

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 ASUNCIÓN
PERÍODO 2002-2017

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por la Bachiller:

YESENIA MARYCIELO ÑONTOL ANYAYPOMA

Asesor:

Ing. M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA, PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mi madre y hermanos por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por ser la razón de mis logros con sus consejos y amor en cada momento.

AGRADECIMIENTO

*A Dios por darme fortaleza para continuar con
cada uno de mis propósitos en la vida.*

*A mi Alma Mater Universidad Nacional de
Cajamarca.*

*A la Escuela Académico Profesional de
Agronomía por haberme permitido ser parte de sus
aulas.*

*Al Ing. Wilfredo Poma Rojas por la disposición
de sus conocimientos y asesoría para poder hacer
realidad la investigación.*

*A los docentes que me brindaron
conocimientos a lo largo de mi profesión.*

*A mis amigos y compañeros por su apoyo
desinteresado en el transcurso de mi investigación.*

ÍNDICE

Contenido	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.1.1. General.....	1
1.1.2. Específicos.....	1
2. CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Suelo.....	2
2.2. Uso del suelo.....	2
2.3. Capacidad de uso del suelo.....	2
2.4. Cobertura vegetal.....	2
2.5. Cambios en la cobertura vegetal.....	2
2.6. Importancia de la cobertura vegetal.....	3
2.7. Teledetección.....	3
2.8. Sistemas de información geográfica.....	3
2.9. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra.....	3
2.10. Sistema de clasificación de cobertura de la tierra.....	3
2.10.1. Corine Land Cover.....	4
2.10.2. Corine Land Cover adaptada para Perú.....	4
2.11. Imágenes satelitales.....	4
2.12. Interpretación de imágenes satelitales.....	4

2.13.	Imágenes Landsat.....	4
2.13.1.	Aspectos técnicos de las imágenes Landsat.....	4
2.14.	Resolución de un sensor.....	5
2.14.1.	Resolución espacial.....	5
2.14.2.	Resolución espectral.....	6
2.14.3.	Resolución radiométrica.....	6
2.14.4.	Resolución temporal.....	6
2.15.	Realces y mejoras de la imagen.....	6
2.16.	Procesamiento de las Imágenes Satelitales.....	6
2.16.1.	Correcciones radiométricas.....	6
2.16.2.	Correcciones atmosféricas.....	6
2.16.3.	Correcciones geométricas.....	7
2.17.	Análisis de las imágenes.....	7
2.18.	Combinación de bandas.....	7
2.19.	Índice de vegetación de diferencia normalizada.....	8
2.20.	Modelo de elevación digital.....	8
2.21.	Random Forest.....	8
2.22.	Coeficiente de validación Kappa.....	8
2.23.	Matriz de confusión.....	9
2.24.	Porcentaje correctamente clasificado.....	9
2.25.	Regiones naturales.....	10
2.26.	Zonas de vida natural.....	11
2.27.	Hidrografía.....	11
2.28.	Geología.....	11
2.29.	Antecedentes.....	12
2.29.1.	A nivel internacional.....	12
2.29.2.	A nivel nacional.....	12
2.29.3.	A nivel regional.....	12
3.	CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1.	Ubicación.....	13
3.2.	Materiales y equipos.....	15
3.2.1.	Material cartográfico.....	15
3.2.2.	Equipos de campo.....	15
3.2.3.	Materiales y herramientas de campo.....	15

3.2.4.	Equipos de escritorio.....	15
3.2.5.	Software.....	15
3.3.	Metodología.....	16
3.4.	Recopilación y selección de información.....	16
3.5.	Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de Asunción.....	18
3.5.1.	Etapa I.....	18
3.5.2.	Etapa II.....	19
3.5.3.	Etapa III.....	19
3.5.4.	Etapa IV.....	20
3.5.5.	Etapa V.....	20
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	21
4.1.	Regiones naturales del distrito de Asunción.....	21
4.2.	Zonas de vida natural del distrito de Asunción.....	23
4.3.	Hidrografía del distrito de Asunción.....	26
4.4.	Geología general.....	28
4.5.	Cobertura vegetal y uso de la tierra del distrito de Asunción según la Leyenda Corine Land Cover.....	32
4.5.1.	Áreas artificializadas.....	32
4.5.2.	Áreas agrícolas.....	33
4.5.3.	Bosques y áreas mayormente naturales.....	35
4.5.4.	Superficies de agua.....	39
4.6.	Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en el período 2002 – 2017.....	39
4.6.1.	Cobertura y uso de la tierra 2002.....	39
4.6.2.	Cobertura y uso de la tierra año 2017.....	45
4.7.	Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra.....	50
4.7.1.	Cambio y no cambio del uso de la tierra para el período 2002 – 2017.....	50
4.8.	Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra.....	57
4.8.1.	Análisis de cambios por cobertura.....	57
4.9.	Análisis de los factores que inciden en los cambios de la cobertura y uso de la tierra.....	60
4.9.1.	Factores sociales.....	60

4.9.2. Factores productivos.....	61
4.9.3. Factores culturales.....	62
4.9.4. Factores climáticos.....	62
4.10. Efectos de los cambios de la cobertura vegetal.....	63
4.10.1. Sobre el agua.....	63
4.10.2. Sobre el suelo.....	63
4.10.3. Sobre la vegetación.....	63
5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	64
6. CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....	65
7. GLOSARIO.....	69
8. ANEXOS.....	72
9. APÉNDICE.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Número		Página
1.	Características de las imágenes Landsat.....	5
2.	Combinaciones RGB más comunes en Landsat8	7
3.	Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa.....	9
4.	Datos de las imágenes descargadas	16
5.	Valores de la segmentación	18
6.	Categorías del uso actual de la tierra en el distrito de Asunción .	32
7.	Matriz de confusión año 2002	40
8.	Categorías encontradas para el año 2002	43
9.	Matriz de confusión año 2017	45
10.	Categorías encontradas para el año 2017	48
11.	Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, período 2002 –2017	51
12.	Transición de la cobertura y uso de la tierra, período 2002 – 2017	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Número		Página
1.	Mapa de ubicación del distrito de Asunción	14
2.	Proceso de clasificación para la representación cartográfica	17
3.	Mapa de regiones naturales del distrito de Asunción	22
4.	Mapa de zonas de vida del distrito de Asunción.....	25
5.	Mapa de hidrografía del distrito de Asunción	27
6.	Mapa de geología del distrito de Asunción.....	31
7.	Categoría Tejido urbano continuo en Asunción.....	33
8.	Categoría Pastos naturales en el caserío Sapuc.....	34
9.	Categoría Áreas agrícolas en el caserío Huabal	35
10.	Categoría bosques – Bosque ralo de eucalipto en Asunción	36
11.	Categoría de herbazales en el caserío San Miguel de Matarita ...	37
12.	Categoría Arbustales en el caserío Conga Cruz	38
13.	Categoría Afloramientos rocosos	38
14.	Laguna “Mamacocha”	39
15.	Mapa de cobertura y uso de la tierra 2002	44
16.	Mapa de cobertura y uso de la tierra 2017	49
17.	Cambio y no cambio del uso de la tierra período 2002 – 2017.....	50
18.	Dinámica de la cobertura y uso de la tierra período 2002 – 2017	55
19.	Mapa de cambio y no cambio período 2002 – 2017	56
20.	Mapa de cambios de cobertura período 2002 – 2017	59
21.	Imagen satelital 2017 con sus bandas	72
22.	Segmentación	72
23.	Recogiendo información raster.....	73
24.	Áreas de muestreo	73
25.	Model builder.....	74
26.	Matriz de confusión	74
27.	Cultivo de uva – Matara.....	75
28.	Verificación in situ del mapa CUT 2017.....	75
29.	Plaza de Armas – Asunción	76

30.	Colloadar – Cerro minero encantado	76
31.	Herbazal alrededor de la laguna “Mamacocha”	77
32.	Catarata – Chiquildo.....	77

RESUMEN

La investigación fue realizada mediante el uso de imágenes satelitales Landsat7 y Landsat8 con la finalidad de analizar los cambios de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Asunción para el período 2002 – 2017. A través de la metodología Corine Land Cover, en el nivel III. Encontrándose ocho clases de cobertura, teniendo 20.42 ha para tejido urbano continuo; 2293.69 ha de pastos naturales y cultivados de las familias poaceae y fabaceae; 4476.52 ha de áreas agrícolas heterogéneas de las familias solanaceae, annonaceae, rutaceae, musaceae, vitaceae y lauraceae; 494.44 ha en bosques de las familias myrtaceae, pinaceae, cupressaceae, salicaceae y casuarinaceae; 7013.66 ha de hierbas de las familias poaceae y asteraceae; 6546.96 ha de arbustos de las familias lamiaceae, sapindaceae y verbenaceae; 620.94 ha de afloramientos rocosos y 2.22 ha para lagunas naturales permanentes; también se determinó que existieron cambios en 9577.22 ha que equivalen al 44.61 % de la cobertura total del distrito, los cuales son causados por actividades antrópicas en su mayoría, ya que transforman frecuentemente la vegetación que protege el suelo.

Palabras clave: Landsat, imagen satelital, Asunción.

ABSTRACT

The present investigation was carried out through the use of Landsat7 and Landsat8 satellite images, with the purpose of analyzing the changes in coverage and land use of the Asunción district for the period 2002 - 2017, through the methodology Corine Land Cover, in level III. I found eight kinds of coverage, taking 20.42 ha for continuous urban fabric; 2293.69 ha of natural and cultivated pastures of the families Poaceae and Fabaceae; 4476.52 ha of heterogeneous agricultural areas of the solanaceae, annonaceae, rutaceae, musaceae, vitaceae and lauraceae families; 494.44 ha in the forests of the families myrtaceae, pinaceae, cupressaceae, salicaceae and casuarinaceae; 7013.66 ha of herbs from the families Poaceae and Asteraceae; 6546.96 ha of shrubs of the families lamiaceae, sapindaceae and verbenaceae; 620.94 ha of rocky outcrops and 2.22 ha for permanent natural lagoons; It was also determined that there were changes in 9577.22 ha that are equivalent to 44.61% of the total coverage of the district, which are anthropic activities in theirs, which frequently transform the vegetation that protects the soil.

Keywords: Landsat, satellite image, Asunción.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A partir de la década setenta del siglo XX, la población del distrito de Asunción ha prosperado utilizando la potencialidad de sus recursos naturales dentro de ellos la cubierta vegetal. Sin embargo, con el transcurrir del tiempo se han ocasionado pérdidas y alteraciones que han destruido la cobertura vegetal nativa, ocasionando cambios en el uso del suelo (Alcántara 2014).

En el distrito de Asunción, provincia y región de Cajamarca, la actividad antrópica ocasiona cambios en forma paulatina y constante en la composición de la cobertura vegetal, que se pueden determinar, categorizar y cuantificar a través del análisis de imágenes satelitales con el propósito de generar información categorizada que sirva de soporte para la toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales y orientar el desarrollo de actividades en beneficio de la comunidad.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Asunción durante el período 2002 – 2017.

1.1.2. Específicos

- Generar el mapa de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Asunción período 2002 – 2017 utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud.
- Elaborar el mapa temático de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Asunción para los años 2002 – 2017 utilizando la metodología Corine Land Cover.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Suelo

Es la capa de material fértil que recubre la superficie de la tierra, a partir de la cual las plantas obtienen sostén, nutrimentos y agua (SEMARNAT 2012). Está formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica), una líquida y una gaseosa, organizada en horizontes, como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía (USDA 1998).

2.2. Uso del suelo

El término se aplica, a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades, es decir las actividades que realizan sobre éste (López 1999).

2.3. Capacidad de uso del suelo

Es el soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos sin causar deterioro físico del suelo (Klingebiel & Montgomery 1961).

2.4. Cobertura vegetal

Es la vegetación que ocupa un espacio dentro del ecosistema, cumpliendo funciones como refugio de la fauna, agente antierosivo del suelo, medio regulador del clima local, atenuador y reductor de la contaminación atmosférica, fuente de materia prima y bienestar para el hombre (Heckadon 1999).

2.5. Cambios en la cobertura vegetal

Son las transformaciones que sufren los paisajes naturales de un territorio (Lambin *et al.* 2001).

Estos cambios afectan a las plantas y a todos los ciclos involucrados, en donde la vegetación está presente (Heckadon 1999).

2.6. Importancia de la cobertura vegetal

Según Mozo (1999) las coberturas vegetales son un componente básico en el sistema terrestre.

En el caso de los bosques, mantienen la estabilidad hídrica, regulan el clima, favorecen la conservación de los suelos previniendo la erosión, son el hábitat de muchas especies de plantas y animales (Bennett 1999).

2.7. Teledetección

Es la técnica que permite obtener información sobre un objeto o área a través de los datos adquiridos por un sensor que no está en contacto con ellos (Chuvieco 2008).

2.8. Sistemas de información geográfica (SIG)

Estos tienen la capacidad de manejar datos geográficos, que están georreferenciados y que pueden ser visualizados como mapas; también nos permite hacer análisis y generar nueva cartografía en función de los resultados introducidos (Barredo 1996). Además permiten almacenar esa información de forma eficiente, simplificando su actualización y acceso directo (Labrador y Évora 2012).

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

Se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos o más imágenes de satélite de un mismo lugar, en diferentes fechas y permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas (Scanterra 2015).

2.10. Sistema de clasificación de cobertura de la tierra

Fue desarrollado para describir las clases de cobertura del suelo, de un modo estandarizado que facilite la interpretación de la leyenda y armonización de la cartografía (MINAM 2014).

2.10.1. Corine Land Cover

Realizada en Colombia a través del programa de apoyo del FFEM y el INGF, define la metodología para el inventario de la cobertura terrestre, permitiendo la utilización de imágenes satelitales en el proceso y construcción de mapas de las coberturas a escala 1:100,000, que sirvan de soporte para la toma de decisiones relacionadas con el medio ambiente y ordenamiento territorial (Salvatierra 2015).

2.10.2. Corine Land Cover adaptada para Perú

CLC es una leyenda jerárquica y estándar que vincula distintos niveles de escala y detalle temático (Apéndice).

2.11. Imágenes satelitales

Son la representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra captura un sensor montado en un satélite artificial. Se componen de una rejilla de celdas donde cada una de ellas se conoce como píxel (INEGI 2014).

2.12. Interpretación de imágenes satelitales

Está referido a examinar los objetos contenidos en las mismas, con el propósito de identificarlos y deducir su significado (INEGI 2014).

2.13. Imágenes Landsat

Son producto del primer programa de satélites de percepción remota, para la observación de los recursos terrestres, se encuentran disponibles desde el lanzamiento del primer satélite en 1972 y van evolucionando a medida que se instauran nuevos sensores (Chuvieco 1995).

Se encuentran compuestas de un grupo de bandas de acuerdo con el sensor, teniendo resoluciones variadas desde los 15 m llegando hasta los 100 m, abarcando cada escena una cobertura de 185 Km² y una temporalidad de 16 días (Chuvieco 1995).

2.13.1. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat

Permiten conocer el número de bandas que conforman la imagen satelital y las características que identifican a cada modelo de sensor (Chuvieco 1995).

Tabla 1. Características de las imágenes Landsat

Banda	Landsat 7		Landsat 8	
	Ancho (µm)	Resolución espacial (m)	Ancho (µm)	Resolución espacial (m)
Costero	No existe	-	0,43 – 0,45	30
Azul	0,45 – 0,52	30	0,45 – 0,51	30
Verde	0,52 – 0,61	30	0,53 – 0,59	30
Roja	0,63 – 0,69	30	0,64 – 0,67	30
NIR	0,78 – 0,90	30	0,85 – 0,88	30
SWIR 1	1,55 – 1,75	30	1,57 – 1,65	30
SWIR 2	2,09 – 2,35	30	2,11 – 2,29	30
Pan	0,52 – 0,90	15	0,50 – 0,68	15
TIR	10,40 – 12,50	30	No existe	-
Cirro	No existe	-	1,36 – 1,38	30
TIRS 1	No existe	-	10,6 – 11,19	100
TIRS 2	No existe	-	11,5 – 12, 51	100

Fuente: INEGI, 2013

2.14. Resolución de un sensor

Se define como la capacidad para registrar información a detalle dependiendo del equipo y sus distintos componentes, implicando cuatro manifestaciones: espacial, espectral, radiométrica y temporal (Chuvienco 1995).

2.14.1. Resolución espacial

Es la capacidad del sensor de poder distinguir objetos de tamaño reducido sobre una imagen satelital, determinando el nivel de detalle que esta ofrece (Chuvienco 1995). Cuanto mayor sea la resolución espacial, mejor se pueden distinguir los objetos en la superficie (Pérez 2007).

2.14.2. Resolución espectral

Indica el número y anchura de las bandas que puede identificar el sensor, por lo que, cuanto mayor número de bandas proporcione se facilita la caracterización de las distintas cubiertas vegetales (Chuvieco 1995).

2.14.3. Resolución radiométrica

Es la capacidad del sensor para diferenciar señales electromagnéticas de energía (Sobrino 2000). Cuanto mayor sea la precisión radiométrica, podrá interpretarse la imagen mejor (Chuvieco 1995).

2.14.4. Resolución temporal

Es la periodicidad con la que se adquiere imágenes, de la misma porción de la superficie terrestre y está en función de las características y el diseño del sensor (Chuvieco 1995).

2.15. Realces y mejoras de la imagen

Son técnicas dirigidas hacia la mejora de la calidad visual de la imagen, de tal forma que sean evidentes los rasgos de interés que presenta. Se incluyen aquí los procesos de mejora del contraste, composición de colores, cambios de escala y filtrajes (Chuvieco 1995).

2.16. Procesamiento de las imágenes satelitales

Son los procesos aplicados a las imágenes satelitales, que permiten lograr una representación objetiva y veraz de la superficie terrestre, logrando que el usuario aprecie en detalle las características propias de ésta (Chuvieco 1995).

2.16.1. Correcciones radiométricas

Son técnicas que modifican los ND originales, para acercarlos a los que habría presentes en la imagen en el caso de una recepción ideal, puesto que existen distorsiones provocadas por la atmósfera o el mal funcionamiento del sensor (Chuvieco 1995).

2.16.2. Correcciones atmosféricas

Introduce los valores de radiancia que llegan al sensor desde la superficie terrestre, para corregir las distorsiones de la atmósfera (Villarreal 2001).

2.16.3. Correcciones geométricas

Es el cambio de la posición que ocupan los píxeles en la imagen, y permite modificar la geometría de ésta (Chuvienco 1995).

2.17. Análisis de las imágenes

Se realiza empleando tres bandas del sensor, rojo, verde y azul, combinándose en la pantalla y dando distintos colores y tonos que sirven para analizar la imagen, de manera que permite conocer el contenido ésta (Pérez *et al.* 2006).

2.18. Combinación de bandas

Una imagen está compuesta por la combinación de tres bandas diferentes del sensor (Franco 2017).

En la siguiente tabla se tiene algunas de las combinaciones y el uso típico de estas:

Tabla 2. Combinaciones RGB más comunes en Landsat8

Combinación RGB en LANDSAT8	Aplicación principal/ Descripción
4-3-1	Permite destacar objetos en cuerpos de agua.
4-3-2	Esta combinación se aproxima al color real de las coberturas ante la vista humana. En Landsat 7 equivale a la combinación 3-2-1.
5-4-3	Es útil para estudios de vegetación, patrones de suelos, crecimiento de cultivos y monitoreo de drenajes.
5-6-2	Útil para distinguir vegetación saludable.
5-6-4	Útil para diferenciar tierra / agua y para destacar áreas de bosque.
6-5-2	Agricultura.
7-4-2	Permite destacar elementos geológicos.
7-6-4	Permite destacar formaciones rocosas. También útil para distinguir áreas urbanas.
7-6-5	Es útil para estudios geológicos, y para análisis de humedad en suelos.

Fuente: Franco 2017

2.19. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

Permite identificar variaciones en la composición y diversidad de los bosques. Es utilizado, para conocer la riqueza de especies de tal manera que se pueda lograr la caracterización de la vegetación y su ambiente (Turner *et al.* 2003).

2.20. Modelo de elevación digital (DEM)

Permite visualizar la rugosidad del terreno y es llamado modelo porque a través de algoritmos matemáticos, los datos altitudinales pueden ser modelados automáticamente en una computadora y así lograr observar la superficie terrestre en tres dimensiones (Maune 2001).

2.21. Random Forest

Es un algoritmo de clasificación que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como información, construyendo cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de votos entre el conjunto de árboles para decidir la clase; por ello cada árbol es un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas (Breiman 2001).

2.22. Coeficiente de validación Kappa

Fue propuesto por Jacob Cohen en 1960, es un estadístico que mide la concordancia de dos metodologías (DOU *et al.*, 2007). Es utilizado para ver la similitud de dos clasificaciones de imágenes, realizado por medio de la ecuación:

$$CK = \frac{\sum_{i,j=1}^r x_{ij} - \sum_{i,j=1}^r (\sum x_i \cdot \sum x_j)}{N^2 - \sum_{i,j=1}^r (\sum x_i \cdot \sum x_j)}$$

En donde:

r : número de filas en la matriz

x_{jj} : número de píxeles de la diagonal mayor

x_i : fila i

x_j : columna j

N : total de píxeles de la matriz

El valor del coeficiente puede variar de 0 a 1, entre más cercano este a 1, quiere decir que la concordancia de los dos métodos es muy alta. Este índice se puede categorizar en seis clases, y de acuerdo con esta clasificación se puede rechazar o aceptar la nueva clasificación a evaluar (Cerde & Villarroel 2008).

Tabla 3. Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa

Rango	Concordancia
0	Nula
0.01 – 0.02	Leve
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Considerable
0.81 – 1.00	Casi perfecta

Fuente: Cerda & Villarroel 2008

2.23. Matriz de confusión

Se la denomina también matriz de error o tabla de contingencia, y se construye a partir de una imagen de satélite con N celdillas clasificadas en M clases. Los elementos que aparecen en la diagonal indica el número de clasificaciones realizadas correctamente, y aquellos que aparecen fuera suponen errores en la clasificación (Sánchez 2016).

2.24. Porcentaje correctamente clasificado

Se calcula dividiendo el número total de áreas correctamente clasificadas por el total de áreas de referencia, expresándolo como porcentaje (Sánchez 2016).

2.25. Regiones naturales

Javier Pulgar Vidal (1996) en Las Ocho Regiones Naturales del Perú categoriza el territorio peruano, caracterizando los pisos ecológicos en función del clima flora y fauna.

a. Región Chala: Significa plantas de maíz que crecen muy juntas por amontonamiento de tierra seca, arenosa y poco poblada. Estos significados nos dan a entender que se trata de la zona litoral aledaña al océano. Se eleva hasta los 500 m de altitud.

b. Región Yunga: Significa valle cálido y está referida a una región cálida y de aspecto rocoso con escasa vegetación por falta de riego. Se extiende entre los 500 y 2 500 m de altitud.

c. Región Quechua: Este término servía desde tiempos prehispánicos para denominar a las tierras de clima templado. Esta región se ubica desde los 2 500 hasta los 3 500 m de altitud.

d. Región Suni: Significa lugar de altura que está relacionado con el frío. Abarca desde los 3 500 hasta los 4 000 m de altitud.

e. Región Puna: El término puna se utiliza en casi en toda América del Sur, y se refiere a la región que va desde los 4 100 hasta los 4 800 m de altitud.

f. Región Janca: Significa maíz blanco, corresponde a tierras muy frías de las cumbres, en las que puede observarse la blancura de la nieve. Se extiende desde los 4 800 hasta los 6 768 m de altitud.

g. Región Rupa Rupa: Significa ardiente o lo que está caliente, y se extiende entre los 400 y los 1 000 m de altitud, hacia la parte oriental de nuestro territorio.

h. Región Omagua: El término tiene relación con la etnia de los Omaguas que habita en la zona. Se ubica de los 80 a los 400 m de altitud.

2.26. Zonas de vida natural

Leslie Holdridge en 1947 dio a conocer las zonas de vida en el planeta, basándose en un modelo matemático y a partir de datos climáticos como temperatura, precipitación y humedad. En el Perú se encuentran 84 de las 104 zonas de vida que existen (SENAMHI 2017).

2.27. Hidrografía

Es la parte de la geografía que se encarga de la descripción de las aguas del planeta tierra, el término también se utiliza para nombrar al conjunto de las aguas de una región o país (Bastidas 2007).

2.28. Geología

Es la ciencia que estudia la composición y estructura tanto interna como superficial del planeta, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo (INGEMMET 2004).

2.29. Antecedentes

2.29.1. A nivel internacional

En la tesis presentada por Sandoval Verdugo (2009), titulada “Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del Gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros”. Se concluye que, a partir del análisis realizado, queda demostrado que El Gran Valparaíso ha presentado una constante expansión de su superficie urbana en el período evaluado desde 1989 hasta el año 2007 a partir de las simulaciones realizadas el proceso de expansión, continuará y las tasas de crecimiento observadas seguirán manifestándose.

2.29.2. A nivel nacional

En la investigación denominada Cambios de la cobertura del suelo en la Reserva Nacional Salinas y Agua Blanca – Arequipa, Moquegua – Perú. En relación con la variación de la temperatura y precipitación, durante el período 1986 – 2010; que fue realizada por Nina Quispe (2015), estableció 11 clases o tipos de coberturas del suelo, en dos grupos: suelos con vegetación y con escasa o nula vegetación. En el primer grupo se distinguieron seis clases de cobertura: pajonal, tolar, césped de puna, queñual y agricultura asociado con monte ribereño, mientras que el segundo grupo está conformado por cinco clases de cobertura: nevado, cuerpo de agua, embalse, salar y suelo sin o pobre vegetación. En la relación de la temperatura con la precipitación se dan tiempos secos y húmedos que coincide con el área de la cubierta vegetal.

2.29.3. A nivel regional

Según el Estudio especializado: “Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra”, realizado en el departamento de Cajamarca, por Alcántara Boñón (2014) indica que: el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca para el periodo 2001-2013, corresponde a un área de 599,236.15 ha que representa el 18.18 %, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2'696,027.69 ha que representa el 81.82 % del área departamental, lo cual significa la fragmentación paulatina del paisaje en perjuicio de la superficie de hábitats naturales y en el aislamiento de éstos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El estudio se realizó en el distrito de Asunción, provincia de Cajamarca, limita por el Norte con los distritos de Cajamarca y San Juan, por el Sur con el distrito de Cospán, por el Este con los distritos de Jesús y Matara; y por el Oeste con la provincia de Contumazá, la capital distrital es el pueblo de Asunción situado a 2 229 m de altitud. Geográficamente la zona en estudio se ubica entre las coordenadas 760071 y 789049 m Este; y hacia el Norte entre las coordenadas 9194802 y 9182151 m; su altitud oscila entre 1 500 y 4 200 m, tiene una extensión de 21 468.79 ha.

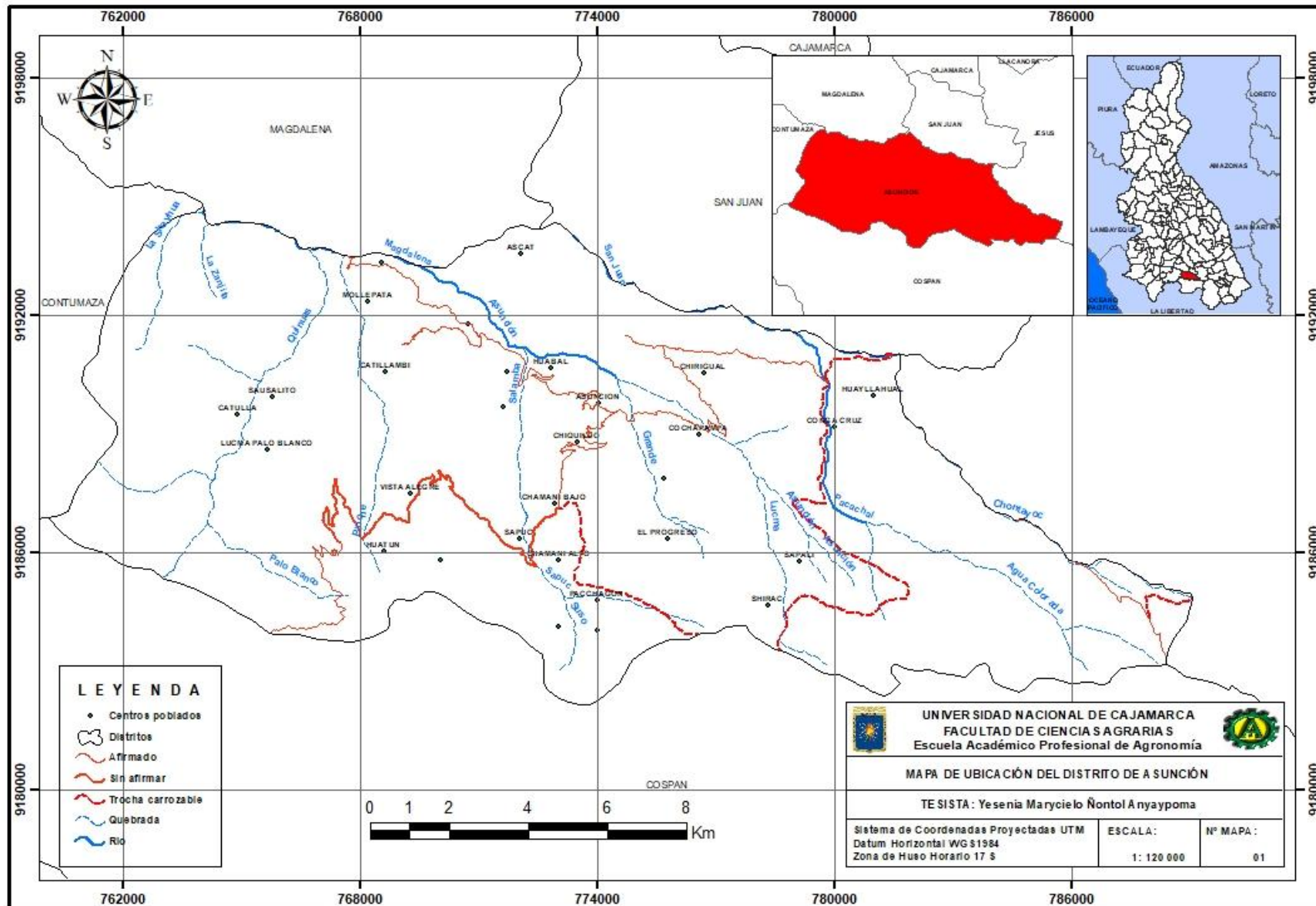


Figura 1. Mapa de ubicación del distrito de Asunción

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material cartográfico

Carta Nacional del Perú 1:100 000

Shapefile del distrito obtenido del Gobierno Regional Cajamarca

Base de datos ZEE-Cajamarca

3.2.2. Equipos de campo

Sistema de posicionamiento global GPS

Binoculares de largo alcance

Cámara fotográfica semi profesional

3.2.3. Materiales y herramientas de campo

Libreta de apuntes, formatos de campo, lápices y lapiceros, tablero, prensa botánica, papel periódico, bolsas de plástico, botas de jebe, poncho impermeable, machete, tijeras de podar.

3.2.4. Equipos de escritorio

Laptop, impresora y escáner

3.2.5. Software

Microsoft Windows 10

Microsoft office 2013

ArcGIS 10.4.1

Envi 4.8

Envi Zoom 4.8

RGui 2.15

Erdas 2016

3.3. Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra período 2002-2017 se realizó en el ámbito del distrito de Asunción. La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales de landsat7 y landsat8, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación como se describe en la figura 2, la clasificación se realizó con la leyenda CLC en nivel III, desarrollado por el MINAM.

3.4. Recopilación y selección de información

Consistió en la compilación de la mayor cantidad de información cartográfica y bibliográfica relacionada con el estado actual y uso de la tierra en el distrito de Asunción para la elaboración de mapas base de los años 2002-2017

a. Información de investigación regional

Autoridad Nacional del agua (ANA)

Gobierno Regional Cajamarca – Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial

Ministerio del Ambiente (MINAM)

b. Selección y descarga de imágenes Landsat

Las imágenes Landsat del distrito de Asunción fueron adquiridas del servidor www.glovis.usgs.gov de forma gratuita a través de internet, estas imágenes constituyeron la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra, a continuación, tenemos los detalles:

Tabla 4. Datos de las imágenes descargadas

Imagen	Año	Satélite	Fecha
LE07_L1TP_009065_20020811	2002	Landsat7	11/08/2002
LC08_L1TP_009065_20170625	2017	Landsat8	25/06/2017

c. Corrección atmosférica de las imágenes descargadas

La corrección atmosférica se ejecutó con el software Erdas 2016, este permitió corregir el ángulo de toma de las imágenes.

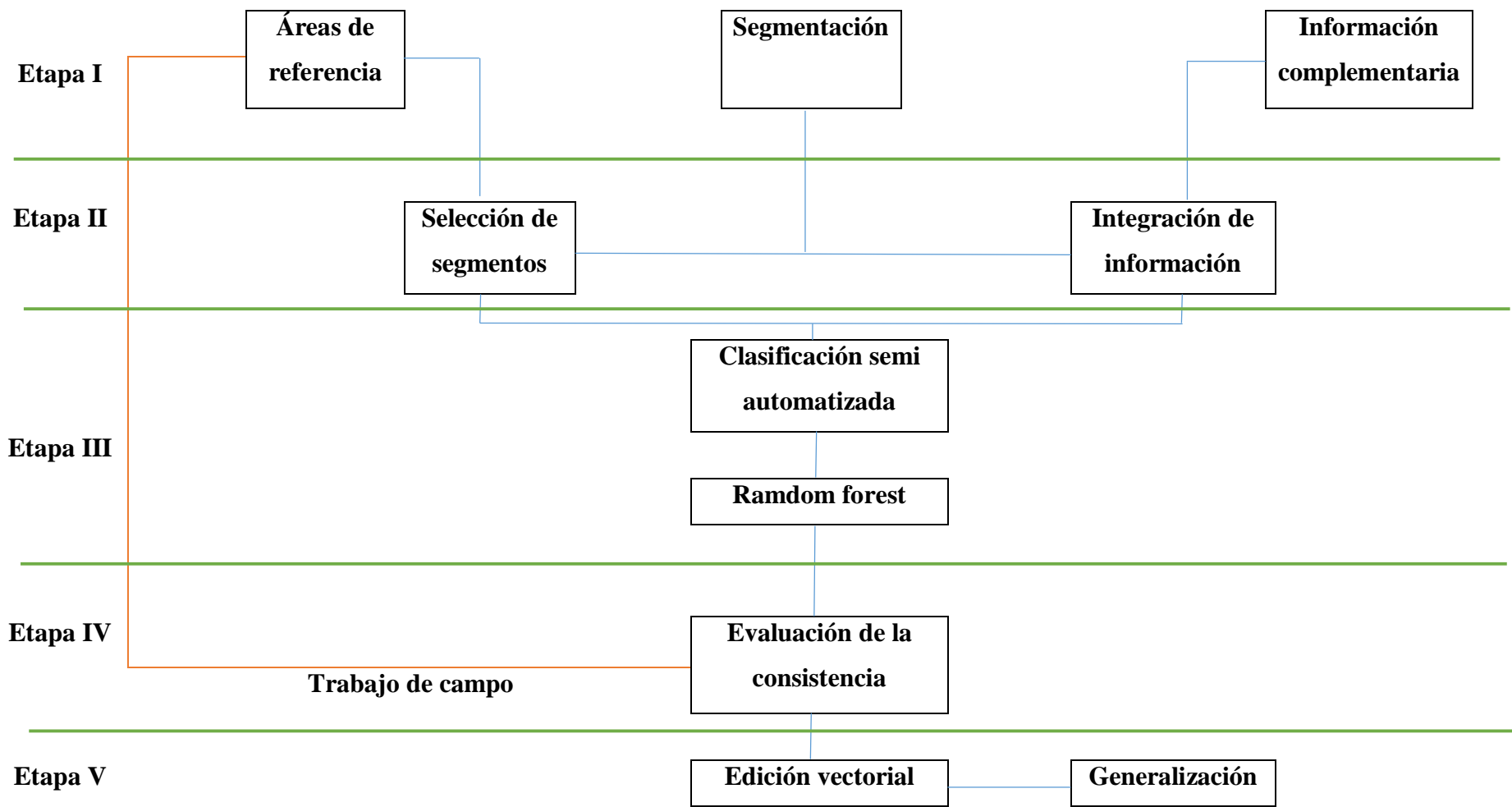


Figura 2. Proceso de clasificación para la representación cartográfica

3.5. Proceso de clasificación para la representación cartográfica del distrito de Asunción

3.5.1. Etapa I

a. Áreas de referencia

En esta etapa se realizó la creación de un shapefile de forma geométrica (polígono), usando el software ArcGIS para delimitar el área de trabajo y cortar las imágenes de Landsat7 y Landsat8, obteniendo un archivo en formato raster.

b. Segmentación

Se empleó el software Envi Zoom 4.8, con el propósito de dividir en segmentos por medio de una agrupación de píxeles vecinos cuyas características como brillo, textura y color tienen valores similares, para ello se tuvo en cuenta los siguientes parámetros.

Escale o escala, para segmentar las imágenes se requiere de sólo este parámetro, puede variar entre 0 y 100, valores altos generan pocos segmentos.

Merge o fusionar, es un parámetro opcional, tiene un rango de 0 a 100 y se utiliza para integrar segmentos muy pequeños a segmentos más grandes.

Tabla 5. Valores de la segmentación

Segmentación	Landsat7	Landsat8
Escale	20	20
Merge	30	30

c. Información complementaria

Se consiguió utilizando el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendInfoRaster” obtenido del Ministerio del Ambiente, éste consiste en unir la información obtenida del DEM y las imágenes satelitales como son:

Brightness o brillo, archivo en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat7 y 8.

Greenness o índice de verdor, archivo en formato ráster que contiene datos sobre el índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat7 y 8.

Slope o pendiente, es un archivo en formato ráster que contiene datos sobre altitud, generados a partir del DEM.

Curvatura, describe las características físicas (pendiente) de una cuenca de drenaje para intentar entender los procesos de erosión y escorrentía.

En esta etapa es 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 muestreo)

Para esto se estableció un shapefile con el nombre de aeita_1, usando el software ArcGIS, que permitió reconocer los segmentos que se muestran consistentes, esto constituye el conjunto de información de entrada que alimentara el proceso de clasificación automática.

b. Integración de información

Se hizo uso del ModelBuilder “Coberturas_tablas para R” que se obtuvo del MINAM, y que permitió la generalización de la selección de segmentos que posteriormente fueron utilizados en el proceso de clasificación, mediante el cual se selecciona los segmentos que se intersecan con las áreas de muestreo haciendo una interrelación entre ambos asignando así las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas.

3.5.3. Etapa III

a. Clasificación semi automatizada

Se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “filtrar.tabla.todo.rf.2” obtenido del MINAM, consiste en procesar los archivos “Todo seg, aeita_1, y el archivo obtenido en la información complementaria, como resultado se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en formato ráster.

b. Random forest o árboles 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 (Fase de campo)

a. Evaluación de la consistencia

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados In Situ y con una distribución al azar de puntos GPS, sobre el mapa y la imagen satelital se realizaron las correcciones que eran necesarias paralelamente se hizo anotaciones sobre el tipo de vegetación más importante, altitud, erosión, y datos referentes al uso actual de la tierra como cultivos, hierbas y arbustos.

3.5.5. Etapa V (Fase final de gabinete)

a. Edición vectorial

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el software ArcGIS 10.4.1 sobre las imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo.

b. Generalización

La generalización se desarrolló después de haber corregido los mapas obtenidos, utilizando como simbología una tonalidad de color para cada una de las clasificaciones.

c. Construcción de matrices de confusión

Para esto se empleó el algoritmo de máxima verosimilitud, a partir de esta matriz podemos calcular el valor del índice Kappa y el porcentaje correctamente clasificado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Regiones naturales en el distrito de Asunción

En el distrito en estudio encontramos las siguientes regiones naturales.

a. Puna

Está situada entre los 4 000 y 4 800 msnm. La temperatura llega hasta los 20 °C y baja hasta los 25° bajo cero, destaca por la presencia de mesetas altiplánicas, zonas de pastos y la presencia de una laguna. Esta región natural se localiza hacia el Este del distrito y cubre una extensión de 1 241.59 ha.

b. Quechua

La región más habitada y manipulada por el hombre, se encuentra entre los 2 500 y 3 500 m de altitud, el clima es seco y templado, con lluvias copiosas que convierten a esta región en una zona adecuada para la agricultura y crianza de animales. En el distrito ocupa un área de 11 915.28 ha, siendo la región natural que ocupa mayor cantidad de superficie respecto al área distrital total.

c. Suni

La región Suni o Jalca se encuentra entre los 3 500 hasta los 4 000 m de altitud, cuyo suelo es rocoso con muchas pendientes, y las heladas se presentan con frecuencia. Esta región está representada por el caserío Shirac y se extiende hacia el Este ocupando un área de 3 220.43 ha en el distrito de Asunción.

d. Yunga marítima

Se extiende desde los 500 hasta los 1 000 m de altitud, la zona marítima es seca en la estación de verano, pero en épocas lluviosas ocasionan aluviones y huacos. En general esta región es propicia para el cultivo de frutales y está representada por Asunción capital distrital y los caseríos Catulla, Sausalito, Mollepata, Catillambi, San Miguel de Matarita, Chuhuachi, Marra, Huabal y Ascat, Matara y Catulla; ocupando un área de 5 091.49 ha del área total.

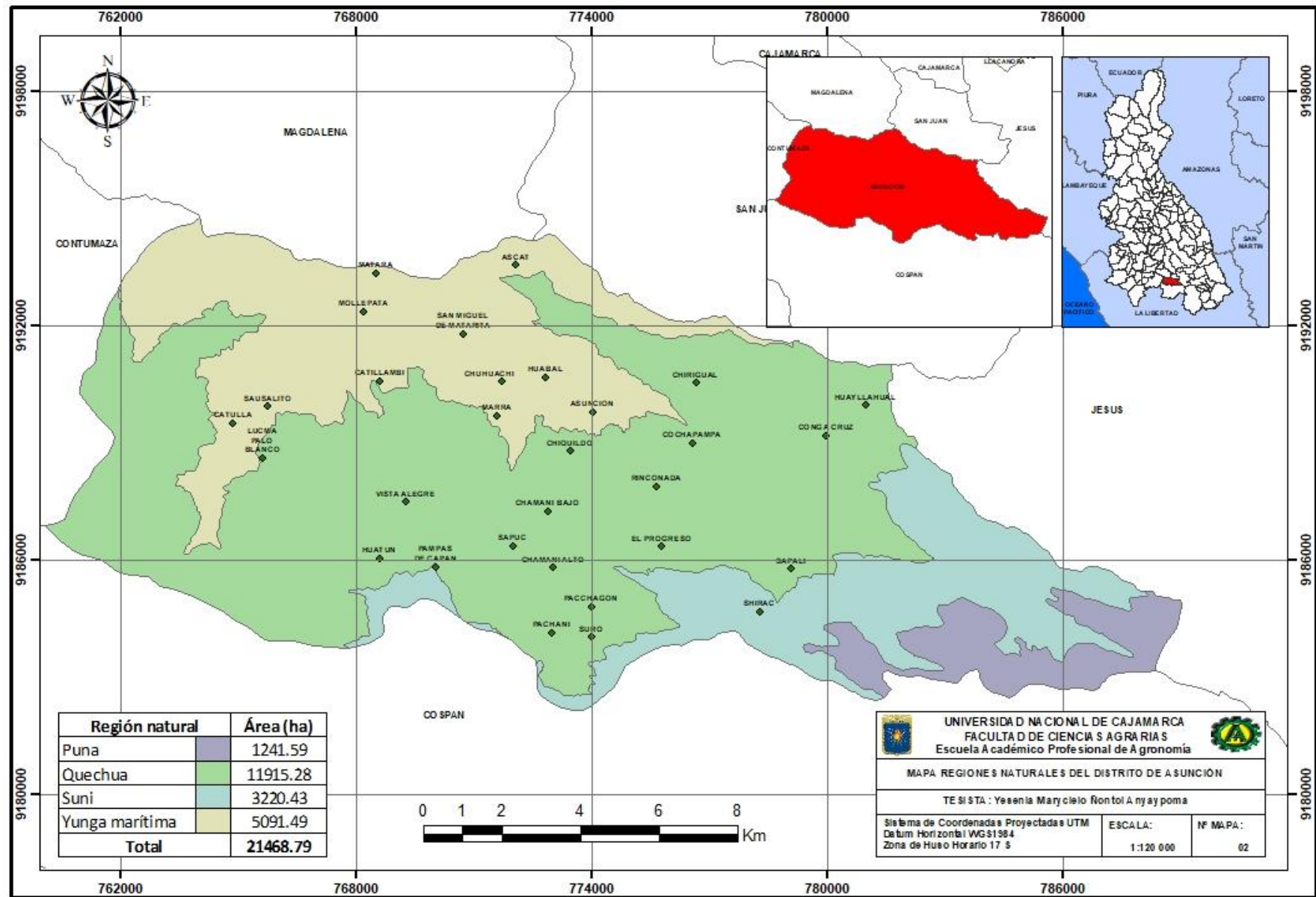


Figura 3. Mapa de regiones naturales del distrito de Asunción

4.2. Zonas de vida natural en el distrito de Asunción

Para el área en estudio tenemos las zonas de vida que a continuación se describen, teniendo en cuenta el Mapa Ecológico del Perú.

a. Bosque húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT)

Se distribuye altitudinalmente entre los 2 500 y 3 000 m, con temperatura media anual entre 17.9 y 12.6 °C; y precipitación máxima total por año de 1 972 mm.

La vegetación natural prácticamente no existe en la mayor parte de esta zona de vida, a consecuencia de la sobreutilización por el uso agrícola y ganadero, sin embargo, existen algunos otros lugares en los cuales se observan bosques con poca modificación, preferentemente sobre las faldas de los cerros de fuerte pendiente. Esta zona de vida natural cubre una extensión de 6 748.38 ha.

b. Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh-MT)

Se distribuye altitudinalmente entre los 3 500 hasta los 3 800 m en la región sierra, con temperatura media anual máxima de 10.9 °C y media anual mínima de 6.5 °C; y promedio máximo de precipitación total por año de 1 722 mm.

Esta zona de vida es húmeda y, por lo tanto, la vegetación natural originaria está constituida por especies arbóreas, cubiertas mayormente con abundantes epífitas. En el distrito cubre una extensión de 4 509.28 ha.

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

Se distribuye entre los 2 500 y 3 000 m de altitud, con temperatura media anual entre 17° y 12 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 500 y 650 mm.

La actividad agrícola se desarrolla en los lugares donde hay disponibilidad de agua para regar, siendo factible también la agricultura de secano en años lluviosos. Esta zona de vida natural cubre una extensión de 6 144.16 ha.

d. Bosque seco Premontano Tropical (bs-PT)

Se distribuye entre los 1 000 y 2 500 m de altitud, con temperatura media anual entre 17 y 19°C, y precipitación pluvial entre 600 y 800 mm.

La cubierta vegetal está compuesta por árboles relativamente de porte bajo, arbustos y un manto de vegetación graminal estacional. Esta zona de vida natural cubre una extensión de 1 578.85 ha.

e. Estepa Montano Tropical (e-MT)

Se distribuye por altitud entre los 3 000 y 4 000 m. Posee un clima subhúmedo - Templado frío, con temperatura media anual entre 6 y 12 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 350 y 500 mm.

La cubierta vegetal está conformada por una vegetación graminal de pradera altoandina, algo dispersa y asociado con cactáceas. La actividad agrícola se desarrolla en los lugares con disponibilidad de agua y al secano. Esta zona de vida natural cubre una extensión de 57.14 ha.

f. Estepa espinosa Montano Bajo Tropical (ee-MBT)

Se distribuye entre los 2 000 y 2 300 m de altitud. Posee un clima semiárido - Templado cálido, con temperatura media anual entre 12 y 17 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 250 y 450 mm.

La cubierta vegetal está constituida por abundante vegetación herbácea, asociada con arbustos, árboles y cactáceas. La agricultura se desarrolla sólo en lugares donde hay disponibilidad de agua para regar, cultivándose pan llevar y frutales. Esta zona de vida natural cubre una extensión de 35.52 ha.

g. Páramo muy húmedo Subalpino Tropical (pmh-SAT)

Se extiende desde los 3 900 hasta los 4 500 m de altitud posee un clima Perhúmedo - frío, con temperatura media anual variable entre 3 y 6 °C, y precipitación pluvial total, promedio anual entre 600 y 800 mm.

La cubierta vegetal lo conforma una vegetación de pradera altoandina, constituida por pastos naturales provenientes de diversas familias; principalmente de la familia Gramíneas. Esta zona de vida natural cubre una extensión de 2 379.84 ha.

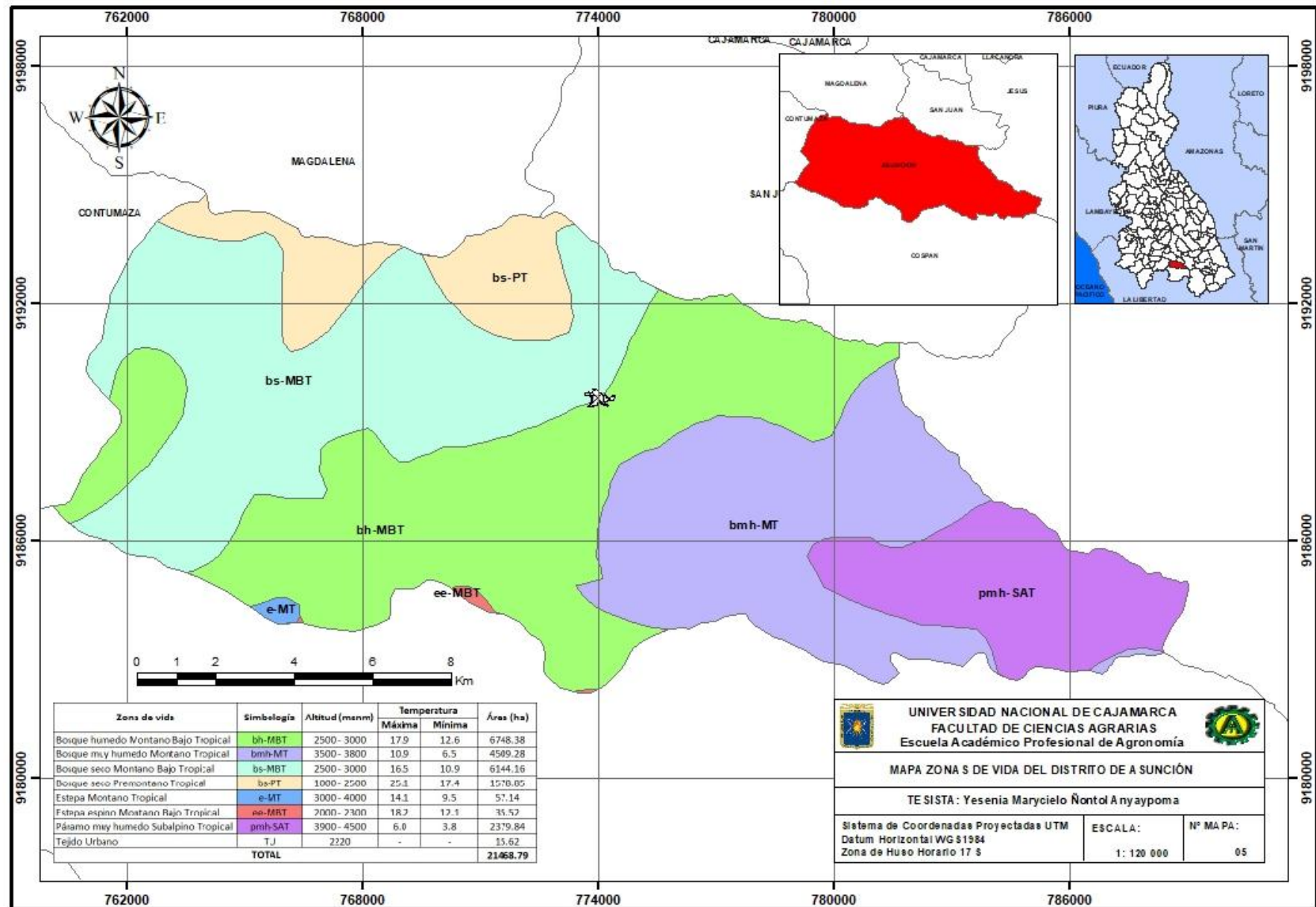


Figura 4. Mapa de zonas de vida del distrito de Asunción

4.3. Hidrografía del distrito de Asunción

Todos los ríos del distrito pertenecen a la cuenca del río Jequetepeque o San Juan, que bordea al distrito sólo en un pequeño tramo de su extremo Noroeste. Sus afluentes se originan en la divisoria y descienden hacia el Noroeste, son la quebrada Chontayoc, que constituye el lindero Este del distrito con Jesús; el río Pacachal, que se origina como quebrada Agua colorada; el río Asunción que nace en la laguna Mamacocha; la quebrada Pinche que nace del cerro Colloadar; y la quebrada Quinuas.

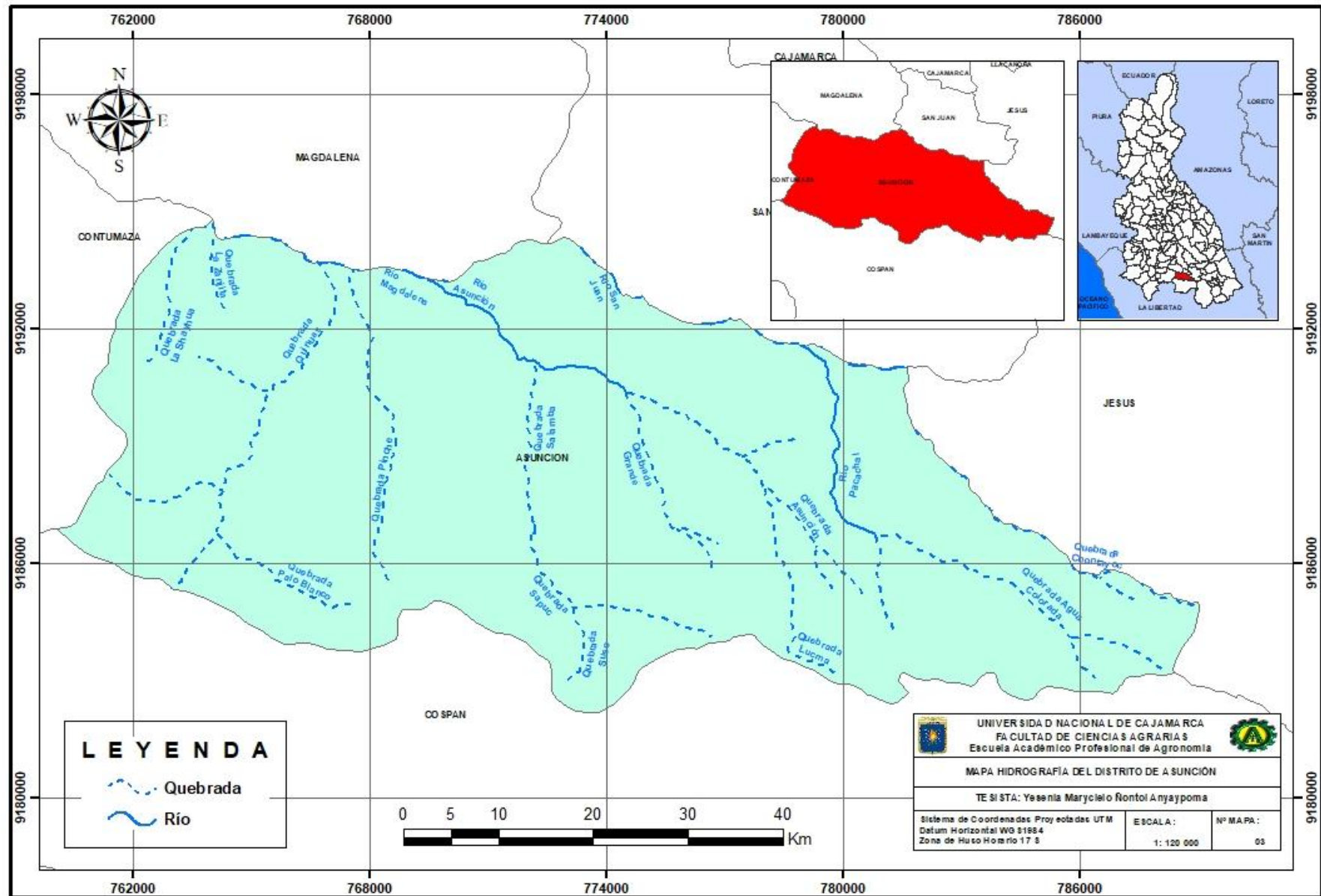


Figura 5. Mapa de hidrografía del distrito de Asunción

4.4. Geología del distrito de Asunción

Teniendo en cuenta el Mapa Geológico Nacional, en el distrito de Asunción encontramos las formaciones que se describen a continuación:

a. Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Están representados por la acumulación de materiales transportados por cursos fluviales, depositados en el fondo y riberas de los ríos. Consiste en gravas gruesas y finas, arenas sueltas y depósitos limoarcillosos. Se encuentra ocupando un área de 29.19 ha que equivale al 0.14 % del área total del distrito.

b. Formación Cajamarca (Ks-ca)

Esta formación consiste en calizas gris oscuras o azuladas, con delgados lechos de lutitas y margas. Yace concordantemente sobre la formación Quilquiñán y con la misma relación infrayace a la formación Celendín. Su grosor varía entre los 600 y 700 m. En el distrito ocupa un área de 138.89 ha que equivale al 0.65 % respecto al área total.

c. Formación Carhuaz (Ki-ca)

Consiste en la intercalación de areniscas (rojizas, violetas y verdosas) con lutitas grises. Hacia la parte superior contiene areniscas cuarzosas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas. La formación Carhuaz yace con suave discordancia sobre la formación Santa e infrayace concordante a la formación Farrat. Tiene un grosor aproximado de 500 m.

En el distrito ocupa un área de 785.22 ha equivalente al 3.66 % del área total.

d. Formación Chimú (Ki-chim)

Consiste en una alternancia de areniscas cuarzosas y lutitas en la parte inferior y de una potente secuencia de cuarcitas blancas, en la parte superior. Las areniscas generalmente son de grano mediano a grueso. Tiene un grosor aproximado de 600 m.

En el distrito de Asunción, se encuentra ocupando un área 344.97 ha equivalente al 1.60 %.

e. Formación Chulec (Ki-chu)

Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Su grosor varía de 200 a 250 m. Lo encontramos en los centros poblados de Sausalito, Vista Alegre, Huabal, Catulla, Lucma Palo Blanco, Huatun y San Miguel de Matarita ocupando un área de 6753.51 ha que equivale al 31.46 % del área total del distrito.

f. Formación Farrat (Ki-f)

Esta formación consiste en areniscas blancas de grano medio grueso, tiene un grosor promedio de 500 m. En el distrito de Asunción lo encontramos en los centros poblados de Mollepata, Chuhuachi, Marra, Chiquildo, Rinconada, Pachani, Suro y Asunción capital del distrito, ocupando un área de 5010.38 % ha equivalente al 23.34 % del área total.

g. Formación Pariatambo (Ki-pa)

Consiste en una alternancia de lutitas con delgados lechos de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un olor fétido característico al fracturarlas. Su espesor varía entre 150 a 200 m. Lo encontramos ocupando un área de 1706.27 ha equivalente al 7.95 % del área total del distrito.

h. Formación Santa (Ki-sa)

Consiste en la intercalación de lutitas y calizas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre 100 y 150 m. Suprayace a la formación Chimú e infrayace a la formación Carhuaz, ocupa un área de 137.39 ha, que equivale al 0.64 % del área total del distrito.

i. Formación Yumagual (Ks-yu)

Consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduscas más o menos uniformes, destacando un miembro medio lutáceo margoso, amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas debido a su dureza uniforme. Tiene un grosor aproximado de 700 m. En el distrito lo encontramos en los centros poblados de Ascat, Chirigual, Conga Cruz, Sapuc, Chamani alto y Shirac, ocupando un área de 5189.95 ha que equivale al 24.17 % respecto al área total.

j. Granodiorita (Ks-gd)

Las intrusiones granodioríticas, son cuerpos plutónicos menores. Se presentan como cuerpos aislados, pero en general corresponde a la dirección por donde debe prolongarse el batolito andino. Estos intrusivos a menudo están relacionados con mineralización de Cu, Fe, Pb, Zn, como rellenos de fracturas. Se encuentra en el centro poblado de Pampas de Capan y al Este del distrito, ocupando un área de 1373.02 ha equivalente al 6.40 % del área total.

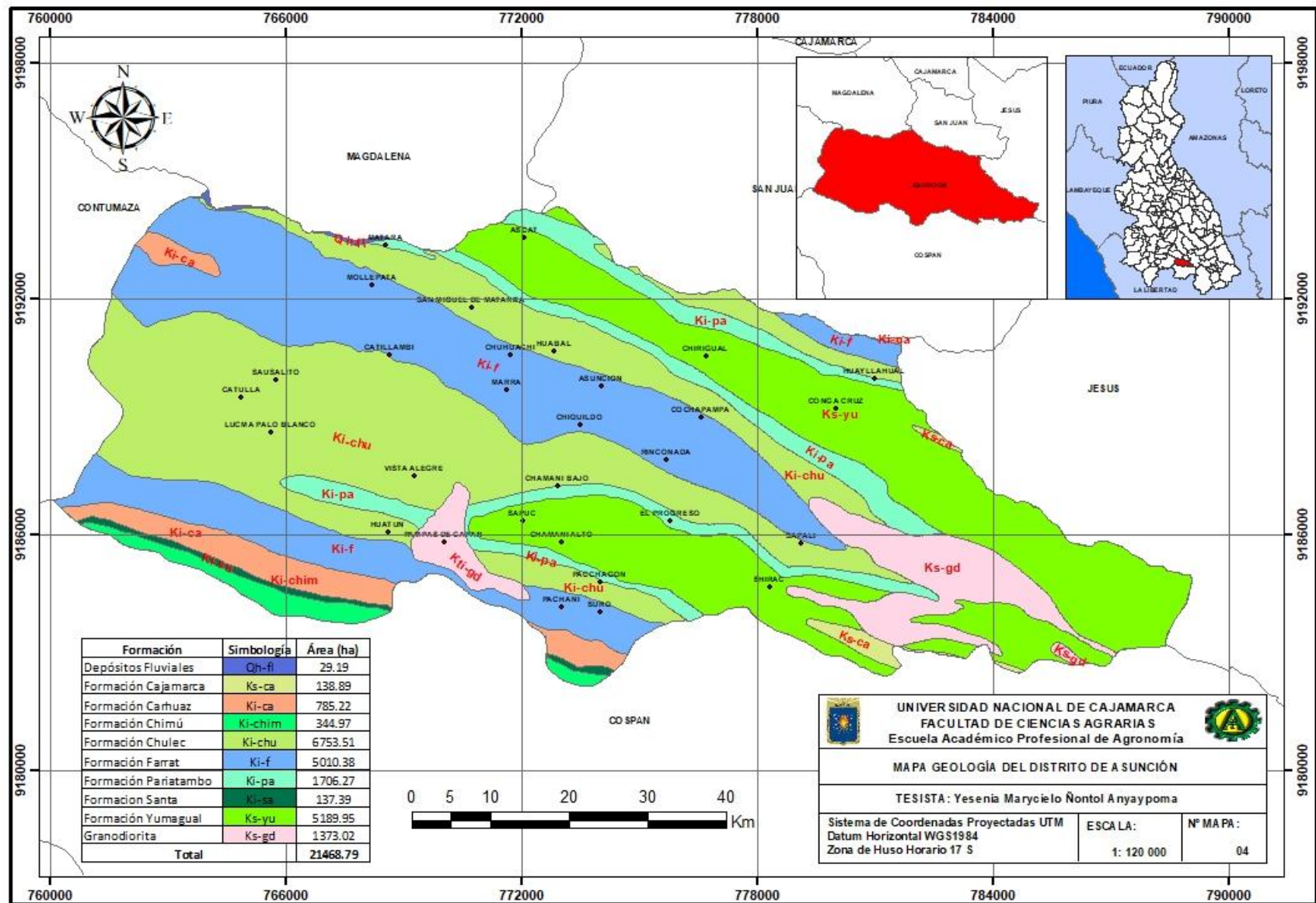


Figura 6. Mapa de geología del distrito de Asunción

4.5. Cobertura vegetal y uso de la tierra del distrito de Asunción según la Leyenda Corine Land Cover

Utilizando la metodología CLC en un nivel II y III adaptada para la zona de influencia, se realizó la clasificación de la cobertura vegetal para los años 2002 y 2017, encontrando 8 categorías que abarcan 21 468.79 ha a escala 1:60 000, a partir de las cuales fue posible calcular el porcentaje de cobertura para cada categoría en cada uno de los años de estudio (análisis multitemporal). Como se muestra a continuación:

Tabla 6. Categorías del uso actual de la tierra en el distrito de Asunción

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código
1. Áreas artificializadas	1.1. áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu
2. Áreas agrícolas	2.3. Pastos		Pa
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Aa
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques		Bo
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Hierbas	Hi
		3.3.2. Arbustos	Ar
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr
5. Superficies de agua	5.1.2. Lagunas naturales permanentes		La

Fuente: Elaboración propia

4.5.1. “1. Áreas artificializadas”

a. “1.1. Áreas urbanizadas”

“1.1.1 Tejido urbano continuo (Tu)”

Conformado por infraestructura urbana, áreas verdes y redes de comunicación que configuran el tejido urbano que ocupa el pueblo de Asunción, capital del distrito.



Figura 7. Categoría Tejido urbano continuo en Asunción

4.5.2. “2. Áreas agrícolas”

a. “2.3 Pastos (Pa)”

Comprende las tierras dedicadas al pastoreo permanente, y su presencia mayormente se debe a la acción antrópica en el caso de los pastos cultivados, con la introducción de especies no nativas. En el distrito se encuentran pastos naturales como grama (*Cynodon dactylon*) y pastos cultivados como alfalfa (*Medicago sativa*), sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), rye grass (*Lolium multiflorum*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*).

Todos ellos ubicados en la región quechua a 2 500 - 3 500 m de altitud.



Figura 8. Categoría Pastos naturales en el caserío Sapuc

b. “2.4 Áreas agrícolas heterogéneas (Aa)”

Las áreas agrícolas heterogéneas están dispuestas en mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; debido al tamaño reducido de los predios y las formas locales de tenencia de la tierra. En el distrito se encuentran especies como chirimoya (*Annona cherimola*), palto (*Persea americana*), limón (*Citrus limon*), taya (*Caesalpinia spinosa*), pepino dulce (*Solanum muricatum*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), uva (*Vitis vinifera*), papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*), plátano (*Musa paradisiaca*) y arveja (*Pisum sativum*).

Todos ellos ubicados en la región quechua y yunga marítima a 1000 – 3500 m de altitud.



Figura 9. Categoría Áreas agrícolas heterogéneas en el caserío Huabal

4.5.3. “3. Bosques y áreas mayormente naturales”

a. “3.1. Bosques (Bo)”

Abarca tanto el bosque nativo como el bosque que ha sido intervenido directamente por el hombre. En el distrito encontramos bosques de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), pino (*Pinus radiata*), sauce (*Salix humboldtiana*), ciprés (*Cupressus macrocarpa*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*).

Todos ellos ubicados en la región quechua a 2 500 - 3 500 m de altitud.



Figura 10. Categoría bosques – Bosque ralo de eucalipto en Asunción

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

“3.3.1 Hierbas (Hi)”

Está constituida por una comunidad de especies herbáceas desarrolladas en forma natural en diferentes densidades. Como especies que componen este tipo de cobertura tenemos botanera (*Browallia americana*), coirón (*Bothriochloa saccharoides*), *Melinis repens*, *Schizachyrium sanguineum*, *Chloris pycnothrix*, *Pennisetum annum*, *Baccharis hutchisonii*.

Todos ellos ubicados en la región quechua y yunga marítima a 1000 – 3500 m de altitud.



Figura 11. Categoría Hierbas en el caserío San Miguel de Matarita

“3.3.2 Arbustos (Ar)”

Conformada por vegetación de arbustos desarrollada en forma natural y en diferentes densidades. En el distrito en estudio conforman esta categoría especies como hualango (*Prosopis pallida*), cordón del sol (*Leonotis nepetifolia*), mote mote (*Allophylus coriaceus*), *Lycianthes lycioides*, *Lantana anguitibracteata*, *Baccharis alaternoides*, *Baccharis obtusifolia*, *Viguiera peruviana*, *Monnina conferta*.

Todos ellos ubicados en la región puna y suni a 3500 - 4200 m de altitud.



Figura 12. Categoría Arbustos en el caserío Conga Cruz

c. “3.4 Áreas sin o con poca vegetación”

“3.4.2 Afloramientos rocosos (Afr)”

Comprende los territorios donde la cobertura vegetal no existe o es escasa compuesta por suelos desnudos, quemados y afloramientos rocosos.



Figura 13. Categoría Afloramientos rocosos

4.5.4. “5. Superficies de agua”

a. “5.1.2. Lagunas naturales permanentes (La)”

En el distrito se encuentra una laguna llamada “Mamacocha”, que está ubicada al Sur y cerca del límite con el distrito de Cospán.



Figura 14. Laguna “Mamacocha”

4.6. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en el período 2002 – 2017

A partir de la clasificación e identificación de las diferentes coberturas presentes en la zona de estudio se realizó la caracterización de éstas, cuantificando el área que ocupa cada tipo de cobertura en ha, estimando el porcentaje que representa cada tipo para toda la zona de estudio, con lo cual se puede identificar las cubiertas predominantes y las variaciones entre ellas a través de los años.

4.6.1. Cobertura y uso de la tierra año 2002

a. Matriz de confusión

Se elaboró la matriz de confusión para el año 2002, de donde se obtuvo la Fiabilidad del productor que mide cuanto es confiable el producto verificado en campo y la Fiabilidad del usuario que es el porcentaje correctamente clasificado por el software al momento de digitalizar las áreas de entrenamiento, como a continuación se detalla.

Tabla 7. Matriz de confusión año 2002

		Categorías asignadas en la imagen								
Resultados de la clasificación	Categorías	2.3	2.4	3.1	3.3.1	3.3.2	3.4.2	Total	F. Usuario %	
	2.3	14	1	0	0	0	0	15	93.33	
	2.4	0	15	0	0	0	0	15	100.00	
	3.1	0	0	15	0	0	0	15	100.00	
	3.3.1	0	0	0	14	0	1	15	93.33	
	3.3.2	0	0	0	0	15	0	15	100.00	
	3.4.2	0	0	0	0	2	9	11	81.82	
	Total	14	16	15	14	17	10	86	F. global 94.74 %	
	F. Productor %	100.00	93.75	100.00	100.00	88.24	90.00			

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

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

En la primera fila se digitalizaron 15 áreas de muestreo que pertenecen a Pastos (2.3), de las cuales 14 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con Áreas agrícolas heterogéneas (2.4). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.33 %.

En la segunda fila se digitalizaron 15 áreas de muestreo que pertenecen a Áreas agrícolas heterogéneas (2.4), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la tercera fila se digitalizaron 15 áreas de muestreo que pertenecen a Bosques (3.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 15 áreas de muestreo que pertenecen a Herbazales (3.3.1), de las cuales 14 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con Afloramientos rocosos (3.4.2). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.33 %.

En la quinta fila se digitalizaron 15 áreas de muestreo que pertenecen a Arbustales (3.3.2), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la sexta fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a Afloramientos rocosos (3.4.2), de las cuales nueve fueron correctamente digitalizadas y dos fueron confundidas con Arbustales (3.3.2). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 81.82 %.

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

En la primera columna se obtuvieron 14 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Pastos (2.3). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la segunda columna se obtuvieron 16 clasificaciones, de las cuales 15 fueron clasificadas correctamente representando a Áreas agrícolas heterogéneas (2.4), y una fue confundida con Pastos (2.3). Equivalente a una fiabilidad del productor de 93.75 %.

En la tercera columna se obtuvieron 15 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Bosques (3.1). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 14 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Herbazales (3.3.1). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la quinta columna se obtuvieron 17 clasificaciones, de las cuales 15 fueron clasificadas correctamente representando a Arbustales (3.3.2), y dos fueron confundidas con Afloramientos rocosos (3.4.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 88.24 %.

En la sexta columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales nueve fueron clasificadas correctamente representando a Afloramientos rocosos (3.4.2), y una fue confundida con Herbazales (3.3.1). Equivalente a una fiabilidad del productor de 90.00 %.

b. Coeficiente kappa

Cálculo del coeficiente kappa para el año 2002

P_o : Proporción de acuerdos entre observadores

$$P_o = \frac{14 + 15 + 15 + 14 + 15 + 9}{86} = 0.95$$

P_e : Proporción de acuerdos al azar

$$P_e = \frac{(14 \times 15) + (16 \times 15) + (15 \times 15) + (14 \times 15) + (17 \times 15) + (10 \times 11)}{(86^2)} = 0.17$$

$$CK = \frac{0.95 - 0.17}{1 - 0.17} = 0.94$$

Se obtuvo como resultado un coeficiente de validación kappa de 0.94, que según la fuerza de concordancia es casi perfecta (tabla 3).

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2002 es de 94.74%.

d. Categorías encontradas en el año 2002

Las principales categorías de cobertura vegetal encontradas en el año 2002 fueron:

Tabla 8. Categorías encontradas para el año 2002

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	15.62	0.07
2. Áreas agrícolas	2.3. Pastos		Pa	1876.03	8.74
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Aa	3166.50	14.75
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques		Bo	697.02	3.25
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Hierbas	Hi	8474.72	39.47
		3.3.2. Arbustos	Ar	6662.39	31.03
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	573.29	2.67
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas	La	3.22	0.01
TOTAL				21468.79	100.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8. Tenemos la superficie en ha y el porcentaje de cada una de las categorías respecto al área total del distrito de Asunción.

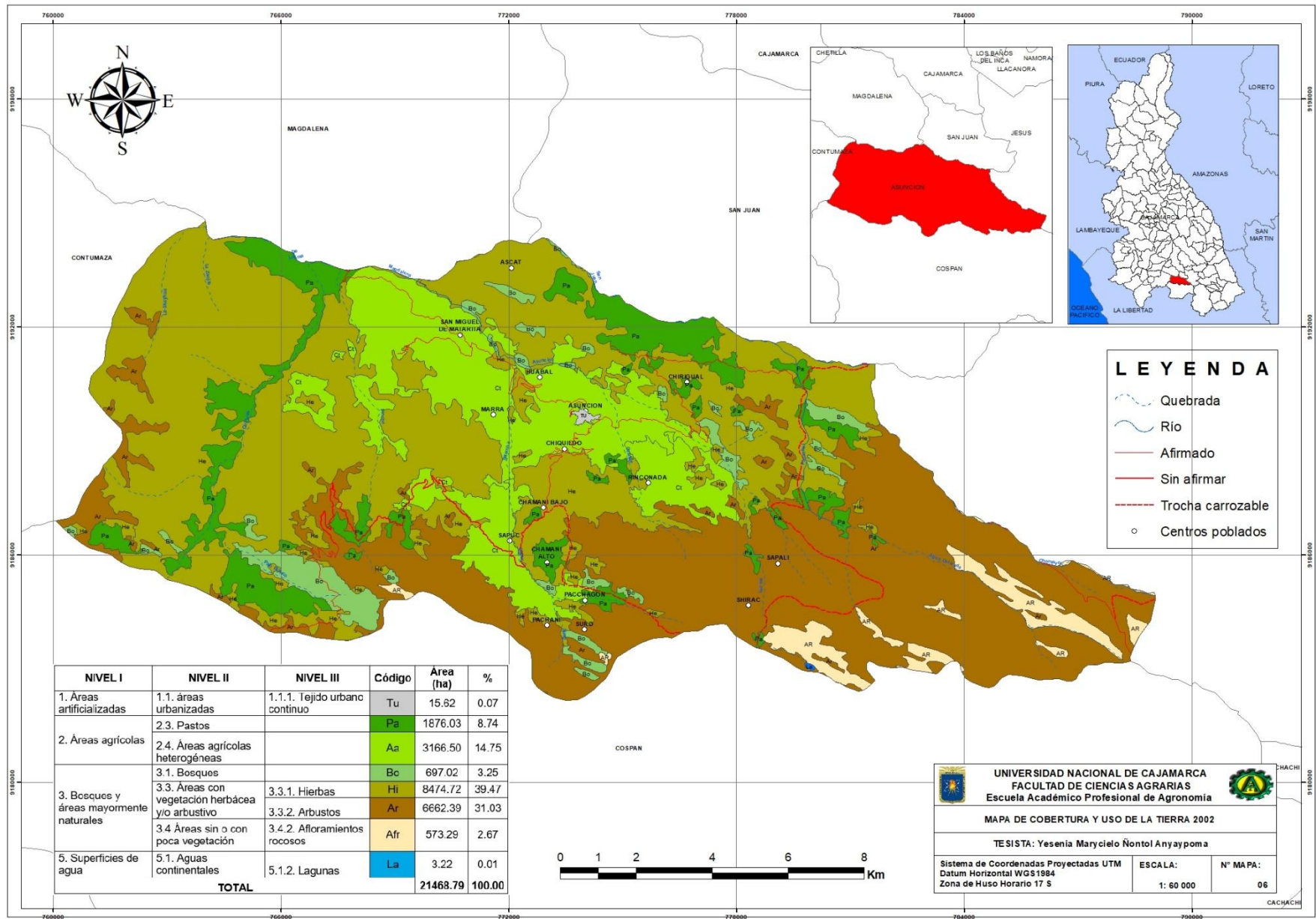


Figura 15. Mapa de cobertura y uso de la tierra 2002

4.6.2. Cobertura y uso de la tierra año 2017

a. Matriz de confusión

Se elaboró la matriz de confusión para el año 2017, de donde se obtuvo la Fiabilidad del productor que mide cuanto es confiable el producto verificado en campo y la Fiabilidad del usuario que es el porcentaje correctamente clasificado por el software al momento de digitalizar las áreas de entrenamiento como a continuación se detalla.

Tabla 9. Matriz de confusión año 2017

		Categorías asignadas en la imagen								
Resultados de la clasificación	Categorías	2.3	2.4	3.1	3.3.1	3.3.2	3.4.2	Total	F. Usuario %	
	2.3	14	0	1	0	0	0	15	93.33	
	2.4	0	11	0	0	0	0	11	100.00	
	3.1	1	0	9	0	0	0	10	90.00	
	3.3.1	0	0	0	12	0	0	12	100.00	
	3.3.2	0	1	0	0	16	0	17	94.12	
	3.4.2	0	0	0	0	0	12	12	100.00	
	Total	15	12	10	12	16	12	77	F. global 96.24 %	
	F. Productor %	93.33	91.67	90.00	100.00	100.00	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

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

En la primera fila se digitalizaron 15 áreas de muestreo que pertenecen a Pastos (2.3), de las cuales 14 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con Bosques (3.1). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.33 %.

En la segunda fila se digitalizaron 11 áreas de muestreo que pertenecen a Áreas agrícolas heterogéneas (2.4), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la tercera fila se digitalizaron 10 áreas de muestreo que pertenecen a Bosques (3.1), de las cuales nueve fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con Pastos (2.3). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.00 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 12 áreas de muestreo que pertenecen a Herbazales (3.3.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la quinta fila se digitalizaron 17 áreas de muestreo que pertenecen a Arbustales (3.3.2), de las cuales 16 fueron correctamente digitalizadas y una fue confundida con Áreas agrícolas heterogéneas (2.4). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.12 %.

En la sexta fila se digitalizaron 12 áreas de muestreo que pertenecen a Afloramientos rocosos (3.4.2), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

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

En la primera columna se obtuvieron 15 clasificaciones, de las cuales 14 fueron clasificadas correctamente representando a Pastos (2.3), y una fue confundida con Bosques (3.1). Equivalente a una fiabilidad del productor de 93.33 %.

En la segunda columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales 11 fueron clasificadas correctamente representando a Áreas agrícolas heterogéneas (2.4), y una fue confundida con Arbustales (3.3.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 91.67 %.

En la tercera columna se obtuvieron 10 clasificaciones, de las cuales nueve fueron clasificadas correctamente representando a Bosques (3.1), y una fue confundida con Pastos (2.3). Equivalente a una fiabilidad del productor de 90.00 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales todas fueron catalogadas correctamente representando a Herbazales (3.3.1). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la quinta columna se obtuvieron 16 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Arbustales (3.3.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la sexta columna se obtuvieron 12 clasificaciones, de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Afloramientos rocosos (3.4.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

b. Coeficiente kappa

Calculo del coeficiente kappa para el año 2017

P_o : Proporción de acuerdos entre observadores

$$P_o = \frac{14 + 11 + 9 + 12 + 16 + 12}{77} = 0.96$$

P_e : Proporción de acuerdos al azar

$$P_e = \frac{(15 \times 15) + (12 \times 11) + (10 \times 10) + (12 \times 12) + (16 \times 17) + (12 \times 12)}{(77^2)} = 0.17$$

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

Se obtuvo como resultado un coeficiente de validación kappa de 0.95, que según la fuerza de concordancia es casi perfecta (Tabla 3).

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2017 es 96.24%.

d. Categorías encontradas en el año 2017

Las principales categorías de cobertura vegetal encontradas en el año 2017 fueron:

Tabla 10. Categorías encontradas para el año 2017

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	20.42	0.10
2. Áreas agrícolas	2.3. Pastos		Pa	2293.63	10.68
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Aa	4476.52	20.85
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques		Bo	494.44	2.30
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Hierbas	Hi	7013.66	32.67
		3.3.2. Arbustos	Ar	6546.96	30.50
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	620.94	2.89
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas	La	2.22	0.01
TOTAL				21468.79	100.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10. Tenemos la superficie en hectáreas y el porcentaje de cada una de las categorías respecto al área total del distrito de Asunción.

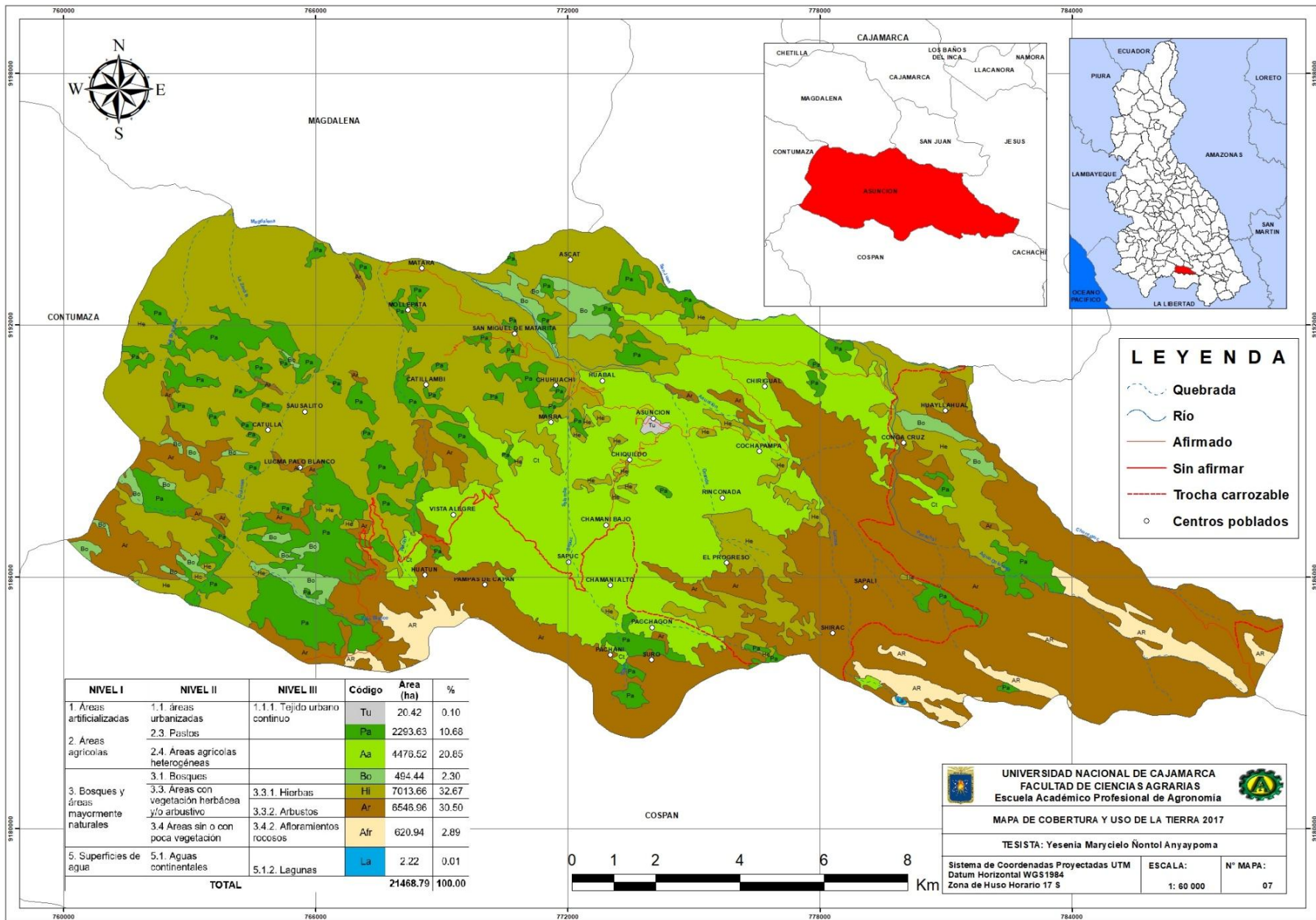


Figura 16. Mapa de cobertura y uso de la tierra 2017

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

El análisis multitemporal de la cobertura del suelo en el distrito de Asunción, período 2002 – 2017 determinó que porcentaje del área de la cobertura del suelo se mantuvo sin alteración o que porcentaje fue sustituida por otra, esto es lo que se conoce como dinámica de cambio. A continuación, se muestra los resultados del análisis.

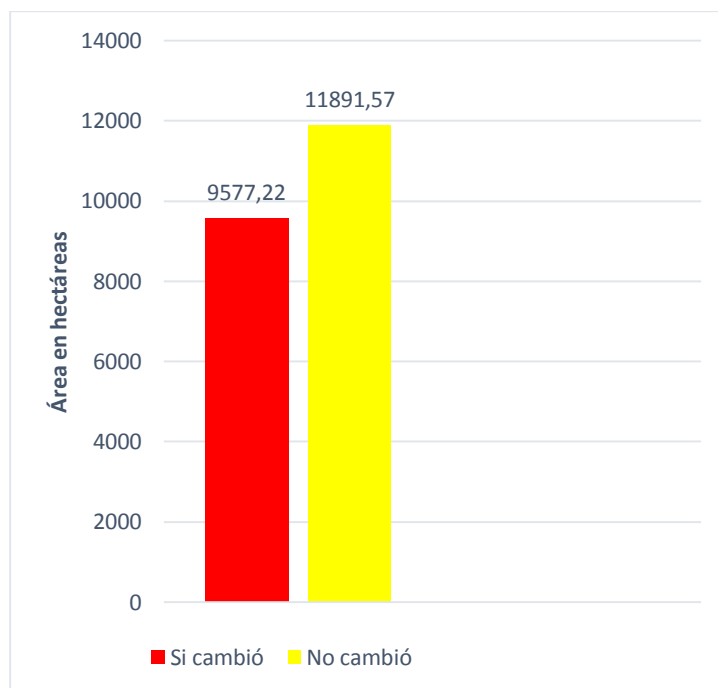


Figura 17. Cambio y no cambio del uso de la tierra período 2002 – 2017

La Figura 17. Muestra el cambio y no cambio ocurrido en el distrito de Asunción que cuenta con un total de 21 468.79 ha, donde se observó un cambio o sustitución de la cobertura de 9 577.22 ha equivalente al 44.61 % y un área que no cambió de 11 891.57 ha equivalente a 55.39 %.

4.7.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2002-2017

Para un análisis de la dinámica de cambio, es necesario contar con el cálculo de la ganancia y la pérdida para cada categoría. Los valores resultantes en áreas con un signo negativo (-) representan reducción o pérdida de la cobertura y los positivos (+) un incremento o ganancia, para un intervalo de tiempo de 15 años.

Tabla 11. Perdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, período 2002 – 2017

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Superficie 2002		Superficie 2017		2002-2017	
				Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1. áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	15.62	0.07	20.42	0.10	+4.8	0.02
2. Áreas agrícolas	2.3. Pastos		Pa	1876.03	8.74	2293.63	10.68	+417.6	1.95
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Aa	3166.50	14.75	4476.52	20.85	+1310.02	6.10
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques		Bo	697.02	3.25	494.44	2.30	-202.58	0.94
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Hierbas	He	8474.72	39.47	7013.66	32.67	-1461.06	6.81
		3.3.2. Arbustos	Ar	6662.39	31.03	6546.96	30.50	-115.43	0.54
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Afr	573.29	2.67	620.94	2.89	+47.65	0.22
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas	La	3.22	0.01	2.22	0.01	-1.00	0.00
TOTAL				21468.79	100.00	21468.79	100.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

- **Tejido Urbano continuo**

En la cobertura de Tejido urbano continuo para el año 2002, ocupaba una superficie total de 15.62 ha y para el año 2017 una superficie de 20.42 ha. Se observa un incremento en el número de viviendas, número de habitantes y vías de comunicación; según la encuesta de centros poblados realizada por Pejeza en el 2001, el distrito de Asunción contaba con 16 centros poblados; actualmente existen 30 centros poblados instalados en el distrito, en consecuencia, se incrementaría la futura demanda de suelo para asentamientos humanos y áreas verdes.

- **Pastos**

Para el año 2002 los pastos ocuparon una superficie de 1 876.03 ha, mientras que para el 2017 la cifra fue 2 293.63 ha, que representa una ganancia de 417.6 ha. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), los pastizales constituyen uno de los ecosistemas con mayor tamaño del mundo.

Proveen servicios y productos como forraje y energía, son el hábitat de numerosas especies y contribuyen además al almacenamiento de agua.

Los pastos son aprovechados para alimentar a los animales mediante el pastoreo, este aumento de área se ve influenciada por el abandono de tierras agrícolas; en algunos casos por factores económicos como alza del precio de los insumos agrícolas, migración, falta de interés en la agricultura por parte de las generaciones jóvenes y mayor diversificación de las actividades en el medio rural, por lo que la gente prefiere criar animales mediante el pastoreo que cultivar la tierra ya que obtiene una mejor ganancia económica.

- **Áreas agrícolas heterogéneas**

Las áreas agrícolas para el 2002 representó un total de 3 166.50 ha y en el 2017 registró 4 476.52 ha, lo que indica un incremento de 6.19 % (1309.02 ha). Según la FAO (2007) la demanda de alimentos seguirá aumentando debido principalmente al crecimiento de la población, pues esta cobertura proporciona productos de autoconsumo e industrial, por lo que la gente incursiona en la siembra de este tipo de cultivos por su propia iniciativa o mediante el apoyo de programas del gobierno (Foncodes y Senasa) que fomentan la reconversión agrícola. Si bien, esta actividad agrícola brinda seguridad económica, el uso y manejo del agua, suelo y cultivos tienen que ser amigables con el ambiente para evitar la degradación de ellos puesto que reduce la productividad, debido al mayor uso de insumos requeridos para mantener los rendimientos. Por otro lado, también puede causar el abandono temporal o permanente de las parcelas (Rosegrant y Ringler 2000).

- **Bosques**

La transformación del área de bosques muestra una superficie obtenida para el 2002 de 697.02 ha y para el año 2017 de 494.44 ha una pérdida de bosques de 202.58 ha, en el lapso de 15 años. Provocando la pérdida de una fuente de bienes para los habitantes locales como leña, plantas medicinales y ornamentales; por deforestación también se pierde o disminuye el hábitat de animales silvestres, algunos de ellos de importancia cultural local.

Según la FAO los bosques en pie y fisiológicamente plenos, cumplen funciones reguladoras en los procesos relacionados con el suelo, el agua, el aire, el clima, el paisaje, el ambiente y la vida en general (FAO 2016).

Esta vegetación es indispensable para la regulación del ciclo hidrológico, mantener un clima adecuado, purificar la atmósfera y el agua, evitar la excesiva erosión del suelo, extinción de especies de plantas y de animales, de modo que el deterioro de los bosques causa serios daños a corto y largo plazo. En particular, la deforestación está relacionada con la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la erosión de los suelos.

- **Hierbas**

Se observó la pérdida de área ocupada por esta vegetación, los resultados muestran 8 474.72 ha para el año 2002 y 7 013.66 ha en el año 2017, lo que indica una desaparición de 1 461.06 ha como un impacto ambiental negativo, ocasionado por la actividad agrícola extensiva, razón por la cual se da la destrucción de la cubierta vegetal. Para Sheng (2001), si la tierra está cubierta de algún tipo de vegetación, la erosión se reduce significativamente porque ésta protege los suelos del impacto de las gotas de lluvia y la disgregación.

- **Arbustos**

En la categoría Arbustos tenemos que para el año 2002 ocupaba un área de 6 662.39 ha y para el 2017 la superficie es de 6 546.96 ha, lo que indica una pérdida de 115.43 ha. Según Espinoza *et al.* (1988). La vegetación arbustiva contribuye a frenar el desgaste del relieve en los ambientes. Por un lado, el follaje y la hojarasca de los arbustos reducen la velocidad y, por consiguiente, la energía de las gotas que impactan el suelo. Por otro lado, el tronco y las raíces disminuyen la capacidad de los distintos agentes climáticos para transportar materiales.

Por lo que la remoción de la vegetación arbustiva por el hombre (para leña, por quema o pastoreo), acelera los procesos erosivos ya que disminuye la infiltración de agua y aumenta la escorrentía, por lo tanto una reducción en la cobertura arbustiva aumenta el lavado de nutrientes y la desertificación en zonas áridas y semiáridas.

- **Afloramientos rocosos**

La presencia de afloramientos rocosos para el año 2002 fue de 573.29 ha y para el 2017 una superficie de 620.94 ha. Estas cifras indican que cada año es mayor el área expuesta a la erosión hídrica y eólica. El suelo desnudo promueve la formación de una costra superficial, debido al impacto directo de las gotas de lluvia que reduce la infiltración de agua según Shachak *et al.* (1998). Esta reducción en la disponibilidad de agua disminuye las posibilidades de establecimiento y crecimiento de plántulas, y por lo tanto de la cobertura vegetal. Los suelos desnudos son además muy susceptibles a la erosión por agua y viento, causando la remoción de nutrientes en las áreas afectadas.

- **Laguna**

Ésta contaba con un área de 3.22 ha en el año 2002 y para el año 2017 se tiene que el área es de 2.22 ha, lo que representa una pérdida de 1.0 ha en la superficie del cuerpo de agua.

Para García (2000), en el Perú existen zonas húmedas que han desaparecido en los últimos 20 años y los motivos que han llevado a estas extinciones son diversos, aunque en la mayoría de los casos están relacionados con el descenso de las aguas freáticas que las alimentaban y con los drenajes realizados para sus reservorios.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los respectivos mapas de cobertura y uso de la tierra para el período de 15 años (2002 - 2017), se puede apreciar en la Figura 18 la variación de cada una de las categorías identificadas.

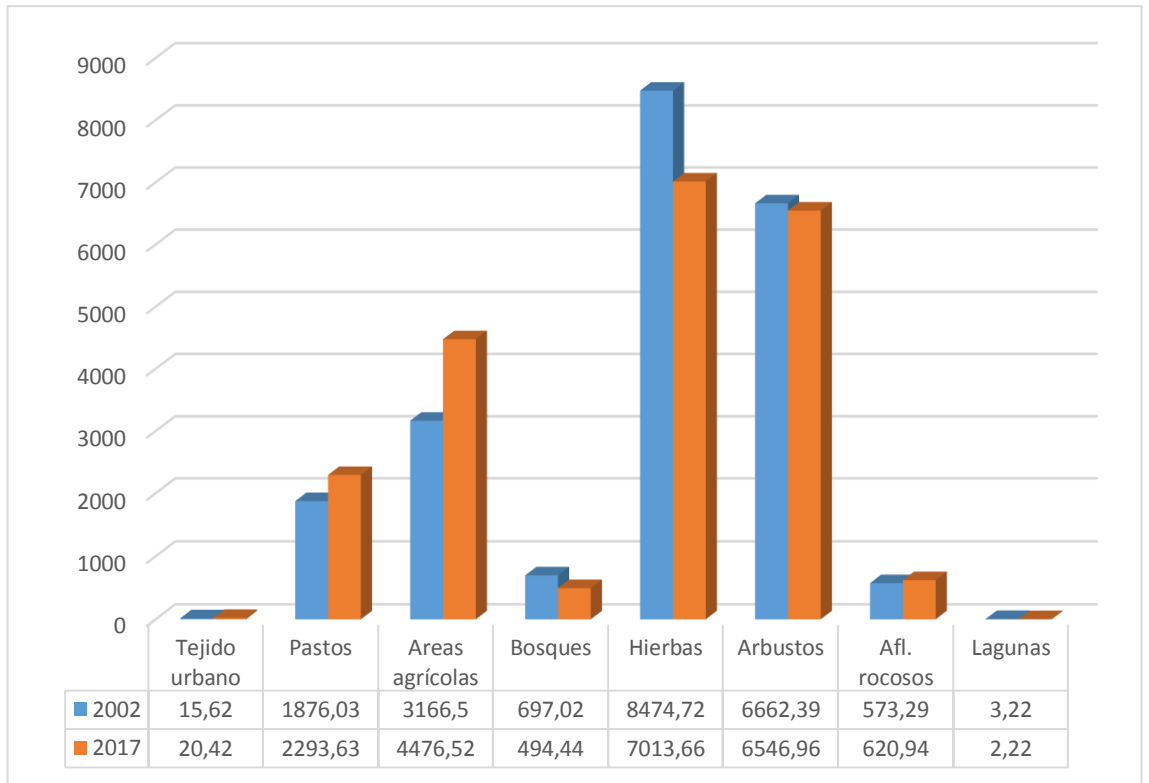


Figura 18. Dinámica de la cobertura y uso de la tierra período 2002 – 2017

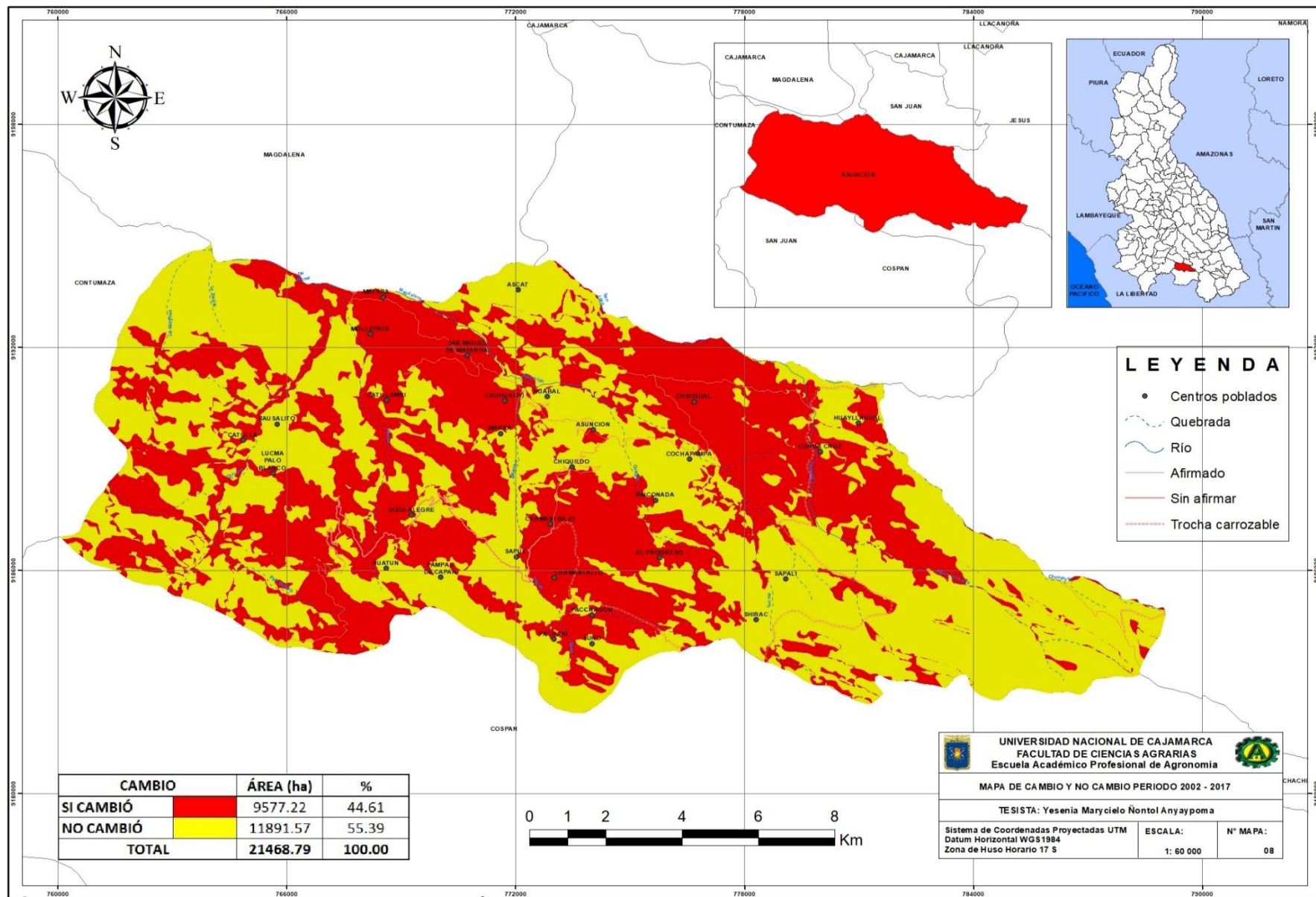


Figura 19. Mapa de cambio y no cambio período 2002 – 2017

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

4.8.1. Análisis de cambios por cobertura

Este análisis se basa en la evaluación del cambio por cobertura, es decir de una cobertura inicial a una actual ocurrida en el período de evaluación. En este proceso, solo se evalúa las áreas en las que se ha producido el cambio. A continuación, se muestran los resultados de este análisis.

a. Cambios de cobertura en el período 2002 – 2017

Los principales cambios ocurridos son:

- La categoría Afloramientos rocosos (Afr) fue sustituida por Arbustos (Ar) con un área de 160.31 ha, Áreas agrícolas heterogéneas (Aa) con un área de 6.29 ha y Pastos (Pa) con un área de 3.53. Provocando en total una pérdida de 170.13 ha para la categoría mencionada.
- La categoría Arbustos (Ar) fue sustituida por Afloramientos rocosos (Afr) con un área de 119.31 ha, Bosques (Bo) con un área de 40.72 ha, Áreas agrícolas heterogéneas (Aa) con un área de 563.87 ha, Hierbas (Hi) con un área de 794.87 ha y Pastos (Pa) con un área de 375.16 ha. Provocando en total una pérdida de 1 893.93 ha para la categoría mencionada.
- La categoría Bosques (Bo) fue sustituida por Afloramientos rocosos (Afr) con un área de 78.21 ha, Arbustos (Ar) con un área de 270.32 ha, Áreas agrícolas heterogéneas (Aa) con un área de 35.05 ha, Hierbas (Hi) con un área de 62.51 ha y Pastos (Pa) con un área de 41.69 ha. Provocando en total una pérdida de 487.78 ha para la categoría mencionada.
- La categoría Áreas agrícolas heterogéneas (Aa) fue sustituida por Arbustos (Ar) con un área de 72.64 ha, Bosques (Bo) con un área 4.67 ha, Hierbas (Hi) con un área de 1 105.94 ha, Pastos (Pa) con un área de 343.15 ha y Tejido urbano (Tu) con un área de 4.80 ha. Provocando en total una pérdida de 1 531.20 ha para la categoría mencionada.

- La categoría Hierbas (Hi) fue sustituida por Afloramientos rocosos (Afr) con un área de 20.26 ha, Arbustos (Ar) con un área de 1 059.22 ha, Bosques (Bo) con un área de 236.97 ha, Áreas agrícolas heterogéneas (Aa) con un área de 1 685.49 ha y Pastos (Pa) con un área de 1 073.16 ha. Provocando en total una pérdida de 4 075.10 ha para la categoría mencionada.
- La categoría Pastos (Pa) fue sustituida por Arbustos (Ar) con un área de 216.02 ha, Bosques (Bo) con un área de 2.84 ha, Áreas agrícolas heterogéneas (Aa) con un área de 533.87 y Hierbas (He) con un área de 666.35 ha. Provocando en total una pérdida de 1 419.08 ha para la categoría mencionada.

Tabla 12. Transición de la cobertura y uso de la tierra, período 2002 – 2017

CÓDIGO	SIMBOLOGÍA	CUT 2002	CUT 2017	AREA (ha)	%
1	Afr-Ar	Afloramientos rocosos	Arbustos	160.31	0.75
2	Afr-Ct	Afloramientos rocosos	Áreas agrícolas	6.29	0.03
3	Afr-Pa	Afloramientos rocosos	Pastos	3.53	0.02
4	Ar-Afr	Arbustos	Afloramientos rocosos	119.31	0.56
5	Ar-Bo	Arbustos	Bosques	40.72	0.19
6	Ar-Aa	Arbustos	Áreas agrícolas	563.87	2.63
7	Ar-Hi	Arbustos	Hierbas	794.87	3.70
8	Ar-Pa	Arbustos	Pastos	375.16	1.75
9	Bo-Afr	Bosques	Afloramientos rocosos	78.21	0.36
10	Bo-Ar	Bosques	Arbustos	270.32	1.26
11	Bo-Aa	Bosques	Áreas agrícolas	35.05	0.16
12	Bo-Hi	Bosques	Hierbas	62.51	0.29
13	Bo-Pa	Bosques	Pastos	41.69	0.19
14	Aa-Ar	Áreas agrícolas	Arbustos	72.64	0.34
15	Aa-Bo	Áreas agrícolas	Bosques	4.67	0.02
16	Aa-Hi	Áreas agrícolas	Hierbas	1105.94	5.15
17	Aa-Pa	Áreas agrícolas	Pastos	343.15	1.60
18	Aa-Tu	Áreas agrícolas	Tejido Urbano	4.80	0.02
19	Hi-Afr	Hierbas	Afloramientos rocosos	20.26	0.09
20	Hi-Ar	Hierbas	Arbustos	1059.22	4.93
21	Hi-Bo	Hierbas	Bosques	236.97	1.10
22	Hi-Aa	Hierbas	Áreas agrícolas	1685.49	7.85
23	Hi-Pa	Hierbas	Pastos	1073.16	5.00
24	Pa-Ar	Pastos	Arbustos	216.02	1.01
25	Pa-Bo	Pastos	Bosques	2.84	0.01
26	Pa-Aa	Pastos	Áreas agrícolas	533.87	2.49
27	Pa-Hi	Pastos	Hierbas	666.35	3.10
28	No Cambió			11891.57	55.39
TOTAL				21468.79	100.00

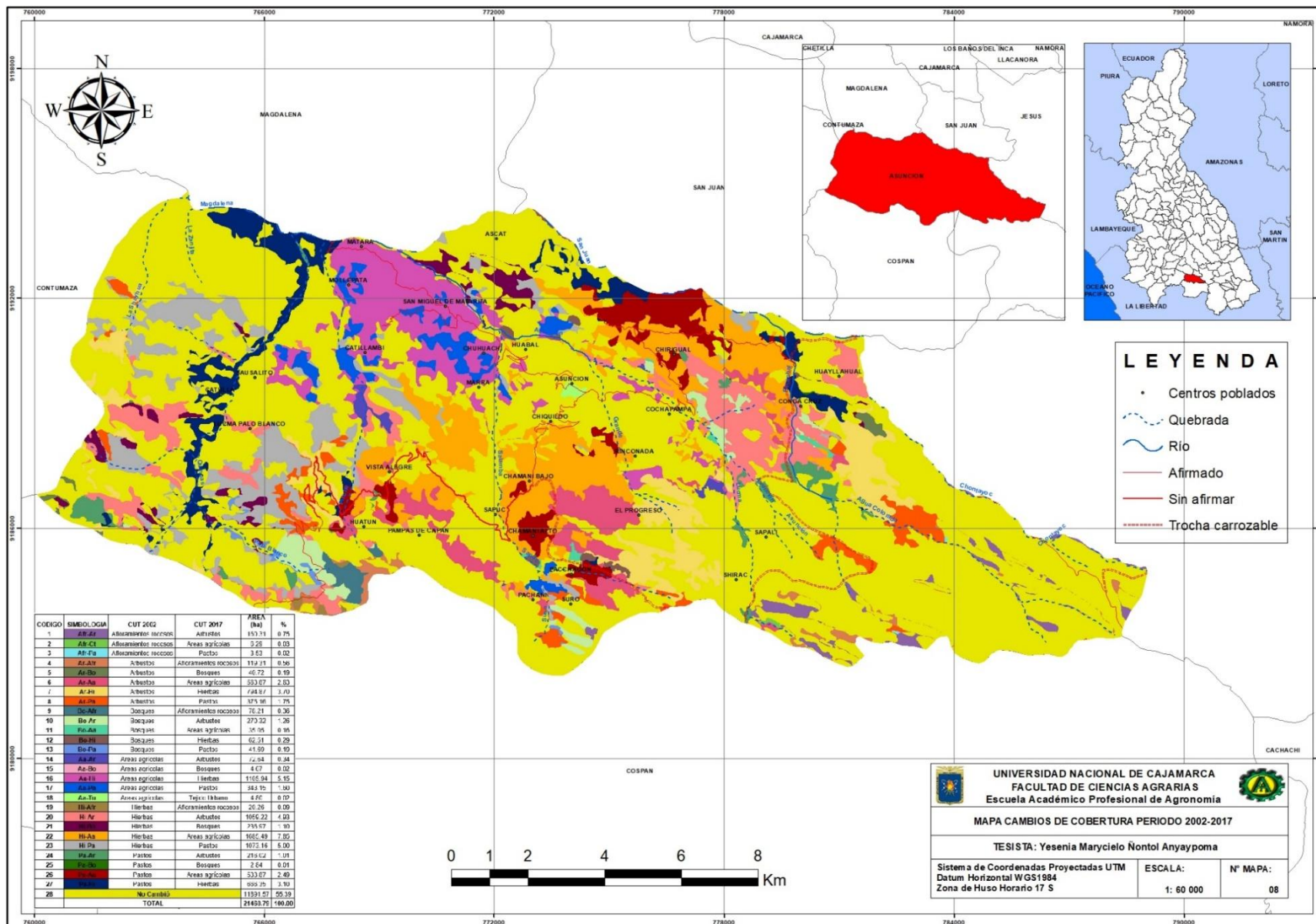


Figura 20. Mapa de cambios de cobertura periodo 2002 - 2017

4.9. Análisis de los factores que inciden en los cambios de la cobertura y uso de la tierra

4.9.1. Factores sociales

a. Productores agropecuarios

Según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, el departamento de Cajamarca es el que contaba con mayor número de productores agropecuarios con un total de 339,979 respecto al año 1994, en el cual existió 200,183 productores agropecuarios.

Este incremento de productores agropecuarios es un indicativo del cambio de la cobertura y uso de la tierra, pues el productor dueño o poseedor de suelos con cobertura vegetal natural (bosques y pastos naturales), cambia el uso de suelo porque, en primer lugar, ve en el aprovechamiento forestal, una oportunidad inmediata de ingreso, entonces se produce la deforestación como un factor directo de cambio. Luego optan por realizar una agricultura de subsistencia o ganadería extensiva (sobrepastoreo), otro factor directo de cambio que en la última instancia conduce al abandono de sus tierras o por emplearlas en alguna otra actividad que sí le represente un beneficio con el cual pueda satisfacer sus necesidades básicas; en este último caso los suelos se degradan tanto que llegan a sufrir fuertes procesos de desertificación.

b. Demográficos

Los cambios en la cobertura y uso de la tierra se relacionan en buena medida con el crecimiento de la población, causando que las ciudades de Cajamarca se expandan de una forma rápida y drástica conllevando a un cambio en la cobertura y uso de la tierra, perjudicando la oferta en cantidad y calidad de los Servicios Ecosistémicos.

Para el año 2007 el distrito de Asunción contaba con 11,757 habitantes según el Censo Nacional realizado por el INEI y como es de entender, el aumento de la población cada año continua a un ritmo acelerado, esta densidad demográfica constituye un indicador de la presión que está recibiendo un ecosistema natural por parte del hombre; al interior de estos parámetros es necesario distinguir entre la población urbana y la rural, no obstante que ambas se complementan, la segunda ejerce mayor intensidad de presión sobre su ambiente inmediato.

Por lo tanto, los incrementos al igual que las disminuciones de la población genera un impacto en el uso del suelo, estos cambios influyen en la estructura y la dinámica del hogar, mano de obra, migración, urbanización, entre otros.

c. Migración

En el entendido que migración se refiere a todo desplazamiento de la población (humana o animal), que se produce desde un lugar de origen a otro distinto y lleva consigo un cambio de la residencia habitual en el caso de las personas, o del hábitat en el caso de las especies animales migratorias.

Desde esta lógica y como respuesta al rápido crecimiento poblacional, provoca el aumento de la presión antrópica sobre los ecosistemas originando cambios en la cobertura y uso del suelo sobre todo mediante la realización de una agricultura migratoria.

Además, según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, en el departamento de Cajamarca existen unidades agropecuarias que declaran dejar usualmente su actividad agropecuaria para conseguir otros ingresos en comercio, fabricación de prendas de vestir, construcción, en restaurantes y hoteles, en transporte y otros rubros.

La consecuencia, es la degradación medioambiental, siendo la evidencia más clara a nivel regional los procesos de desertificación que vienen manifestándose sobre todo en terrenos abandonados dedicados previamente a la agricultura de secano y el crecimiento de los asentamientos urbanos.

4.9.2. Factores productivos

Los factores productivos se relacionan con los recursos necesarios para producir bienes y servicios como son el trabajo, los recursos naturales, el capital y la tecnología. Estos cuatro factores inciden el cambio de la cobertura y uso de la tierra de manera significativa.

El trabajo porque es absorbido por la actividad agrícola y está orientado a la producción sobre todo de bienes (alimentos) a expensas del deterioro ambiental.

Los recursos naturales, porque se encuentran expuestos a los cambios a la voluntad del hombre.

El capital financiero, porque es escaso e incentiva a la desaparición de bosques para transformarlos en tierras de uso agropecuario, el cual es una de las causas

más importantes de la deforestación y detonador de la pobreza en América Latina (FAO 2000).

La tecnología, que en Cajamarca aun es tradicional en su mayoría con escaso conocimiento técnico para el uso y manejo de adecuado de los recursos, que conlleva al inadecuado cambio de la cobertura y uso del suelo.

4.9.3. Factores culturales

El factor cultural, a pesar de ser intangible es muy relevante porque determina los modos de vida, costumbres, motivaciones, memorias colectivas, historias personales, actitudes, valores, creencias, percepciones individuales y colectivas, que llegan a transformar áreas naturales en áreas agropecuarias de manera inadecuada como la costumbre presentada en la población de Cajamarca de quemar los pastos naturales, usada con escaso conocimiento técnico por parte de los productores para el buen manejo de los recursos disponibles, siendo un factor influyente en el uso que se le da al suelo y que provoca cambios respecto a la pérdida de su cobertura (Alcántara 2014).

4.9.4. Factores climáticos

a. Cambio climático

El cambio climático es el conjunto de alteraciones que se están produciendo en el sistema climático terrestre, entre ellos el aumento de la temperatura, cambios en las precipitaciones, climas que se vuelven más extremos, aumento en el nivel del mar y cambios en la disponibilidad de los recursos hídricos que también ha provocado cambios en la composición y distribución de la vegetación y en la superficie forestal (Terradas 2001). Es decir, las especies que conforman los ecosistemas naturales están cambiando su ubicación.

Los efectos del cambio climático sobre la vegetación pueden reflejarse en la modificación de algunos de sus procesos como la fotosíntesis, respiración, productividad, competencia y crecimiento. Estos procesos están en función del aumento de la temperatura, la limitación de la disponibilidad hídrica, la deposición de Nitrógeno o la elevación de la concentración de CO₂ en la atmósfera (Terradas 2001).

La respuesta al cambio de la concentración de CO₂ en plantas, se refleja en el tamaño de área foliar y la producción de raíces finas (Norby 1996).

4.10. Efectos de los cambios de la cobertura vegetal

4.10.1. Sobre el agua

Al existir cuerpos de agua permanentes (lagunas) localizadas en las partes altas generalmente, que durante miles de años han constituido la despensa hídrica del mismo y al ser transformados estos ecosistemas por las actividades antrópicas sea para la agricultura o para la minería, los impactos vienen siendo tan fuertes, que resultan en la disminución del referido recurso.

Los efectos se vienen dando principalmente en la alteración de los cuerpos de agua con la consecuente disminución de la capacidad de recarga y provisión del servicio ecosistémico hídrico. Estos efectos serán más severos en la medida que las actividades antrópicas se intensifiquen.

4.10.2. Sobre el suelo

Por el tipo de actividades que se vienen realizando, que consiste sobre todo en la realización de actividades agrícolas, los efectos se relacionan con la alteración o destrucción de la cubierta vegetal terrestre, cuyas acciones al incidir directamente en la capa de suelo, conllevan a su remoción propiciando erosión, alteración de sus características físicas, como textura, estructura y permeabilidad, la pérdida de los horizontes del perfil y en consecuencia la modificación de la topografía del área impactada.

4.10.3. Sobre la vegetación

La alteración de la cubierta vegetal reduce la fuente de origen de éstos, afectando su estabilidad al ser removidos, sufriendo procesos de recuperación lento o incluso nulo en algunos casos, limitando los procesos de recuperación con los programas de reforestación que se deseen implementar.

Otras acciones, como la construcción de viviendas y carreteras provocan la fragmentación de la vegetación, que propician los cambios del hábitat de ciertas especies originando un gran impacto sobre la biodiversidad de flora y fauna.

La remoción de la vegetación nativa, también produce cambios en la intercepción de la cantidad de agua de lluvia y de la evapotranspiración con el consecuente cambio en los niveles de humedad del suelo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Se logró identificar los cambios de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Asunción, por medio de imágenes satelitales a través de la metodología Corine Land Cover para el período 2002 – 2017, en un nivel III; siendo ocho las categorías presentes: Tejido urbano continuo, áreas agrícolas heterogéneas, pastos, bosques, hierbas, arbustos, afloramientos rocosos y lagunas.

Se elaboró los mapas de cobertura y uso actual de la tierra, con el algoritmo de máxima verosimilitud para el período 2002 – 2017, alcanzando una fiabilidad de 94.74 % para el año 2002 y 96.24 % para el año 2017 el cual fue validado en campo.

En el período analizado de 15 años, acurren cambios en el 44.61 % del área total que ocupa el distrito de Asunción. Los principales son el cambio de uso del suelo de hierbas por áreas agrícolas heterogéneas y el de hierbas por pastos, representando el 7.85 y 5.0 % respectivamente.

Del mapa de cobertura y uso de la tierra en el área de estudio, se conoce cómo se distribuye la vegetación y cada una de las categorías identificadas sobre el territorio en la actualidad, constituyendo así una línea base que posteriormente pueda servir en la gestión y manejo en forma integral de los recursos en el distrito.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Alcántara Boñón, G. 2014. Estudio especializado: Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra. Cajamarca: Gobierno Regional Cajamarca. 255 p.

Barredo, J., 1996. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. Madrid, España. 78p.

Bennett, A., 1999. Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. 275p.

CENAGRO 2012, (en línea). Consultado 18 de abril de 2018. Disponible en <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>

Cerda, J & Villarroel, L. 2008. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. Chile. 54-58p.

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

Crisólogo, M. 2009. Estudio Geológico del Departamento de Cajamarca. Cajamarca – Perú. 18 – 20, 22 – 25, 37, 41p.

Chuvienco, E., 2008. Teledetección Ambiental: la observación de la Tierra desde el Espacio. 3º ed. Barcelona - España. 53p.

Dalence, S.; Gutiérrez, G.; Guzmán, G.; Segovia, D., 1999. Levantamiento semidetallado de suelos en el valle alto. Zona Punata –Arani. Cochabamba-Bolivia. 56p.

Dou, W. 2007. Fuzzy kappa for the agreement measure of fuzzy classifications. 73p.

Espinoza, G.A., Fuentes, E.R. y Molina, J.D. 1988. La erosión: fenómenos naturales y acción del hombre. En Ecología del Paisaje en Chile. Santiago - Chile. 53 - 64p.

FAO. 2004. La deforestación contribuye al cambio climático. Consultado 18 de Enero de 2018. Disponible en <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000385/index.html>

FAO.2007. Manual de buenas Prácticas Agrícolas. Consultado 20 de Febrero de 2018. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s06.htm>

FAO. 2016. Bosques y Cambio climático – Documento de trabajo 14. Consultado 20 de Febrero de 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i5184s.pdf>

Franco, R. 2017. Composiciones Landsat en ArcGIS – Guía básica. Bogotá – Colombia. 17p.

Geoservice Peru. 2004. Como escoger una imagen satelital. Geoservice Perú. 4 p. Consultado 25 de Agosto de 2017 disponible en: http://www.gsp Peru.com/pdf/como_seleccionra_imagen.pdf

Heckadon, M., 1999. La Cuenca del Canal: Deforestación, Urbanización y contaminación. Sumario Ejecutivo. Smithsonian Tropical Research Institute, United States Agency for International Development. EE.UU.120p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2013. Elementos de la percepción remota. México. 80p. Consultado 07 Noviembre de 2017. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/elementos.aspx>

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2007. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda (en línea). Consultado 15 Enero de 2018. Disponible de <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/censos/>

Klingebiel, A. & Montgomery, P., 1961. Land capability classification. Agricultural Handbook. Soil Conservation Service. Washington, D.C., EE.UU. 210p.

López, E., 1999. Cambio de uso del suelo y crecimiento urbano en la ciudad de Morelia. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. 134 p.

López Vásquez, VH. Plata Rocha, W. 2007. Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. México, Instituto de Geografía. 17 p.

Martínez, J., 1992. Árboles en la ciudad, fundamentos de una política ambiental basada en el arbolado urbano. Madrid, España. 101p.

Maune, D. F., 2001. Digital Elevation Model Technologies and Applications: the DEM Users Manual, The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. USA. 121p.

Mendoza, V., 2017. ArcGis 10.3. Manual de Capacitación. Cajamarca - Perú. 13p

Moreno Cuesta, E; Gonzales Algárra, E. 2001. Caracterización del paisaje y su posible impacto ambiental a partir de la clasificación de usos de suelo Corine Land Cover y la utilización de sistemas de información geográfica. España. Universidad de Huelva.

Mozo, T., 1999. Ecología y Conservación de Recursos Renovables. Santa Fe - Bogotá. 85p.

Nina Quispe, JJ. 2015. Cambios de la cobertura del suelo en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca - Arequipa, Moquegua – Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación, durante el periodo 1986 – 2010. Tesis Blgo. Arequipa-Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 116 p.

ONERN, 1976. Mapa Ecológico del Perú – Guía explicativa. Lima, Perú. 69, 81, 85, 87, 99, 117, 119p.

Peralvo, M. y Bastidas, L. 2014. Monitoreo de cambio de cobertura y uso de la tierra a escala de sitios. Protocolo 3 - Versión 1. CONDESAN/COSUDE: Quito, Ecuador.

Pérez, C; Muñoz, A. 2006. Teledetección: Nociones y aplicaciones. España. 356 p.

Rodolfo Franco. 2017. Composiciones Landsat en ArcGis. Bogotá – Colombia. 17p.

Rodríguez, A., Ordóñez, R. y González, E., 2004. Agricultura de Conservación en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Madrid - España. 117p.

Rodríguez Eraso, N. 2011. Deforestación y Cambio en la Cobertura del Suelo en Colombia: Dinámica Espacial, factores de cambio y modelamiento. Colombia. Creaf.134 p

Sánchez, J. 2016. Análisis de calidad cartográfica mediante el estudio de la matriz de confusión. España. 11p.

Sandoval Verdugo, GS. 2009. "Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros". Tesis Ing. Geográfico. Santiago de Chile. Universidad de Chile. 79 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2012). Suelos. Consultado 08 de Noviembre de 2018. Disponible en: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf

Servicio Geológico de los Estados Unidos-USGS. Consultado 28 Agosto de 2017. Glovis. Disponible en: http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php

Shachak, M., Sachs, M. y Moshe, I. 1998. Ecosystem management of desertified shrublands in Israel. 475p.

Sheng, T. 2001. Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. Roma. 89 p.

Sobrino, J. 2000. Teledetección. En U. d. Valencia. Valencia: ES.

Terradas, Jaume. 2001. Ecología de la vegetación. Barcelona – España. 230p.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1998). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México. 92p.

Zorogastúa Cruz, P; Quiroz Guerra, R. 2011. Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura - Perú. Tesis Blgo. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 10 p.

GLOSARIO

ANA: La Autoridad Nacional del Agua, es un organismo constitucional autónomo del Perú y se encarga de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas.

CORINE LAND COVER (CLC): Coordination of Information on the Environment, también conocido por el acrónimo CLC, desarrolla la creación de una base de datos sobre la cobertura y uso del territorio.

ArcGIS: Es el nombre de un conjunto de productos en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Producido y comercializado por ESRI, bajo el nombre genérico de ArcGIS, dónde se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.

Banda: Región del espectro electromagnético en la cual las longitudes de onda adyacentes se comportan de forma similar o son generadas por mecanismos similares. El conjunto de ellas conforman la imagen satelital.

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

Erosión: Es el arrastre de partículas constituyentes del suelo por la acción del agua en movimiento o la por la acción del viento, que causa el desgaste de los suelos.

FFEM: El Fondo Francés para el Medio Ambiente Mundial, financia acciones innovadoras que concilian la conservación del medio ambiente, el desarrollo económico y social.

FONCODES: El Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social, es un programa nacional del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social que trabaja en la generación de mayores oportunidades económicas sostenibles de los hogares rurales.

Formato raster: Está compuesto por una agrupación de píxeles, éstos dividen el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor.

Georreferenciación: Procedimiento mediante el cual los objetos son ubicados en un eje de coordenadas conocidas.

INEI: El Instituto Nacional de Estadística e Informática, se encarga de dirigir los sistemas nacionales de estadística y también de informática del país.

INGF: El instituto Geográfico Nacional de Francia, es un establecimiento administrativo estatal público de Francia fundado para producir y mantener información geográfica.

Mapa temático: Es aquél que está diseñado para mostrar características o conceptos particulares. En el uso convencional de los mapas, este término excluye los mapas topográficos.

Máxima verosimilitud: Asume que las estadísticas de cada clase en cada banda tienen una distribución normal y calcula la probabilidad de que un píxel dado, pertenece a una clase específica. Cada píxel se le asigna a la clase que tiene la probabilidad más alta.

MINAM: El Ministerio del Ambiente es un ente ministerial cuya función es la de diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental.

ND: Los números digitales, están asociados a cada píxel que conforma la imagen satelital.

Satélite Landsat: Son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por EE. UU. para la observación en alta resolución de la superficie terrestre. Orbitan alrededor de la Tierra a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° respecto del Ecuador y un período de 99 minutos.

SENASA: El Servicio Nacional de Sanidad Agraria, es un organismo público especializado en materia de sanidad agraria, calidad de insumos, producción orgánica e inocuidad agroalimentaria.

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

PEJEZA: El Proyecto Especial Jequetepeque Zaña, es un proyecto hidroenergético interregional, que formula y ejecuta proyectos de inversión pública de infraestructura hidráulica.

Pixel: Es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.

ZEE: La Zonificación Ecológica y Económica es un proceso dinámico y flexible que sirve para identificar las diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado.

ANEXOS

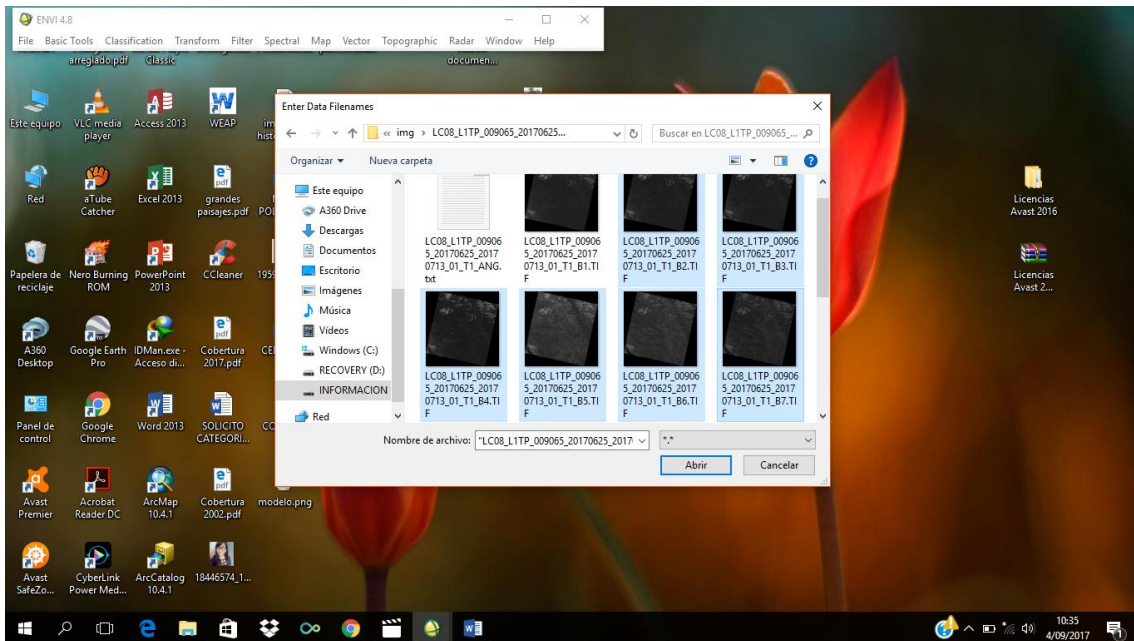


Figura 21. Imagen satelital 2017 con sus bandas

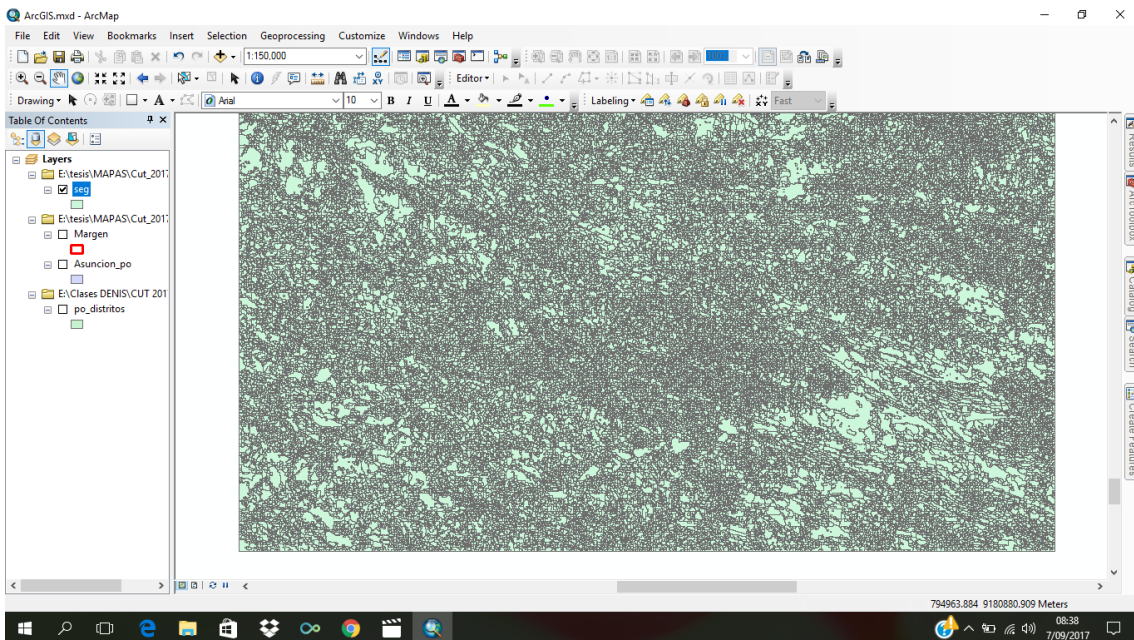


Figura 22. Segmentación

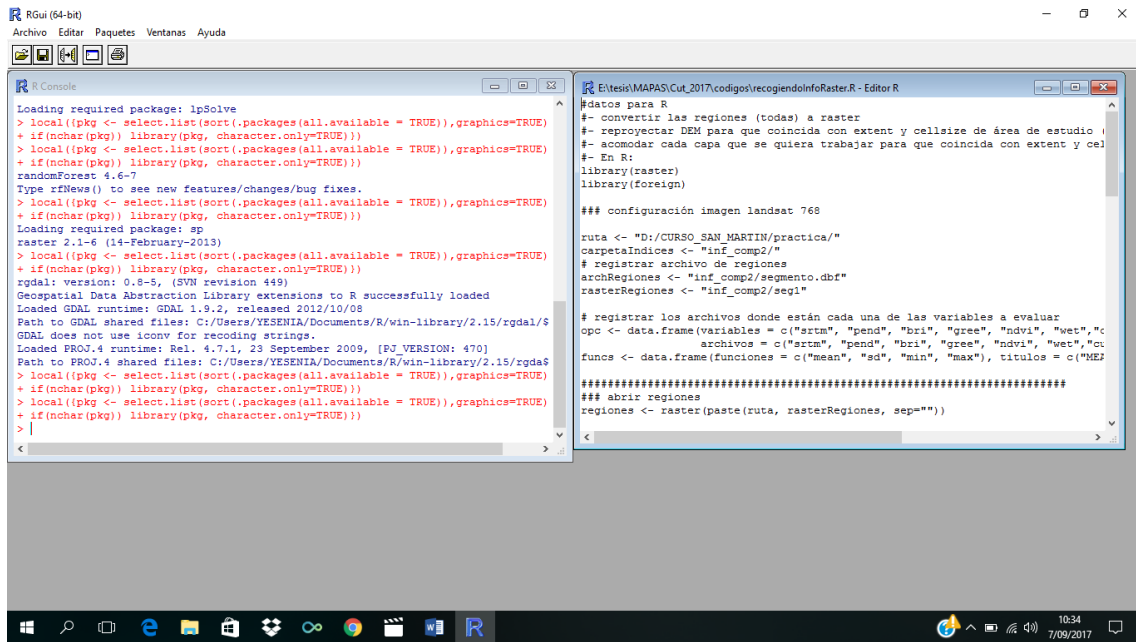


Figura 23. Recogiendo información raster

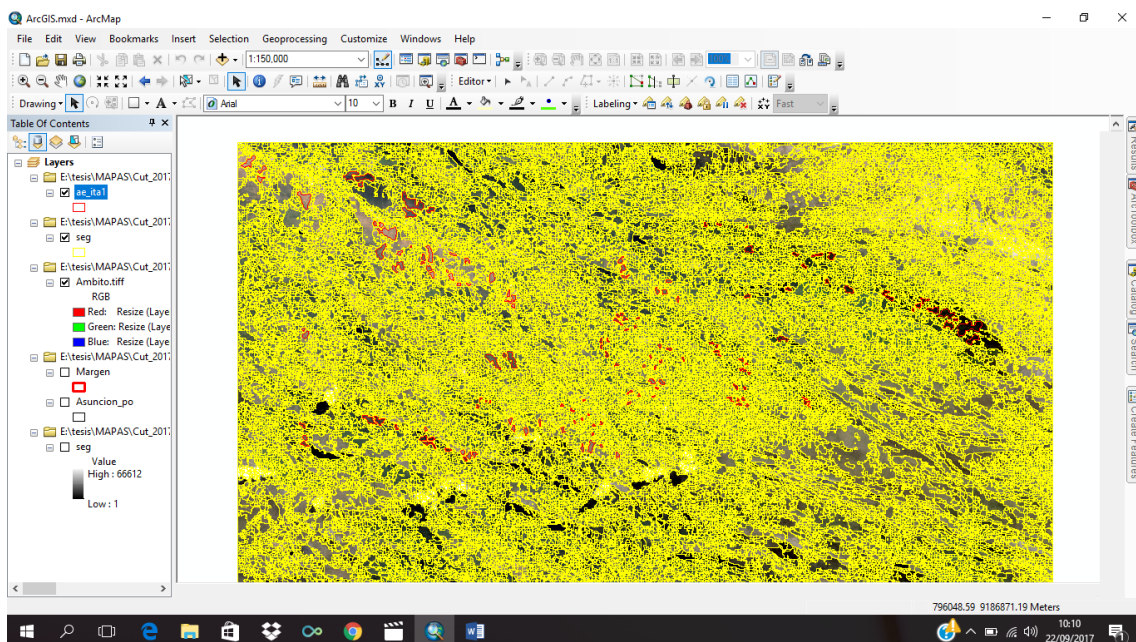


Figura 24. Áreas de muestreo

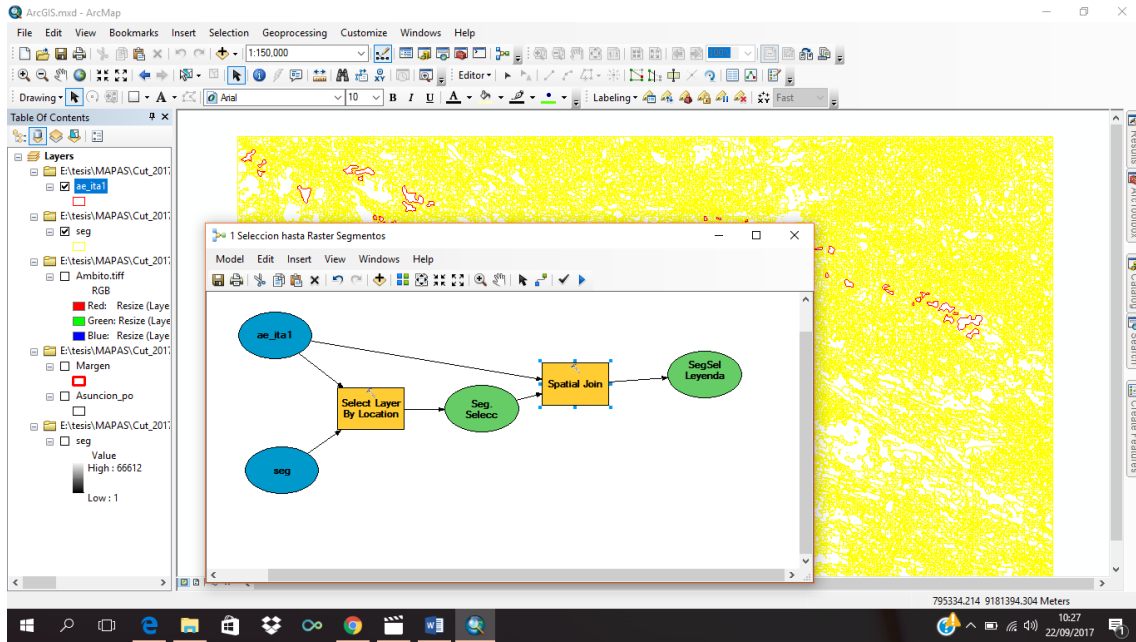


Figura 25. Model builder

The image shows an Excel spreadsheet titled 'conf.csv'. The data is organized as a confusion matrix with the following values:

	Actual 21	Actual 23	Actual 31	Actual 331	Actual 332	Actual 342	Actual class.error
Predicted 21	21	0	0	0	0	0	0
Predicted 23	11	14	1	0	0	0	0.06666667
Predicted 31	0	1	9	0	0	0	0.1
Predicted 331	0	0	0	12	0	0	0
Predicted 332	1	0	0	0	16	0	0.05882353
Predicted 342	0	0	0	0	0	12	0

Figura 26. Matriz de confusión



Figura 27. Cultivo de uva – Matara



Figura 28. Verificación in situ del mapa CUT 2017



Figura 29. Plaza de Armas - Asunción



Figura 30. Colloadar – Cerro minero encantado



Figura 31. Herbazal alrededor de la laguna “Mamacocha”

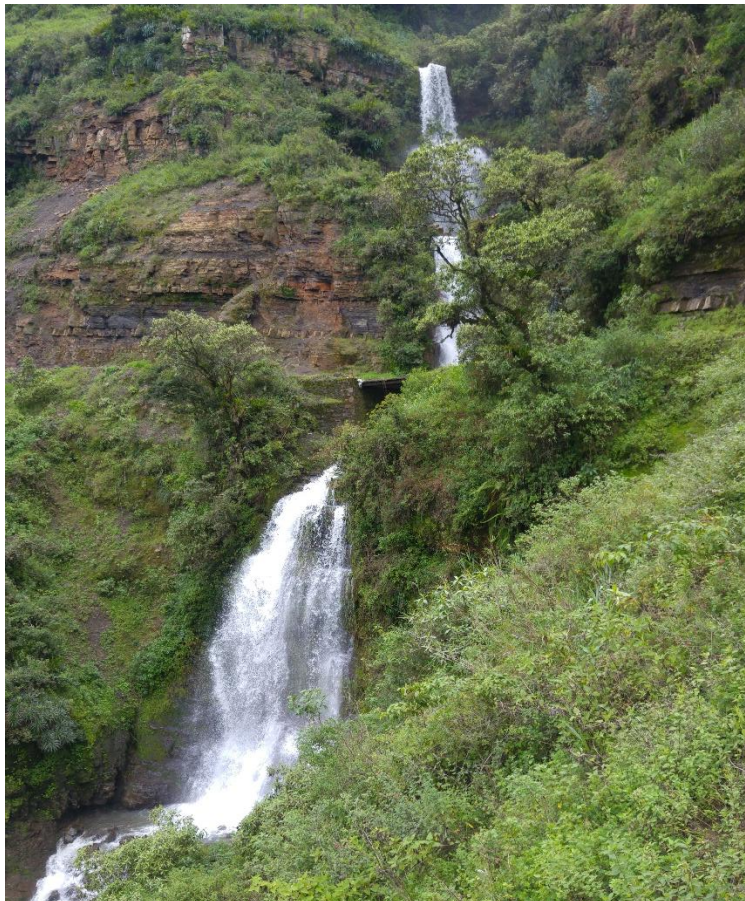


Figura 32. Catarata - Chiquildo

APÉNDICE

Propuesta de Leyenda Corine Land Cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
		1.2.5. Obras hidráulicas
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas
1.4.2. Instalaciones recreativas		
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios	
	2.2 Cultivos permanentes	
	2.3 Pastos	
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de Cultivos
		2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto
		3.1.4. Bosque abierto alto
		3.1.5. Bosque fragmentado
	3.2 Bosques plantados	
	3.3 Áreas con vegetación	3.3.1 Hierbas
		3.3.2 Arbustos

	herbácea y/o arbustivo	3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
		3.3.5 Arbustal / área intervenida
		3.3.6 Herbazal / área intervenida
		3.3.7 Arbustal-Herbazal/área intervenida
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2 Afloramientos rocosos
		3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4 Áreas quemadas
		3.4.5 Glaciares
		3.4.6 Salares
	4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales
4.1.2. Turberas y bofedales		
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua		
4.2 Áreas húmedas costeras		4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
		5.1.4. Canales
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
	5.2 Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras
		5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014)