200.48 ha, from herbs to transient crops in 574.75 ha, from bare lands to shrubs in an area of 186.38 ha.

Key words: satellite image, Landsat, Vegetation coverage.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo, la actividad antrópica en el planeta tierra, ha generado en forma paulatina y constante alteraciones en la biodiversidad, siendo la cobertura vegetal la más afectada, debido a que las áreas urbanas han crecido en forma desordenada, y el excedo de deforestación para ampliar los cultivos agrícolas, actividad que ha generado el cambio del cauce natural de los ríos y quebradas y la disminución de los espejos de agua natural, efectos en la actualidad son evaluados a través imágenes satelitales.

En el distrito de José Manuel Quiroz de la provincia de San Marcos de la región de Cajamarca, la población cada vez creciente ha, ocasionado cambio en la cobertura vegetal natural; la misma que ha sido evaluado y categorizado a través de imágenes satelitales, con el propósito de monitorear los recursos naturales y orientar otros tipos de actividades en beneficio de la comunidad.

Esta es la razón por la cual se realizó el presente trabajo de investigación utilizando imágenes satelitales Landsat5 y Landsat8, con la metodología Corine land cover.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Analizar los cambios de cobertura vegetal y uso de la tierra, del distrito de José Manuel Quiroz provincia de San Marcos departamento de Cajamarca en los años 2000 – 2018 a través de imágenes satelitales.

1.1.2 Específicos

Generar el mapa de cobertura vegetal y uso actual de la tierra del distrito de José Manuel Quiroz años 2000-2018 utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud.

Analizar la incidencia de los factores naturales y antrópicos en los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de José Manuel Quiroz.

Elaborar el mapa temático de cobertura vegetal y uso actual de la tierra del distrito de José Manuel Quiroz en los años 2000 - 2018 utilizando la metodología Corine Land Cover.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cobertura vegetal

Es la cubierta existente que cubre el suelo y que es de forma temporal o permanente, acorde con las características fisiográficas de la zona, en donde prosperan: árboles (frutales), arbustos; cultivos transitorios y permanentes, hierbas; tiene la capacidad de captar agua de lluvia y prolongar para el uso doméstico y agricultura (Taboada 2011; García y Palma 2003).

3.1.1 Pérdida de cobertura vegetal

a) Quema, práctica realizada por cultura del poblador de la zona andina, cuando el estiaje se prolonga, con la creencia que el humo genera lluvias por acumulación de CO₂ (conversación personal), o para regenerar las hierbas y arbustos se pierde la cobertura existente en el suelo (Vélez 1981)

b) Urbanización, el incremento de población genera, la pérdida de suelos agrícolas y posteriormente sean ocupados por construcciones (Velásquez 2002).

c) Crecimiento de la frontera agropecuaria

Según FAO (2010), la conversión de terrenos hacia usos agropecuarios es una de las causas más importantes en la pérdida de cobertura vegetal en el mundo.

Actualmente aprovechar al suelo al realizar actividades agrícolas con fines económicos para incrementar la producción de alimentos de una población creciente ha propiciado que los suelos se transformen y vayan perdiendo constante potencial productivo y no la recuperan, de igual manera sucede con la vegetación natural (Velásquez 2002).

2.2 Suelo agrícola

Es la superficie de la corteza terrestre, compuesta de materia mineral y orgánica sobre la cual crecen las plantas o está destinada al cultivo; comprende el ambiente físico que influye al clima, relieve, suelo, hidrología y vegetación, al grado que estos influyen el potencial de su uso (Poma 2007).

Según esta definición, el suelo incluye el efecto de su uso pasado por parte del hombre y con respecto al uso hipotético que intenta hacer en el (Richters 1995).

2.2.1 Uso del suelo agrícola

Procedimiento mediante el cual se determina la distribución de los diferentes tipos de utilización y los cambios que se puedan realizar para un mejor aprovechamiento del mismo, como formación integrante de los estudios básicos para determinar la factibilidad de los proyectos de desarrollo (Lucke 1986).

El uso se caracteriza por los arreglos, las actividades y los insumos de la población para producir, cambiar o mantener un cierto tipo definido, de esta manera establece un vínculo directo entre la cobertura y las acciones de la población en su ambiente (Jansen y Gregorio 1998).

2.2.2 Cambios de usos del suelo

a) Generalidades, desde los inicios de la historia de la humanidad, los grupos humanos han buscado la forma de aprovechar los recursos que la naturaleza proporciona para su subsistencia, desde la recolección de frutos y la caza, el hombre ha mostrado su capacidad de aprovechamiento (Orozco 2004)

2.2.2.1 Factores relacionados con el cambio de uso del suelo

Obedece a una serie de procesos, que actúan de manera directa con dicho recurso, y tiene factores que son los que, de alguna manera, presionan a que se de este proceso de cambio de manera intensiva y alrededor del mundo (Maldonado y Semarnat 2005).

a) Económicos, se refiere a las políticas agrarias de nuestro país que tienen una influencia directa en precios, impuestos y subsidios a los insumos y productos obtenidos del uso del suelo (Bonfil 1996 y Lambin *et al.* 2001).

b) Demográficos, estos cambios influyen en la estructura y la dinámica del hogar, mano de obra, migración; siendo este último factor que generan mayor impacto y más importante (Maldonado 2005).

c) Institucionales, se ven influenciados por el sector político, jurídico, económico, así como por instituciones donde se toma decisiones sobre la administración y gestión del territorio, contando con políticas débiles, mal

definidas y carentes de una adecuada implementación (Lambin *et al.* 2001 y Maldonado 2005).

d) Culturales, factor intangible, que no es tomado en cuenta, sin embargo, una población cuenta con: motivaciones, memorias colectivas, historias personales, actitudes, valores, creencias y percepciones individuales y colectivas (Bonfil 1996 y Semarnat 2005).

e) Globalización, amplifican o atenúan las fuerzas que conducen, teniendo influencias en las políticas macroeconómicas que definen las condiciones que juegan la oferta y demanda de bienes y servicios en los mercados locales e internacionales, los cuales son importantes pues condicionan el uso y explotación irracional de los recursos naturales (Lambin *et al.* 2001).

2.3 Evaluación de cambios en la cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales

Según Zorogastúa (2010), a través de imágenes satelitales se determina y se cuantifica la cobertura existente en la superficie terrestre.

2.4 Sistemas de información geográfica (SIG)

Es una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas) y alfanumérica (estadísticas) para obtener una explicación derivada sobre el espacio de la tierra (Calvo 1992)

2.4.1 Componentes y sub componentes de un SIG

Está conformado por subsistemas cada uno de ellas encargadas de funciones particulares, es habitual citar los subsistemas fundamentales como se define a continuación (Mendoza 2018).

-Subsistema de datos, encargado de las operaciones de entrada, salida y gestión de datos dentro del SIG; de visualización y creación cartográfica, crea representaciones a partir de los datos mapas, leyendas; de análisis, contiene métodos y procesos para la observación de los datos geográficos (Longley 2001 y Burrough 1988)

Es necesariamente contar con datos para los trabajos de SIG, porque contienen la información geográfica vital; métodos, conjunto de formulaciones y

metodologías a aplicar sobre ellos; software, es necesario para la aplicación informática; hardware, equipo necesario para ejecutar el software (componente físico) y las personas son las encargadas de manipular, diseñar y utilizar el software, siendo el motor del Sistema de Información Geográfica como se muestra en la Figura 1 (Burrough 1988; Longley 2001 y Mendoza 2018).



Figura 1. elementos que forman el sistema SIG.

2.4.2 Funciones de un SIG

Los programas de SIG tienen funciones diseñadas para la gestión de información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital.

Primero se ingresa, se realiza a través de técnicas de escaneo, georreferenciación, vectorización, estos pueden obtenerse de proveedores y ser cargados; luego se manipula, los datos requeridos para un proyecto; se administra, cuando los volúmenes de datos son grandes, se consulta implementando el contenido de la información geográfica necesaria, adecuada y actualizada y finalmente se visualiza, sobre un mapa los tipos de operaciones y análisis geográficas (Burrough 1988; Longley 2001 y Mendoza 2018)

2.4.3 Aplicación de los SIG

Existe una infinidad de aplicaciones para las imágenes satelitales, especialmente dentro de un sistema de información geográfica (SIG). Entre ellas podemos mencionar (León 2002)

En cartografía, las imágenes satelitales realiza levantamiento y actualización de mapas topográficos de lugares inaccesibles; en catastro representa parcelas catastrales; en planificación urbana, ayudar en las tareas de zonificación, estimando la densidad poblacional; en recursos naturales, administran información geográfica que incluye agua potable, recursos forestales, petróleo y minería; en investigación ambiental, hace el estudio de cuencas hidrológicas, planicies de inundación, vegetación, contaminación, manejo de desechos y cambio climático; agricultura, administra un inventario y clasificación de cultivos, predicción de rendimiento, evaluación daños y producción; en desastres naturales, previene y diseña una respuesta cuando estos hayan ocurrido: deslizamientos, hundimientos de tierra, terremotos, volcanes, inundaciones, incendios y derrames de contaminantes (Armenteras, Villarreal 2001; León 2002 y Ager 2003).

2.4.4 Formato de representación de los SIG

Funcionan con 2 formatos (modelo raster y vectorial), la representación es una de las cuestiones fundamentales ya que condiciona la estructura de la misma, hoy en día se combinan ambos modelos (James 1992 y Mendoza 2018)

a) El modelo ráster, conjunto de celdas (algunas veces denominadas píxeles o elementos de cuadro), cada celda de cuadrícula es referenciada por un número de fila y columna (James 1992).



Figura 2. Formato de representación de los SIG en modelo raster

Este tipo de formato es el más adecuado que el modelo vector, para la representar información que varía continuamente en el espacio, como la altura del terreno, humedad y temperatura vegetación (Mendoza 2018)

b) El modelo vector, representa un objeto tan exactamente como sea posible mediante un conjunto de coordenadas en un plano cartesiano X, Y (James 1992 y Mendoza 2018)

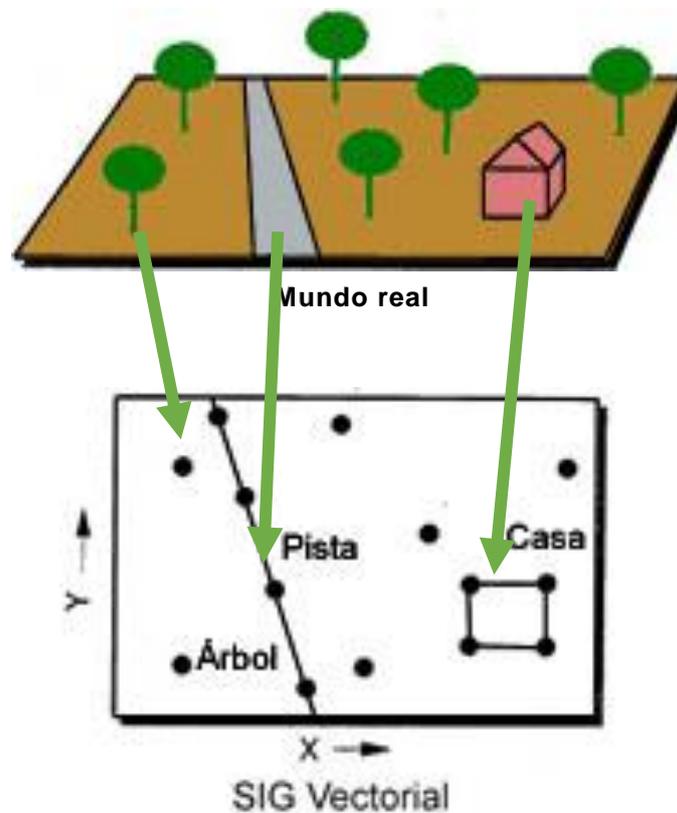


Figura 3. Formato de representación de los SIG en modelo vectorial.

En este formato la geografía del paisaje, existen como elementos diferenciados; cuentan con su propia forma y dimensión en general (Mendoza 2018)

2.5 Imagen satelital

Es el sistema técnico de observación a distancia, permite adquirir información de objetos situados en la superficie de la tierra, sin que el instrumento de medida (captor) este en contacto con los objetos (Poma 2010), la representación visual de los datos reflejados por la superficie terrestre que captura un sensor montado en un satélite artificial, son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes (NEGI s/f.)

2.5.1 Proceso de clasificación

Para clasificar imágenes, se debe identificar las zonas (parcelas o regiones), y su localización, ocupadas por clases de cubiertas deducidas por medio de métodos de reconocimiento de patrones de la imagen satelital (Curran 1985; Mathe 1987 y Chuvieco 1990).

Cada pixel representa una clase de cobertura agrupándose en supervisados, no supervisados o automáticos (Jain 1989 y Maravall 1993)

a) Clasificación supervisada, determina a partir de una muestra dada de pixeles de la imagen y su identificación se basa en un conocimiento previo de la zona (Jansen 1998)

b) Clasificadores no supervisados o automáticos, realiza la búsqueda del procesamiento de imágenes mediante la digitalización de áreas de entrenamiento (Gregorio1998)

2.5.2 Pre procesamiento y análisis de imágenes

Son funciones realizadas antes de que se pueda analizar la información contenida en la imagen generalmente, la georreferenciación y las correcciones radiométricas, radiométricas y atmosféricas (Nuñez; Chuvieco y Sancho 1990)

2.5.3 Georreferenciación de imágenes de satélite

Consiste en trasladar a un lugar geográfico conocido, una imagen mediante la creación de sistemas de referencia conveniente en coordenadas UTM o geográfica (Nuñez; Chuvieco y Sancho 1990)

Una imagen satelital, no proporciona información georreferenciada; cada pixel se ubica en un sistema de coordenadas arbitrario de tipo fila columna, la georreferenciación consiste en dar a cada pixel su localización exacta en un sistema de coordenadas (UTM) como se muestra en la Figura 4 se ha georreferenciado en los puntos A, B, C, D (Mendoza 2018)



Figura 4. Modelo de georreferenciación de las imágenes.

2.5.4 Correcciones de imágenes de satelitales

a) Correcciones radiométricas

Corrige problemas mecánicos en el sensor que generan valores erróneos en píxeles concretos a irregularidades no deseadas en la atmósfera, para que así los datos sean más precisos (Geográfica 2013)

b) Correcciones geométricas (o rectificación)

Corrige las distorsiones debidas a la diferencia entre el sensor y la geometría, todas las imágenes de percepción remota están sujetas a distorsiones, tanto instrumentales (la perspectiva del sensor, movimiento del sistema de barrido, movimiento del satélite, su altura y velocidad), como naturales relieve, curvatura y rotación de la tierra (Geográfica 2013).

c) Corrección atmosférica

Corrige las distorsiones que la atmósfera e introduce en los valores de radiancia, que llegan al sensor desde la superficie terrestre (Villarreal 2001).

2.6 Satélites Landsats

Satélites construidos y puestos en órbita, para la observación en alta resolución de la superficie terrestre para el monitoreo de los recursos terrestres; existe un satélite peruano llamado Perú SAT- 1, puesto en órbita 2016 con una resolución de 0.70 m por pixel. Disponible en <http://geocento.es/galeria-de-satelites-para-buscar-y-adquirir-imagenes/satelite-imagenes-landsat>

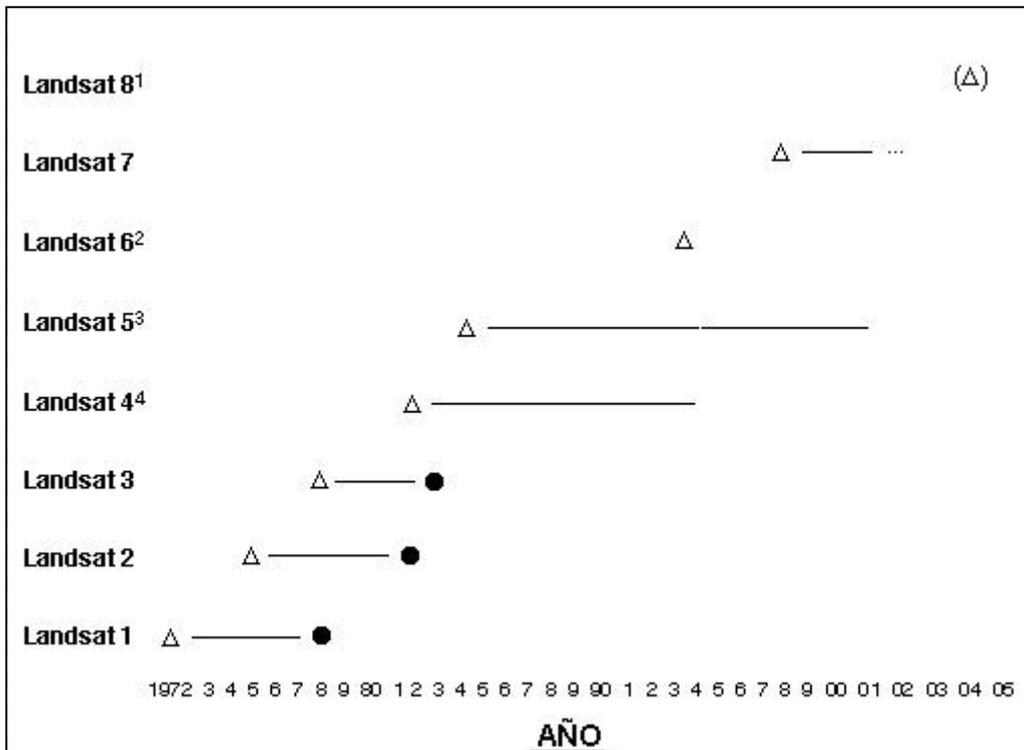
Tabla 1. Características del satélite Landsat

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

Fuente: (Sabrino 2000).

En la tabla 1 se muestra las características de Landsat, como la fecha de lanzamiento 01/04/1994, el cual se encuentra a una la altitud 705 Km, a los 16 días repito su toma, con bandas (tm), Instrumento MultiSpectral Scanner (MSS), la resolución espacial y Landsat8 imagen de tierra operacional (OLI) de bandas desde la 1 hasta la 9, Sensor infrarrojo térmico (TIRS) de bandas 10, 11, resolución espacial de 100 m.

Cobertura histórica del satélite terrestre



¹Instrumentación de seguimiento ETM + en EOS AM2

²Lanzado oct. 5, 1993. Fallo al obtener la órbita.

³Transmisión de datos solo por enlace directo

⁴Ya no transmite datos TM

▲ Lanzamiento
 (Δ) Previsión
 ● Fin de servicio

Figura 5. Cobertura histórica del satélite desde landsat1 - landat8

Fuente: Fernández y Herrero 2001

En la figura 5 se muestra el año de lanzamiento y fin de servicios de todos los satélites ejemplo el Landsat1 fue lanzado en 1972 - 1978, Landsat2 1975 -1982, debido a que cada vez se iban mejorando los equipos, a más sofisticados, alguno que no fue puesto como es el satélite 4.

2.6.1 Análisis visual de imágenes satelitales en color rojo, verde y azul (RGB)

El análisis visual se realiza empleando 3 bandas del sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores, empleados RGB (Fernández y Eliecer 2001)

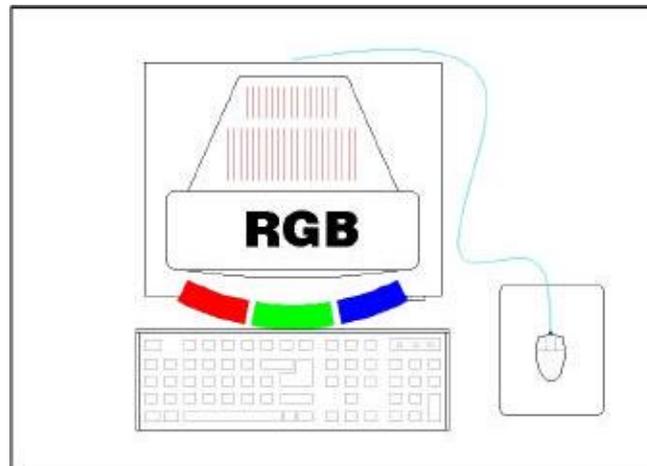


Figura 6. Modelo de análisis visual de imágenes RGB.

Los monitores poseen un total de 3 cañones (RGB) Rojo/Verde/Azul; con los que, por combinación de estos se construyen el resto de los colores.

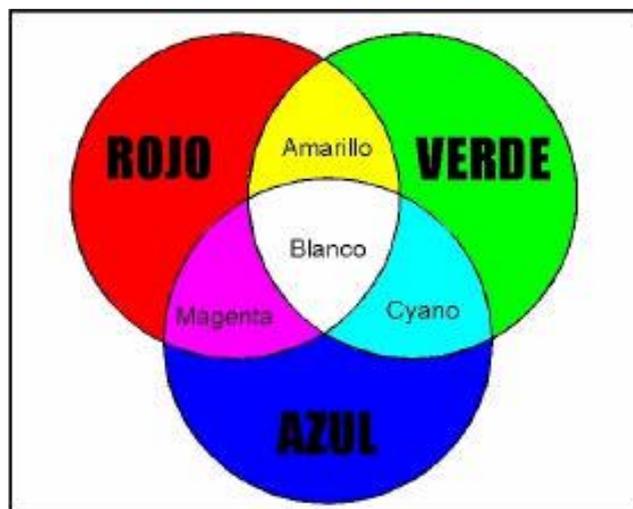


Figura 7. Modelo de análisis visual de imágenes RGB.

2.6.2 Combinaciones de bandas de sensor

a) Combinación en color natural: rojo, verde y azul bandas 3, 2, 1 en el landsat5

Constituye la combinación más próxima a la percepción de la tierra con nuestros ojos desde el espacio, de ahí el nombre de color verdadero por ejemplo en el agua las bandas visibles dan respuesta a la luz penetrando más profundamente y por tanto sirven para distinguir el agua poco profunda, aguas turbias, corrientes, batimetría y zonas con sedimentos (Fernández y Eliecer 2001)



Figura 8. Combinación en color natural: RGB bandas 3, 2, 1 en landsat5

b) Combinación color verdadero en landsat8: rojo, verde y azul (RGB) Bandas 4, 3, 2

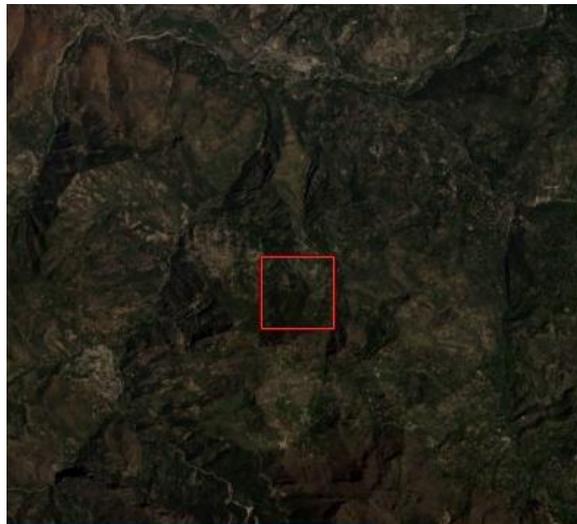


Figura 9. Combinación color verdadero en landsat8: RGB Bandas 4, 3, 2

c) Combinación en falso color: rojo, verde y azul (RGB) bandas 4, 5, 3

Muestra detalladamente los límites entre el agua y suelo, en colores marrones, verdes y naranjas y diferencia la humedad; es usada para su análisis, generalmente el suelo aparece más oscuro (Fernández y Eliecer 2001)



Figura 10. Combinación en falso color: RGB bandas - 4, 5, 3-

a) Combinaciones en falso color: rojo, verde y azul bandas 5,6,7

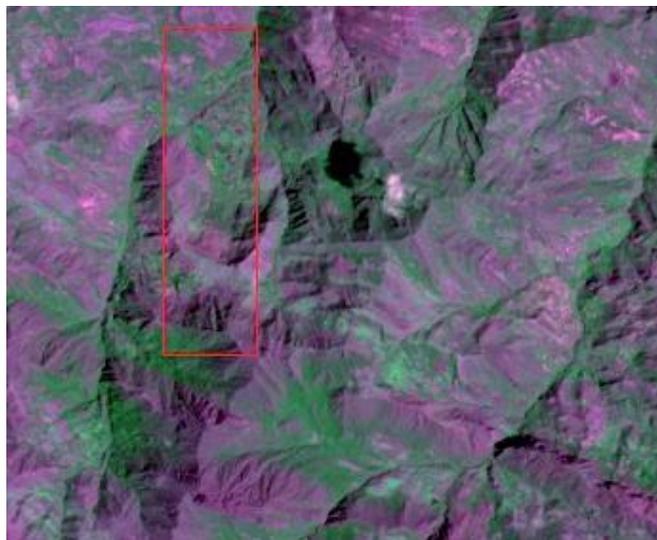


Figura 11. Combinación en falso color: RGB bandas 5, 6,7

En tonos verdes intensos correspondientes a la vegetación, tonos violáceos áreas urbanas, tonos verdes a negros montes, en tonos marrones claros zonas arbóreas, y de color negro cultivos (Fernández y Eliecer 2001)

2.7 Leyenda de Corine Land Cover adaptada para Perú

Proyecto (CLC 90) diseñado para elaborar el inventario de cobertura de la tierra de Colombia promovido por la Comisión de la Comunidad Europea, el cual definió una metodología y dado un marco de comparabilidad internacional, es adaptado para Perú el año 2013 por el MINAM. Vincula distintos niveles de detalle espacial (escala), el proceso de discusión de la leyenda regional ha llevado a la definición una serie de clases en los niveles 1 y 2 que, si bien recogen parte de los planteamientos e incorporan adaptaciones que se consideran necesarias para los países del mundo (IDEAM 2016).

Todos los países, han asumido a nivel nacional, tienen plena libertad para modificarla, ampliarla o detallarla, siempre que los compromisos de reporte se puedan cumplir, pero siempre pensando que no alteren la capacidad de reporte y monitoreo (IDEAM 2016).

Tabla 2: Corine Land Cover adaptada para el distrito de José Manuel Quiroz

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
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios	
	2.2 Cultivos permanentes	
	2.3 Pastos	
Nivel I	Nivel II	Nivel III
	3.2 Bosques plantados	
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas
		3.3.2 Arbustos
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramientos rocosos	
	3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	
Nivel I		Nivel II
5. Superficies de Agua		5.1 Ríos (50 m)

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM 2013) adaptado por (Muñoz 2018)

2.8 Modelo de elevación digital

Representación visual y matemática de los valores de altitud con respecto al nivel del mar, permitiendo caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo, determinando pendientes de zona de influencia (INEGI s.f.)

2.9 Random forest

Es un algoritmo (secuencia de pasos ordenados), de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información (Breiman 2001).

También conocidos como "Bosques Aleatorios" por la combinación de árboles predictores (Breiman 2001 citado por Arnillas C. A; *et al.* 2012).

2.10 Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Es usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación según la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que emite, se mide por medio de sensores remotos instalados en una plataforma espacial que posee una medición temporal de 15 días (Cecenque 2013)

2.11 Índice kappa

Nos indica la veracidad de la imagen satelital, tiene como efecto de subestimar de acuerdo para una categoría de uso habitual; mide el grado de concordancia de las evaluaciones nominales u ordinales realizadas por múltiples evaluadores (Abraira 2001)

2.12 Interpretación de los valores de kappa

Varían de -1 a $+1$. Mientras más alto sea el valor de kappa, más fuerte será la concordancia cuando: $Kappa = 1$, existe concordancia perfecta viabilidad del usuario 100 %, $Kappa = 0$, la concordancia es la misma que se esperaría en virtud de las probabilidades, $Kappa < 0$, la concordancia es más débil que lo esperado en virtud de las probabilidades; esto casi nunca sucede (Abraira 2001 y Sánchez 2016)

Tabla 3: Escala de valores Índice Kappa

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

Fuente: Cohen 1960

En la tabla 3 se mide el grado de concordancia según (áreas de entrenamiento digitalizadas) si en el procesamiento de imágenes arroja un valor 0.00 interpreta que fue puro al azar, menor de 20 insignificante, 21- 40 discreto, 41 - 60 moderado, 61 - 80 sustancial, si no supera al 81 % el mapa de cobertura no sirve tiene que procesarse nuevamente.

2.13 Matriz de confusión

A través de los colores se determina la clasificación de la superficie terrestre evaluando su exactitud situando en las filas las clases o categorías de nuestro mapa y en las columnas las mismas clases para la verdad de campo (Fallas 2002 y Sánchez 2016)

2.14 Regiones naturales

Pulgar Vidal (1967), categoriza en ocho regiones naturales al territorio peruano, caracterizando los de pisos ecológicos, en función al clima, flora y fauna.

a) Región chala, de 0 - 500 metros de altitud, clima templado seco con lloviznas de octubre a mayo, temperatura media de 13°C, humedad relativa 60 %.

b) Región yunga, de 500 a 2300 m de altitud, temperatura media de 22 °C, humedad relativa 65 %, clima cálido moderado, ligeramente húmedo, lluvioso, especialmente de diciembre a mayo, es eminentemente frutícola.

c) Región quechua, de 2300 a 3500 m de altitud, temperatura anual fluctúa entre 16 - 0 °C; humedad relativa entre 65 – 84 %, clima templado entre el día y

la noche, los días son calurosos y templados; noches frescas. La lluvia abundante entre diciembre y abril.

d) Región suni, de 3500 - 4000 m de altitud, temperatura de 14 – 3 °C, humedad relativa 70 %, clima templado frío, con gran sequedad ambiental y precipitaciones estacionales de lluvia y granizo.

e) Región puna, de 4000 a los 4800 m de altitud, temperatura 8 °C en el día y -0 en la noche, humedad relativa 50 %, clima frío baja presión atmosférica, con abundantes precipitaciones.

f) Región janca o (cordillera), de 4800 a 6768 m de altitud, corresponde a tierras muy frías de las cumbres cordilleranas, en las que puede observarse la blancura de la nieve con temperaturas de 7 a -3 y -8 °C.

g) Región rupa rupa (selva alta), de 400 y los 1,000 m altitud temperatura promedio 30 °C, clima “quema” en el día, refresca en la noche y vuelve a “arder” al día siguiente.

h) Región omagua (Selva baja), de 80 a 400 metros de altitud, temperatura promedio 38 °C, clima se caracteriza por ser cálido, húmedo y lluvioso.

2.15 Hidrografía

Es la parte de la geografía que se encarga de la descripción de las aguas del planeta tierra. Así también es el conjunto de las aguas de una región o país (Bastidas 2007).

2.16 Zonas de vida natural

Según Holdridge (1947), las zonas de vida permiten diferenciar a diferentes áreas del mundo desde el ecuador hasta los polos (regiones latitudinales).

a) Monte espinoso Premontano (mePT)

Se encuentra en comprendidos en una altitud 800 y 1500 m, posee un clima subhúmedo - semicálido, biotemperatura mínima 14.5 °C y máxima anual de 20.1°C

b) Bosque seco Premontano Tropical (bs-PT)

Se encuentra en comprendidos en una altitud 1 000 y 2 000 m, posee un clima subhúmedo - semicálido, biotemperatura mínima 17.4°C y máxima anual de 25.1 °C.

c) Bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

Ocupa los valles meso andinos, entre los 2500 y 3200 m de altitud, biotemperatura anual máxima es de 16.5 °C y la media anual mínima de 10.9 °C.

d) Bosque húmedo Montano Tropical (bh-MT)

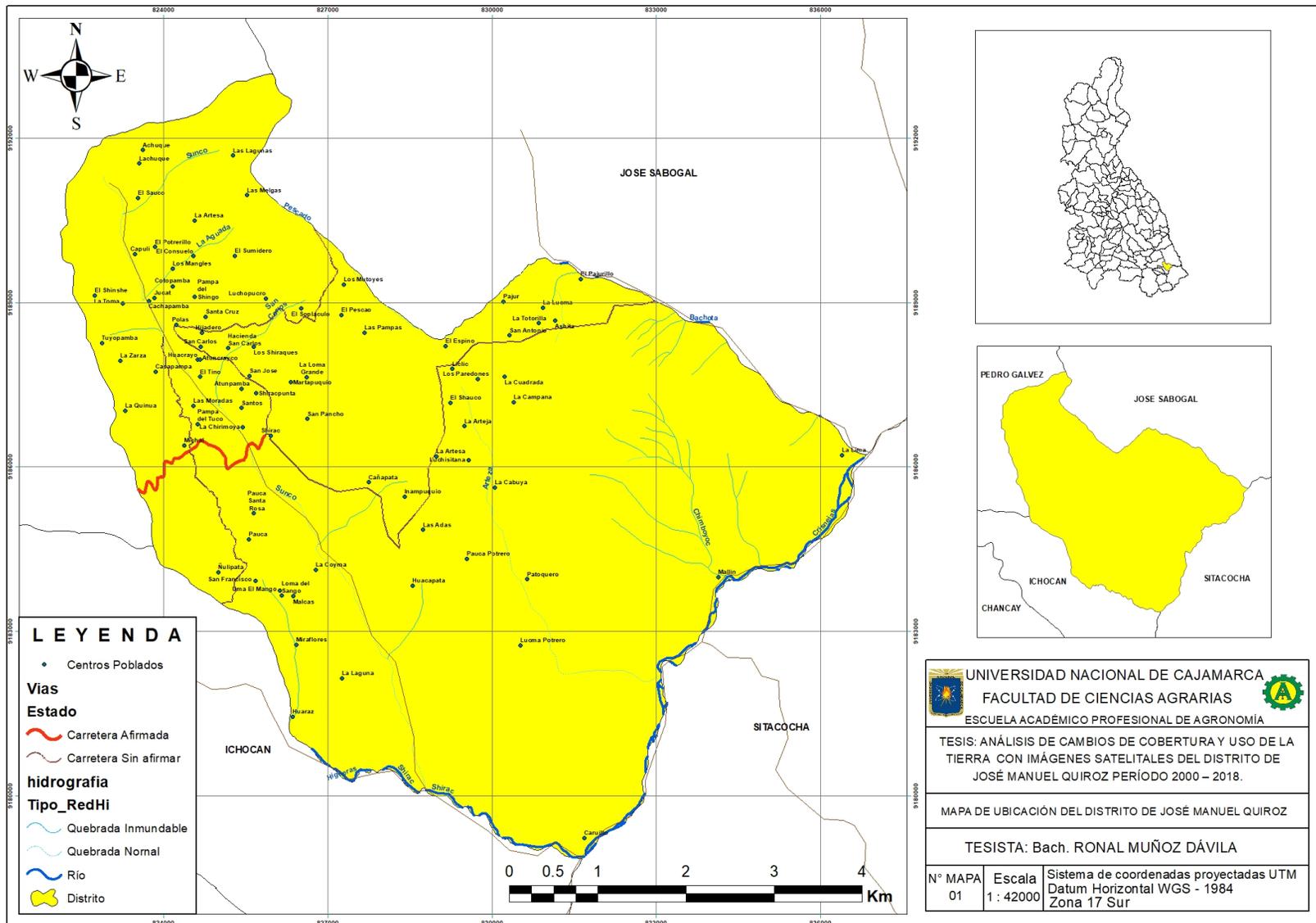
Ocupa en los valles interandinos, se encuentra en comprendidos en una altitud 3000 – 4500 m, posee un clima subhúmedo-Semicálido, con una biotemperatura mínima 7.3 °C y máxima anual de 13.1 °C.

CAPÍTULO III

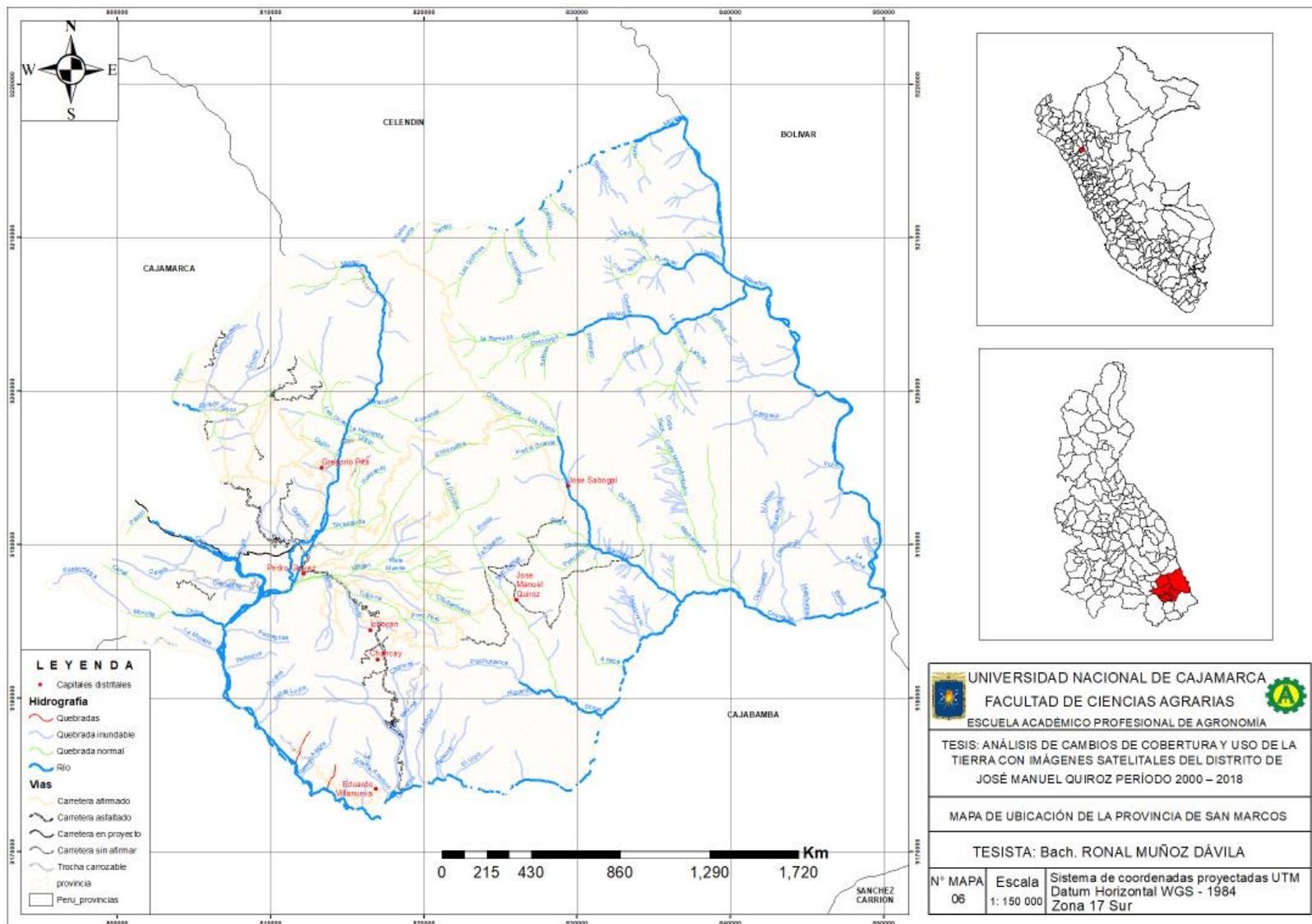
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El trabajo de investigación se desarrolló en el distrito de José Manuel Quiroz con su capital Shirac, con 10853.88 ha, de área y en un rango altitudinal comprendido entre 1300 – 4050 m, temperatura promedio anual de 16 °C, se ubica entre las coordenadas UTM 836827 m Este y 822116 m Oeste ; 9178854 m Sur y 9193169 m Norte, sus límites distritales son: por Norte con José Sabogal, Sur Ichocán, Este Sitacoha y Oeste Pedro Gálvez, su posición en el Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator UTM es “WGS 1984” Zona 17 Sur.



Mapa 1. Ubicación del distrito de José Manuel Quiroz



Mapa 2. Ubicación de la provincia de San Marcos

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Materiales cartográficos

Carta nacional del Perú 1: 100 000, shapefile en formato vector del distrito de J.M.Q.

Base de datos (ZEE) Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca.

Software

Microsoft Windows, Microsoft office 2013, ArcGIS 10.4.1, Envi 4.8, RStudio

3.2.2 Equipo óptimo de campo

(GPS) sistema de posicionamiento global, binoculares, cámara fotográfica y linternas.

3.2.3 Materiales de campo

Formatos de campo, papel bond A4 de 80 g, libreta de apuntes, lapiceros y lápices, botiquín de primeros auxilios.

Herramientas

Machete, Wincha.

3.2.4 Equipos de escritorio

Laptop, impresora y escáner

3.3 Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra de José Manuel Quiroz período 2000 – 2018, se basó en la obtención de imágenes satelitales de landsat5 y landsat8, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación como se describe en la Figura número (12), la clasificación se realizó con la leyenda de Corine Land Cover-CLC en un nivel II y III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), 2013.

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

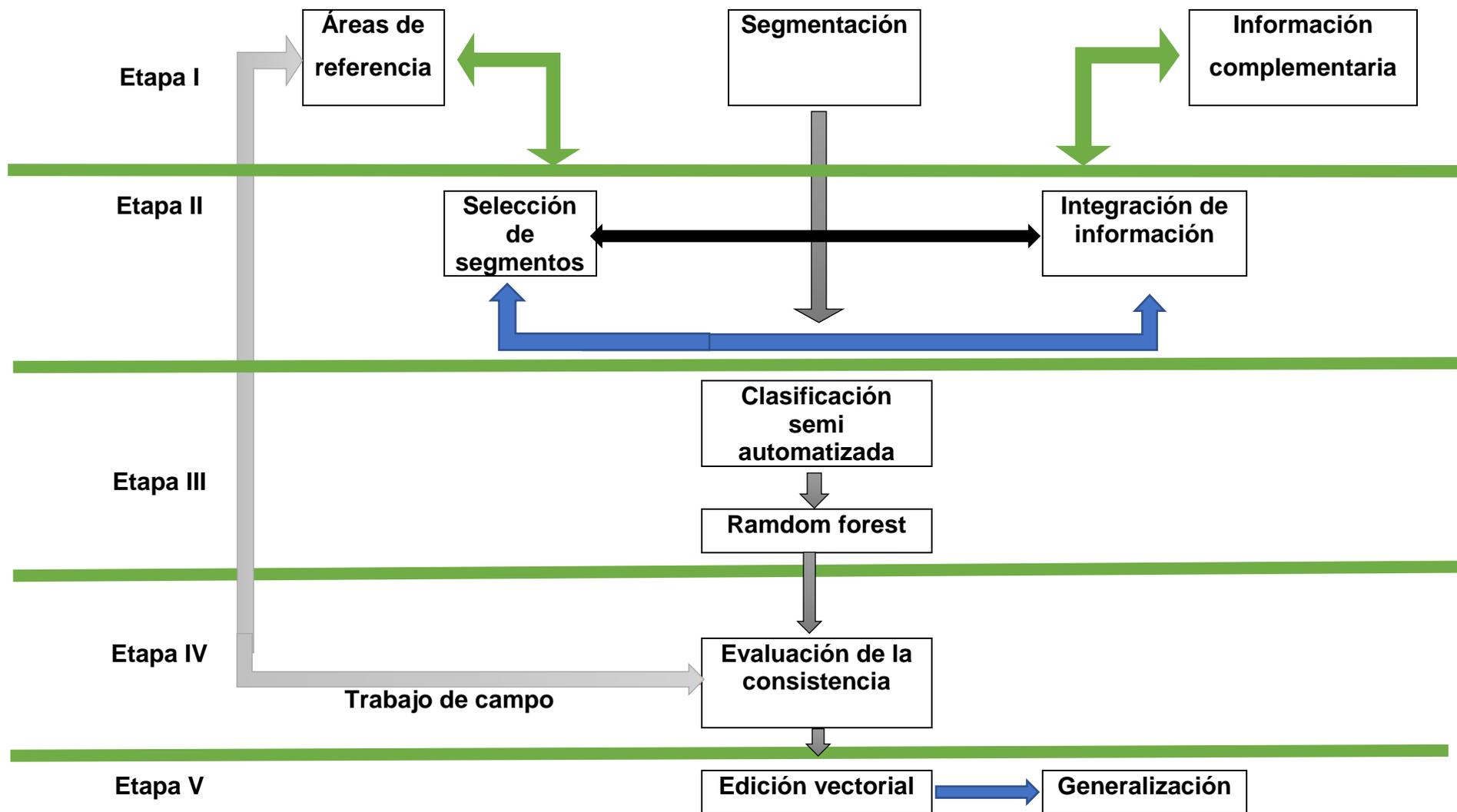


Figura 12. Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de José Manuel Quiroz.

3.4 Recopilación y selección de información

Información cartográfica y elaboración de mapas base de los años 2000 - 2018 consistió en la recopilación de información relacionada con el uso de la tierra del distrito de José Manuel Quiroz como: recopilación de imágenes satelitales, metodología Corine Land Cover, modelos de elevación digital (DEM).

a) Información de investigación regional

Autoridad nacional del agua (ANA).

Gobierno regional de Cajamarca – Sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT)

El Ministerio del Ambiente – MINAM, del cual se obtuvo información temática y cartográfica como es el protocolo de la metodología Corine Land Cover, el esquema de proceso de clasificación.

b) Selección y descarga de imágenes landsat

Imágenes Landsat del distrito de José Manuel Quiroz, estas fueron adquiridas del servidor de <https://earthexplorer.usgs.gov/> vía internet lo cual constituyó la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra, cuyas especificaciones son las siguientes:

Tabla 4. Datos de las imágenes descargadas

Imagen	Año	Bandas	Fecha
LT05L1TP00906520000626	2000	3,2,1	26/06/2000
LC08L1TP00906520180103	2018	4,3,2	03/01/2018

En la tabla 4 se muestra el año, combinación de bandas que se trabajó y la fecha de la imagen en la que fue tomada.

Corrección atmosférica de las imágenes descargadas se realizó con el software Envi 4.8, en donde se corrigió el ángulo de toma.

En la fase inicial se trabajó en las etapas I, II y III de la Figura 12, que se detalló.

3.5 Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de José Manuel Quiroz

3.5.1 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, posteriormente cortar las imágenes, obteniendo como resultado un archivo con formato ráster para lo cual en landsat5 se trabajó con las bandas 1,2,3,4,5,7 una combinación de colores rojo, verde y azul (RGB) bandas (3-2-1) para un color natural y en Landsat8 con las bandas 2,7,4,5,6,7 con un análisis RGB (4-3-2) para un color verdadero.

b) **Segmentación**, se utilizó el software Envi Zoom 4.8, con la finalidad de dividir en segmentos por medio de una agrupación de pixeles vecinos cuyas características (Brillo, textura, color) de valores similares, se consideró los siguientes parámetros.

Escale o escala, para segmentar las imágenes se requiere solo un parámetro escala (scale level), este parámetro varía de 0 y 100, valores altos generan pocos segmentos.

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

Tabla 5. Valores obtenidos de la segmentación

Segmentación	Landsat5	Landsat8
Escala	25	35
Fusionar	25	35

d) **Información complementaria**, se generó los indicadores en el software de ENVI 4.8 y ArcGIS 10.4.1 a partir del procesamiento de las imágenes satelitales como son:

Brightness o brillo, archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat5 y 8.

Greenness, índice de verdor, archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat5 y 8.

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

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

La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo. En donde se nos genera una tabla llamada “Todo seg” en formato DBF y Rdata.

3.5.2 Etapa II

a) Selección de segmentos (áreas de entrenamiento), se creó un shapefile con el nombre de aeita_1 con el software ArcGIS, que nos permitió reconocer los segmentos que se muestran consistentes, constituye el conjunto de información de entrada que alimentará el proceso de clasificación automática. Además, se utilizó el Model Builder “Coberturas_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM) 2013, que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, mediante el cual se selecciona los segmentos que se intersecan con las áreas de entrenamiento haciendo una interrelación entre ambos, asignando las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas. Se obtiene el SegSelc_A2.shp en formato shapefile.

b) Integración de información, se obtuvo con el software RStudio y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del MINAN 2013, consiste en unir la información obtenida de la segmentación y la información complementaria. De esta etapa se nos genera una tabla llamada “Todo seg” en formato .DBF y Rdata.

3.5.3 Etapa III

a) Clasificación semi automatizada, se obtuvo con el software RStudio y el algoritmo “filtrar.tabla.todo.rf.2” obtenido del Ministerio del Ambiente, generado en la selección de segmentos “SegSelc_A2.shp” y el archivo obtenido de la información complementaria”, en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en formato ráster.

b) Random forest o arboles aleatorios, es un algoritmo de clasificación no lineal que permite evaluar la veracidad del mapa obtenido en la fase inicial de gabinete.

3.5.4 Etapa IV

a) Fase de campo (evaluación de la consistencia), los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados In Situ y con una distribución de puntos al azar con la ayuda del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con actores directos; es decir sobre el mapa y la imagen satelital se realizaron las correcciones que eran necesarias.

b) Validación de las clases de cobertura identificados, luego del análisis de las imágenes satelitales a nivel de gabinete

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

3.5.5 Etapa V (Fase final de gabinete)

a) Edición vectorial, procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.4.1 sobre las imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo.

b) Generalización, se desarrolló luego de haber validado en campo los mapas obtenidos utilizando como simbología una tonalidad de color para cada una de las clasificaciones.

c) Evaluación de la exactitud, en base al análisis de la información de estos puntos se construyeron métricas e instrumentos de evaluación, como matrices de confusión, para calificar los productos.

d) Creación de matrices de confusión, para construir se empleó el algoritmo de clasificación. A partir de la matriz de confusión se calcularán otras medidas de interés desde el punto de vista de la exactitud, como:

Índice Kappa, evalúa si la clasificación ha discriminado las categorías de interés con exactitud significativamente mayor a la que se hubiera obtenido con una asignación aleatoria. Por lo que, un valor Kappa igual a 1, indica un acuerdo pleno entre la realidad y el mapa, mientras un valor cercano a 0 sugiere que el acuerdo observado es puramente debido al azar.

Porcentaje correctamente clasificado (PCC), constituye el porcentaje de puntos correctamente clasificado.

Elaboración de los mapas finales de cobertura de los años 2000-2018

Luego de la fase de campo se procedió a la digitalización definitiva de las unidades cartográficas del mapa de cobertura y uso actual de la tierra.

Seguidamente se realizó el control de la calidad de las unidades cartográficas mediante reglas topológicas, digitales y también se estructura la base de datos y se procederá a llenar los atributos.

Se clasificó cada una de las unidades mediante el sistema de cobertura Corine Land Cover, las mismas que se detallaran en la leyenda final.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

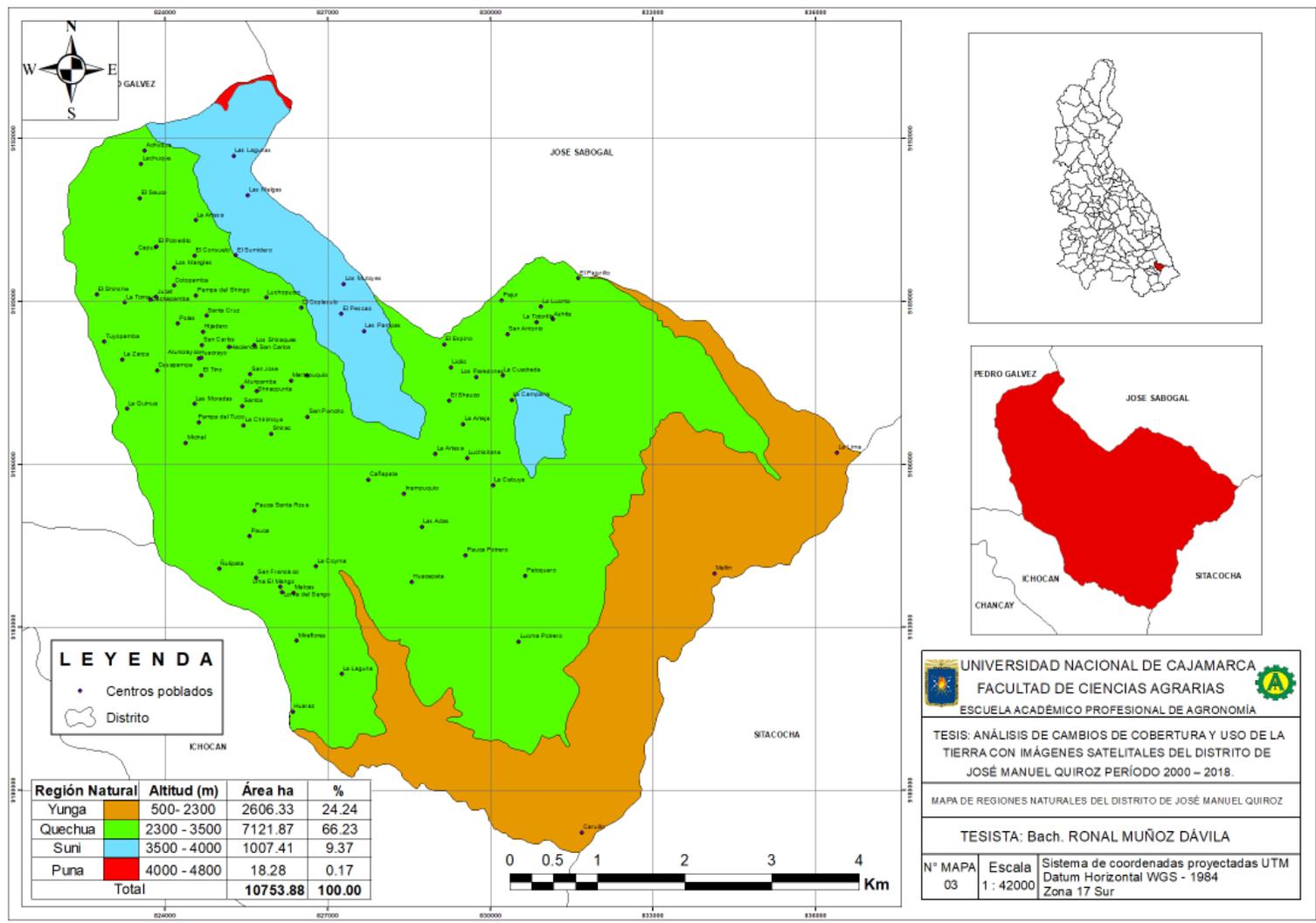
4.1 Regiones naturales encontradas en el distrito de José Manuel Quiroz

Con un área de 2606.33 ha, encontramos la región yunga; altitud 1200 a 2300 m, temperatura media 22 °C, humedad 65 %, clima cálido moderado, ligeramente húmedo, lluvioso especialmente de diciembre a mayo, valles estrechos, soleado y lluvioso en meses de diciembre a mayo, frutícola coincidiendo con (Pulgar Vidal), ubicado en los caseríos de La Lima, Mallin y Caruillo.

Con un área de 7121.87 ha, encontramos la región quechua; altitud 2300 a 3500 m, temperatura anual entre 16 - 0 °C; humedad relativa entre 65 – 84 %, clima templado entre el día y la noche, los días son calurosos y templados; noches frescas. La lluvia abundante entre diciembre y abril (Pulgar Vidal), ubicado en los caseríos de; Achuque, Lachuque, El Sauco, La Artesa, El Potrerillo, Capulí, Jucat, Tocopamba, Pampa del Shingo, Luchopucro, Santa Cruz, Polas, Hijadero, San Carlos, Los Shiraques, La Zarza, Casapampa, Atuncrayo, Huacrayo, Hacienda San Carlos, San Jose, El Tino, Atumpampa, Martipuquio, Shiracpunta, La Quinoa, Pampa El Tuco, Michal, La Chirimoya, Shitrac, Cachapata, Pauca Santa Rosa, Pauca, Las Adas, Huaca Pata, Patoquero, Lucma, Potrero, Ñulipata, La Coyma, San Francisco, Loma del Sango, Malcas, Miraflores, La Laguna, Huaraz, La Laguna, Lucma Potrero, Patoquero, Huacapata, Cañapata, La Cabuya, Luchisitana, La Campana, El Sauco, Lic Lic, Los Paredones, El Espino, San Antonio, La Lucma, La Totorilla, Ashita.

Con un área de 1007.41 ha encontramos la región suni, altitud 3500 a 4000 m, temperatura de 14 – 3 °C, humedad relativa 70 %, clima templado frío, con precipitaciones estacionales de lluvia y granizo coincidiendo con (Pulgar Vidal), ubicado en los caseríos, Las Melgas (Quinuamayo), El Sumidero, El Pescado y Las Pampas.

Con un área de 18.28 ha encontramos la región puna; altitud 4000-4050 m, temperatura 8 a -0, humedad relativa 50 %, clima frío con abundantes precipitaciones coincidiendo con (Pulgar Vidal), ubicado en el caserío, Las Lagunas.



Mapa 3. Regiones naturales del distrito de José Manuel Quiroz

4.2 Zonas de vida natural encontradas en el distrito de José Manuel

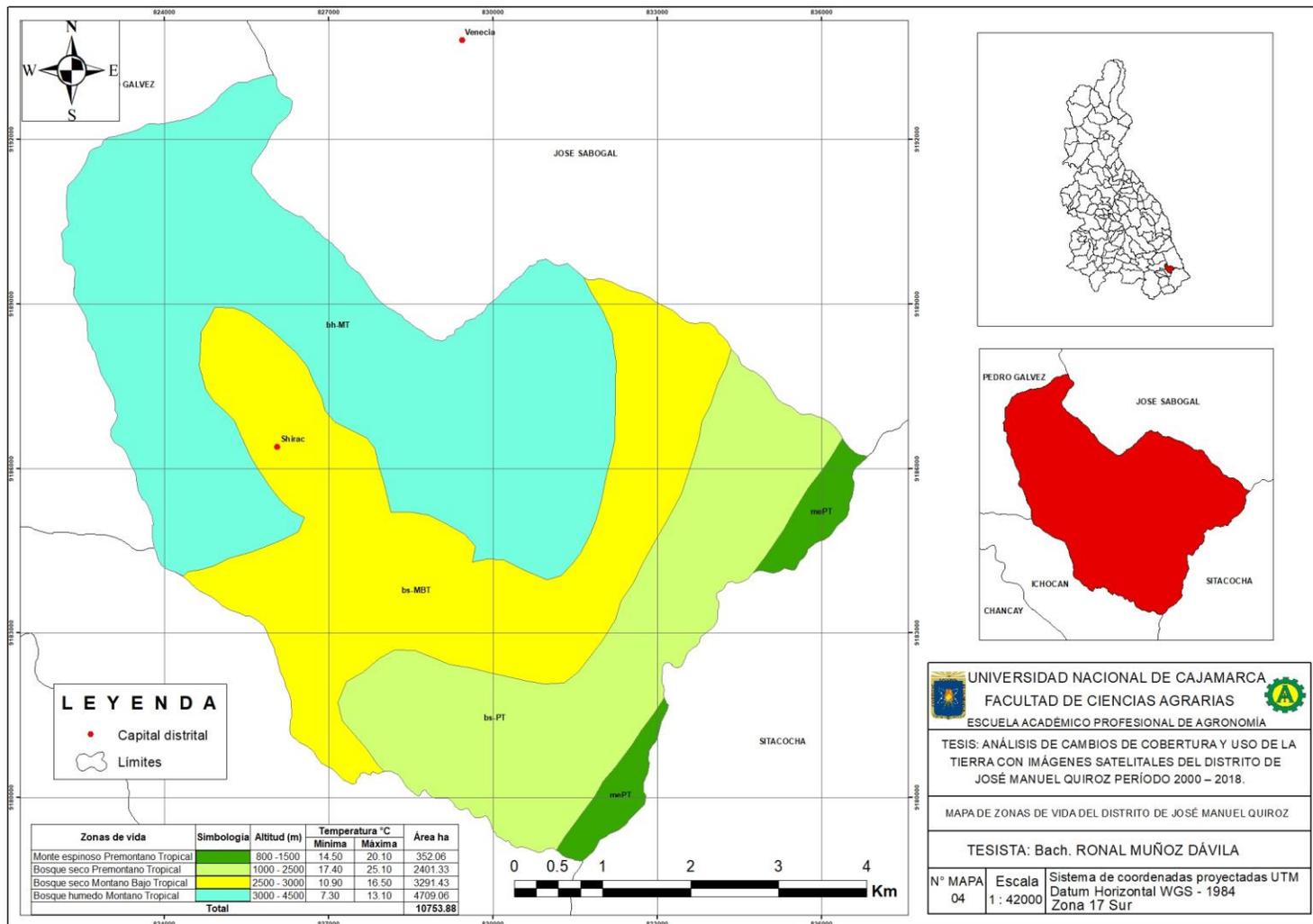
Quiroz

Con un área de 352.06 ha, encontramos la zona de vida monte espinoso Premontano (mePT); altitud de 800 a 1500 m, biotemperatura mínima 14.5 °C y máxima 20.1°C, clima subhúmedo – semicálido (Holdridge 1947); en los caseríos de Lima Caruillo, Mallan, con especies frutales: *Persea americana* Mill (palta), *Mangifera indica* L. (mango), *Annona cherimola* Mill. (chirimoya), *Musa paradisiaca* L. (plátano), *Eriobotrya japónica* (níspero), *Carica papaya* L. (papaya), *Citrus limon* L. (limón), *Citrus aurantifolia* Christm (lima), *Citrus sinensis* L. (naranja).

Con superficie de 2401.33 ha, bosque seco Premontano Tropical (bs-PT), altitud de 1000 a 2000 m, biotemperatura mínima 17.4°C y máxima 25.1 °C, clima subhúmedo - semicálido (Holdridge 1967), con especies de arbustos: *Calypranthes* sp, (lanche), *Tecoma sambucifolia* L. (ada), *Bacharis obtusifolia* (tallango).

Con una superficie de 3291.43 ha, encontramos la zona de vida de bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT), altitud de 2500 a 3200 m, biotemperatura anual máxima es de 16.5 °C y la media anual mínima de 10.9 °C (Holdridge 1947); especies *Zea mays* L. (maiz), *Triticum aestivum* L. (trigo), *Hordeum vulgare* (maiz), *Lens culinaris* (lenteja), *Linum usitatissimum* (linaza), *Solanum tuberosum* L. (papa), *Daucus carota* L. (zanahoria), *Allium sativum* L. (ajo), *Lupinus mutabilis* (chocho), *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), *Pisum sativum* L. (arveja), *Eucalyptus globulus* (eucalipto).

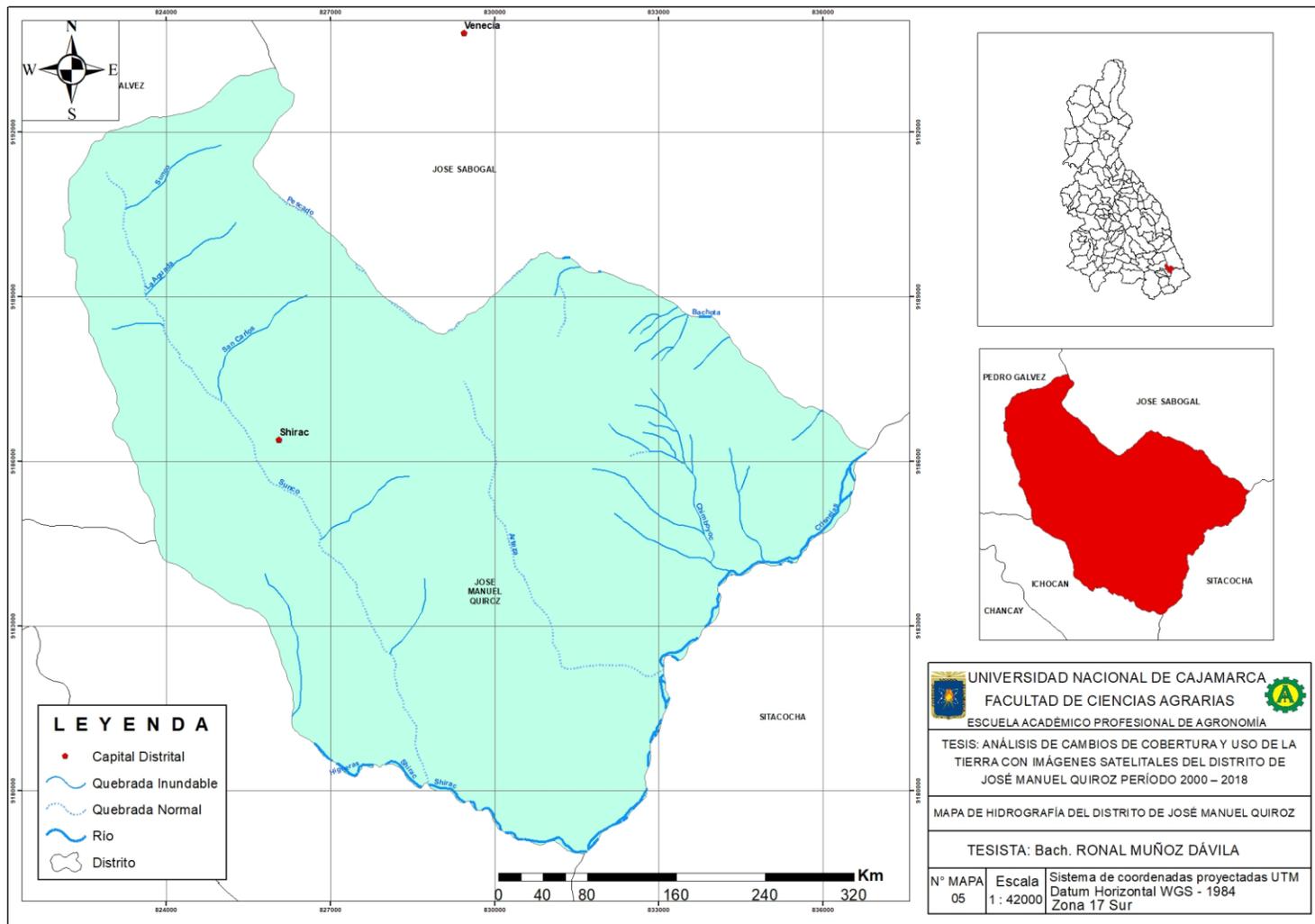
Con un área de 4709.06 ha, bosque húmedo Montano Tropical (bh-MT), altitud 3000 a 4050 m, temperatura mínima 7.3 °C, máxima anual de 13.1 °C clima subhúmedo-Semicálido (Holdridge 1947); especies de, *Baccharis hutchisonii* (chulco), *Jarava ichu* (gualte), *Schizachyrium sanguineum*, *Minthostachys mollis* (chancua), *Cynodon dactylon* (grama), *Pennisetum clandestinum* Hochst (kikuyo), *Medicago sativa* L. (alfalfa), *Lolium multiflorum* (rye grass), *Trifolium pratense* L. (trébol rojo).



Mapa 4. Zonas de vida del distrito de José Manuel Quiroz

4.3 Hidrografía

Está conformada por la microcuenca río Shirac y tiene como afluente la quebrada el suco, quebrada aguada, quebrada San Carlos y quebrada Higueras, la microcuenca río Bachota tiene como afluente la quebrada el pescado, que sirve como límite por el Norte con el distrito de José Sabogal siendo afluentes a la cuenca del Crisnejas que es el límite por el Este con el distrito de Sitacoha provincia de Cajabamba y dicha cuenca recorre 9.78 km por este distrito con dirección de Sur a Este y se convierte en afluente del río Marañón.



Mapa 5. Hidrografía del distrito de José Manuel Quiroz

4.4 Cobertura vegetal y uso del suelo del distrito de José Manuel Quiroz según la leyenda Corine Land Cover

Se encontró 12 categorías, las cuales han sido clasificadas en el nivel II y nivel III de CLC adaptada para la (zona de influencia). Cada una de estas sirvió para el análisis cuantitativo y cualitativo (análisis multi temporal) como se muestra a continuación.

4.4.1 Áreas artificializadas

Áreas urbanizadas 1.1.

- a) **Tejido urbano continuo 1.1.1 (Tu) = zona urbana**, con área de 9.00, encontramos infraestructura urbana, áreas verdes, pista, ocupa el distrito con su capital (Shirac).



Figura 13. Tejido urbano continuo del distrito de José Manuel Quiroz

- b) **Tejido urbano discontinuo 1.1.2 (Tud)**, con un área de 32.04 ha, encontramos zona urbana con espacios naturales, carretera; en los centros poblados de Lic Lic, Pauca Santa Rosa y San José.



Figura 14. Tejido urbano discontinuo del distrito de José Manuel Quiroz

4.4.2 Áreas agrícolas 2.

a) Cultivos transitorios 2.1. (Ct), con un área de 4391.75 ha, encontramos cereales: maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sativa* L.), lenteja (*Lens culinaris*), linaza (*Linum usitatissimum*); tubérculos: papa (*Solanum tuberosum* L.), oca (*Oxalis tuberosa*) y olluco (*Ullucus tuberosus*), hortalizas como zanahoria (*Daucus carota* L.); legumbres: chocho (*Lupinus mutabilis*) haba (*Vicia faba*) frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) arveja (*Pisum sativum* L.) y ajo (*Allium sativum* L.).

Todos ellos ubicados en la región quechua entre 2300 – 3500 m de altitud (Pulgar Vidal 1967)



Figura 15. Cultivo transitorio centro poblado Lic Lic

b) Cultivos permanentes 2.2 (Cp), con un área de 39.39 ha, encontramos árboles frutales: palta (*Persea americana* Mill.), mango (*Mangifera indica* L.), chirimoya (*Annona cherimola* Mill), plátano (*Musa paradisiaca* L.), níspero (*Eriobotrya japonica*), papaya (*Carica papaya* L.); cítricos: limón (*Citrus limon* L.), lima (*Citrus aurantifolia* Christm), naranja (*Citrus sinensis* L.) y pajuro (*Erythrina edulis*).

Todos ellos ubicados en la región yunga, altitud 1300 – 2300 m (Pulgar Vidal)



Figura 16. Cultivos permanentes en el caserío la Lima distrito de José Manuel Quiroz

c) Pastos 2.3. (Pa), con un área de 131.28 ha, encontramos pastos naturales como: grama (*Cynodon dactylon*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst) y cultivados como: alfalfa (*Medicago sativa* L.), rye gras (*Lolium multiflorum*), trébol rojo (*Trifolium pratense* L.), trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* L.).

Ubicados en la región quechua, suni y puna, altitud 2300 – 4050 m (Pulgar Vidal)



Figura 17. Pastos en el caserío San José distrito de José Manuel Quiroz

4.4.3 Bosques y áreas mayormente naturales 3

a) Bosques plantados 3.2 (Bp), con un área de 132.00 ha, encontramos bosques; eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*) y ciprés (*Cupressus macrocarpa* L.) realizada por la intervención directa del hombre, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, con fines de producir de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras).

Ubicados en la región quechua, suni, altitud 2300 – 4000 m (Pulgar Vidal)



Figura 18. Cobertura de bosques plantados en el caserío de las Moradas.

4.4.4 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo 3.3

a) Hierbas 3.3.1. (He), con un área de 648.11 ha, encontró las especies: chulco (*Baccharis hutchisonii*), gualte (*Jarava ichu*), *Schizachyrium sanguineum*, chancua (*Minthostachys mollis*).

Ubicados en la región quechua, suni y puna, altitud 2300 – 4050 m (Pulgar Vidal)



Figura 19. Cobertura vegetal de hierbas en el distrito de José Manuel Quiroz

b) Arbustos 3.3.2 (Ar), con un área de 3950.75 ha., encontramos especies: pushgay (*Vaccinium floribundum*), zarza (*Rubus fruticosus*), lanche (*Calypranthes* sp.) tres hojas (*Hesperomelos cuneata*), tomatillo de perro (*Solanum zahlbruckner*), manzanillo (*Mauria heterophylla*), *Baccharis alaternoides*, ada (*Tecoma sambucifolia* L.), Malmal (*Monnina conferta*), Tallanco (*Baccharis obtusifolia*).

Ubicados en la región yunga, quechua, suni y puna, altitud 1300 – 4050 m (Pulgar Vidal)



Figura 20. Cobertura vegetal de arbustos en el distrito de José Manuel Quiroz

c) Vegetación arbustiva / herbácea 3.3.4 (Var / he), con un área de 579.10 ha, comprende territorios cubiertos entre arbustos y hierbas: y arbustos como pushgay (*Vaccinium floribundum*), zarza (*Rubus fruticosus*), lanche (*Calypranthes* sp.) tres hojas (*Hesperomelos cuneata*), tomatillo de perro (*Solanum zahlbruckner*), manzanillo (*Mauria heterophylla*), (*Baccharis alaternoides*), ada (*Tecoma sambucifolia* L.), Malmal (*Monnina conferta*), Tallanco (*Baccharis obtusifolia*); chulco (*Baccharis hutchisonii*), gualte (*Jarava ichu*), *Schizachyrium sanguineum*, chancua (*Minthostachys mollis*).

Ubicados en la región quechua, suni y puna, altitud 2300 – 4050 m (Pulgar Vidal)



Figura 21. Cobertura vegetal de vegetación arbustiva / herbácea

4.4.5 Áreas sin o con poca vegetación 3.4

a) Afloramientos rocosos 3.2.1 (Afr), con un área de 180.91 ha, comprende territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta por afloramientos rocosos, bloques de rocas situados sobre la superficie del suelo.



Figura 22. Cobertura vegetal de afloramiento rocoso en el CP de Lic Lic

b) Tierras desnudas 3.4.3. (Td), con un área de 557.86 ha, comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal, no existe o es escasa, compuesta por suelos desnudos y quemados.



Figura 23. Tierras desnudas en el centro Poblado Pauca Santa Rosa.

4.4.6 Superficies de agua 5

a) Río (50 m) 5.1 (R), con una superficie de 101.69 ha, constituye una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable, se considera como unidad mínima cartografiable los que presenten un ancho de cauce mayor o igual a 50 m, encontramos parte de la cuenca del Crisnejas que sirve como límite del distrito de Sitacocha provincia de Cajabamba recorre la zona de influencia 9.78 km con dirección de Sur a Este convirtiéndose en afluente del río Marañón.



Figura 24. Parte del río Crisnejas afluentes del río marañón.

4.5 Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo ocurrido en el período 2000 – 2018

Del procesamiento de las imágenes satelitales, se obtuvieron los mapas de cobertura de cada año de estudio como se describe a continuación en el cual se analizó los cambios ocurridos.

4.5.1 Cobertura y uso del suelo año 2000

Las principales categorías encontradas en junio del año 2000, como se muestran en la Tabla 6 y en el mapa de cobertura.

Tabla 6. Categorías obtenidas para el año 2000

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Simbología	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	5.90	0.05
		1.1.2 Tejido urbano discontinuo	Tud	18.81	0.17
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	3216.25	29.91
	2.2 Cultivos permanentes		Cp	48.08	0.45
	2.3 Pastos		Pa	50.15	0.47
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados		Bp	25.60	0.24
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas	He	1213.23	11.28
		3.3.2 Arbustos	Ar	4988.79	46.39
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	Var / he	382.66	3.56
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramiento rocoso		Afr	188.09
3.4.3 Tierras desnudas		Td	546.41	5.08	
5. Superficies de Agua	5.1 Ríos (50 m)		R	69.90	0.65
Total				10753.88	100.00

En la Tabla 6 observamos las 12 clase de cobertura con su superficie en ha y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito José Manuel Quiroz.

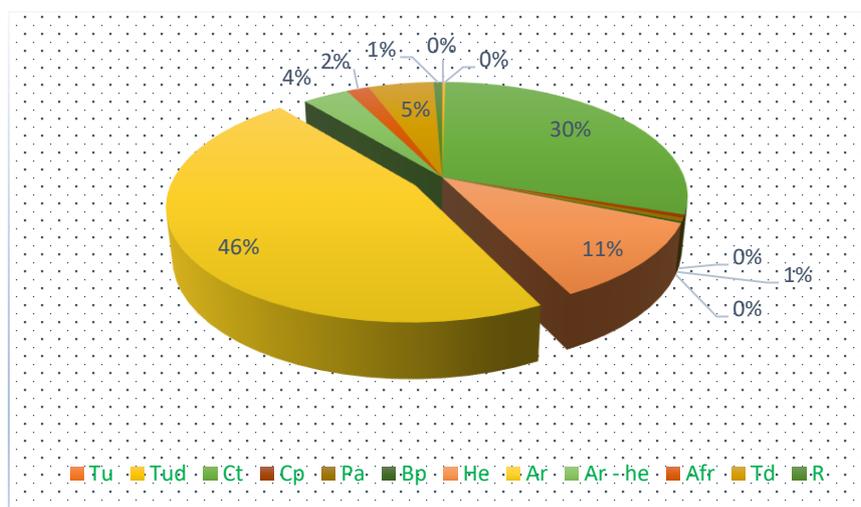


Figura 25. Distribución porcentual de cobertura año 2000

Según la Figura 25

El tejido urbano continuo (Tu) representa el 0.05 % de toda el área del distrito de José Manuel Quiroz.

El tejido urbano discontinuo representa el 0.17 % de la toda la superficie.

Cultivos transitorios (Ct) representa el 29.91 %.

Cultivos permanentes (Cp) representa el 0.45 %.

Pastos (Pa) representa el 0.47 %.

Bosques (Bp) representa el 0.24 %

Hierbas (He) representa el 11.28

Arbustos (Ar) representa el 46.39 %

Vegetación arbustiva / herbácea (Var / he) representa el 3.56 %

Afloramiento rocoso (Afr) representa el 1.75 %.

Tierras desnudas (Td) representa el 5.08 %

Río (R) representa el 0.65 % de toda el área total de dicho distrito

4.5.1.1 Matriz de confusión para el año 2000

Se realizó la matriz de confusión para el año 2000, se obtuvo la fiabilidad del productor y del usuario como se muestra a continuación: con el 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.

Tabla 7. Matriz de confusión para el año 2000

Resultados de la clasificación	Categorías asignadas en la imagen.									
	Categorías	2.1	2.3	3.2	3.3.1	3.3.2	3.4.2	3.4.3	Total	F usuario %
	2.1	23	0	0	1	0	2	0	26	88.46
	2.3	1	20	0	0	2	0	0	23	86.96
	3.2	0	0	10	0	1	0	0	11	90.91
	3.3.1	0	0	0	21	0	0	0	21	100.00
	3.3.2	1	0	0	0	25	0	0	26	96.15
	3.4.2	0	0	0	1	0	22	0	23	95.65
	3.4.3	0	0	0	0	0	0	20	20	100.00
	Total	25	20	10	23	28	24	20	152	94.02 %
F. productor	92.00	100.00	100.00	91.30	89.29	91.67	100.00			

F. usuario. Es el porcentaje correctamente clasificado por el software al momento de procesar los datos durante la digitalización de las áreas de entrenamiento y **F. productor.** Mide cuanto es fiable el producto verificado en campo. Las diagonales son las áreas de entrenamiento correctamente digitalizadas y fuera de ella son las que fueron confundidas con otras coberturas por tener alguna parte similar.

4.5.1.1.1 Interpretación de resultados para el año 2000

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

En la primera fila se digitalizaron 26 áreas de entrenamiento que pertenecen a cultivos transitorios (2.1), de las cuales 23 fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 88.46 %, 1 fue confundida con hierbas (3.3.1) y 2 con afloramiento rocoso (3.4.2)

En la segunda fila se digitalizaron 23 áreas de entrenamiento que pertenecen a pastos (2.3), de las cuales 20 fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 86.96 % 1 fue confundida con cultivos transitorios (2.1) y 2 con arbustos (3.3.2)

En la tercera fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecen a bosques plantados (3.2) de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %, 1 fueron confundidas con arbustos (3.3.2)

En la cuarta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a hierbas (3.3.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %

En la quinta fila se digitalizaron 26 áreas de entrenamiento que pertenecen a arbustos (3.3.2) de las cuales 25 fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.15 %, 1 fue confundida con cultivos transitorios (2.1)

En la sexta fila se digitalizaron 23 áreas de entrenamiento que pertenecen a afloramiento rocoso (3.4.2), de las cuales 22 fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.65 %, 1 fue confundido con hierbas (3.3.1)

En la séptima fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a tierras desnudas (3.4.3), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

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

En la primera columna se obtuvieron 25 áreas de entrenamiento representando a cultivos transitorios (2.1) de las cuales fueron 23 correctamente clasificadas equivalente a una fiabilidad de usuario de 92.00 % y 1 se confundió con pastos y 1 con arbustos.

En la segunda columna se obtuvieron 20 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a pastos (2.3), equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %

En la tercera columna se obtuvieron 10 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a bosques plantados (3.2) equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %

En la cuarta columna se obtuvieron 23 clasificaciones de las cuales 21 fueron clasificadas correctamente representando a hierbas (3.3.1) equivalente a una fiabilidad de usuario de 91.30 % 1 se confundió con cultivos transitorios (2.1) y 1 con afloramiento rocoso (3.4.2)

En la quinta columna se obtuvieron 28 clasificaciones de las cuales 25 fueron clasificadas correctamente representando a arbustos (3.3.2) y 2 fue confundida con pastos (2.3) y 1 con bosques plantados equivalente a una fiabilidad de usuario de 89.29 %

En la sexta columna se obtuvieron 24 clasificaciones de las cuales 22 fueron clasificadas correctamente representando a afloramiento rocoso (3.4.2), y 2 se confundió con cultivos transitorios equivalente a una fiabilidad de usuario de 91.67 %.

En la séptima columna se obtuvieron 20 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando tierras desnudas (3.4.3) equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

c) Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2000

$$P_o = \frac{23+20+10+21+25+22+22}{152} = 0.94$$

$$P_e = \frac{(25 \times 26) + (20 \times 23) + (10 \times 11) + (23 \times 21) + (28 \times 26) + (24 \times 23) + (22 \times 22)}{152}$$

$$=$$

$$= 3467/152=0.23$$

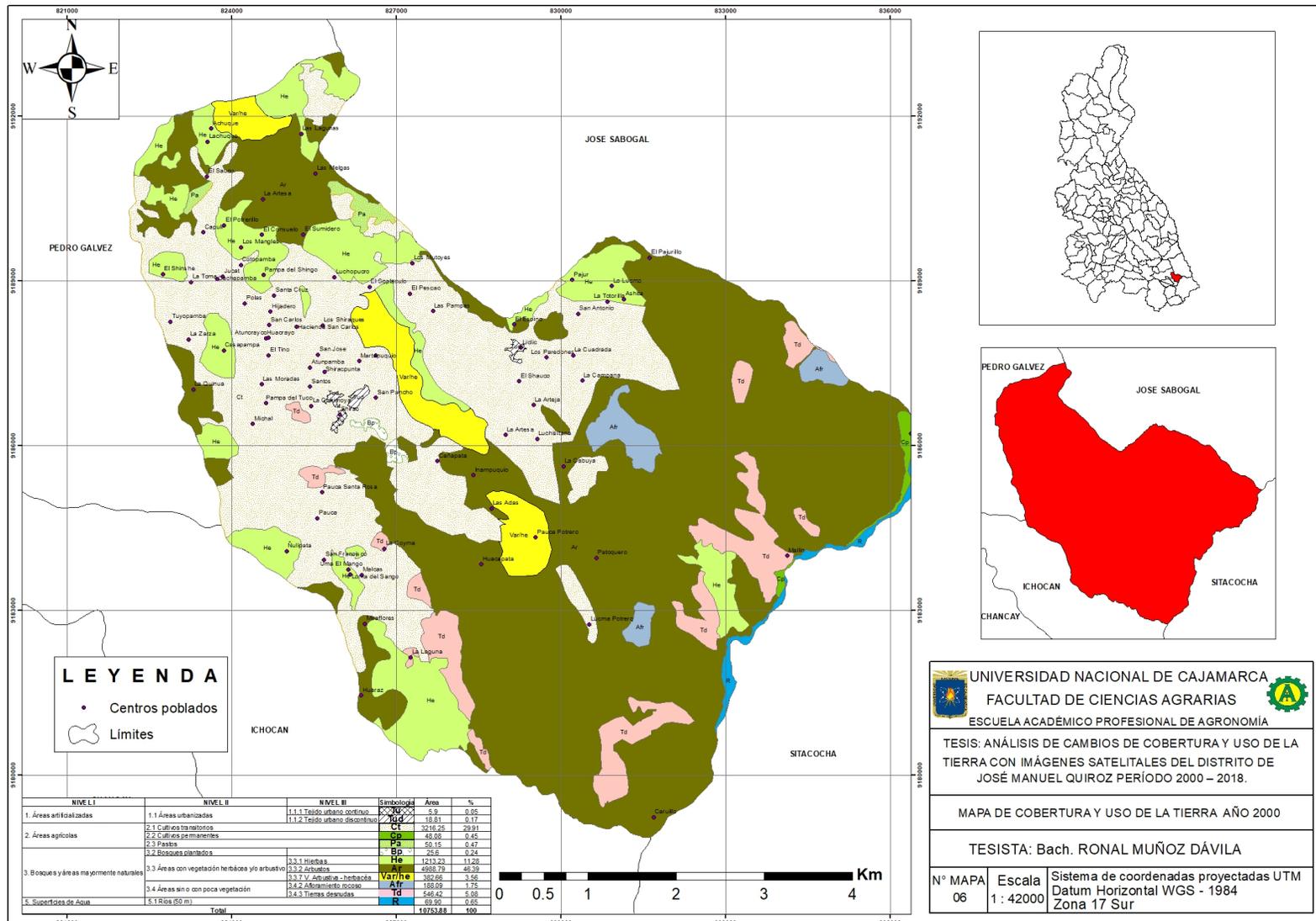
P_e = proporción de concordancia esperada puro azar.

$$K = \frac{0.94 - 0.23}{1 - 0.23} = 0.92$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.92 que según la fuerza de concordancia corresponde a casi perfecto

d) Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2000 es 94.02 % en un nivel de concordancia que se clasifica casi perfecto.



Mapa 6. Cobertura y uso de la tierra año 2000

4.5.2 Cobertura y uso del suelo año 2018

Las principales categorías de cobertura encontrados en enero del año 2018, se muestran a continuación en la tabla 8 y en el mapa 5.

Tabla 8. Categorías obtenidas para el año 2018

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Simbología	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	9.00	0.08
		1.1.2 Tejido urbano discontinuo	Tud	32.04	0.30
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	4391.75	40.84
	2.2 Cultivos permanentes		Cp	39.39	0.37
	2.3 Pastos		Pa	131.28	1.22
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados		Bp	132.00	1.23
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas	He	648.11	6.03
		3.3.2 Arbustos	Ar	3950.75	36.74
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	Var – he	579.10	5.39
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramiento rocoso	Afr	180.91	1.68
		3.4.3 Tierras desnudas	Td	557.86	5.19
5. Superficies de Agua	5.1 Ríos (50 m)		R	101.69	0.95
Total				10753.88	100.00

En la tabla 8 se muestra las 12 clases de cobertura y la superficie en ha, porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de José Manuel Quiroz.

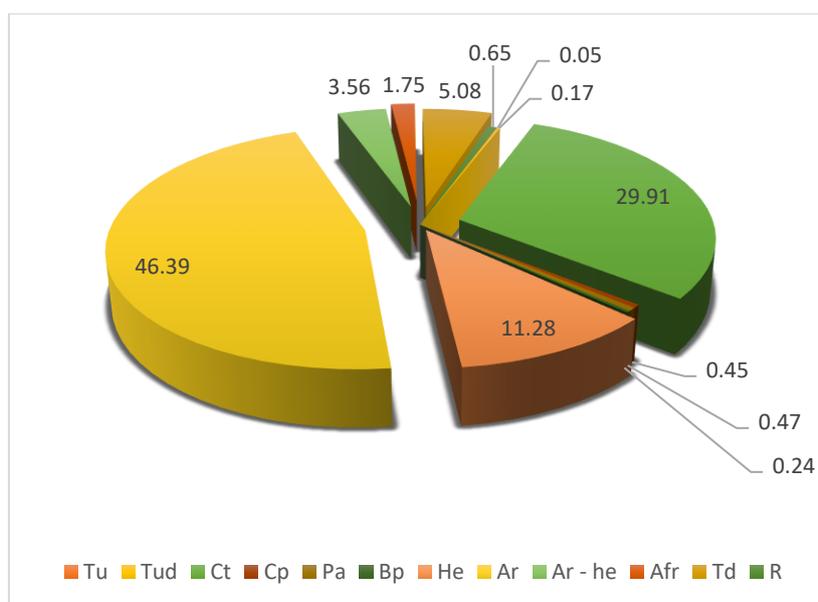


Figura 26. Distribución porcentual de cobertura año 2018.

Según la Figura 26

El tejido urbano continuo (Tu) representa el 0.08 % de toda el área del distrito de José Manuel Quiroz.

El tejido urbano discontinuo representa el 0.30 % de la toda la superficie.

Cultivos transitorios (Ct) representa el 40.84 %.

Cultivos permanentes (Cp) representa el 0.37 %.

Pastos (Pa) representa el 1.22 %.

Bosques (Bp) representa el 1.23 %.

Hierbas (He) representa el 6.03 %.

Arbustos (Ar) representa el 36.74 %.

Vegetación arbustiva / herbácea (Var / he) representa el 5.39 %

Afloramiento rocoso (Afr) representa el 1.68 %.

Tierras desnudas (Td) representa el 5.19 %.

El rio (R) representa el 0.95% de toda el área total de dicho distrito.

4.5.2.1 Matriz de confusión para el año 2018

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

Tabla 9. Matriz de confusión año 2018

Resultados de la clasificación	Categorías asignadas en la imagen									
	Categorías	2.1	2.3	3.2	3.3.1	3.3.2	3.4.2	3.4.3	Total	F usuario %
	2.1	35	0	1	1	0	0	0	37	94.59
	2.3	0	19	0	0	0	0	0	19	100.00
	3.2	0	0	18	1	0	0	0	19	94.74
	3.3.1	0	0	0	38	0	0	0	38	100.00
	3.3.2	1	1	0	0	29	0	0	31	93.55
	3.4.2	0	1	1	0	0	18	0	20	90.00
	3.4.3	0	0	0	0	0	0	25	25	100.00
	Total	36	21	20	40	29	18	25	189	96.13 %
F. productor	97.22	90.48	90.00	95.00	100.00	100.00	100.00			

F. usuario. Es el porcentaje correctamente clasificado por el software al momento de procesar los datos durante la digitalización de las áreas de entrenamiento y F. productor. Mide cuanto es fiable el producto verificado en campo.

Las diagonales son las áreas de entrenamiento correctamente digitalizadas y fuera de ella son las que fueron confundidas con otras coberturas por tener alguna parte similar.

4.5.2.2 Interpretación de resultado para el año 2018

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

En la primera fila se digitalizaron 37 áreas de entrenamiento que pertenecen a cultivos transitorios (2.1), de las cuales 35 fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.59 %, 1 fue confundida con bosques plantados (3.2) y 1 con hierbas (3.3.1)

En la segunda fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a pastos (2.3), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la tercera fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a bosques plantados (3.2) de las cuales todos fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 38 áreas de entrenamiento que pertenecen a hierbas (3.3.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la quinta fila se digitalizaron 31 áreas de entrenamiento que pertenecen a arbustos (3.3.2) de las cuales 29 fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.55 %, 1 fue confundida con cultivos transitorios (2.1) y 1 con pastos (2.3).

En la sexta fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a afloramiento rocoso (3.4.2), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas

equivalente a una fiabilidad del usuario 90.00 %, 1 fue confundido con pastos (2.3) y 1 con bosques plantados (3.2).

En la séptima fila se digitalizaron 25 áreas de entrenamiento que pertenecen a tierras desnudas (3.4.3), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

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

En la primera columna se obtuvieron 36 áreas de entrenamiento representando a cultivos transitorios (2.1) de las cuales fueron 35 correctamente clasificadas equivalente a una fiabilidad de usuario de 97.22 % y 1 se confundió con arbustos (3.3.2)

En la segunda columna se obtuvieron 21 clasificaciones de las cuales 19 fueron clasificadas correctamente representando a pastos (2.3), equivalente a una fiabilidad de usuario de 90.48 % 1 fue confundida con arbustos (3.3.2) y 1 afloramiento rocoso (3.4.2).

En la tercera columna se obtuvieron 20 clasificaciones de las cuales 18 fueron clasificadas correctamente representando a bosques plantados (3.2) equivalente a una fiabilidad de usuario de 90.00 % 1 fue confundida con cultivos transitorios y 1 con afloramiento rocoso (3.4.2).

En la cuarta columna se obtuvieron 40 clasificaciones de las cuales 38 fueron clasificadas correctamente representando a hierbas (3.3.1) equivalente a una fiabilidad de usuario de 95.00 % 1 se confundió con cultivos transitorios (2.1) y 1 con bosques plantados (3.2).

En la quinta columna se obtuvieron 29 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a arbustos (3.3.2) equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %

En la sexta columna se obtuvieron 18 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a afloramiento rocoso (3.4.2), equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %

En la séptima columna se obtuvieron 25 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando tierras desnudas (3.4.3) equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

c) Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2018

$$P_o = \frac{35+19+18+38+29+18+25}{189} = 0.96$$

$$P_e = \frac{(36 \times 37) + (21 \times 19) + (20 \times 19) + (40 \times 38) + (29 \times 31) + (18 \times 20) + (25 \times 25)}{189} = 5515/189 = 0.29$$

P_e = proporción de concordancia esperada puro azar.

$$K = \frac{0.96 - 0.29}{1 - 0.29} = 0.94$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 94 % que según la fuerza de concordancia se clasifica en **casi perfecto**

d) Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2018 es 96.13 %

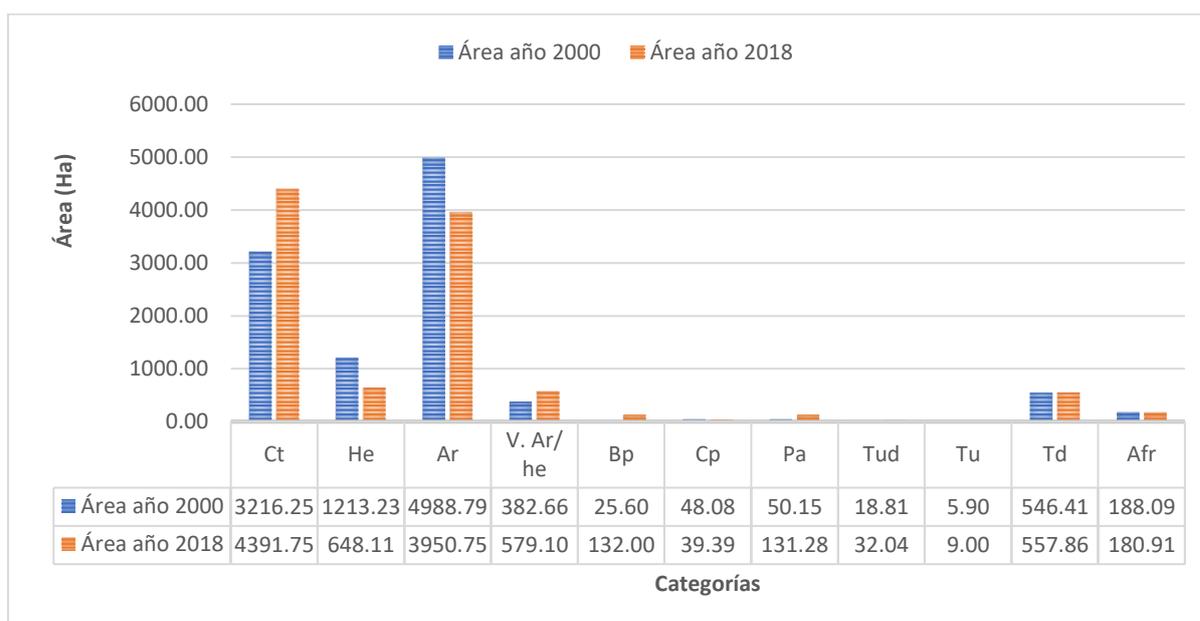
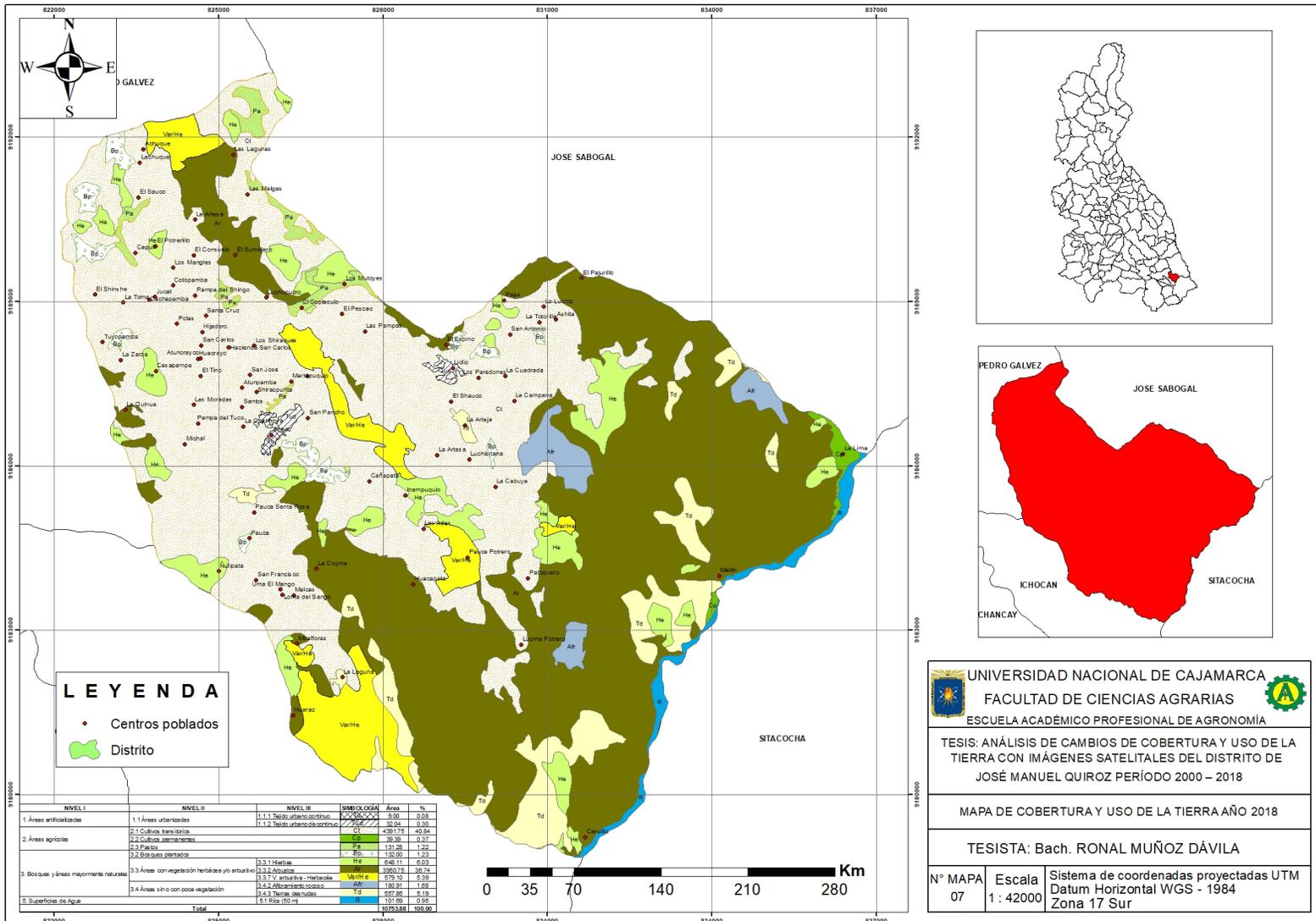


Figura 27. Dinámica de la cobertura y uso del suelo de los años 2000 y 2018.

De acuerdo a la Figura 26 se muestra en barras de color rojo el área de cobertura del año 2000 y de rojo la cobertura del 2018, en lo que refiere a tejido urbano continuo aumento 3.10 ha, en tejido urbano discontinuo aumento en 13.23 ha, cultivos transitorios aumento 1175.50 ha, cultivos permanentes disminuyo en 8.69 ha, pastos aumento en 81.14 ha, bosques plantados en 106.40 ha, hierbas disminuyó en 565.12 ha, arbustos atenuó en 1038.04 ha, vegetación arbustiva / herbácea aumento en 196.44 ha, afloramiento rocoso se recudió en 7.19 ha, tierras desnudas aumentó en 11.45 ha, río incrementó en 31.79 para el año 2018.

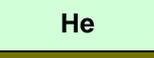
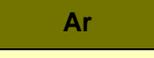
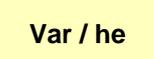
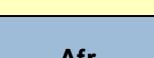


Mapa 7. Cobertura y uso de la tierra año 2018

4.6 Análisis de cambio y no cambio del uso del suelo

Para determinar este análisis, se evaluó la variación de los polígonos de forma global entre los años (2000 - 2018), sin importar los motivos o a que categorías de cobertura cambiaron.

Tabla 10. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2000 – 2018.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Simbología	Superficie Año 2000		Superficie Año 2018		2000 - 2018	
				Área ha	%	Área ha	%	Área ha	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo		5.90	0.05	9.00	0.08	+ 3.10	+ 0.03
		1.1.2 Tejido urbano discontinuo		18.81	0.17	32.04	0.30	+ 13.23	+ 0.12
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios			3216.25	29.91	4391.75	40.84	+ 1175.50	+ 10.93
	2.2 Cultivos permanentes			48.08	0.45	39.39	0.37	- 8.69	- 0.08
	2.3 Pastos			50.15	0.47	131.28	1.22	+ 81.14	+ 0.75
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados			25.60	0.24	132.00	1.23	+ 106.40	+ 0.99
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Hierbas		1213.23	11.28	648.11	6.03	- 565.12	- 5.26
		3.3.2 Arbustos		4988.79	46.39	3950.75	36.74	- 1038.04	- 9.65
		3.3.4 V. Arbustiva / herbácea		382.66	3.56	579.10	5.39	+ 196.44	+ 1.83
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2 Afloramiento rocoso		188.09	1.75	180.91	1.68	- 7.19	- 0.07
		3.4.3 Tierras desnudas		546.41	5.08	557.86	5.19	+ 11.45	+ 0.11
5. Superficies de Agua	5.1 Ríos (50 m)			69.90	0.65	101.69	0.95	+ 31.79	+ 0.30
Total				10753.88	100.00	10753.88	100.00		

En la Tabla 10 se muestra las áreas de las coberturas con sus respectivos porcentajes de los años 2000 y 2018, genero ganancia en áreas urbanizadas aumento en 16.33 ha, cultivos transitorios 1175.50 ha, en pastos 81.14 ha, bosques plantados 106.40 ha, V. arbustiva / herbácea 196.44, en tierras desnudas 11.45 ha, en superficies de agua 31.79 ha y perdidas en cultivos permanentes en 8.69 ha para el año 2018 hierbas - 565.12 ha, arbustos - 1038.04 ha.

4.7 Factores que han intervenido en los cambios de cobertura y uso del suelo

a) Factores Naturales

En la actualidad en el distrito existen factores que, así como benefician, también perjudican al entorno en ellos tenemos el clima, erosión de los suelos teniendo como consecuencia las áreas desnudas (con o sin poca vegetación), relieve, precipitación (incremento de vegetación), tierras desnudas, temperatura (a más incremento de ello se pierde hierbas, arbustos) de esta manera se modifica la cobertura.

b) Factores Antrópicos

La presencia humana en el distrito ha modificado la cobertura, el crecimiento de la población, que para poder alimentarse realizan labores agrícolas destruyendo la parte de ella, por ejemplo, destruye hierbas, arbustos para poder desarrollar su agricultura, deforestando para construir sus viviendas o construyendo zonas urbanas.

La pérdida de cobertura se pierde principalmente por la actividad antrópica que el hombre realiza busca nuevos suelos con el objetivo de destinarlo a la agricultura para tener mejores rendimientos con fines económicos. Ya que los suelos pierden su fertilidad y ya no lo recuperan para los cuales la única forma es destruyendo las coberturas de arbustos y hierbas estos resultados concuerdan con Velásquez 2002.

En el departamento Cajamarca, se tiene 42.69 - 51.64 % de la superficie regional se encuentra en peligro de pérdida de suelos por erosión Alcántara 2014.

4.8 Cuantificación general del cambio de cobertura

De acuerdo al análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra en el periodo 2000 - 2018, esta zona de influencia ha sufrido cambios generales en uso de la tierra en su superficie como nos muestra la siguiente tabla.

Tabla 11. Áreas de mapa cambio y no cambio

CAMBIO	ÁREA HA	%
No Cambio	7 548.57	70.19
Si Cambio	3 205.32	29.81
Total	10 753.89	100.00

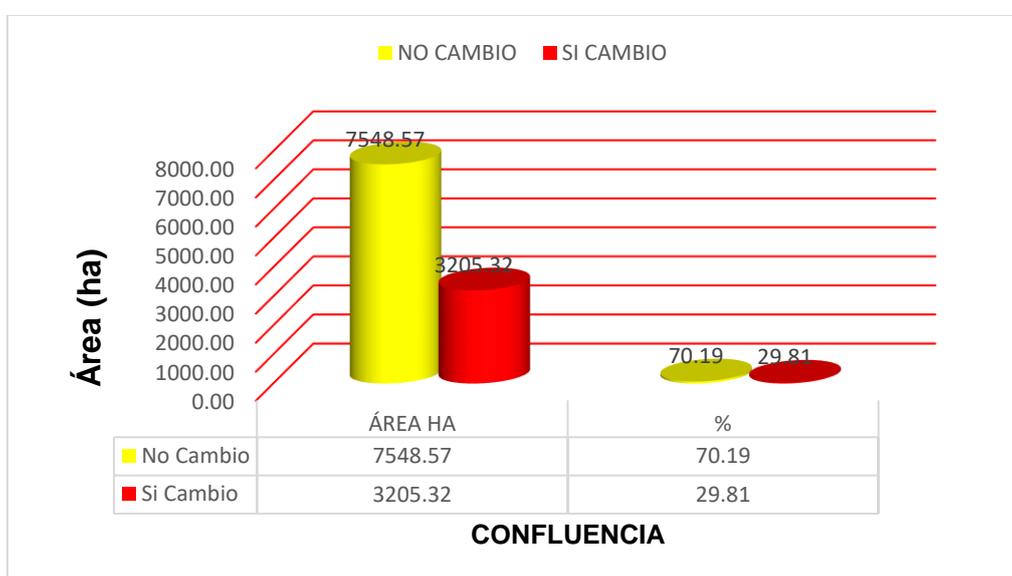
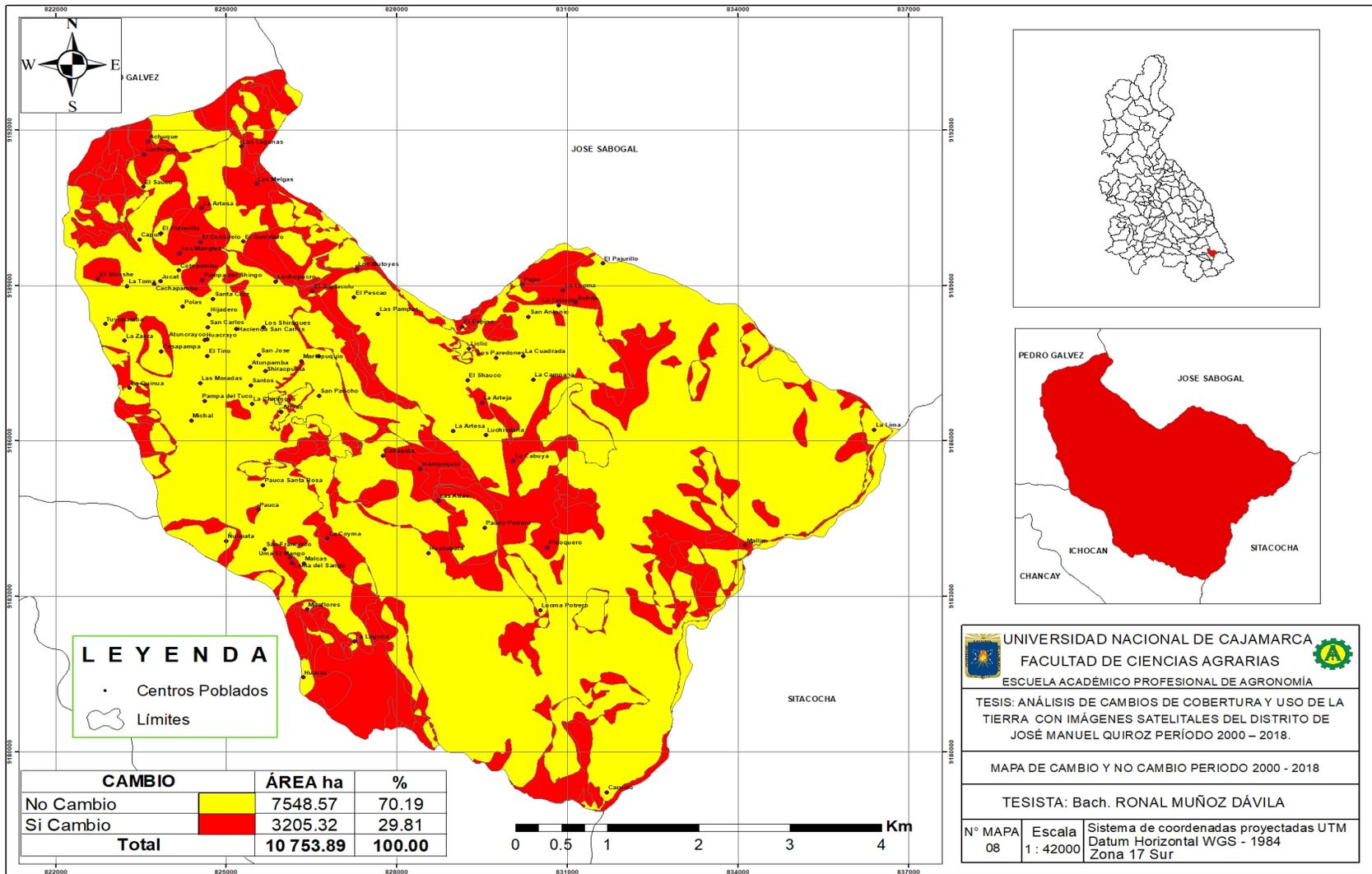


Figura 28. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000 – 2018.

En la Figura 28, se aprecia el cambio y no cambio de la superficie del distrito en el periodo 2000 - 2018, de un total de 10753.88 ha sufrieron cambios 3205.32 ha equivalente al 29.81 % y no cambio 7548.57 ha equivalente al 70.19 %, como se muestra en el mapa 8.



Mapa 8. Cambio y no cambio periodo 2018

4.9 Análisis de cambios por cobertura

El análisis de cambio por cobertura, consta en la evaluación inicial a una actual entre el periodo. En este proceso, solo se evalúa las áreas que ocurrió cambios, dejándose de lado los de no cambio. A continuación, se muestran los resultados de este análisis en la Tabla 12.

Tabla 12. Comparación de cambios de cobertura en el periodo 2000 – 2018 distrito de José Manuel Quiroz

CÓDIGO	SIMBOLOGÍA	CUT - 2000	CUT – 2018	Área ha	% de cambio
1	Afr – Ar	Afloramiento rocoso	Arbustos	0.57	0.01
2	Afr – Ct	Afloramiento rocoso	Cultivos transitorios	0.15	0
3	Var / He-Ar	V. arbustiva / herbácea	Arbustos	5.04	0.05
4	Var / he-Ct	V. arbustiva / herbácea	Cultivos transitorios	103.68	0.96
5	Var / he-He	V. arbustiva/ herbácea	Hierbas	12.68	0.12
6	Var / He-Pa	V. arbustiva / herbácea	Pastos	0.29	0
7	Ar – Afr	Arbustos	Afloramiento rocoso	20.72	0.19
8	Ar - Var / He	Arbustos	Arbustiva / herbácea	85.38	0.79
9	Ar – Bp	Arbustos	Bosques plantados	70.92	0.66
10	Ar – Cp	Arbustos	Cultivos permanentes	6.48	0.06
11	Ar – Ct	Arbustos	Cultivos transitorios	764.35	7.11
12	Ar – He	Arbustos	Hierbas	320.66	2.98
13	Ar – Pa	Arbustos	Pastos	17.32	0.16
14	Ar – R	Arbustos	Rio	26.29	0.24
15	Ar – Td	Arbustos	Tierras desnudas	190.62	1.77
16	Cp – Ar	Cultivos Permanentes	Arbustos	5.14	0.05
17	Cp – He	Cultivos permanentes	Hierbas	1.97	0.02
18	Cp – R	Cultivos permanentes	Rio	7.02	0.07
19	Cp – Td	Cultivos permanentes	Tierras desnudas	1.74	0.02
20	Ct – Ar	Cultivos transitorios	Arbustos	97.09	0.9
21	Ct – Var / He	Cultivos transitorios	V. arbustiva / herbácea	8.34	0.08
22	Ct – Bp	Cultivos transitorios	Bosques plantados	32	0.3
23	Ct – He	Cultivos transitorios	Hierbas	72.45	0.67
24	Ct – Pa	Cultivos transitorios	Pastos	71.68	0.67
25	Ct – Td	Cultivos transitorios	Tierras desnudas	15.38	0.14
26	Ct – Tu	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	3.67	0.03
27	Ct – Tud	Cultivos transitorios	Tejido Urbano Discontinuo	14.02	0.13
28	He – Ar	Hierbas	Arbustos	143.6	1.34

29	He - Var / he	Hierbas	V. arbustiva / herbácea	200.48	1.86
30	He – Bp	Hierbas	Bosques plantados	7.88	0.07
31	He – Ct	Hierbas	Cultivos transitorios	574.75	5.34
32	He – Pa	Hierbas	Pastos	13.75	0.13
33	He – Td	Hierbas	Tierras desnudas	43.54	0.4
34	Pa – Ct	Pastos	Cultivos transitorios	21.74	0.2
35	Pa – He	Pastos	Hierbas	0.16	0
36	R – Ar	Rio	Arbustos	1.19	0.01
37	R – Cp	Rio	Cultivos permanentes	0.64	0.01
38	Td – Afr	Tierras denudas	Afloramiento rocoso	0.11	0
39	Td – Ar	Tierras denudas	Arbustos	186.38	1.73
40	Td - Var / he	Tierras denudas	V. arbustiva / herbácea	24.02	0.22
41	Td – Cp	Tierras denudas	Cultivos permanentes	0.08	0
42	Td – Ct	Tierras denudas	Cultivos transitorios	18.29	0.17
43	Td – He	Tierras denudas	Herbazal	12.62	0.12
44	Td – R	Tierras denudas	Rio	0.43	0
45	No cambio			7548.57	70.19
	Total			10753.88	100

En la Tabla 12, se muestran las clases de cobertura que fueron cambiados a otras coberturas generando a la vez 44 tipos de cambio los más significativos, asignándole a cada uno códigos, simbología y un color para diferenciarlo con mayor facilidad. Entre los más significativos tenemos los siguientes:

La cobertura de arbustos fue reemplazada por afloramiento rocoso con un área de 20.72 ha, vegetación arbustiva / herbácea con un área de 85.30 ha, bosques plantados con un área de 70.92 ha, cultivos permanentes con un área de 6.48 ha, cultivos transitorios 764.35 ha, hierbas con un área de 320.66 ha, pastos, 17.32 ha, rio con un área de 26.29 ha, tierras denudas con un área de 190.62 ha.

La categoría de vegetación arbustiva / herbácea fue reemplazada por arbustos con un área de 5.04 ha, cultivos transitorios con un área de 103.68 ha, hierbas con un área de 12.68 ha, pastos con un área de 0.29 ha.

En afloramiento rocoso fue reemplazada por arbustos con un área de 0.57 ha, cultivos transitorios con un área de 0.15 ha.

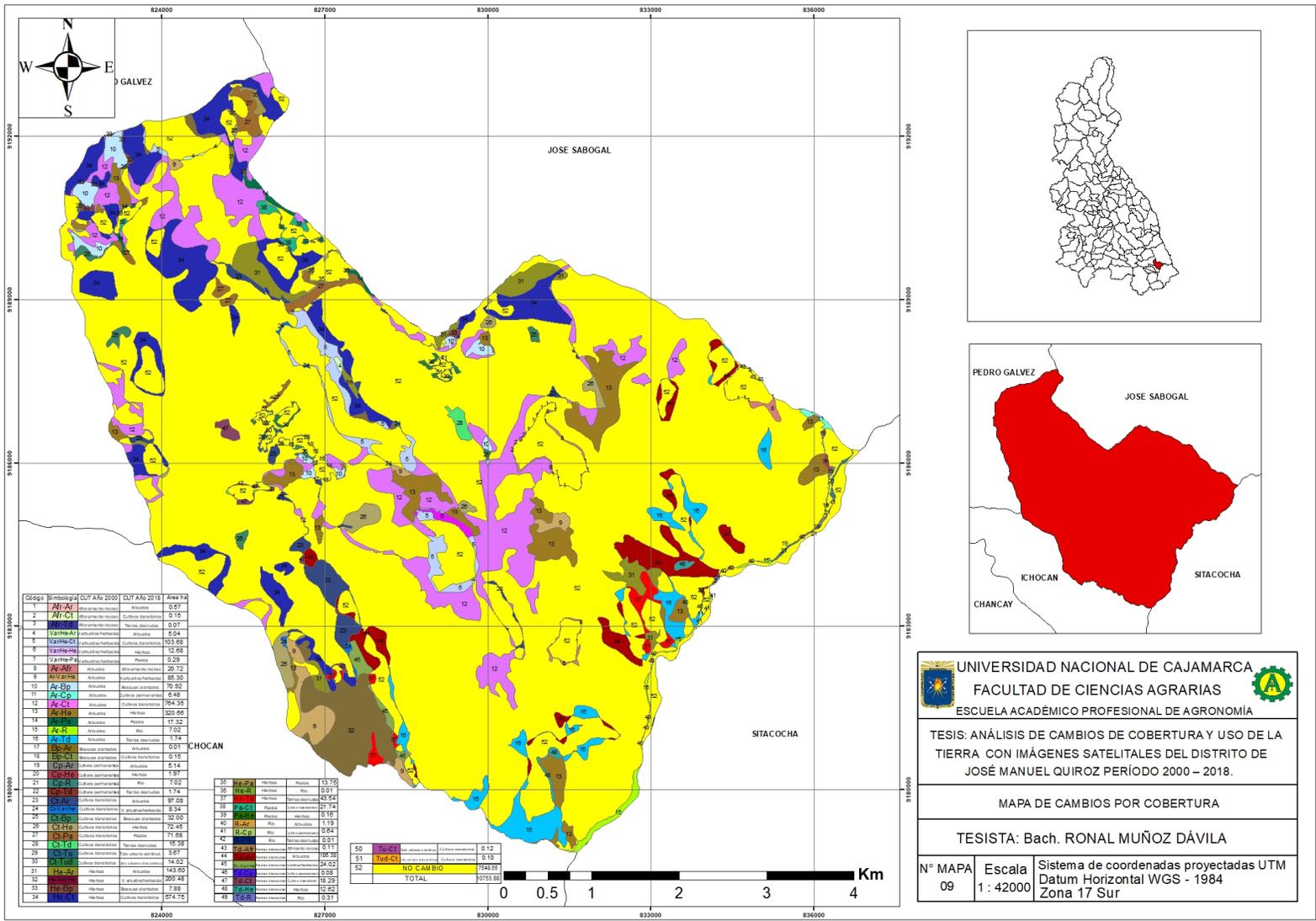
Cultivos permanentes fue reemplazada por arbustos con un área de 5.14 ha, herbazal con un área de 1.97 ha, rio con un área de 7.02 ha, tierras desnudas con un área de 1.74 ha.

Cultivos transitorios fue reemplazada por arbustos con una área de 97.09 ha, bosques plantados con un área de 32.00 ha, hierbas con un área de 72.45 ha, pastos con un área de 71.68 ha, cultivos transitorios 764.35 ha, hierbas con un área de 320.66 ha, pastos, 17.32 ha, rio con un área de 26.29 ha, tierras desnudas con un área de 15.38 ha, tejido urbano continuo con un área de 3.67 ha, tejido urbano discontinuo 14.02 ha.

Hierbas fue reemplazada por arbustos con un área de 143.6 ha, v. arbustiva / herbácea con un área de 200.48 ha, bosques plantados con un área de 7.88 ha, cultivos transitorios con un área de 574.75 ha, pastos, 13.75 ha, rio con un área de 26.29 ha, tierras denudas con un área de 43.54 ha.

Río fue reemplazada por arbustos con un área de 1.19 ha, cultivos permanentes con un área de 0.64 ha.

Tierras desnudas fue reemplazada por arbustos con un área de 186.38 ha, vegetación arbustiva / herbácea con un área de 24.02 ha, cultivos permanentes con un área de 18.29 ha, hierbas con un área de 12.62 ha, rio con un área de 0.43 ha.



Mapa 9. De cambios por cobertura y uso de la tierra, periodo 2000 -2018

4.10 Discusión

4.10.1 Cambios de cobertura del período 2000 – 2018

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

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

Tabla 13. Población del distrito de José Manuel Quiroz para los años 1993 y 2007

Censo Año	Población censada	Número de habitantes	Población total
Censo año 1993	Urbana	888	4762
	Rural	3874	
Censo año 2007	Urbana	1002	5103
	Rural	4101	

Fuente: INEI Censos Nacionales 1993, 2007

De acuerdo a los siguientes datos del INEI se estimó la población para la zona de influencia con la siguiente fórmula y los resultados. Se estimó la población para los años 2000 y 2018, considerando que la población, va a crecer lineal y geoméricamente, a lo observado en censo del año 1993 y 2007.

$$P_n = P_0 \times (1 + r)^t$$

Tabla 14. Población estimada distrito de José Manuel Quiroz el periodo de estudio

Año	Población		Total
	Urbano	Rural	
2000	896	3992	4888
2018	1305	4358	5663

a) Áreas artificializadas

En tejido urbano continuo esta área al compararse con el mapa de cobertura y uso de la tierra del año 2000 y 2018 se determina un aumento el área para este periodo de 3.10 ha se debe al aumento de la población según INEI censos 1993, 2007.

En tejido urbano discontinuo aumento un total de 13.23 ha en 18 años, también se debe a un aumento de población por lo que la gente construye viviendas en los centros poblados de Lic Lic, Pauca Santa Rosa estos resultados concuerdan con el censo de población y vivienda de los años (1993, 2007) INEI.

b) En áreas agrícolas

En (cultivos transitorios) al comparar el mapa de cobertura del 2000 y 2018, el área ha incrementado en 1175.50 ha, el 10.93 % de áreas de otras clases de cobertura, porque al aumentar la población tiene influencia directa a que se incrementen las tierras de cultivo esto concuerda con los censos nacionales de población y vivienda de los años 1993, 2007.

Cultivos permanentes, hubo una pérdida de 8.69 ha para el año 2018 cambiando a otras coberturas porque nos mencionaban pobladores de la zona de influencia que en el año 2000 había más terreno destinado a estos cultivos, pero en el 2010 hubo una avenida del río Crisnejas y llevo parte de ellos.

Pastos incremento en 81.14 ha para el año 2018 porque la población está dedicada a la venta de leche fresca por ser más rentable y siembran pasturas (rye grass, trébol, alfalfa), cerca de fuentes naturales de agua (ríos, quebradas, represas) o con ayuda del riego tecnificado, para la subsistencia de la actividad pecuaria como es la crianza de cuyes y ganado vacuno.

c) En bosques y áreas mayormente naturales (bosques plantados) el área ha incrementado en 106.40 ha al año 2018, porque al aumentar la población la gente sembró más árboles para el aprovechamiento de leña y en construcción de sus viviendas estos resultados concuerdan con los censos realizados por el INEI.

d) Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva. En (hierbas) ha disminuido el área en 565.12 ha, en (arbustos) 1038.04 ha, al año actual en ambos casos disminuyó porque según los censos de población y vivienda del INEI aumento la población y con el paso de los años ha sido constantemente talada en las zonas altas del distrito para generar áreas de producción agrícola como consecuencia cultivan más terrenos para producir alimentos, en (vegetación arbustiva /

herbácea) ha incremento el área en 196.44 ha para el año 2018 porque los factores naturales de (precipitación) la lluvia inciden a crecer hierbas.

e) Áreas sin o con poca vegetación. En (afloramiento rocoso) el área ha disminuido en 7.19 ha para el año 2018 porque dieron uso al suelo para destinarlo a la agricultura limpiaron o construyeron terrazas para hacer más fácil su manejo; en tierras desnudas el área ha aumentado en 11.45 ha para el año 2018 los factores naturales (clima, el aumento de temperatura) incidieron a que se pierda hierbas o arbustos.

f) Superficies de agua. En río implica un incremento de 31.79 ha para el año 2018 según versiones de pobladores de los caseríos de La Lima, Mallin y Caurillo indican que en el año 2010 perdieron parte de los cultivos permanentes debido al aumento del caudal de la cuenca del río Crisnejas en épocas de invierno.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se analizó los cambios de cobertura vegetal y uso de la tierra, en el distrito de José Manuel Quiroz provincia de San Marcos departamento de Cajamarca en los años 2000 – 2018 a través de imágenes satelitales en la cual constituyeron la principal fuente de información en la cuantificación, modificación y junto con el modelo implementado se obtuvieron resultados a una escala que permitió analizar la tendencia del cambio de uso de la tierra.

Se generó los mapas de cobertura en el intervalo de 2000 – 2018 utilizando la metodología de Corine Land Cover al algoritmo de máxima verosimilitud y los cambios ocurridos en ella, la superficie se modificó progresivamente, ya que se pudo evidenciar una pérdida de cobertura vegetal durante el período de estudio.

Se analizó la incidencia de los factores naturales como: (clima, precipitación, temperatura, erosión de suelos) y antrópicos con la intervención del hombre inciden en el cambio de cobertura a través de imágenes satelitales en el período de estudio, son constantes se muestra 12 clases de cobertura que por dinámica territorial fueron cambiados a otras coberturas generando a la vez 51 tipos de cambios.

Con el algoritmo de máxima verosimilitud se elaboró los mapas de cobertura y uso actual de la tierra para los períodos 2000 – 2018, utilizando la metodología Corine Land Cover, alcanzando una fiabilidad de 95.00 % de veracidad para el año 2000, 94.02 % de veracidad para el año 2018, 96.13 % el cual fue validado in situ.

5.2 Recomendaciones

Utilizar imágenes satelitales que tengan un mínimo de nubosidad en el área de estudio, a la vez se debe ser lo más minucioso posible al momento de realizar las áreas de entrenamiento, ya que de ello dependerá que nuestro error sea lo más mínimo posible.

Al momento de digitalizar las áreas de entrenamiento tener mucho cuidado en el color de píxeles caso contrario la índice kappa arrojará un valor inferior a 81 % por lo que tendrá que procesarse nuevamente.

Dar prioridad a la realización de estudios in situ y ex situ sobre la detección de las extensiones de las superficies de cobertura vegetal, así mismo estos estudios de deberían basar en el uso de herramientas de SIG y utilización de imágenes satelitales, que permiten generar cartografías y bases de datos.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Abraira V. 2001. Errores en las mediciones y clasificaciones clínicas: precisión y validez. (en línea). Consultado el 24 jun. 2018. Disponible en http://www.hrc.es/bioest/Intro_errores.html
- Acosta, L. (2003). Experiencia de la tecnología de percepción remota para la elaboración del mosaico de imágenes de satélite Landsat Tm en la sierra y selva baja de la Amazonía peruana. *Folia amazónica*, 14 p.
- Ager ingenieros, irc S.L. 2003. Los sistemas de informacion geográfica, características y aplicaciones generales. (En línea). Consultado el 17 oct 2018. Disponible en <http://www.ager.es/productos/gis/sig.pdf>. 3 p.
- Alcántara, G. 2014. Estudio Especializado Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra – Departamento de Cajamarca.
- Armenteras, D. 2001. "GIS at the Alexander von Humboldt Institute", Colombia. In: *Conservation Geograpy* by C. Convis. ESRI Press, USA. 520 pp.
- Bastidas, J. (2007). *Nociones de Hidrografía*. Consejo de publicaciones ULA. Mérida - Venezuela. 18 pp.
- Burrough, P. 1988 *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Monographs on Soil and Resources Survey. Clarendon Press, Oxford. 194 p.
- Bonfil, P. (1996). Las familias rurales ante las transformaciones socioeconómicas recientes. *Estudios Agrarios*. Revista de la Procuraduría Agraria, 5: 64-78.
- Bosque Sendra, J. (1997): *Sistemas de información geográfica*. Madrid, Ediciones Rialp, 2ª edición corregida, 451 p.
- Breiman, Leo. 2001 citado por ARNILLAS, C.A; et al. 2012). «Random Forests». *Machine Learning* 45 (1): 5–32. doi: 10. 1023/A: 1010933404324.

- Calvo, M. 1992. Sistemas de Información Geográfica Digitales: Sistemas geomáticos. IVAP-EUSKOIKER, Oñati, 616 p.
- Cecenque R. 2013. Manual para el tratamiento de imágenes satelitales con índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). INIA, FIC – Gobierno Regional de Valparaíso GORE (en línea). Consultado 20 jul. 2018. Disponible en <http://www.monitoreosatelital.cl/wp-content/uploads/2014/11/Manual-Tratamiento-de-Imagenes-NDVI.pdf>
- Cohen J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas* 20:37-46.
- Congalton, R., 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data, *Remote Sensing of Environment* 37, 35-46.
- Díaz, José M; Palma, P. 2003: “Dos perspectivas sobre la cartografía de coberturas y usos del suelo en Galicia”. En Revista: *Revista Galega de Economía*. Núm. 001. Vol. 16. España. Universidad de Santiago de Compostela. (en línea). Consultado 7 jul. 2018. Disponible en http://www.usc.es/econo/RGE/Vol16_1/Castelan/art4c.pdf
- FAO 1990. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) Aplicación de la tecnología de percepción remota a las pesquerías marinas: manual introductorio
- FAO 2010. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) Pérdidas de cobertura vegetal. México. p. 115
- Fallas, J. 2002. Normas y Estándares para datos geoespaciales. Laboratorios de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Escuela de Ciencias Ambientales y Programas Regional en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. (En línea). Consultado 22 jul. 2018. Disponible en <http://www.una.ac.cr/ambi/telesig>
- Fernández Coppel, A; Eliecer H, L. 2001. Análisis Visual de Imágenes obtenidas del Sensor ETM+ - Satélite Landsat8 estrecho de Gibraltar, USGS, EEUU. Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Palencia. (en línea). UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. 12 – 25 pp.

- Consultado 18 jul. 2018 Disponible en <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>
- Geográfica. 2013. Correcciones a las imágenes de satélites tema 7. (en línea). Consultado 18 jun. 2018. Disponible en <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema07.pdf>
- Herrero, E; Fernández, I. 2001. El Satélite Landsat Análisis Visual de Imágenes Obtenidas del Sensor ETM+ Satélite Landsat. P. 118
- IDEAM, 2016. (en línea). Consultado 25 jun. 2018. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>
Ingeniería y Proyectos SAS.
- INEGI (Dirección General de Geografía y Medio Ambiente). s/f. Aspectos Técnicos De Las Imágenes Landsat (en línea). 22 p. Consultado 02 ago. 2018. Disponible en <http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/relieve/continental/metadatos/mde.pdf>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 1993. Censos Nacionales 1993: IX de Población y IV de Vivienda (en línea). Consultado 08 ago. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/censos1993/redatam/>
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Consultado 08 ago. 2018. Disponible en <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/#>
- James A. 1992. Diseño y análisis de Sistemas de Información. MCGRAW-HILL - ANAYA. 942 pp.
- Jansen, L.; Di Gregorio, A. 1998. Parametric land cover and land-use classifications as tools for environmental change detection. *Agriculture, ecosystems & environment*, 91(1), 89-100.
- Holdridge, 1947. Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data) y posteriormente actualizado en (Life Zone Ecology).

- Lambin, EF, Turner, BL, Geist, HJ, Agbola, SB, Angelsen, A., Bruce, JW, Xu, J. (2001). Las causas del uso del suelo y el cambio de la cubierta vegetal: ir más allá de los mitos. *Global Environmental Change*. (en línea). Consultado 20 may. 2018. Disponible en <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/the-causes-of-land-use-and-land-cover-change-moving-beyond-the-my>
- León, Y. 2002. Proyecto: Programa de Modernización de la Jurisdicción de Tierras Tribunal Superior de Tierras Santo Domingo, República Dominicana. Preparado por Centro de Investigaciones Geoespaciales (CIG). (en línea). Consultado 12 jun. 2018. Disponible en <http://percepcionremota.intec.edu.do/Material%20de%20apoyo%20sensores%20remotos.pdf>
- Longley, P.A. 2001: *Geographic Information Systems and Science* John Wiley & sons, Chichester, 454 pp.
- MINAM. 2014. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina (en línea). Lima, Perú. Consultado 15 jul. 2018. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>
- Maldonado, P. (2005). *Demografía / Demography: conceptos y técnicas fundamentales*. Distrito Federal: Editorial Plaza y Valdés. 580 pp.
- Mendoza, V. 2018. Manual de capacitación de ArcGIS 10.5. Master of Engineering. Cajamarca – Perú. pp. 2-9.
- Núñez, R; Chuvieco, E. y Sancho, J. 1990. Mapa de usos del suelo de la región central. Estudio piloto sobre la aplicación del tratamiento digital de imágenes Landsat a la confección de mapas de usos del suelo, *Geographica*, vol. 25, pp. 61-78.
- Poma, W. 2010. Curso de clasificación de cartografía y fotointerpretación del suelo. Facultad de ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cajamarca – Cajamarca – Perú. p. 10.

- Poma, W. 2007. Curso de clasificación de suelos. Facultad de ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cajamarca – Cajamarca – Perú. p. 11.
- Pulgar Vidal, J. 1967. Geografía del Perú: las ocho regiones naturales del Perú. Ansonia. 256 p.
- Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra (No. 28). Agroamerica.
- Sabrino, J.A. 2000. Teledetección. Universidad de valencia. Gua impresoras S.L
- Sánchez Díaz, Juan. 2002: "Capacidad y vulnerabilidad de los suelos de la comunidad valenciana". En Revista: Investigaciones Geográficas. No. 028, pp. 105 – 123. España. Universidad de Alicante. (en línea). Consultado 06 de jun. 2018. Disponible en <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/340/1/A%C3%B1o%20Vidal%20Capacidad%20y%20vulnerabilidad.pdf> Velázquez
- Sánchez, M. 2016. Análisis de Calidad Cartográfica mediante el estudio de la Matriz de Confusión. Revista de Investigación. Vol 2. Madrid – España. pp. 2
- Semarnat (2010). Factores relacionados en el cambio de los usos del suelo. (En línea). Consultado 10 ago. 2018. Disponible en http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.1_Vegetacion/index.shtml
- Taboada, L. 2011. Cobertura vegetal. Practicas agro-culturales de conservación de suelos. Boletín N° 04. pp. 301.
- Velásquez, A. 2002. Situación actual y perspectiva del cambio de la cubierta vegetal y usos de suelo en México. Revista digital: (en línea). Consultado 15 de jul. 2018. Disponible en REDALYC. [content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-Tierra-CAN.pdf](http://redalyc.org/content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-Tierra-CAN.pdf)
- Villarreal, H. 2001. "Ecosystems of the Eastern Andes Mountain Range in Colombia". ESRI Map Book, Volumen 16. USA. pp.28

GLOSARIO

Índice kappa. Es una medida estadística que se ajusta el efecto al azar en proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos califica 0.80 arriba muy bueno y de 0.20 abajo muy malo.

Actividades primarias. Son todas aquellas actividades en las que el hombre le quita algo a la naturaleza (materia prima), ejemplos: agricultura, ganadería, minería, actividad forestal.

Georrefenciar. Es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datum específicos.

Agricultura de precisión. Es un término agronómico que define la gestión de parcelas agrícolas sobre la base de la observación, la medida y la actuación frente a la variabilidad inter cultivo.

Vectorizar. Consiste en convertir imágenes que están formadas por píxeles en imágenes formadas por vectores.

Plano cartesiano. Se conoce como 2 rectas numéricas perpendiculares, una horizontal y otro vertical, que se cortan en un punto llamado origen o cero del sistema.

Pixel. Es la unidad más pequeña de una imagen satelital.

Bits. Es la mínima unidad de almacenamiento digital.

Imagen multiespectral. Es la que captura datos de imágenes dentro de rangos de longitud de onda específicos a través del espectro electromagnético.

Batimetría. Conjunto de técnicas para la medición de las profundidades del mar, los ríos y el estudio de la distribución de las plantas y animales en sus diversas capas o zonas.

Formato raster. Es el conjunto de celdas de cuadrículas algunas veces llamados píxeles o elementos de cuadros.

Formato vectorial. Es el intento de la representación de un objeto, tan exactamente sea posible mediante un conjunto de coordenadas en un plano cartesiano.

Shapefile. Es el formato vector de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos.

Punto. Objeto representado por coordenadas X, Y, Z.

Línea. Objeto construido por una cadena de puntos.

Polígono. Conjunto de puntos donde un punto en el inicio es igual a un punto al final.

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

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

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

Ecuador. Es el círculo imaginario que traza una línea entre el hemisferio Norte y Sur.

Polos. Es la intersección del eje de rotación de la tierra con su superficie. Polo norte y polo sur.

Cuadrícula. Es un sistema de cuadrados en una hoja representando un sistema de coordenadas planas sobre la superficie de la tierra.

Random forest. Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones de datos que se incorporan a entrada de información.

Teledetección. Se refiere a la tecnología de información de objetos sin tener un contacto físico con ellos.

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

Algoritmo. Es una secuencia de pasos ordenados para solucionar un problema (la metodología utilizada)

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

Model builder. Es una herramienta disponible en ArcGIS destinado a la edición y administración de geo procesos con el fin de generar modelos de trabajos autónomos y secuenciales.

Cuenca hidrográfica. Es le espacio de territorio delimitado por una línea de divorcio de agua.

Confluencia. Punto de unión de 2 o más ríos.

Fiabilidad del usuario. Es el porcentaje correctamente clasificado por el software al momento de procesar los datos durante la digitalización de las áreas de entrenamiento.

Fiabilidad del productor. Mide cuanto es fiable el producto verificado en campo.

Software. Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Corine land cover. Cobertura de tierra de corine.

LANDSAT (LAND=tierra y SAT=satélite), que inicialmente se llamaron ERTS (Earth Resources Technology Satellites).

Scale level. Nivel de escala varia de 0 – 100.

Tejido urbano continuo. Son áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación.

Tejido urbano discontinuo. Son áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes.

Suelo. Es la colección de cuerpos naturales sobre la superficie terrestre.

Tierra. Comprende el ambiente físico que influye al clima, relieve, suelo, hidrología y vegetación al grado que estos influyen el uso de la tierra.

CORINE. (Coordination of information on the environment) Coordinación de la información sobre el medio ambiente

NDVI. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

MINAN. Ministerio del ambiente.

(MSS). Multispectral Scanner Sensor (Sensor de escáner multiespectral)

(TM). Thematic Mapper (Asignador temático) que tiene mayor sensibilidad radiométrica.

(ETM+). Enhanced Thematic Mapper Plus (Asignador temático mejorado Plus) que entre sus mejoras técnicas destaca una banda espectral (pancromática) con resolución de 15 metros.

ZEE. Zonificación Ecológica y Económica

SIG. Sistema de información geográfica.

USGS. (science for a changing world) ciencia para un mundo cambiante.

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

GPS. Sistema de Posicionamiento Global.

(Tu) 1.1.1. Tejido urbano continuo

(Tud) 1.1.2. Tejido urbano discontinuo

(Ct) 2.1. Cultivos transitorios

(Afr) 3.3.1. Afloramiento rocoso.

(Cp) 2.2. Cultivos permanentes

(Pa) 2.3. Pastos **(Bp) 3.2.** Bosques plantados

(He) 3.3.1. Hierbas, **(Ar) 3.3.2.** Arbustos

(Var/ He) 3.3.4. Vegetación arbustiva herbácea

(Td) 3.4.3 "5.1.1 (R)". Tierras desnudas, "Río"

CUT. Cobertura y uso de la tierra

ANEXOS

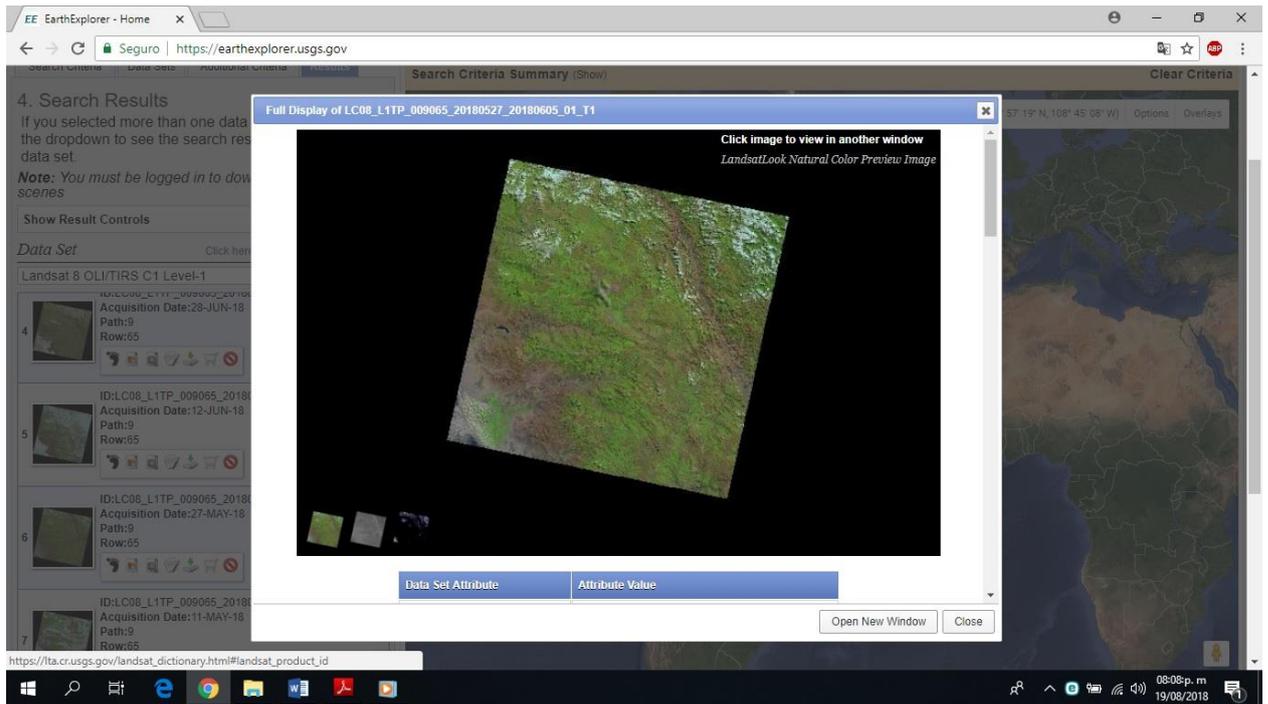


Figura 29. Descarga de imágenes satelitales para el área de estudio de <http://earthexplorer.usgs.gov/>

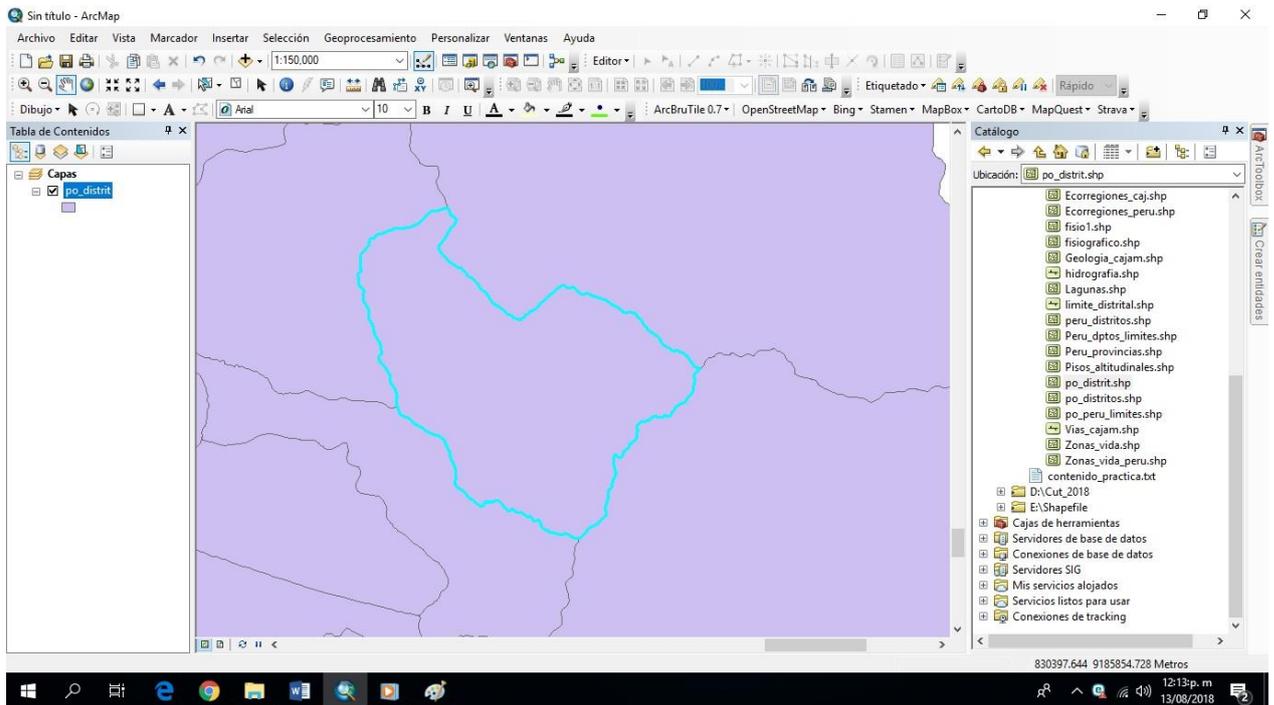


Figura 30. Geoprocésamiento del área de estudio distrito de José Manuel Quiroz (Shirac)

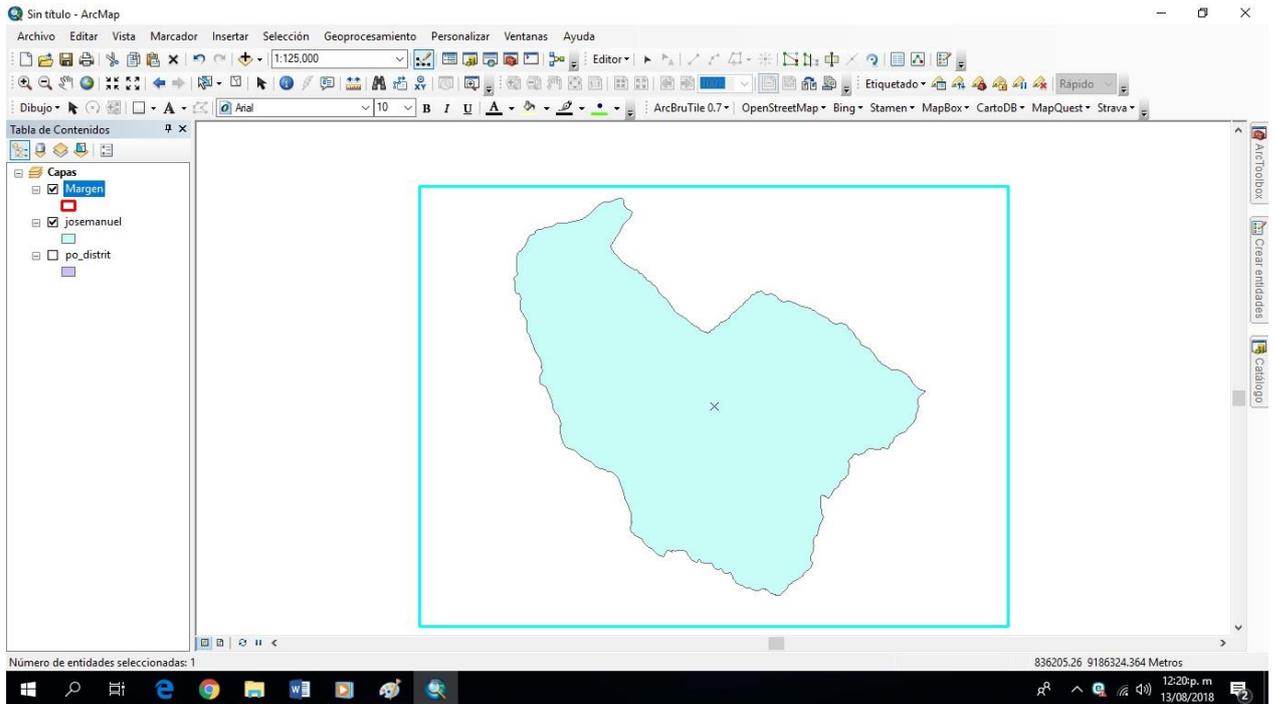


Figura 31. Creación del shapefile margen del área de estudio.

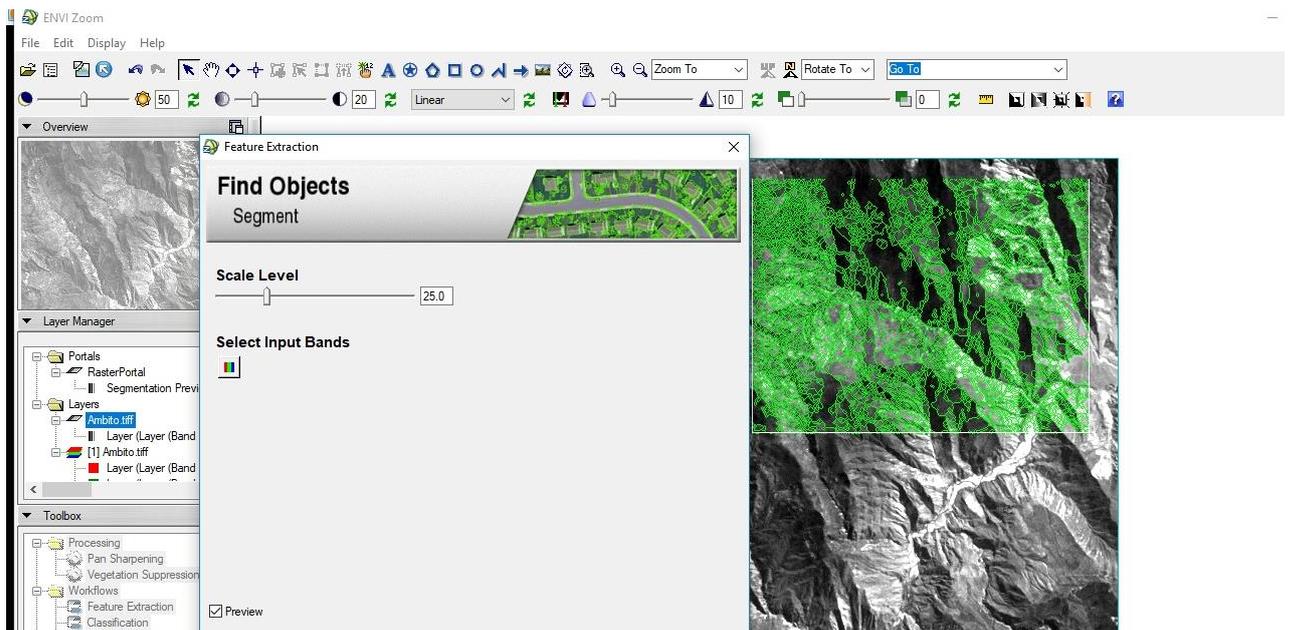


Figura 32. Segmentación del área de estudio Scale level

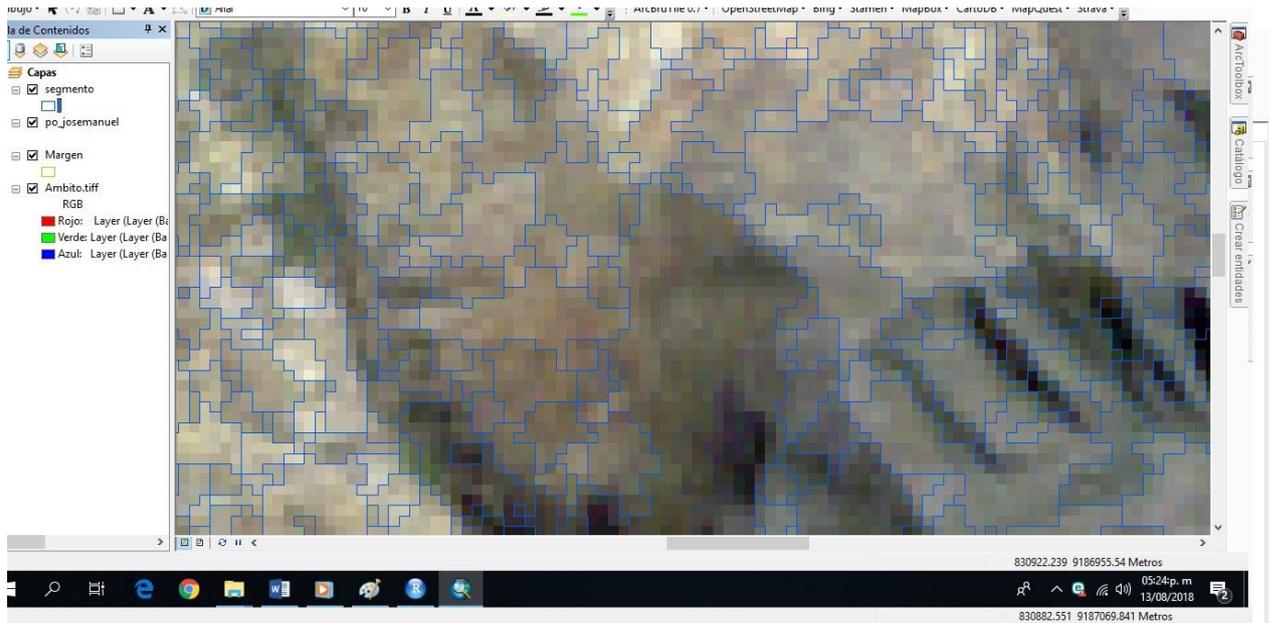


Figura 33. Segmentación del área de estudio en para las áreas de entrenamiento

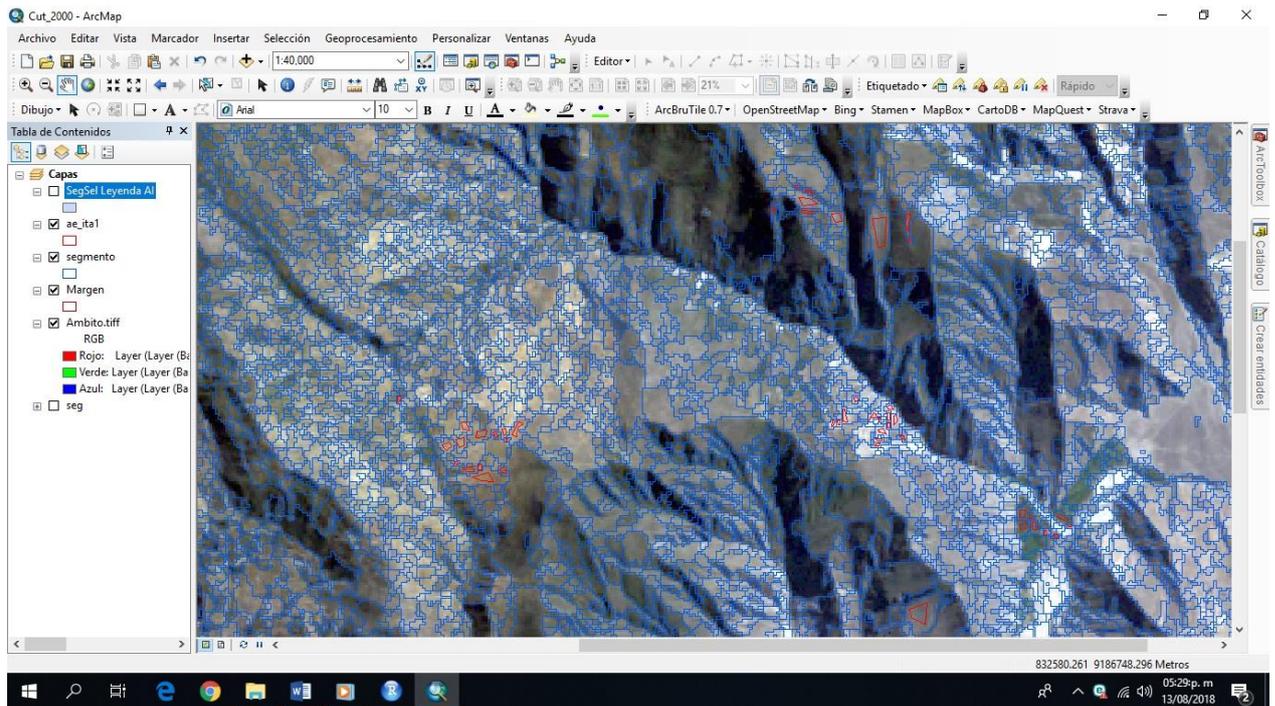


Figura 34. Digitalización de las áreas de entrenamiento.

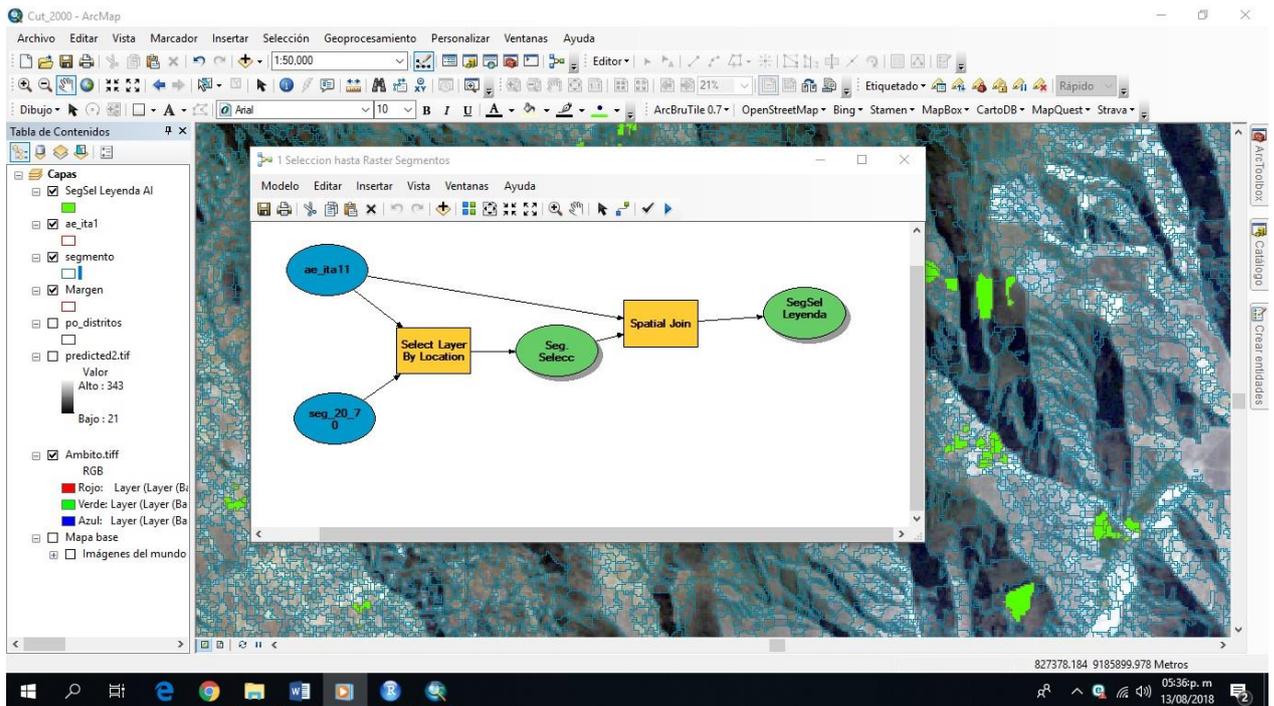


Figura 35. Aplicación de ModelBuilder para generar la información complementaria.

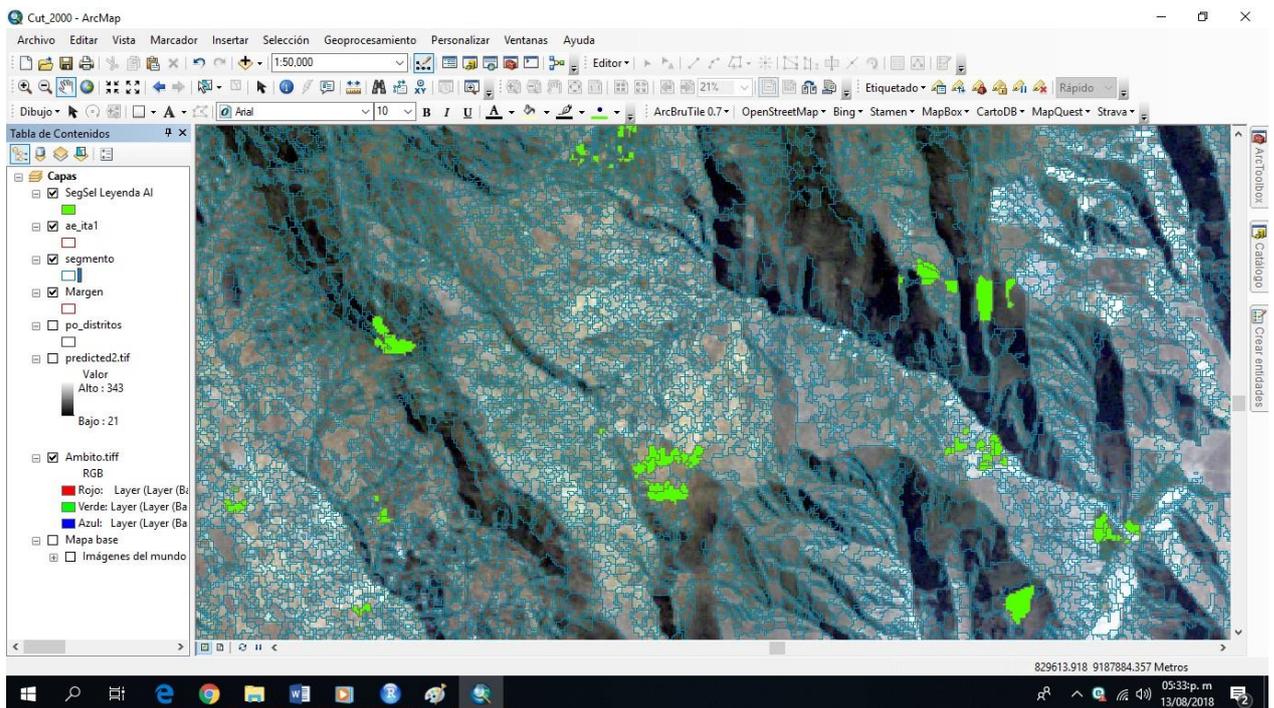


Figura 36. Resultados de la ejecución del ModelBuilder generalización de las áreas de entrenamiento.

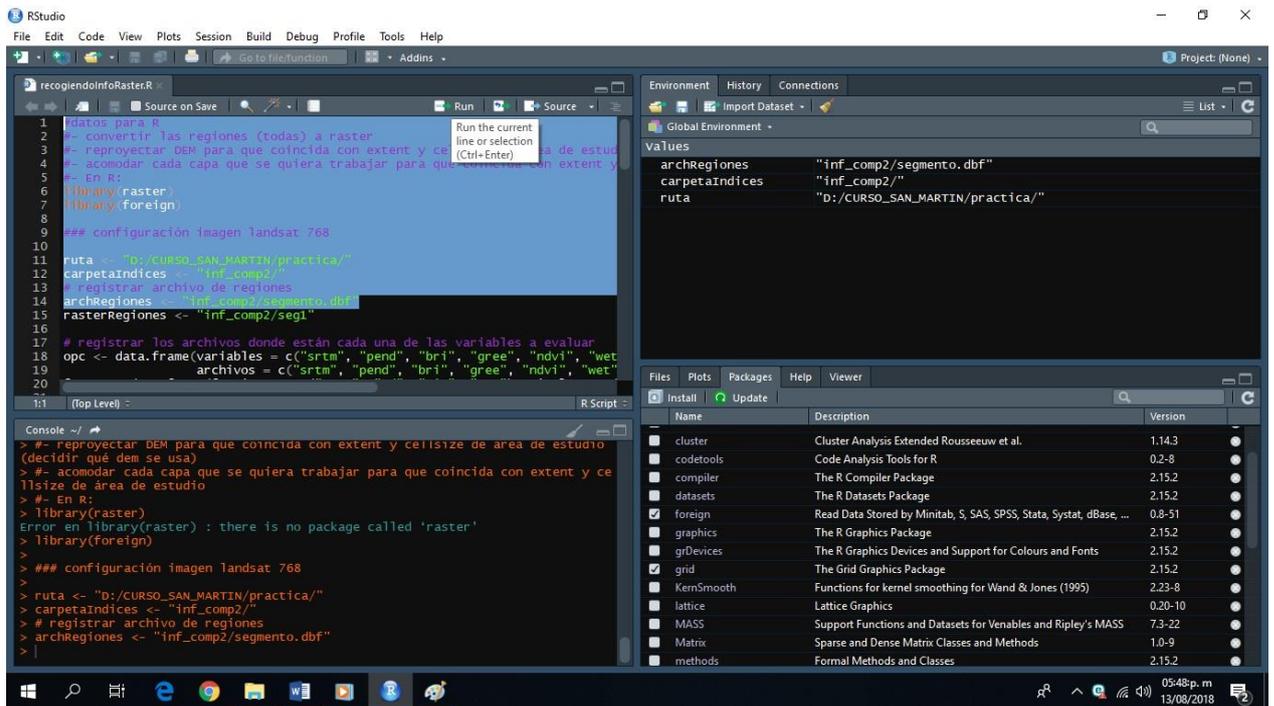


Figura 37. Ejecución del script RStudio.



Figura 38. Verificación in situ del mapa CUT 2018.



Figura 39. Verificación in situ del mapa CUT 2018 en el CP Lic Lic.



Figura 40. Verificación in situ del mapa CUT 2018 en el centro poblado Pauca Santa Rosa.



Figura 41. Verificación in situ del mapa CUT 2018 en el CP de Lic Lic.



Figura 42. Verificación in situ del mapa CUT 2018 con todo el equipo.