

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
Y AMBIENTAL**



**“DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y
USO DE LA TIERRA DEL DISTRITO JAMALCA, PROVINCIA
DE UTCUBAMBA, CON IMÁGENES DE SATÉLITE PERIODO
1998- 2018”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL.**

Autoras: Bach. Jheydi Esthefany Saucedo Silva

Bach. Evelyn Velasco Contreras

Asesores: Ing. M.Sc. Duberlí Geomar Elera Gonzáles

Ing. Henry Sandoval Melendres

JAÉN - PERÚ, MARZO, 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo, Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la Ciudad de Jaén, el día 05 de Marzo del año 2020, siendo las 16:20 horas, se

Reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Hans Ruiz Ramos

Secretario: Helder Efraim Aquino De los Ríos

Vocal: María Karlen Torres Cruz

Sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
() Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: Determinación de los Cambios de Cobertura y Uso de la Tierra del Distrito de Samelco, Provincia de Otavambo, con imágenes de Satélite Periodo 1998-2018

Presentado por estudiante/egresado o Bachiller: Jheydi Esthefany Saucedo Silva
Bach. Evelyn Velasco Contreras

De la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

() Aprobar () Desaprobado () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (<u>15</u>) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 17:05 p.m. Hora del mismo día, el Jurado concluye el acto sustentado confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Secretario

Presidente

Vocal

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	8
ÍNDICE DE MAPAS	9
ÍNDICE DE ESQUEMAS	10
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Materiales y equipos.....	16
3.1.1. Materiales de gabinete y campo	16
3.1.2. Material cartográfico	16
3.1.3. Instrumentos y equipos.....	16
3.1.4. Software	16
3.2. Metodología.....	17
3.2.1. Línea de investigación.....	17
3.2.2. Descripción general del área de estudio	17
3.2.3. Procedimientos y recolección de datos	24
IV. RESULTADOS	35
4.1. Análisis e interpretación de las imágenes satelitales del distrito de Jamalca	35
4.2. Categorías identificadas de cobertura y uso de la tierra bajo la clasificación Corine Land Cover	38
4.2.1. Tejido urbano continuo (Tuc – 1.1.1).....	39
4.2.2. Cultivos transitorios (Ct – 2.1).....	40
4.2.3. Cultivos permanentes (Cp – 2.2).....	42
4.2.4. Mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen – 2.4.4)	43
4.2.5. Bosque denso alto (Bda – 3.1.3).....	44
4.2.6. Vegetación arbustiva/herbácea (Var/he – 3.3.4)	46
4.2.7. Áreas sin o con poca vegetación (Aspv – 3.4)	47

4.3. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en los periodos 1998 – 2018.....	48
4.3.1. Cobertura y uso de la tierra año 1998.....	48
4.3.2. Cobertura y uso de la tierra año 2018.....	53
4.4. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra	58
4.4.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1998 – 2018.....	58
4.5. Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra	61
4.5.1. Análisis de cambios por cobertura	61
4.6. Análisis de la tendencia de la cobertura vegetal y uso de la tierra del distrito Jamalca	65
V. DISCUSION	67
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
6.1. Conclusiones	69
6.2. Recomendaciones.....	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	71
AGRADECIMIENTO.....	73
DEDICATORIA	74
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de las imágenes satelitales descargadas.	25
Tabla 2. Bandas y aplicaciones de imágenes de satélite Landsat 5 TM.....	26
Tabla 3. Bandas y aplicaciones de imágenes de satélite Landsat 8 OLI	27
Tabla 4. Valores obtenidos de la segmentación	30
Tabla 5. Valoración del coeficiente Kappa	33
Tabla 6. Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el distrito de Jamalca.....	39
Tabla 7. Matriz de confusión año 1998	48
Tabla 8. Clases de cobertura obtenidas para el año 1998.....	51
Tabla 9. Matriz de confusión año 2018	53
Tabla 10. Categorías obtenidas para el año 2018	56
Tabla 11. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, año 1998 – 2018	58
Tabla 12. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1998 – 2018	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución porcentual de cobertura año 1998	51
Gráfico 2. Distribución porcentual de cobertura año 2018	56
Gráfico 3. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1998 - 2018	59
Gráfico 4. Tendencia de la cobertura vegetal y uso de la tierra 1998 – 2018	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista del área de estudio con la combinación de bandas para Landsat 5 y Landsat 8	29
Figura 2. Interpretación visual de la categoría tejido urbano continuo (Tuc) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente.....	35
Figura 3. Interpretación visual de la categoría cultivos transitorios (Ct) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente.....	36
Figura 4. Interpretación visual de la categoría, cultivos permanentes (Cp) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha).....	36
Figura 5. Interpretación visual de la categoría, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente	37
Figura 6.. Interpretación visual de la categoría, Bosque denso alto (Bda) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente.....	37
Figura 7. Interpretación visual de la categoría, vegetación arbustiva/herbácea (Va/He) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente.....	38
Figura 8. Interpretación visual de la categoría, Área sin o poca vegetación (Aspv) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente.....	38
Figura 9. Combinación de bandas 432 (RGB) Landsat 8 (2018)	40
Figura 10. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018).....	41
Figura 11. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018).....	43
Figura 12. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018).....	44
Figura 13. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018).....	45
Figura 14. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018).....	46
Figura 15. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018).....	47
Figura 16. Geoprocesamiento del área de estudio distrito Jamalca.....	78
Figura 17. Creación del shapefile margen del área de estudio.	78
Figura 18. Digitalización de las áreas de entrenamiento.	79
Figura 19. Aplicación de ModelBuilder para generar la información complementaria.	79
Figura 20. Ejecución del script RStudio.....	80
Figura 21. shapefile utilizados en el procedimiento	83
Figura 22. Imágenes descargadas de landsat5 y landsat8.....	83

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Tejido urbano continuo (111 Distrito de Jamalca, Utcubamba	40
Fotografía 2. Cultivos transitorios (21) Distrito Jamalca, Utcubamba.....	41
Fotografía 3. Cultivos permanentes (22) Distrito Jamalca, Utcubamba.....	42
Fotografía 4. Mosaico de pastos con espacios naturales (244) Distrito Jamalca, Utcubamba	44
Fotografía 5. Bosque denso alto (313) Distrito Jamalca, Utcubamba.....	45
Fotografía 6. Vegetación arbustiva /herbácea (334) Distrito Jamalca, Utcubamba	46
Fotografía 7. Áreas sin o poca vegetación (34) Distrito Jamalca, Utcubamba	47
Fotografía 8. Municipalidad Distrital de Jamalca, Tejido urbano continuo.....	81
Fotografía 9. Cultivos de maíz, cultivos transitorios.....	81
Fotografía 10. Verificación In Situ del mapa de coberturas, realización de las correcciones en campo de las coberturas.....	82
Fotografía 11. Verificación in situ del mapa de coberturas, realización de las correcciones en campo de las coberturas, se puede apreciar cultivos de arroz después de cosecha, cultivos transitorios.	82

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación del Distrito de Jamalca.....	18
Mapa 2. Hidrografía Del Distrito de Jamalca.....	19
Mapa 3. Ecosistemas del Distrito de Jamalca.....	22
Mapa 4. Ecorregiones del distrito de Jamalca	23
Mapa 5. Cobertura y uso de la tierra año 1998.....	52
Mapa 6. Cobertura y uso de la tierra periodo 2018	57
Mapa 7. Cambio y no cambio periodo 1998 – 2018	60
Mapa 8. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1998 – 2018	64

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Proceso de clasificación para la representación.....	28
---	----

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Leyenda Corine Land Cover adaptada para Perú	76
Anexo 2. Proceso de clasificación para la representación cartográfica.....	78
Anexo 3. Panel fotográfico para las clases de uso de la tierra	81
Anexo 4. Información cartográfica utilizada	83

RESUMEN

Los procesos de transformación de la cobertura terrestre están íntegramente relacionados a las actividades humanas y su estudio es fundamental para comprender y predecir la dinámica de los ecosistemas. El análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra de un determinado territorio nos permite expresar en forma cuantitativa el cambio de cobertura en un periodo de tiempo establecido. El objetivo de este trabajo es determinar los cambios de cobertura vegetal y uso de la tierra del distrito de Jamalca en la provincia de Amazonas, entre los años 1998 – 2018 a través del procesamiento de imágenes de satélite. La clasificación de las imágenes se realizaron, teniendo en consideración la Metodología Corine Land Cover (CLC) en un nivel II y III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), la cual consta de tres fases, la fase inicial de gabinete; donde se recopila y acondiciona la información, además de la generación de mapas base a través del proceso de clasificación, la segunda fase se realizó el trabajo de campo (evaluación de consistencia) y la fase final que consiste en la edición vectorial y generalización. Los resultados han permitido identificar 6 categorías de uso de la tierra para la zona de estudio: Tejido urbano continuo (Tuc), Cultivos transitorios (Ct), Cultivos permanentes (Cp), Mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen), bosque denso alto (Bda), vegetación arbustiva – herbácea (Va/He), áreas sin o poca vegetación (Aspv); así mismo, se generaron mapas de cambio, no cambio y cambios de cobertura. Las clases de cobertura que tuvieron aumento fueron, Tejido urbano continuo (Tuc) 49.75 ha, cultivos transitorios (Ct) 24.39 ha, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) 819.99 ha, vegetación arbustiva/herbácea (Va/He), áreas sin o poca vegetación (Aspv) 545.91. Por otro lado, las clases de cobertura que presentaron disminución de área fueron: cultivos permanentes (Cp) 496.89 ha y bosque denso alto (Bda) 5333 ha

Palabras clave: Cobertura vegetal, uso de la tierra, fotointerpretación, geoprocésamiento.

ABSTRACT

The processes of land cover transformation are entirely related to human activities and their study is essential to understand and predict the dynamics of ecosystems. The analysis of the changes in coverage and current land use of a given territory allows us to express the change in coverage in numerical values over a set period of time. The objective of this work is to determine the changes in vegetation cover and land use of the Jamalca district in the province of Amazonas, between 1998 - 2018 through the processing of satellite images. The classification of the images was carried out taking into account the Corine Land Cover (CLC) methodology in a level II and III, developed by the Ministry of Environment (MINAM), which consists of three phases, the initial cabinet phase; where information is collected and added, in addition to the generation of base maps through the classification process, the second phase was field work (consistency assessment) and the final phase consisting of vector editing and generalization. The results have allowed us to identify 6 categories of land use for the study area: Continuous urban fabric (Tuc), Transient crops (Ct), Permanent crops (Cp), Mosaic of pastures with natural spaces (Mpcen), High dense forest (Bda), Shrub - herbaceous vegetation (Va / He), Areas without or little vegetation (Aspv), change maps, no change and cover changes were generated. The types of coverage that increased were: Continuous urban fabric (Tuc) 49.75 ha, Transient crops (Ct) 24.39 ha, Pasture mosaic with natural spaces (Mpcen) 819.99 ha, Shrub - herbaceous vegetation (Va / He), Areas without or little vegetation (Aspv) 545.91 ha. On the other hand, the coverage classes that showed a decrease in area were: Permanent Crops (Cp) 496.89 ha and Dense High Forest (Bda) 5333 ha

Keywords: Plant cover, land use, photointerpretation, geoprocessing.

I. INTRODUCCIÓN

Los procesos de cambio en la cubierta vegetal y uso de la tierra ocurren en una dinámica compleja asociada a múltiples variables como son el tipo de cubierta vegetal, las interacciones ecológicas, el ambiente físico, las actividades socioeconómicas y el contexto social; otro factor, es el proceso de crecimiento de las ciudades que avanzan principalmente por zonas naturales que prestan importantes servicios ambientales (Dale & Beyeler, 2001).

La teledetección ha sido utilizada como valiosa herramienta y determinante a la hora de establecer indicadores de degradación y conservación de los recursos naturales, de manera especial en evaluar dinámicas en los cambios de usos de suelo y coberturas vegetales. Un aporte destacado de la teledetección espacial al estudio medioambiental es su capacidad de seguir procesos dinámicos ya que las imágenes se captan por un sensor que observa la tierra desde una órbita estable y repetitiva. (Chuvienco, 2002)

La presente investigación se realizó en el ámbito del territorio de la provincia de Utcubamba, en el distrito Jamalca, con el propósito de analizar y determinar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito Jamalca; entre los años 1998 - 2018. En Jamalca, hace aproximadamente veinte años las sociedades humanas han prosperado utilizando la potencialidad de los recursos naturales, con suelos todavía fértiles, con una cubierta vegetal densa y diversa que cumplía funciones importantes en el ecosistema como el de regulación del clima, refugio de vida silvestre, etc.; sin embargo, con el transcurrir de los años, las poblaciones locales, en el afán de subsistir ocasionaron una transformación de los ecosistemas, trayendo como consecuencia la degradación de la calidad ecológica, básicamente destruyendo la cubierta vegetal para transformarlos en tierras agrícolas, ocasionando cambios inadecuados en el uso de la tierra; no existiendo actualmente estudios específicos relacionados con este tema, dificultando toda actividad vinculada con la gestión y planificación del uso de los recursos naturales

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Determinar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Jamalca en la provincia de Utcubamba en los años 1998 – 2018 a través de imágenes de satélite.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar y analizar la situación actual de los cambios de cobertura y uso de la tierra, y sus principales efectos generados en el área de estudio en un intervalo de 20 años.
- Generar mapas temáticos de la cobertura y uso de la tierra para el periodo 1998-2018 en el distrito de Jamaca provincia de Utcubamba.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales y equipos

3.1.1. Materiales de gabinete y campo

- Libreta de apuntes
- Formatos de campo
- Lápices y lapiceros
- Wincha

3.1.2. Material cartográfico

- Carta nacional del Perú. Escala 1: 100 000.
- Base de Geoidep (www.idep.gob.pe)
- Base de datos ZEE Amazonas

3.1.3. Instrumentos y equipos

- Sistema de posicionamiento global-GPS
- Binoculares de largo alcance
- Cámara fotográfica semi profesional
- Laptop
- Impresora

3.1.4. Software

- Microsoft Windows 10
- Microsoft office 2013
- ArcGIS 10.5
- Envi 5.3
- R 3.5.1

3.2. Metodología.

3.2.1. Línea de investigación

Gestión y Manejo Forestal y Ambiental Sostenible

3.2.2. Descripción general del área de estudio

3.2.2.1. Ubicación política y geográfica.

El estudio se realizó en el distrito de Jamalca, uno de los siete distritos de la Provincia de Utcubamba (Mapa 1), ubicado en el Departamento de Amazonas, en el norte del Perú. Limitando por el noreste con el distrito de Cajaruro; por el sureste con la provincia de Luya; por el suroeste con el distrito de Lonya Grande y por el noroeste con el distrito de Bagua Grande.

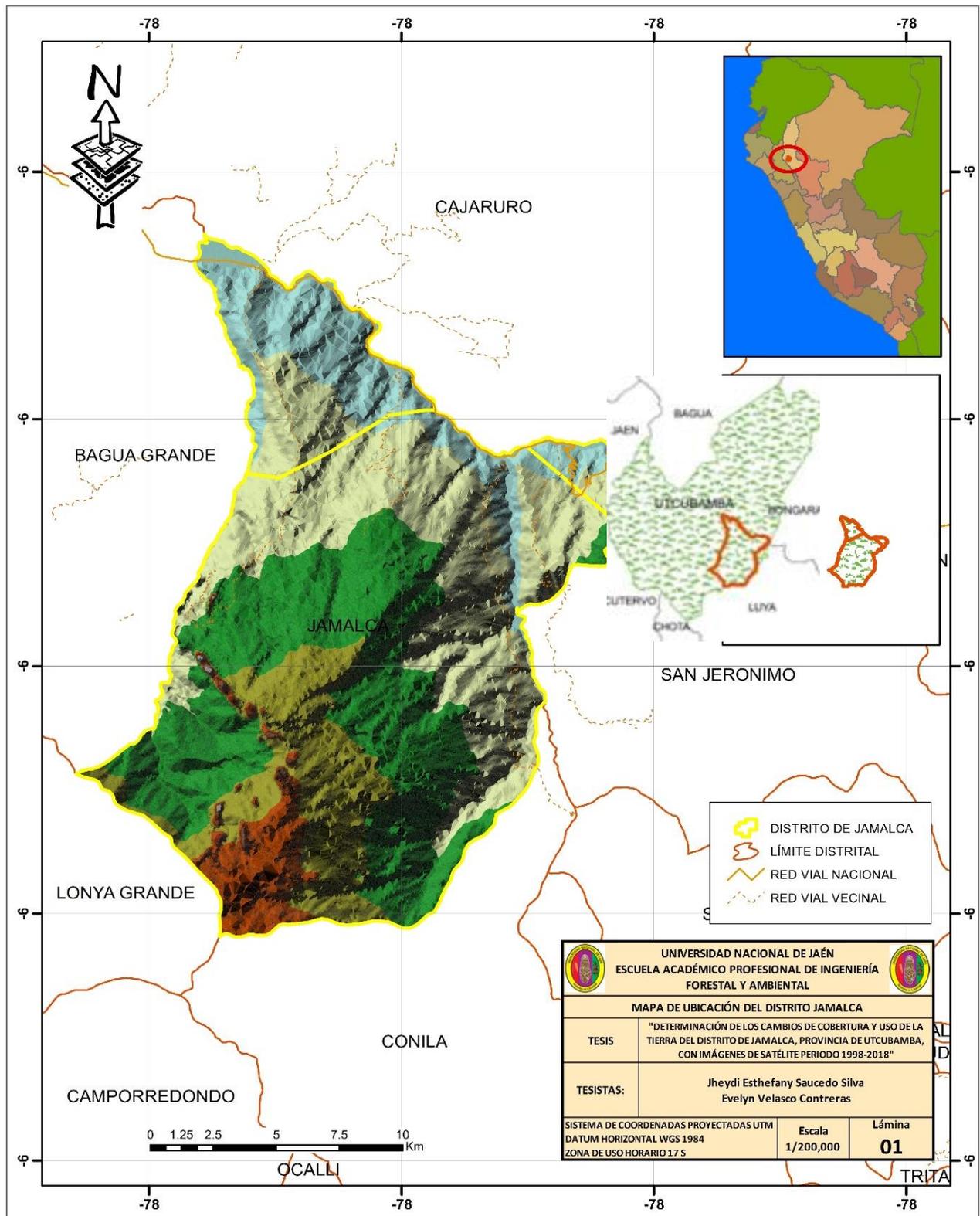
El distrito de Jamalca cuenta con una población estimada de 6 620 habitantes (INEI, 2017). Dedicada a las actividades relacionadas con el agro y la ganadería. Geográficamente la zona de estudio se ubica entre los 5° 48' 32.625" y 6° 3' 49.416" Latitud Sur y entre los 78° 17' 44.960" y 78° 18' 3.462" Longitud Oeste, con altitud promedio de 1 201 msnm, con una extensión territorial de 34 715 ha.

3.2.2.2. Hidrografía

La hidrografía del distrito de Jamalca está conformada por ríos y quebradas que recorren el vasto territorio de Jamalca, y en algunos casos constituyen límite geográfico natural, reconocido geográfico y políticamente, teniendo como principales causas los siguientes. (Mapa 2)

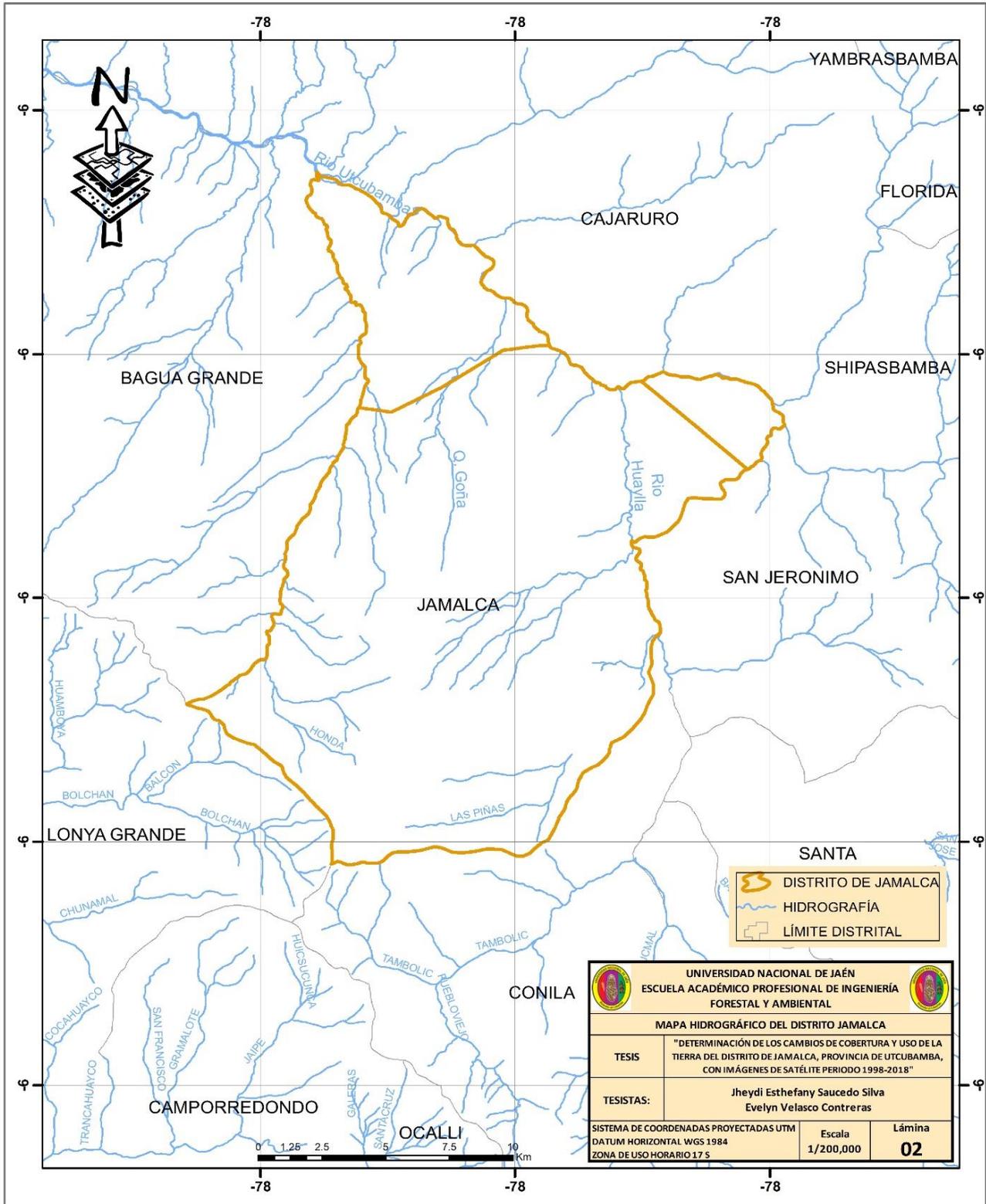
- El río Utcubamba
- El río Huaylla
- Quebrada Goña
- Quebrada Honda

Mapa 1. Ubicación del Distrito de Jamalca



Fuente. Elaboración propia

Mapa 2. Hidrografía Del Distrito de Jamalca



Fuente. Elaboración propia

3.2.2.3. Ecosistemas del Distrito Jamalca

Los ecosistemas para el área de estudio se han definido teniendo en cuenta el Mapa de ecosistemas del Perú. (MINAM, 2019)

Bosque Montano de Yunga

Ecosistema forestal montano ubicado en las vertientes orientales de los Andes (entre 1 800 - 2 000, con fuertes pendientes. Bosque con dosel cerrado, con tres estratos distinguibles. La altura del dosel o cúpula alcanza 18 - 25 metros, con algunos árboles emergentes de 30 metros. Los niveles de riqueza florística pueden ser altos a muy altos

Bosque Altimontano (Pluvial) de Yunga

Ecosistema forestal montano alto ubicado en las vertientes orientales de los Andes (entre 2 500 - 3600 y 3 600-3 800 m s. n. m.), con fisiografía extremadamente accidentada.

Bosque Basimontano de Yunga

Ecosistema montano bajo no nublado ubicado en las vertientes orientales de los Andes (entre 600 a 800 y 1 500 a 1 800 m s. n. m.), con pendientes que pueden superar el 100 %. Bosque con dosel cerrado, con tres estratos distinguibles.

Bosque Estacionalmente seco Interandino

Ecosistema forestal que se caracteriza por estar dominado por comunidades arbóreas deciduas distribuidas a lo largo de los valles interandinos, incluyendo en el estrato inferior especies herbáceas de carácter estacional; las cactáceas de porte arbóreo son notorias, abundantes y mayormente endémicas.

Jalca

Ecosistema andino transicional, del norte del país, con vegetación herbácea y arbustiva húmeda enclavada en un paisaje con características climáticas intermedias entre el Páramo y la Puna Húmeda; con

condiciones más húmedas que en la Puna, pero no presenta lluvias tan intensas ni una nubosidad tan fuerte como en el Páramo.

Rio

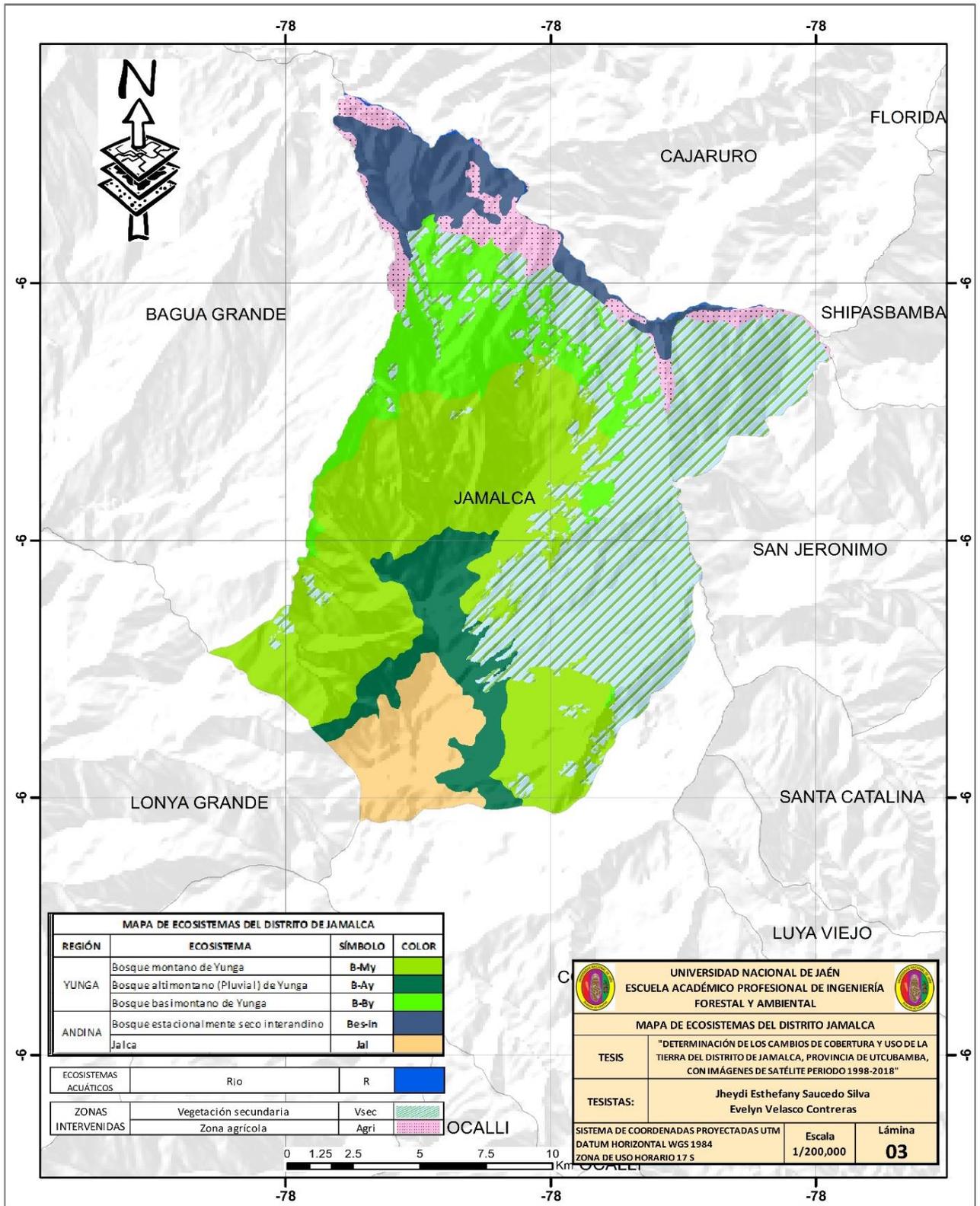
Es una corriente natural de agua de profundidad y tamaño variables que normalmente fluye con continuidad; se puede ubicar sobre relieves planos o de suave pendiente hasta relieves extremadamente accidentados y de altas pendientes (conformando incluso cascadas).

3.2.2.4. Mapa de Eco regiones del Distrito Jamalca

De acuerdo a la clasificación de las eco regiones naturales (MINAM, 2019), el distrito de Jamalca presenta dos regiones naturales:

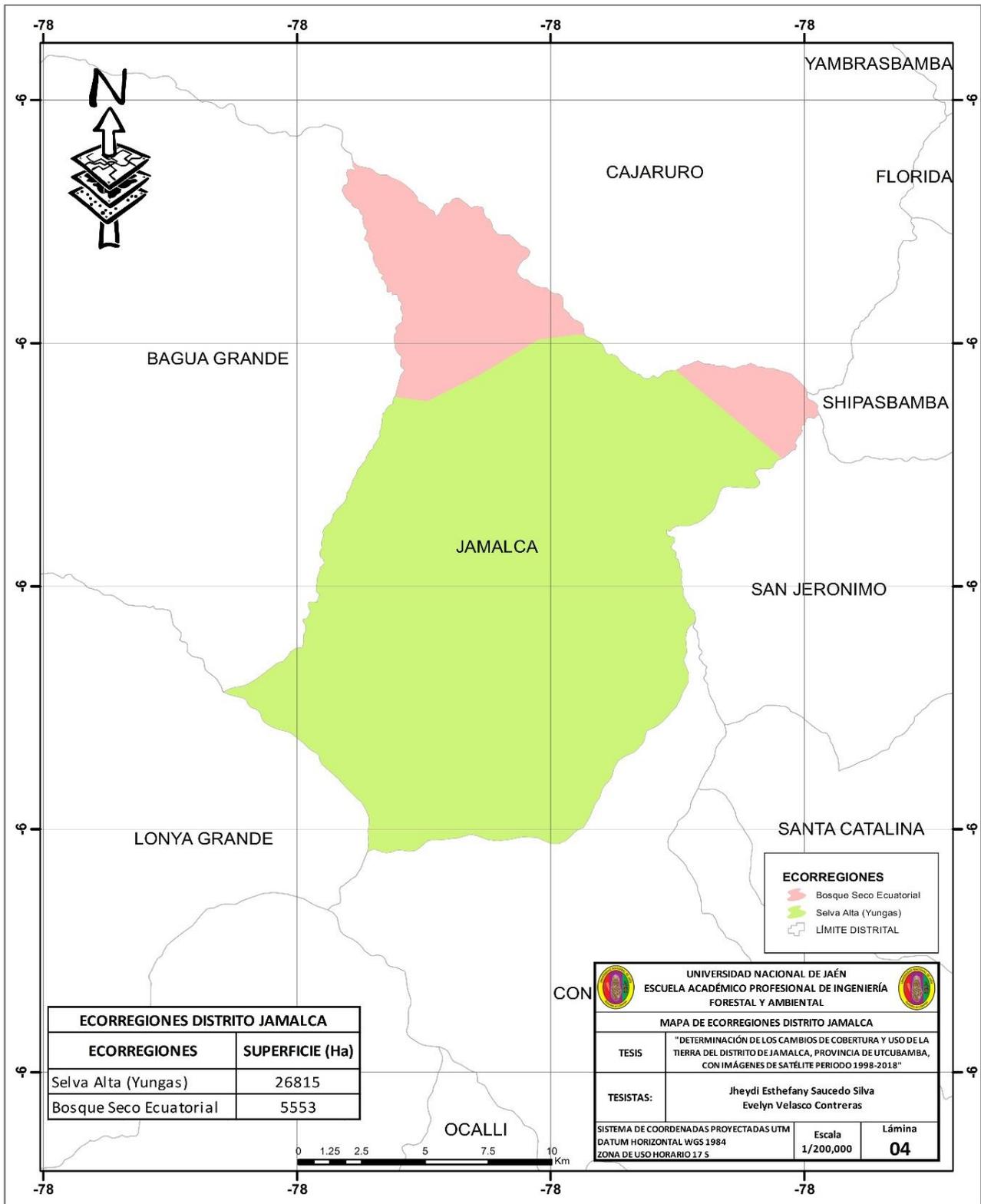
Selva Alta (Yunga), con una extensión de 26 815 ha, y Bosque seco Ecuatorial con 5 553 ha.

Mapa 3. Ecosistemas del Distrito de Jamalca



Fuente. Elaboración propia

Mapa 4. Ecorregiones del distrito de Jamalca



Fuente. Elaboracion propia

3.2.3. Procedimientos y recolección de datos

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodo 1998 - 2018 en el Distrito Jamalca, Provincia de Utcubamba y Departamento de Amazonas. Se basó en la obtención de imágenes orbitales, obtenidas por los satelitales Landsat5 (1998) y Landsat8 (2018), luego se trabajó en siete etapas de clasificación como se describe en el esquema número uno (1), la clasificación se realizó con la leyenda Corine Land Cover-CLC en un nivel II y III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM). Para la generación de los mapas temáticos de cobertura y uso de la tierra, se utilizó la metodología del Ministerio del Ambiente MINAM.

3.2.3.1. Fase inicial de gabinete

a. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 1998-2018

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

- **Instituciones visitadas para la obtención de información de capas vectoriales, formato Shapefiles (shp)**

Gobierno regional de Amazonas – Sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT).
<http://iia.org.pe/Archivos/publicaciones/PUBL520.pdf>

Autoridad Nacional del Agua (ANA). El Ministerio del Ambiente –MINAM, del cual se obtuvo la información temática y cartográfica.

- **Obtención del modelo de elevación digital (DEM)**

Se descargó de forma gratuita desde el geo servidor del Ministerio del Ambiente, lámina S06W79
http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx

- **Selección y obtención de imágenes del satélite Landsat**

Imágenes orbitales del distrito de Jamalca captadas por el satélite Landsat fueron adquiridas de forma gratuita vía internet, desde el servidor www.glovis.usgs.gov, las cuales constituyen la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra, cuyas especificaciones son las siguientes:

Tabla 1. Datos de las imágenes satelitales descargadas.

ID	SENSOR	FECHA
LT05_L1TP_009064_19981128_20161222_01_T1	TM	28/11/1998
LC08_L1TP_009064_20181205_20181211_01_T1	OLI/TIRS	05/12/2018

Fuente. Elaboración propia

- **Composición de bandas**

Diferentes bandas de las imágenes satelitales obtenidas, fueron utilizadas para realizar la combinación de tres bandas tanto para Landsat 5 (tabla 2) como para Landsat 8 (tabla 3) en el espectro visible: azul, verde y rojo para la clasificación no supervisada y así obtener las clases de cobertura vegetal.

Tabla 2. Bandas y aplicaciones de imágenes de satélite Landsat 5 TM

COMBINACION DE BANDAS	APLICACIONES
3 2 1	Esta composición es denominada “color natural”. Presenta los colores tal y como los ve el ojo humano
4 3 2	Esta es la composición estándar denominada "Falso Color". La vegetación aparece en tonos rojizos, las áreas urbanas son celestes y los suelos varían de marrón oscuro.
7 4 2	Utilizada para identificar morfología y estructuras morfológicas del terreno, siendo una combinación ideal para áreas secas.
4 5 3	Con esta combinación de bandas las condiciones y tipos de vegetación presentes muestran una variada gama de colores y tonalidades (marrón, verde y naranja).
7 5 3	Esta combinación de bandas provee una apariencia de interpretación “natural”. La vegetación aparece en tonos de verde oscuro y claro, las características urbanas son de color blanco.
4 5 1	Utilizada para el estudio de la vegetación y aguas poco profundas, no es buena combinación para mapeo urbano.
5 4 3	Esta combinación es útil para estudios de vegetación y es ampliamente utilizada en el sector maderero para manejo y control de pestes.
5 4 1	Esta combinación resulta mejor en estudios del sector agrícola.
7 5 4	Esta combinación no incluye bandas visibles, lo que le otorga la mejor penetración atmosférica. Puede ser utilizada para buscar texturas y humedades de los suelos.

Fuente. (INEGI, 2011)

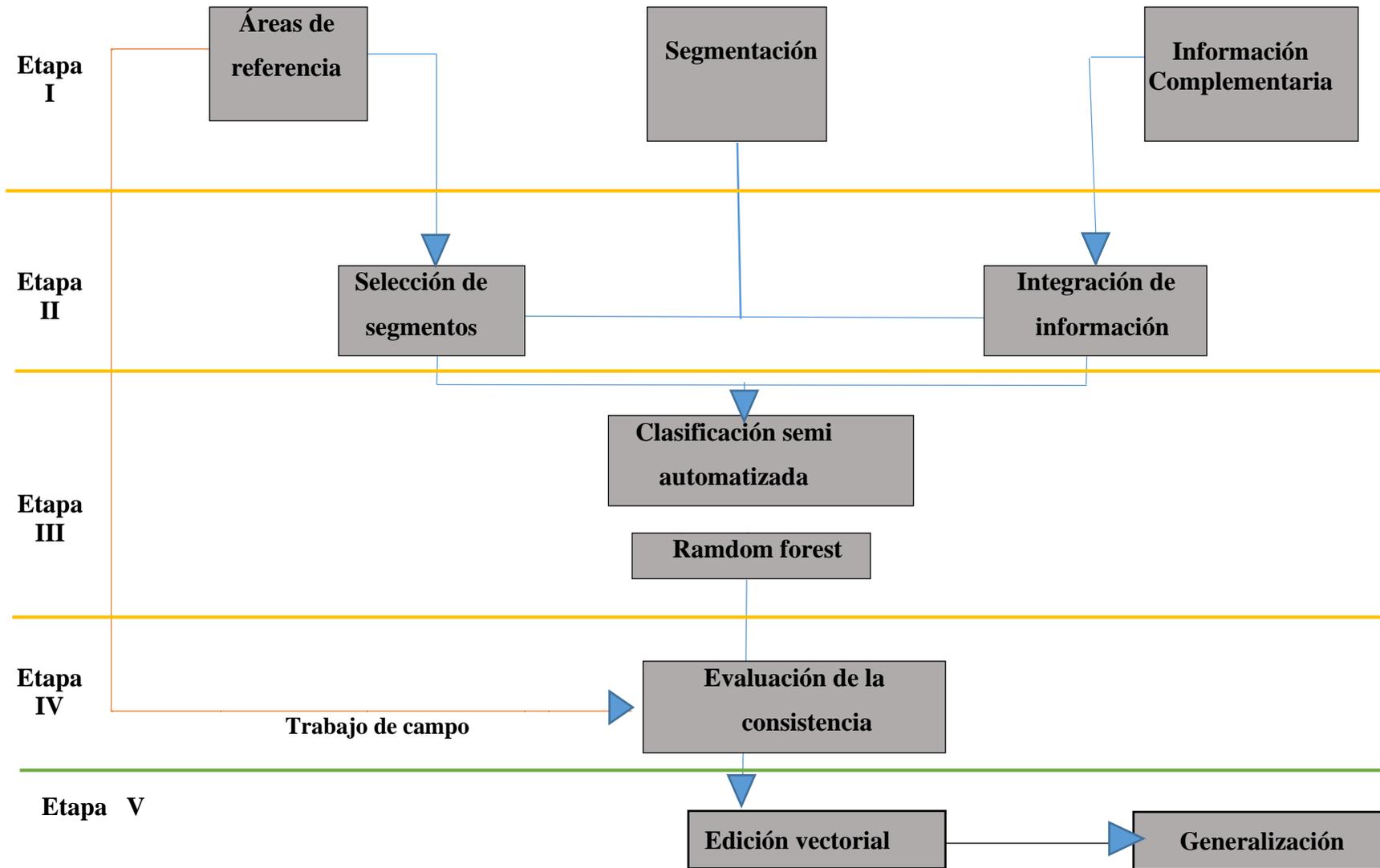
Tabla 3. Bandas y aplicaciones de imágenes de satélite Landsat 8 OLI

DESCRIPCIÓN	COMBINACIÓN DE BANDAS
Color natural	4 3 2
Falso color (urbano)	7 6 4
Color infrarrojo (vegetación)	5 4 3
Agricultura	6 5 2
Penetración atmosférica	7 6 5
Vegetación saludable	5 6 2
Tierra/agua	5 6 4
Natural con remoción atmosférica	7 5 3
Infrarrojo de onda corta	7 5 4
Análisis de vegetación	6 5 4

Fuente. Adaptado de (USGS, 2013)

En la fase inicial se trabajó en las etapas I, II y III del Esquema 1

Esquema 1. Proceso de clasificación para la representación



b. Etapa I

i. Área de estudio

En esta etapa se utilizó la capa del polígono en formato Shapefile (.shp) del distrito de Jamalca, el cual fue procesado en el software ArcGIS® 10.5. Con dicha capa las bandas de las imágenes Landsat5 y Landsat8 con las que se trabajó fueron recortadas. Para la imagen Landsat 5 se realizó la combinación las bandas 3-2-1 (color natural) y para Landsat 8 con las 4-3-2 (color verdadero). Obteniendo como resultado un archivo con formato ráster. Figura: 1



Figura 1. Vista del área de estudio con la combinación de bandas para Landsat 5 y Landsat 8

ii. Segmentación

La segmentación se realizó utilizando el software Envi 5.3, con la finalidad de dividir en segmentos por medio de una agrupación de píxeles vecinos cuyas características (Brillo, textura, color) tienen valores similares, se considerará los siguientes parámetros: (tabla 4)

- **Escale o escala:**

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

- **Merge o fusionar:**

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

Tabla 4. Valores obtenidos de la segmentación

SEGMENTACIÓN	LANDSAT5	LANDSAT8
ESCALE	30	30
MERGE	40	40

Fuente. Elaboración propia

iii. Información complementaria

A partir del archivo raster, se obtuvo el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Tasseled Cap (diseñada para analizar y representar cambios de vegetación y de desarrollo urbano detectados por diversos sistemas de sensor de satélite) incluyendo el Brightness (brillo) y Greenness (verdor). Con el raster Modelo de Elevación Digital (DEM), se obtuvo las características topográficas (topographic features), incluyendo la curvatura máxima, la curvatura mínima y la pendiente (slope).

c. Etapa II

i. Selección de segmentos o áreas de entrenamiento

Se creó un shapefile con el nombre de aeita_1 con el software ArcGIS, que nos permitió reconocer los segmentos que se muestran consistentes, constituye el conjunto de información de entrada que

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

Por cada categoría según la metodología Corine Land Cover se debe seleccionar de 10 a más áreas de entrenamiento (IDEAM, 2010).

ii. Integración de información

Consistió en unir la información obtenida del ráster DEM. (características topográficas como curvatura máxima, curvatura mínima y la pendiente (slope) y del archivo ráster proveniente de la imagen satelital del área de referencia), así como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Tasseled Cap, esta unión se realizó en el *software R*, generando información que se utilizará en la siguiente etapa.

d. Etapa III

i. Clasificación semi automatizada

Utilizando el algoritmo “filtrar. tabla. todo.rf.2” del Ministerio del Ambiente se procesa la información obtenida de la integración de información (proceso anterior) y el archivo obtenido en el proceso de ModelBuilder, descrito en la etapa Selección de segmentos o áreas de entrenamiento (Etapa II), se genera un mapa preliminar de las 7 clases de coberturas en formato ráster.

ii. Random forest

Random Forest es un algoritmo predictivo que usa las técnicas para combinar diferentes árboles, donde cada árbol es construido con observaciones y variables aleatorias, dicho algoritmo construye cientos de árboles de regresión y emplea un sistema de “votos”. (Maune, 2001).

3.2.3.2. Fase de campo

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

- **Evaluación de la consistencia**

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados *In Situ* con una distribución al azar de puntos GPS para cada categoría identificada, con los actores directos; es decir, sobre el mapa y la imagen satelital se realizaron las correcciones que eran necesarias, paralelamente se hicieron anotaciones sobre el tipo de vegetación más importante, altitud, erosión, y datos referentes al uso actual del suelo como cultivos, hierbas, arbustos, etc.

3.2.3.3. Fase final de gabinete.

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

- **Edición vectorial**

Procesamiento realizado en el programa ArcGIS 10.5, mediante el cual el mapa de cobertura obtenido en formato ráster fue transformado a formato vectorial, para poder editar los polígonos obtenidos, calcular las áreas y todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo. Se editaron los polígonos en las clasificaciones semi automatizadas con las correcciones obtenidas en la evaluación de consistencia realizado en campo.

- **Generalización**

Se realizó luego de haber validado en campo los mapas obtenidos utilizando como simbología una tonalidad de color para cada una de las clases de cobertura.

- **Creación de matrices de confusión**

Para construir la matriz se empleó el algoritmo de clasificación, a partir de la matriz de confusión se calcularon las métricas de interés desde el punto de vista de la exactitud, como:

- **Índice Kappa:**

Evalúa si la clasificación ha discriminado las categorías de interés con exactitud significativamente mayor a la que se hubiera obtenido con una asignación aleatoria. Por lo que, un valor Kappa igual a 1, indica un acuerdo pleno entre la realidad y el mapa, mientras un valor cercano a 0 sugiere que el acuerdo observado es puramente debido al azar (Tabla 5).

Tabla 5. Valoración del coeficiente Kappa

Coeficiente kappa	Fuerza de concordancia
0	Pobre
0.01 - 0.20	Leve
0.21 - 0.40	Aceptable
0.41 - 0.60	Moderada
0.61 - 0.80	Considerada
0.81 - 1.00	Casi perfecta

Fuente. (Cohen, 1960)

- **Porcentaje correctamente clasificado (PCC):**

Constituye el porcentaje de puntos correctamente clasificados.

- **Elaboración de los mapas finales de cobertura de los años 1998 y 2018**

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

Luego de la fase de campo se procedió a la digitalización definitiva de las unidades cartográficas del mapa de cobertura y uso actual del suelo. Se clasificó cada una de las unidades mediante el sistema de cobertura Corine Land Cover, las mismas que se detallan en la leyenda final.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de las imágenes satelitales del distrito de Jamalca

Las imágenes satelitales fueron interpretadas en forma digital y analizadas en función a las combinaciones de bandas de cada sensor.

A continuación, se muestran diversos tipos de cobertura resaltados en color natural y foto interpretados a partir de la combinación de las bandas 321 (RGB) de la imagen Landsat 5 y bandas 432 (RGB) de la imagen Landsat 8.

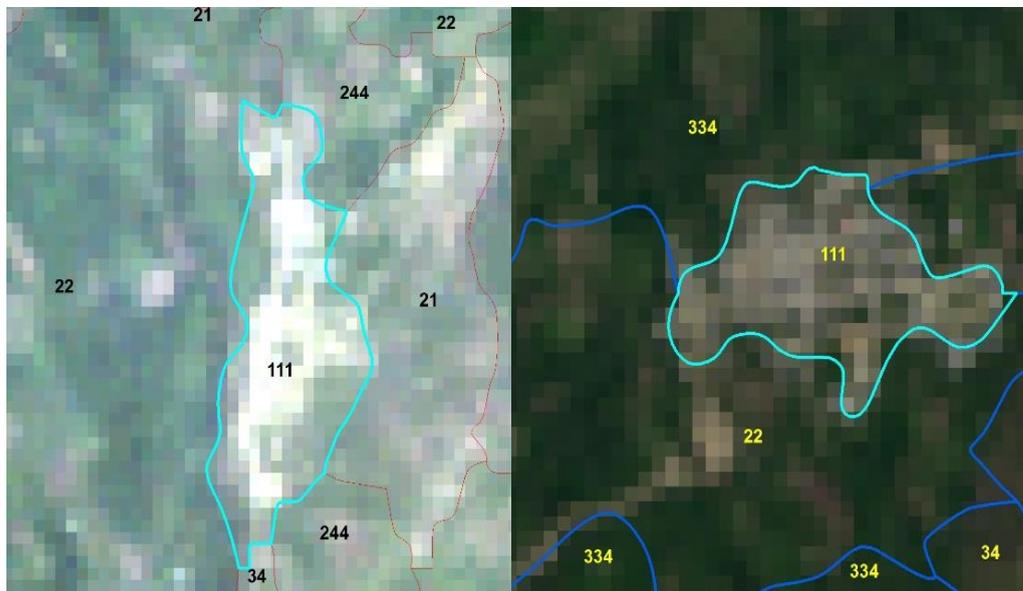


Figura 2. Interpretación visual de la categoría tejido urbano continuo (Tuc) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente.

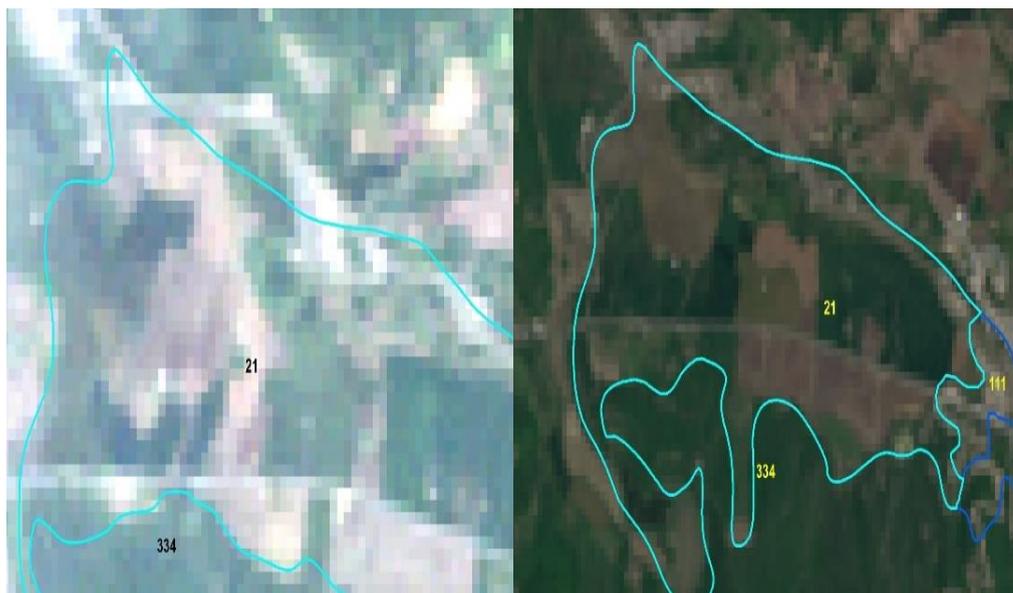


Figura 3. Interpretación visual de la categoría cultivos transitorios (Ct) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente

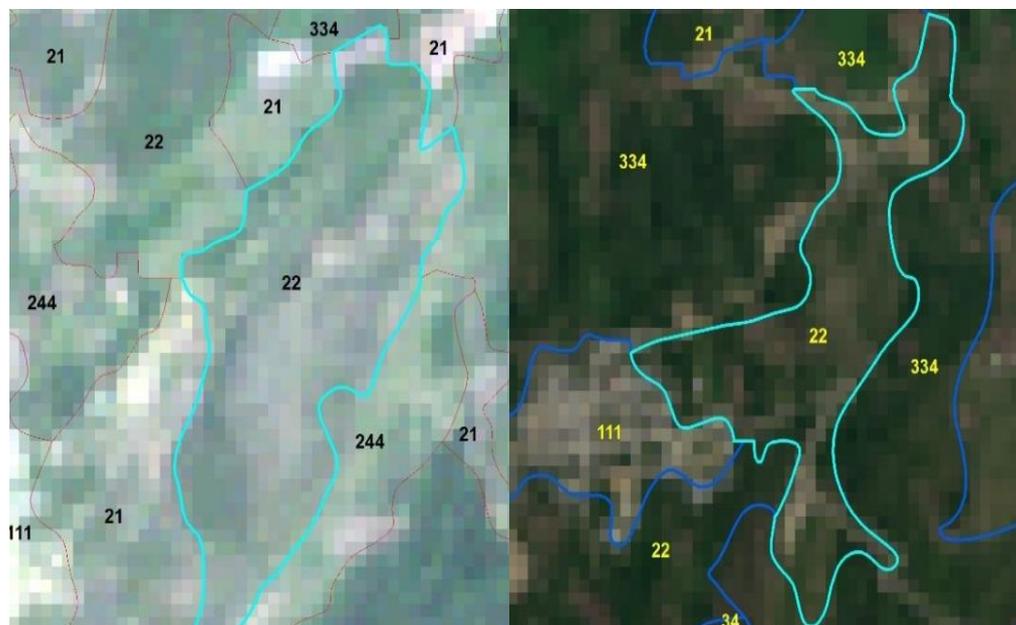


Figura 4. Interpretación visual de la categoría, cultivos permanentes (Cp) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha)

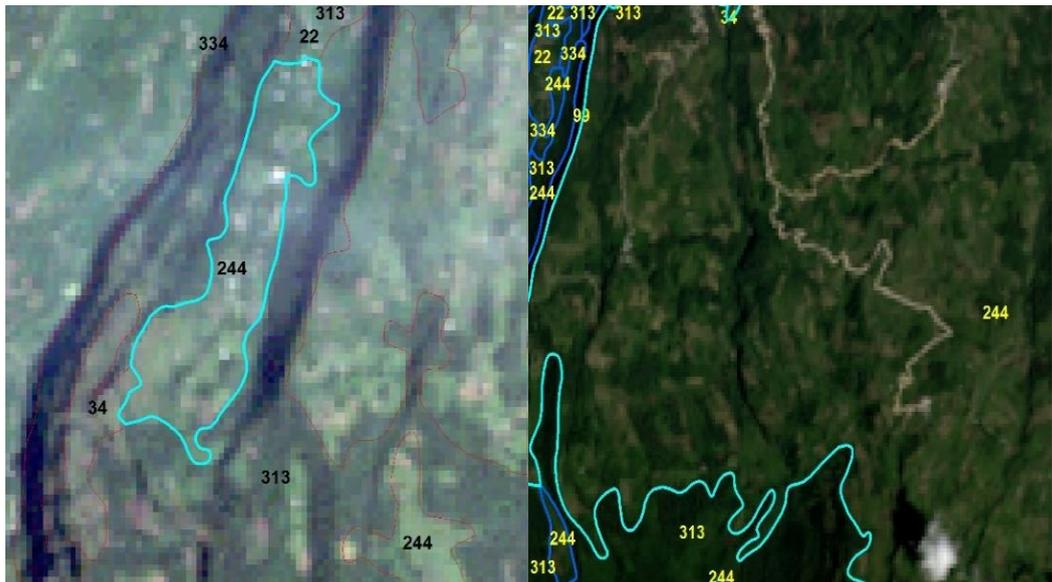


Figura 5. Interpretación visual de la categoría, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente

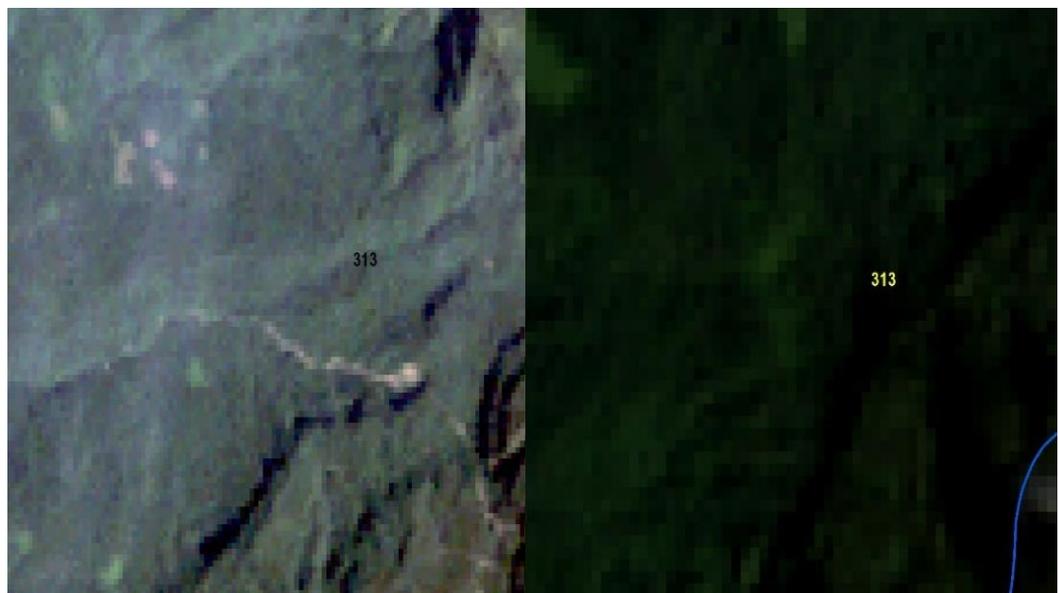


Figura 6.. Interpretación visual de la categoría, Bosque denso alto (Bda) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente

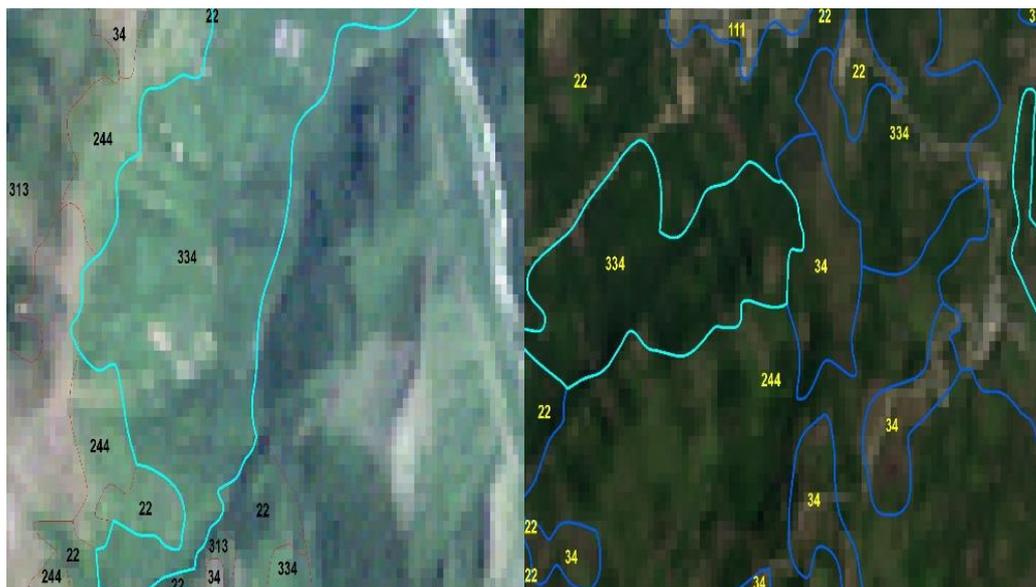


Figura 7. Interpretación visual de la categoría, vegetación arbustiva/herbácea (Va/He) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente

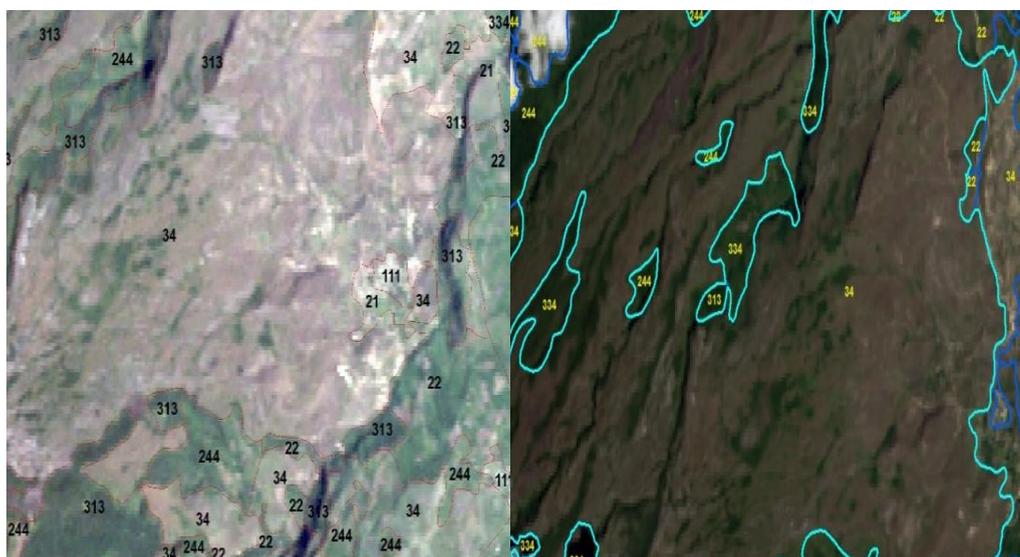


Figura 8. Interpretación visual de la categoría, Área sin o poca vegetación (Aspv) año 1998 (izquierda) y 2018 (derecha) respectivamente

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

Del análisis de las 2 imágenes utilizadas para la presente investigación, se obtuvieron 7 categorías de cobertura de la tierra, las cuales han sido clasificadas en el Nivel II y III de según la metodología Corine Land Cover adaptada para Perú.

Cada una de estas categorías se utilizaron para el análisis cuantitativo y cualitativo (análisis multi temporal) en el Distrito de Jamalca, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas. A continuación, se muestra las categorías obtenidas en la clasificación (Tabla 6).

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

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código
1. Áreas Artificiales	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1. Tejido Urbano Continuo	Tuc
	2.1 Cultivos transitorios		Ct
2. Áreas Agrícolas	2.2 Cultivos permanentes		Cp
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Mpcen
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.3. Bosque denso alto	Bda
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	Va/He
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación		Aspv

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Tejido urbano continuo (Tuc – 1.1.1)

Las áreas urbanizadas incluyen los espacios cubiertos por infraestructura urbana y todas aquellas áreas verdes y redes de comunicación asociadas con ellas, que configuran un tejido urbano. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80 % de la superficie del terreno (IDEAM, 2010) La superficie de la unidad debe ser superior a 5 ha.

En el área de estudio se determinó que en el año 2018 este tipo de categoría abarca una superficie total de 149.58 hectáreas en el año 2018 (Fotografía 1).



Fotografía 1. Tejido urbano continuo (111 Distrito de Jamalca, Utcubamba

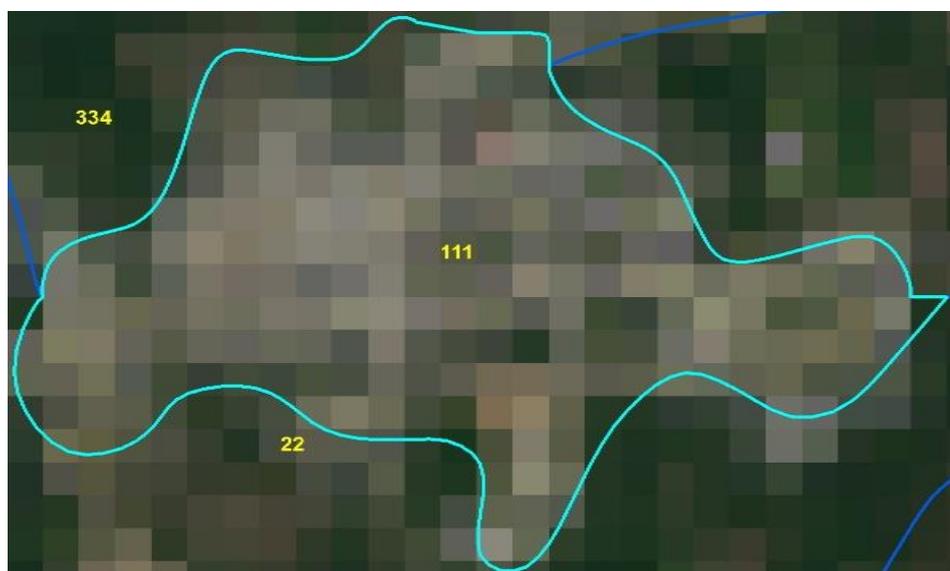


Figura 9. Combinación de bandas 432 (RGB) Landsat 8 (2018)

4.2.2. Cultivos transitorios (Ct – 2.1)

Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto (hasta 2 años), llegando incluso a ser de solo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, arroz y los tubérculos), cuya definición corresponde a Corine Land Cover. (IDEAM, 2010)

En el área de estudio se determinó que en el año 2018 este tipo de categoría abarca una superficie total de 1 172.98 hectáreas en el área de estudio (Fotografía 2).

Especies reportadas: Cultivos de arroz (*Oryza sativa*) variedades esperanza y idal, cultivos de maíz (*Zea mays*) variedades tusia y híbrido además de yuca (Manihot esculenta) y frijol (*Phaseolus vulgaris*)



Fotografía 2. Cultivos transitorios (21) Distrito Jamalca, Utcubamba



Figura 10. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018)

4.2.3. Cultivos permanentes (Cp – 2.2)

Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a dos años, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; cuya definición corresponde a Corine Land Cover. (IDEAM, 2010)

En esta categoría se incluyen los cultivos de café (*Coffea sp.*), cacao (*Theobroma cacao*), plátano (*Musa paradisiaca*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

En el área de estudio se determinó que en el año 2018 este tipo de categoría abarca una superficie total de 2 605. 94 hectáreas. (Fotografía 3)



Fotografía 3. Cultivos permanentes (22) Distrito Jamalca, Utcubamba



Figura 11. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018)

4.2.4. Mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen – 2.4.4)

Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas.

Las coberturas de pastos representan entre 30 y 70 % de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural. (IDEAM, 2010)

Para el distrito de Jamalca se presenta una distribución heterogénea de pastos naturales. Entre las especies de pastos se encuentran el, pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) mequerón (*Setaria sphacelata*) y grama (*Cynodon dactylon*)

En el área de estudio se determinó que en el año 2018 este tipo de categoría abarca una superficie total de 6803. 01 hectáreas (Fotografía 4).



Fotografía 4. Mosaico de pastos con espacios naturales (244) Distrito Jamalca, Utcubamba

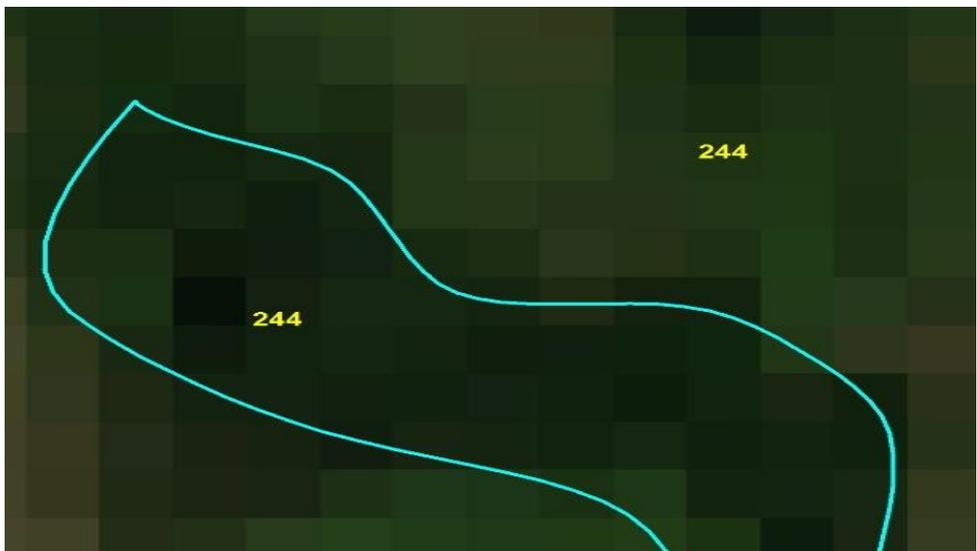


Figura 12. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018)

4.2.5. Bosque denso alto (Bda – 3.1.3)

Corresponde a vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos. (IDEAM, 2010)

En esta categoría se incluyen las especies de Tornillo “*Cedrelinga cateniformis* D”, Cedro “*Cedrela odorata* L”, Catahua, “*Hura crepitans* L.” Roble “*Quercus robur*”.

En el área de estudio se determinó que en el año 2018 este tipo de categoría abarca una superficie total de 5260-59 hectáreas siendo las especies maderables predominantes como roble, cedro, laurel entre otros (Fotografía 5).

Fotografía 5. Bosque denso alto (313) Distrito Jamalca, Utcubamba



Figura 13. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018)

4.2.6. Vegetación arbustiva/herbácea (Var/he – 3.3.4)

Comprende los territorios cubiertos por una mezcla de vegetación arbustiva y herbácea, desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. (IDEAM, 2010).

En esta categoría se incluyen las especies de *Bombax sp.* (“tuncho”), *Acacia macracantha* (“faique”),

En el área de estudio se determinó que en el año 2018 este tipo de categoría abarca una superficie total de 10 552.90 hectáreas (Fotografía 6).



Fotografía 6. Vegetación arbustiva /herbácea (334) Distrito Jamalca, Utcubamba



Figura 14. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018)

4.2.7. Áreas sin o con poca vegetación (Aspv – 3.4)

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve. (IDEAM, 2010)

En el área de estudio se determinó que en el año 2018 este tipo de categoría abarca una superficie total de 8169. 62 hectáreas (Fotografía 7).



Fotografía 7. Áreas sin o poca vegetación (34) Distrito Jamalca, Utcubamba



Figura 15. Combinación de bandas 432 RGB Landsat 8 (2018)

4.3. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en los periodos 1998 – 2018

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

4.3.1. Cobertura y uso de la tierra año 1998

a. Matriz de confusión

Se elaboro la matriz de confusión para el año 1998, en dicha matriz se obtuvo la fiabilidad del productor y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación (Tabla 7).

Tabla 7. Matriz de confusión año 1998

		Categorías asignadas en la imagen									
Resultados de la Clasificación	Categorías	Tuc	Ct	Cp	Mpcen	Bda	Va/He	Aspv	Total	F. Usuario %	
	Tuc	13	0	0	0	0	0	0	13	100	
	Ct	1	10	0	0	0	2	0	13	76.92	
	Cp	0	0	13	0	0	0	0	13	100	
	Mpcen	0	0	0	19	0	0	0	19	100	
	Bda	0	0	0	0	12	0	0	12	100	
	Va/He	0	0	0	0	0	21	0	21	100	
	Aspv	0	0	0	0	0	0	20	20	100	
	Total	14	10	13	19	12	23	20	111	F. Global 0.9730	
	F. Productor %	92.857	100	100	100	100	91.304	100			

Fuente. Elaboración propia

- En la tabla 7 se observa entre las filas, la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario:

En la clase tejido urbano continuo (Tuc) se digitalizaron 13 áreas de entrenamiento de las cuales todas fueron correctamente clasificadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la clase cultivos transitorios (Ct) se digitalizaron 13 áreas de entrenamiento, de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y 2 fue confundida con vegetación arbustiva/herbácea (Va/He) y 1 con

Tejido urbano continuo (Tuc), equivalente a una fiabilidad del usuario de 76.92 %.

En la clase cultivos permanentes (Cp) se digitalizaron 13 áreas de entrenamiento, de las cuales 13 fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la clase mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento, de las cuales 19 fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la clase bosque denso (Bda) alto se digitalizaron 12 áreas de entrenamiento, de las cuales 12 fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la clase vegetación arbustiva/herbácea (Va/He) se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la clase áreas con o sin poca vegetación (Aspv) se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

- En la (Tabla 7), se observa entre las columnas, la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario

En la clase tejido urbano continuo (Tuc) se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento de las cuales 13 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con cultivos transitorios (Ct), equivalente a una fiabilidad de usuario de 92.857 %.

En la clase cultivos transitorios (Ct) se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la clase cultivos permanentes (Cp) se digitalizaron 13 áreas de entrenamiento de las cuales 13 fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la clase mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento de las cuales todas fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la clase bosque denso alto (Bda) se digitalizaron 12 áreas de entrenamiento de las cuales 12 fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la clase vegetación arbustiva/herbácea (Va/He) se digitalizaron 23 áreas de entrenamiento de las cuales 21 fueron clasificadas correctamente y 2 fueron confundidas con cultivos transitorios (Ct), equivalente a una fiabilidad de usuario de 91.304 %.

En la clase áreas con o sin poca vegetación (Aspv) se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

b. Índice Kappa

Cálculo del Índice Kappa para el año 1998:

$$P_o = \frac{(13+10+13+19+12+21+20)}{111} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(13*14)+(13*10)+(13*13)+(19*19)+(12*12)+(23*21)+(20*20)}{111^2} \\ = 0.15$$

$$k = \frac{0.97-0.15}{1-0.15} = 0.9647$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de Índice Kappa 0.96 que según la fuerza de concordancia es casi perfecto.

c. Porcentaje correctamente clasificado.

El porcentaje correctamente clasificado para el año 1998 fue 97.297 %

d. Categorías encontradas en el año 1998

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en noviembre de 1998 se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8. Clases de cobertura obtenidas para el año 1998

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área (Ha)	(%)
1. Áreas Artificiales	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1. Tejido Urbano Continuo	Tu	99.825	0.29
	2.1 Cultivos transitorios		Ct	1148.595	3.31
2. Áreas Agrícolas	2.2 Cultivos permanentes		Cp	3102.836	8.94
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Mpcen	5983.017	17.23
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.3. Bosque denso alto	Bda	10593.595	30.52
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	Va/He	6163.361	17.75
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación		Aspv	7623.708	21.96

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 8 y mapa 5, se observa la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel II y III del distrito de Jamalca.

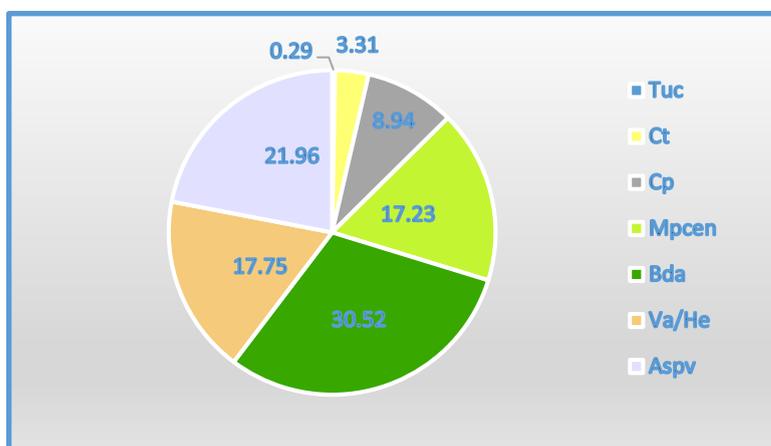
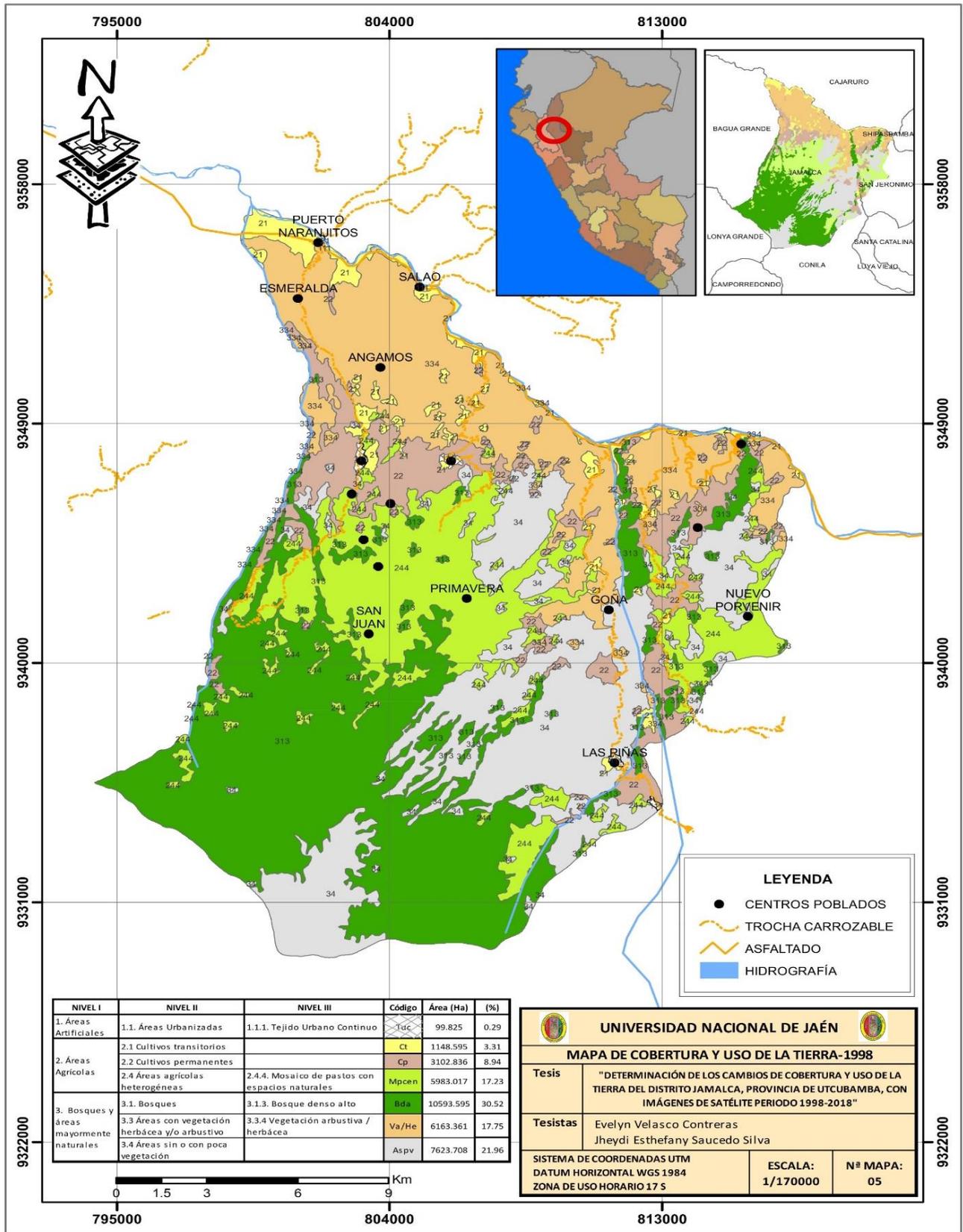


Gráfico 1. Distribución porcentual de cobertura año 1998

En el año 1998, la mayor parte de superficie del distrito Jamalca estuvo cubierta por la clase bosque denso alto (30.52 %), así mismo las 2 clases de cobertura con menor extensión fueron Tejido urbano continuo (0.29%) y Cultivos transitorios (3.31 %). (Gráfico 1).

Mapa 5. Cobertura y uso de la tierra año 1998



Fuente. Elaboración propia

4.3.2. Cobertura y uso de la tierra año 2018

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 2018, en dicha matriz se obtuvo la fiabilidad del productor y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación (Tabla 9):

Tabla 9. Matriz de confusión año 2018

		Categorías asignadas en la imagen.								
Resultados de la clasificación	Categorías	Tuc	Ct	Cp	Mpcen	Bda	Va/He	Aspv	Total	F. Usuario %
	Tuc	16	0	0	0	0	0	0	16	100.00
	Ct	1	12	0	0	0	0	0	13	92.31
	Cp	0	0	12	0	0	0	0	12	100.00
	Mpcen	0	0	0	16	0	0	0	16	100.00
	Bda	0	0	0	1	15	0	0	16	93.75
	Va/He	0	0	0	0	0	17	1	18	94.44
	Aspv	0	0	0	0	0	0	13	13	100.00
	Total	17	12	12	17	15	17	14	104	F. Global 0.9712
	F. Productor %	94.12	100.00	100.00	94.12	100.00	100.00	92.86		

Fuente. Elaboración propia

- En la tabla 9, se observa en las filas la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario:

En la clase tejido urbano continuo (Tuc) se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la clase cultivos transitorios (Ct) se digitalizaron 13 áreas de entrenamiento, de las cuales 12 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con tejido urbano continuo (Tuc), equivalente a una fiabilidad del usuario de 92.31 %.

En la clase cultivos permanentes (Cp) se digitalizaron 12 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la clase mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas, equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la clase bosque denso alto (Bda) se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento, de las cuales 15 fueron correctamente digitalizadas y 1 fueron confundidas con mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen), equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.75 %.

En la clase vegetación arbustiva/herbácea (Va/He) se digitalizaron 18 áreas de entrenamiento, de las cuales 17 fueron correctamente digitalizadas y 1 fueron confundidas con áreas sin o con poca vegetación (Aspv), equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.44 %.

En la clase áreas sin o con poca vegetación (Aspv) se digitalizaron 13 áreas de entrenamiento, de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

- En la (Tabla 9), se observa entre las columnas la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario

En la clase tejido urbano continuo (Tuc) se obtuvieron 17 clasificaciones de las cuales 16 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con cultivos temporales (Ct), equivalente a una fiabilidad de usuario de 94.12 %.

En la clase cultivos transitorios (Ct) se obtuvieron 12 clasificaciones de las cuales 12 fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la clase cultivos permanentes (Cp) se obtuvieron 12 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la clase mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) se obtuvieron 17 clasificaciones de las cuales 16 fueron clasificadas

correctamente y una fue confundido con bosque denso alto (Bda), equivalente a una fiabilidad de usuario de 94.12 %.

En la clase bosque denso alto (Bda) se obtuvieron 15 clasificaciones de las cuales 15 fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la clase vegetación arbustiva/herbácea (Va/He) se obtuvieron 17 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente, equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

En la clase áreas sin con poca vegetación (Aspv) se obtuvieron 14 clasificaciones de las cuales 13 fueron clasificadas correctamente y una fue confundido con vegetación arbustiva/herbácea (Va/He), equivalente a una fiabilidad de usuario de 92.86 %.

b. Índice Kappa

Cálculo del Índice Kappa para el año 2018

$$P_o = \frac{16+12+12+16+15+17+13}{104} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(17*16)+(13*12)+(12*12)+(17*16)+(15*16)+(17*18)+(14+13)}{104^2}$$

$$= 0.15$$

$$K = \frac{0.97-0.15}{1-0.15} = 0.9647$$

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2018 es 97.12 %

d. Categorías encontradas en el año 2018

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en diciembre) del 2018 fueron (Tabla 10):

Tabla 10. Categorías obtenidas para el año 2018

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Área (Ha)	(%)
1. Áreas Artificiales	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1. Tejido Urbano Continuo	Tuc	149.583	0.43
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	1172.98	3.38
	2.2 Cultivos permanentes		Cp	2605.94	7.51
3. Bosques y áreas mayormente naturales	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Mpcen	6803.015	19.60
	3.1. Bosques	3.1.3. Bosque denso alto	Bda	5260.593	15.15
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	Va/He	10552.903	30.40
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación		Aspv	8169.624	23.53

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 10 y mapa 6, se observa la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de Jamalca.

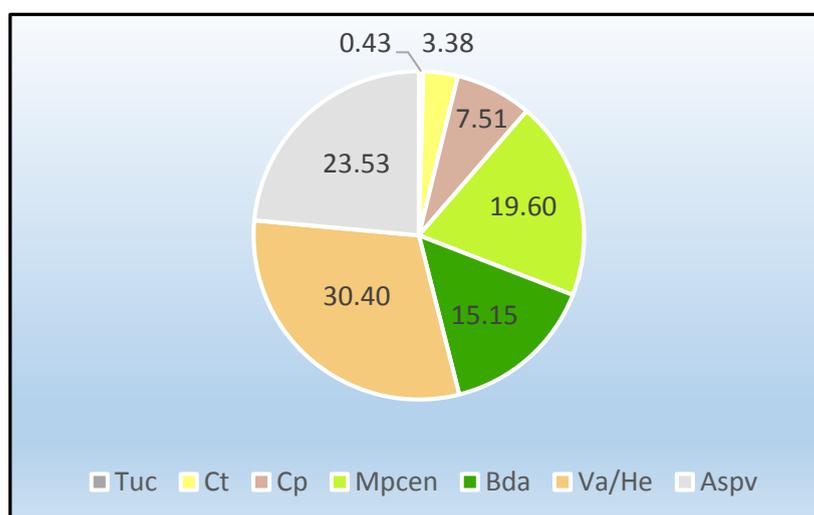
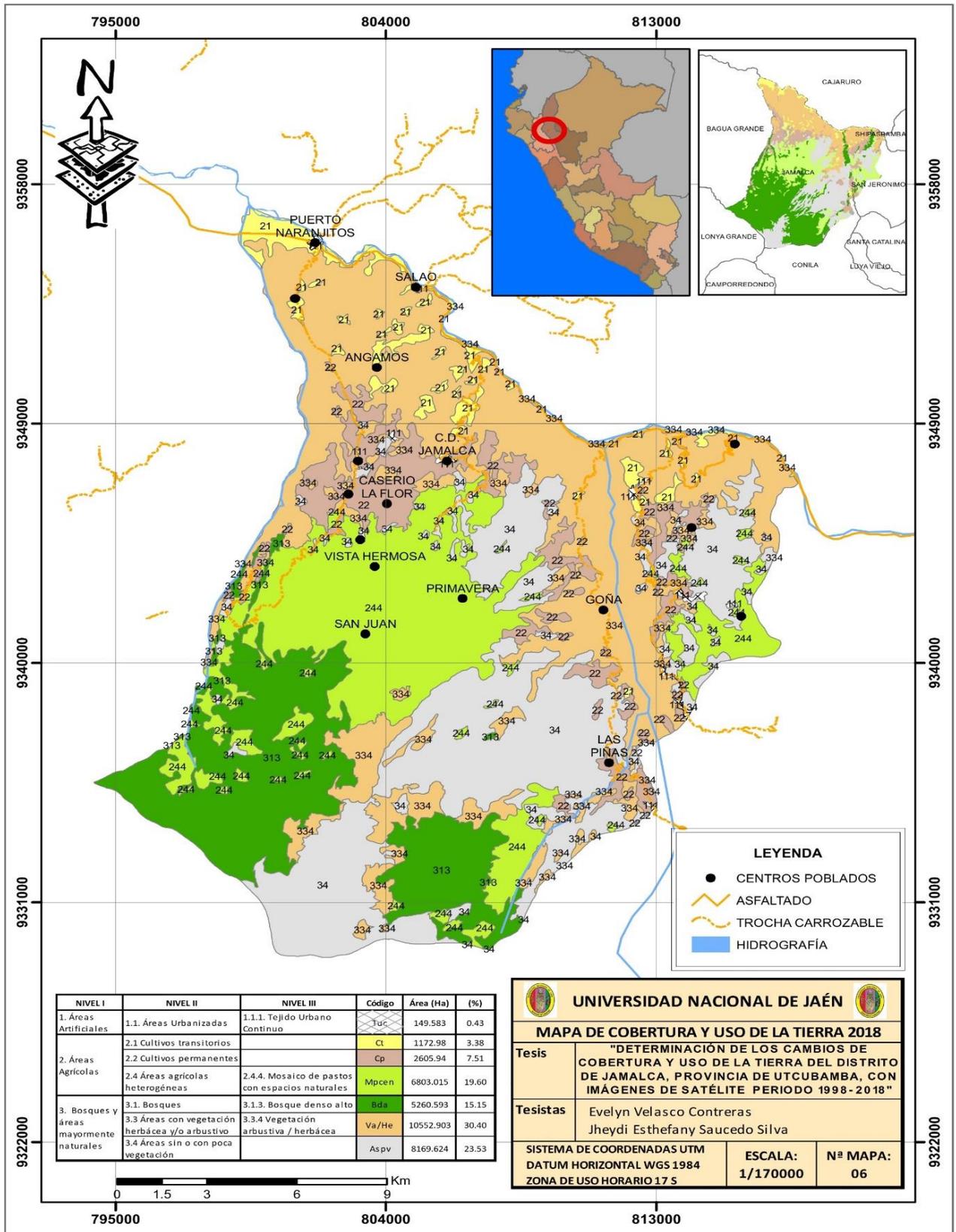


Gráfico 2. Distribución porcentual de cobertura año 2018

En el año 2018, la mayor parte de superficie del distrito Jamalca estuvo cubierta por la clase vegetación arbustiva/ herbácea (30.40), así mismo las 2 clases de cobertura con menor extensión fueron Tejido urbano continuo (0.43%) y Cultivos transitorios (3.38 %). (Gráfico 2)

Mapa 6. Cobertura y uso de la tierra periodo 2018



Fuente. Elaboración propia

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

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la variación de los polígonos de forma global entre cada año de evaluación (1998 y 2018), sin importar los motivos o a que categorías de cobertura vegetal cambiaron dichos polígonos. A continuación, se muestra los resultados del análisis:

4.4.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1998 – 2018

En el periodo 1998 -2018, se puede observar ganancia de área (+) como también pérdida (-) en las categorías obtenidas:

La mayor proporción de cambio ocurrió en las categorías Vegetación arbustiva / herbácea (Va/He) con 4389. 54 ha, Mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) con 819.998 ha, Áreas sin o con poca vegetación (Aspv) con 545.916 ha, Tejido Urbano Continuo (Tuc) con 49. 758 ha, Cultivos transitorios (Ct) con 24.385 ha, mostrando un cambio positivo; por otro lado, las categorías cultivos permanentes (Cp) con -496. 896 y Bosque denso alto (Bda) con -5333 ha, ha mostraron cambios negativos (Tabla 11).

Tabla 11. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, año 1998 – 2018

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	Superficie 1998		Superficie 2018		1998-2018	
				Área ha	%	Área ha	%	Área ha	%
1. Áreas Artificiales	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1. Tejido Urbano Continuo	Tuc	99.825	0.29	149.583	0.43	49.758	+0.143
2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	1148.595	3.31	1172.98	3.38	24.385	+0.070
	2.2 Cultivos permanentes		Cp	3102.836	8.94	2605.94	7.51	-496.896	-1.431
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Mpcen	5983.017	17.23	6803.015	19.60	819.998	+2.362
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.3. Bosque denso alto	Bda	10593.595	30.52	5260.593	15.15	-5333	-15.362
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea	Va/He	6163.361	17.75	10552.9	30.40	4389.54	+12.645
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación		Aspv	7623.708	21.96	8169.624	23.53	545.916	+1.573
Total				34715	100.00	34715	100.00	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia

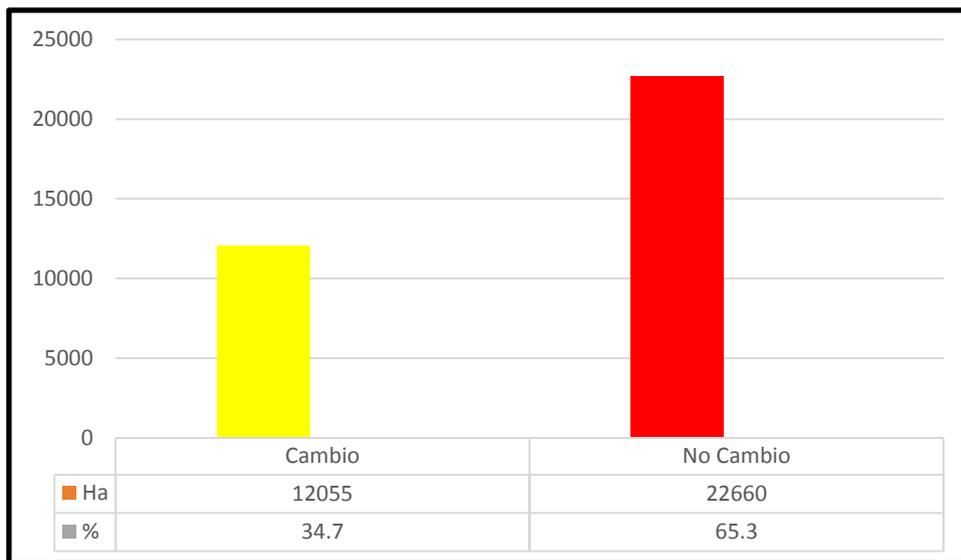
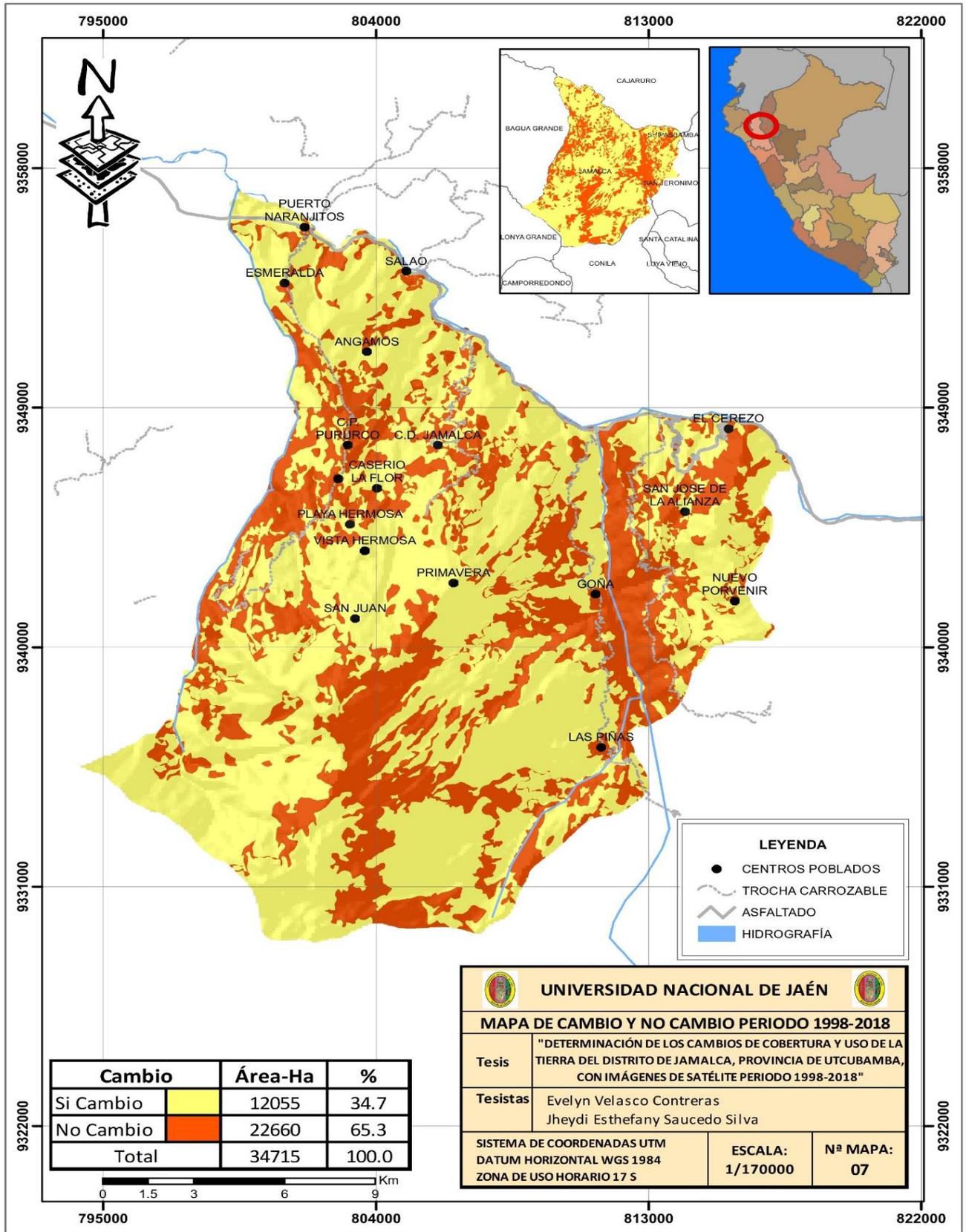


Gráfico 3. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1998 - 2018

En el gráfico 4, se aprecia el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Jamalca en hectáreas de un total de 34715 ha; sufrieron cambios 12055 ha equivalente al 34.7 % y no cambio 22660 equivalente al 65.3 % (Mapa 7).

Mapa 7. Cambio y no cambio periodo 1998 – 2018



Fuente. Elaboración propia

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

4.5.1. Análisis de cambios por cobertura

El análisis de cambio por cobertura consta en la evaluación del cambio por cobertura es decir de una cobertura inicial (1998) a una actual (2018). En este proceso, sólo se evalúa las áreas en las que hubo cambio, dejándose de lado los de no cambio. A continuación, se muestran los resultados de este análisis.

a. Cambios de cobertura del periodo 1998 – 2018

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 1998 – 2018 en el distrito de Jamalca, (Tabla 12 y Mapa 8) se determinó que los principales cambios de cobertura son:

La categoría tejido urbano continuo (Tuc) no fue reemplazada por ninguna área de las diferentes categorías identificadas.

La categoría cultivos transitorios (Ct) que perdió un total de 616.025 ha fue reemplazada por áreas sin o con poca vegetación (Aspv) con un área de 19.556 ha, cultivos permanentes (Cp) con un área de 137.441 ha, tejido urbano continuo (Tu) con un área de 8.914 ha y vegetación arbustiva/herbácea (Var/he) con un área de 450.116 ha. La categoría cultivos transitorios (Ct) tuvo una pérdida total de 616.025 ha.

La pérdida de 1 884.150 ha en la categoría cultivos permanentes (Cp) fue reemplazada por áreas con o sin poca vegetación (Acpv) con un área de 108.785 ha, bosque denso alto con (Bda) con un área de 21.956, cultivos temporales (Ct) con un área de 6.297, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) con un área de 93.755 ha, tejido urbano continuo (111) con un área de 12.974 y vegetación arbustiva/herbácea (Var/her) con un área de 1640.383.

Las 1621.747 ha perdidas en la categoría mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) fue reemplazada por áreas sin o con poca vegetación (Aspv) con un área de 635.808 ha, bosque denso alto (Bda) con un área de 43.949 ha, cultivos permanentes (Cp) con un área de

538.921, tejido urbano continuo (Tuc) con un área de 41.134 y vegetación arbustiva/herbácea (Var/Her) con un área de 361.935.

La categoría bosque denso alto (Bda) que perdió 5 414.172 ha fue reemplazada por áreas sin o con poca vegetación (Aspv) con un área de 1299.047 ha, cultivos permanentes (Cp) con un área de 38.012, cultivos transitorios (Ct) con un área de 2.086 ha, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) con un área de 2129.192 ha, tejido urbano continuo (Tuc) con un área de 1.561 ha y vegetación arbustiva/herbácea (Var/he) con un área de 1944.274 ha.

La categoría vegetación arbustiva/herbácea (Var/He) tuvo una pérdida de 973.426 ha y fue reemplazada por áreas sin o con poca vegetación (Aspv) con un área de 22.335 ha, cultivos permanentes (Cp) con un área de 298.354, cultivos temporales (Ct) con un área de 619.169 ha, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) con un área de 10.836 ha y tejido urbano continuo (Tuc) con un área de 22.732 ha.

La categoría áreas sin o con poca vegetación (Aspv) perdió 1 545.769 ha y fueron reemplazadas por bosque denso alto (Bda) con un área de 16.479 ha, cultivos permanentes (Cp) con un área de 339.841, cultivos transitorios (Ct) con un área de 8.183 ha, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) con un área de 207.661 ha y tejido urbano continuo (Tuc) con un área de 17.203 ha y vegetación arbustiva/herbácea con un área de 956.402 ha.

En conclusión, en el periodo 1998 – 2018 la categoría tejido urbano continuo (Tuc) gano un área de +49.758 ha, cultivos transitorios (Cu) ganó una área de +24.385 ha, cultivos permanentes (Cp) perdió un área de -496.896, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) ganó un área de +819.998 ha, bosque denso alto (Bda) perdió una área de -5333 ha, vegetación arbustiva/herbácea (Var/he) ganó 4389.54 ha y áreas sin o poca vegetación (Aspv) ganó un área de 545.916 ha.

A continuación, se presenta los resultados (Tabla 12 y mapa 8)

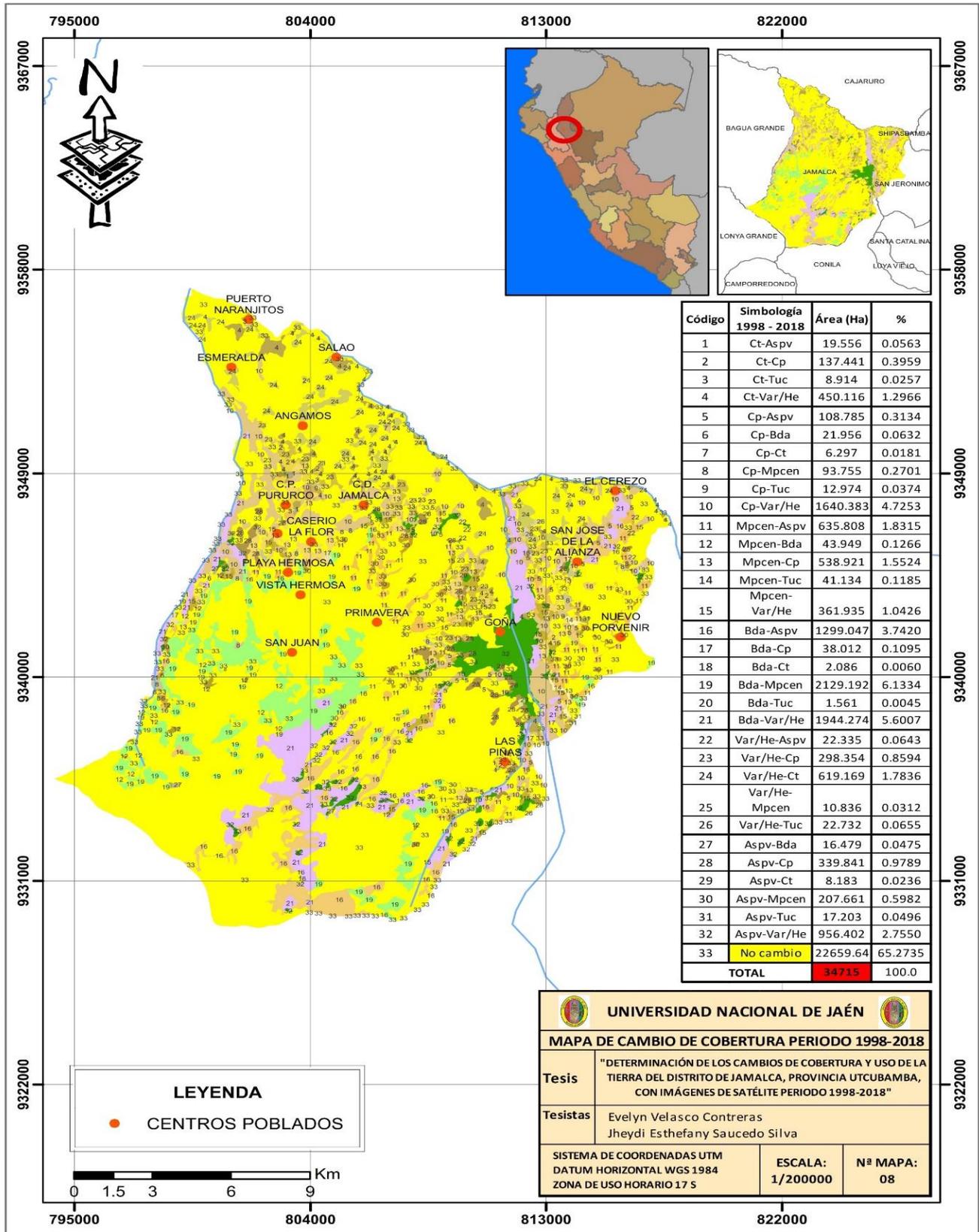
Tabla 12. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1998 – 2018

Código	Simbología 1998 - 2018	CUT_1998	CUT_2018	Área (Ha)	%
1	Ct-Aspv	Cultivos transitorios	Áreas sin o con poca vegetación	19.556	0.0563
2	Ct-Cp	Cultivos transitorios	Cultivos permanentes	137.441	0.3959
3	Ct-Tuc	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	8.914	0.0257
4	Ct-Var/He	Cultivos transitorios	Vegetación arbustiva/Herbácea	450.116	1.2966
5	Cp-Aspv	Cultivo permanente	Áreas sin o con poca vegetación	108.785	0.3134
6	Cp-Bda	Cultivo permanente	Bosque denso alto	21.956	0.0632
7	Cp-Ct	Cultivo permanente	Cultivo temporal	6.297	0.0181
8	Cp-Mpcen	Cultivo permanente	Mosaico de pastos con espacios naturales	93.755	0.2701
9	Cp-Tuc	Cultivo permanente	Tejido urbano continuo	12.974	0.0374
10	Cp-Var/He	Cultivo permanente	Vegetación arbustiva/Herbácea	1640.383	4.7253
11	Mpcen-Aspv	Mosaico de pastos con espacios naturales	Áreas sin o con poca vegetación	635.808	1.8315
12	Mpcen-Bda	Mosaico de pastos con espacios naturales	Bosque denso alto	43.949	0.1266
13	Mpcen-Cp	Mosaico de pastos con espacios naturales	Cultivos permanentes	538.921	1.5524
14	Mpcen-Tuc	Mosaico de pastos con espacios naturales	Tejido urbano continuo	41.134	0.1185
15	Mpcen-Var/He	Mosaico de pastos con espacios naturales	Vegetación arbustiva/Herbácea	361.935	1.0426
16	Bda-Aspv	Bosque denso alto	Áreas sin o con poca vegetación	1299.047	3.7420
17	Bda-Cp	Bosque denso alto	Cultivos permanentes	38.012	0.1095
18	Bda-Ct	Bosque denso alto	Cultivo transitorio	2.086	0.0060
19	Bda-Mpcen	Bosque denso alto	Mosaico de pastos con espacios naturales	2129.192	6.1334
20	Bda-Tuc	Bosque denso alto	Tejido urbano continuo	1.561	0.0045
21	Bda-Var/He	Bosque denso alto	Vegetación arbustiva/Herbácea	1944.274	5.6007
22	Var/He-Aspv	Vegetación arbustiva/Herbácea	Áreas sin o con poca vegetación	22.335	0.0643
23	Var/He-Cp	Vegetación arbustiva/Herbácea	Cultivos permanentes	298.354	0.8594
24	Var/He-Ct	Vegetación arbustiva/Herbácea	Cultivos temporales	619.169	1.7836
25	Var/He-Mpcen	Vegetación arbustiva/Herbácea	Mosaico de pastos con espacios naturales	10.836	0.0312
26	Var/He-Tuc	Vegetación arbustiva/Herbácea	Tejido urbano continuo	22.732	0.0655
27	Aspv-Bda	Áreas con o sin poca vegetación	Bosque denso alto	16.479	0.0475
28	Aspv-Cp	Áreas con o sin poca vegetación	Cultivo permanente	339.841	0.9789
29	Aspv-Ct	Áreas con o sin poca vegetación	Cultivo transitorio	8.183	0.0236
30	Aspv-Mpcen	Áreas con o sin poca vegetación	Mosaico de pastos con espacios naturales	207.661	0.5982
31	Aspv-Tuc	Áreas con o sin poca vegetación	Tejido urbano continuo	17.203	0.0496
32	Aspv-Var/He	Áreas con o sin poca vegetación	Vegetación arbustiva/Herbácea	956.402	2.7550
33		No cambio		22659.64	65.2735

34715 100.0000

Fuente. Elaboración propia

Mapa 8. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1998 – 2018



Fuente. Elaboración propia

4.6. Análisis de la tendencia de la cobertura vegetal y uso de la tierra del distrito Jamalca

La tendencia de la cobertura vegetal y uso de la tierra para los años 1998 – 2018 en la zona de estudio se detalla en el gráfico 4.

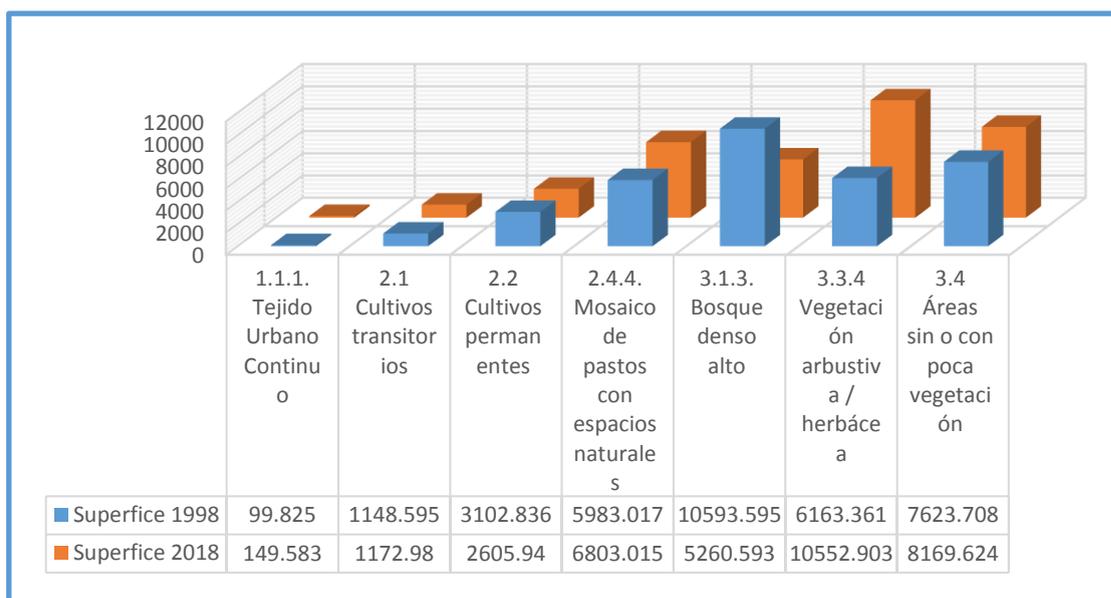


Gráfico 4. Tendencia de la cobertura vegetal y uso de la tierra 1998 – 2018

En el gráfico 4 se detalla que la categoría de tejido urbano continuo (Tuc) incremento su área en un +0.143 % esto se refleja en el incremento de la población, mientras tanto cultivos transitorios (Ct) tuvo un incremento +0.070 % como consecuencia de la demanda de productos agrícolas por el crecimiento demográfico, cultivos permanentes (Cp) disminuyó en un -1.431, mosaico de pastos con espacios naturales (Mpcen) aumentó un área de +2.362 % esto implica la pérdida de áreas de otras clases de cobertura, como bosque denso alto.

Así mismo bosque denso alto (Bda) disminuyo un área de -15.362 %, esto se debe a la deforestación, incendios, ganadería, etc, en la cual la tasa de deforestación anual es 266.65 ha; vegetación arbustiva/herbácea (Var/He) aumentó en un +12.645 y áreas sin o con poca vegetación (Aspv) tuvo un aumento de +1.573 esto se debe a la degradación de los suelos, por acción antrópica, cambios climáticos.

a) Proporción de la superficie del bosque %

Cálculo de la tasa utilizada, donde se mide el cambio en la cobertura de los bosques (FAO, 1996)

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{\frac{1}{T_2 - T_1}} - 1$$

q : Tasa de deforestación anual (TDA)

A₁: Superficie del bosque al inicio del periodo

A₂: Superficie del bosque al final del periodo

T₁: Año de inicio del periodo

T₂: Año final del periodo

$$q = \left(\frac{5260,593}{10593,595}\right)^{\frac{1}{2018 - 1998}} - 1$$

$$q = 1.94 \% \text{ anual}$$

V. DISCUSION

- En el estudio realizado por (Vergara, 2018), analizó los cambios de uso de la tierra del distrito de Pucara (Jaén, Cajamarca), utilizando imágenes satelitales de los años 2000 y 2017, determino que la cobertura del distrito de Pucará cambió en 10 202.28 ha, equivalente al 45.72 %, siendo la categoría correspondiente a Tierra desnuda la que arrojó la mayor cifra de cambio con 5 112.27 ha, equivalente al 50.11 %. Se concluye que el principal motivo de cambio de uso del suelo, se debió a las actividades antrópicas, entre ellas la expansión territorial urbana, la agricultura expansiva y la erosión. Del mismo modo en este trabajo de investigación se analizó el cambio de cobertura y uso del suelo en los años 1998 y 2018 la cual cambió en 12 055 ha, equivalente al 34.9 %, la clase con más cambio fue Bosque denso alto (Bda) con una disminución de área de 5333 ha equivalente a 15.366 % y la clase de cobertura que tuvo un mayor incremento fue vegetación arbustiva herbácea (Va/He) con un total de 4 389.54 ha equivalente a 12.645 %.
- En un estudio realizado por (Sandoval, 2018) analizo los cambios de cobertura y uso del suelo en el distrito de Bagua, Utcubamba en los años 2000-2008-2016. La clasificación la realizo con la metodología Corine Land Cover (CLC) obteniendo las siguientes categorías para el año 2016: Tejido urbano continuo 405.14 ha (3.04 %), cultivos transitorios 4356.32 ha (32.73 %), mosaico de pastos con espacios naturales 69.89 ha (0.53 %), mosaico de cultivos con espacios naturales 1598.68 ha (12.01 %), vegetación arbustiva/herbácea 6702.96 ha (50.36 %) y áreas arenosas naturales 178.02 ha (1.34 %). Del mismo modo en este trabajo de investigación para el año 2018 se obtuvieron las siguientes categorías: Tejido urbano continuo 148.58 ha (0.43), cultivos transitorios 1 172.98 ha (3.38), cultivos permanentes 2.605.94 (7.51%), mosaico de pastos con espacios naturales 6 803.015 (19.60), bosque denso alto 5 260.59 (15.15), vegetación arbustiva herbácea 10 552.90 (30.40), áreas sin o con poca vegetación 8 169.62 (23.53)

- En una investigación desarrollada por (Aguayo, Pauchard, Azócar, & Parra, 2009), donde evaluó el Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX, para lo cual utilizaron dos imágenes satelitales una del año 1979 y 2000. Después de haber procesado las imágenes obtenidas, los resultados confirman que las principales transformaciones del paisaje son consecuencia del desarrollo forestal, la mantención de los rubros agropecuarios y el crecimiento urbano e industrial. Asimismo, determinaron que la pérdida del bosque nativo se debe, principalmente, a la expansión de las 55 plantaciones forestales hacia los cordones montañosos andinos y costeros; Del mismo modo como se pudo observar que la categoría bosque denso alto esta perdió un total de 5333 ha, las cuales han sido transformadas en cultivo transitorio, mosaico de pastos con espacios naturales, vegetación arbustiva/herbácea y áreas sin o poca vegetación.
- Según (Saldaña, 2019) en un estudio realizado en el distrito de Chancay, provincia de San Marcos – Cajamarca en los años 2001 – 2018 sobre análisis de los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo, durante la validación, con el algoritmo de máxima verosimilitud se elaboró los mapas temáticos de cobertura y uso actual del suelo, para el año 2001 alcanzo una fiabilidad de 96.54 %, y para el año 2018 con una fiabilidad de 97.51 % para el cual fue validado in situ o en el lugar. En el presente estudio, la validación de los mapas, se evaluaron cada una de las imágenes clasificadas. La exactitud global para ambas imágenes fue de 97.29 % y 96.89 para los años de 1998 y 2018, respectivamente. De acuerdo a (Viera & Garrett, 2005) al obtener un índice de Kappa mayor a 0.81 se considera una exactitud casi perfecta, por lo que las clasificaciones de los mapas pueden ser aceptadas como una buena aproximación a las condiciones reales.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se analizó los cambios de cobertura vegetal y uso de la tierra, en el distrito de Jamalca provincia de Utcubamba departamento de Amazonas en los años 1998 – 2018 a través de imágenes satelitales en la cual constituyeron la principal fuente de información en la cuantificación, modificación y junto con el modelo implementado se obtuvieron resultados a una escala que permitió analizar la tendencia del cambio de uso de la tierra.

Las imágenes satelitales fueron clasificadas utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud alcanzando una fiabilidad de 97.29 % para el año 1998 y 96.89 % para el año 2018, la misma que fue determinada a través del índice Kappa.

Se generó los mapas temáticos de cobertura y uso actual de la tierra con la metodología Corine Land Cover del distrito de Jamalca - Utcubamba para los años 1998 y 2018 , en un nivel II y III, obteniendo siete clases de cobertura de la tierra las cuales son: Tejido urbano Continuo (Tuc), cultivos transitorios (Ct), cultivos permanentes (Cp), mosaico de pastos con espacios naturales(Mpcen), bosque denso alto (Bda), vegetación arbustiva/herbácea (Va/he) y áreas sin o poca vegetación (Aspv).

Para el periodo 1998 – 2018 la clase de cobertura que experimentó una mayor tasa de cambio fue Bosque denso alto (Bda) con una disminución de área de - 5333 ha equivalente a 15.366 % y la clase de cobertura vegetación arbustiva herbácea (Va/He) con un incremento de 4389.54 ha equivalente a 12.645 %.

6.2. Recomendaciones

Al momento de realizar todo el procesamiento de imagen satelitales bajo la metodología Corine Land Cover, se debe tener un conocimiento previo del área de estudio en el cual se va trabajar, esto con la finalidad de minimizar errores y por ende minimizar el trabajo de verificación en campo de las categorías identificadas; así mismo se recomienda que las imágenes satelitales utilizadas tengan un mínimo de nubosidad en el área de estudio de preferencia tomadas en épocas de verano, que permita ampliar el área de análisis.

Los resultados obtenidos en la presente investigación pueden convertirse en herramientas de gestión para las entidades públicas locales y regionales que deseen llevar a cabo futuros proyectos de recuperación de la cobertura forestal con especies locales en la zona de estudio.

Se debe ser lo más minucioso posible al momento de realizar las áreas de entrenamiento, ya que de ello dependerá minimizar el error en la clasificación y como tal incrementar la fiabilidad del estudio.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguayo, e. a. (2009). Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinamica espacial y temporal del paisaj. *Revista Chilena de historia natural*, 361-374.
- Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., & Parra, O. (2009). *Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje*. Santiago: Revista Chilena de Historia Natural 82.
- Chuvieco, E. (2002). *La observacion de la tierra desde el espacio*. Barcelona: Ariel Ciencia.
- Cohen, J. (1960). *A coefficient of agreement for nominal scales*. Educ Psychol Meas 20.
- Dale, V., & Beyeler, S. (2001). *Challenges in the development and use of*. Challenges in the development and use of.
- FAO. (1996). *forest resources assessment 1990. survey of tropical forest cover and estudy of change processes*. FAO. Roma.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodologia CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogota.
- INEGI. (2011). *Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. Aspectos Tecnicos de las imagenes Lansat*.
- INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Poblacion, VII de Vivienda y III de comunidades Indigenas*. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, Lima.
- Maune, D. F. (2001). *Digital Elevation Model Technologies and Applications: the DEM User's Manual, The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*. USA.
- MINAM. (2014). *Protocolo Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina*. LIMA -PERÚ.

- MINAM. (2019). *BOSQUE EN TUS MANOS*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/programa-bosques/cuantos-bosques-hay-en-el-mundo-y-cual-es-su-impacto-economico/>
- Reyes, H. (2006). *Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto*. San Luis Potosí, México.
- Saldaña, V. (2019). *ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE CHANCAY AÑOS 2001 Y 2018*. San Marcos.
- Sandoval, H. (2018). *ÁLISIS DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE DEL DISTRITO DE BAGUA, UTILIZANDO IMÁGENSATELITE PERIODOS 2000-2008-2016*". Jaen.
- USGS, (. (2013). *Using the USGS Landsat 8 Product (in line)*. Recuperado el 08 de Jan. de 2019, de <http://landsat.usgs.gov>.
- Vergara, A. (2018). *"ANÁLISIS DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA DEL DISTRITO DE PUCARÁ - PROVINCIA DE JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA, UTILIZANDO IMAGENES DE SATELITE PERIODO 2000 - 2017"*. CAJAMARCA, JAÉN.
- Viera & Garrett. (2005). *Understanding interobserver agreement: the kappa statistic*.

AGRADECIMIENTO

Gracias a dios por permitirme y tener y disfrutar de mi familia, gracias por creer en mí y apoyarme en cada decisión de realizar este proyecto.

Agradezco tu amistad no la tuvimos fácil, tuvimos que pelear este proyecto que teníamos en mente desde un principio, pero lo hicimos amiga, logramos nuestra meta

Jheydi Esthefany Saucedo Silva

Gracias a Dios por haberme dado la vida y por permitirme escalar un peldaño más en mi formación profesional. A mi familia por todo su amor, su paciencia y por confiar en mí.

A nuestro asesor, quien con su experiencia logró que desarrolláramos este proyecto.

Evelyn Velasco Contreras

DEDICATORIA

A mi familia 3 personas importantes en mi vida, por haberme formado en la persona que soy en la actualidad y por estar presentes en todos los logros de mi vida.

A nuestro asesor que estuvo siempre apoyándonos y motivándonos en este proyecto

Jheydi Esthefany Saucedo Silva

Dedico este trabajo a mis padres, Abel Velasco Morales y Lidia Contreras Neira ustedes son mi motivación gracias por su apoyo incondicional, su cariño, confianza y por hacer de mí una persona de bien, todo lo que eh obtenido es gracias a ustedes.

A mis hermanos, familiares y amigos por sus consejos y por el ánimo para seguir superándome los amo.

Evelyn Velasco Contreras

ANEXOS

Anexo 1. 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 herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal
		3.3.2. Arbustal
		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	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas y bofedales
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
		5.1.4. Canales

Anexo 2. Proceso de clasificación para la representación cartográfica

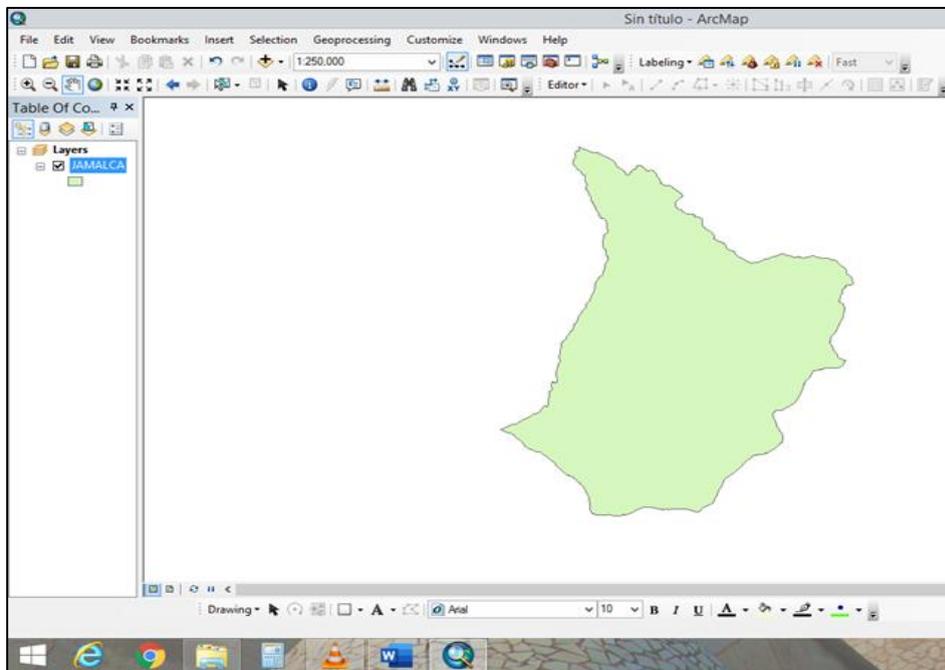


Figura 16. Geoprociamiento del área de estudio distrito Jamalca

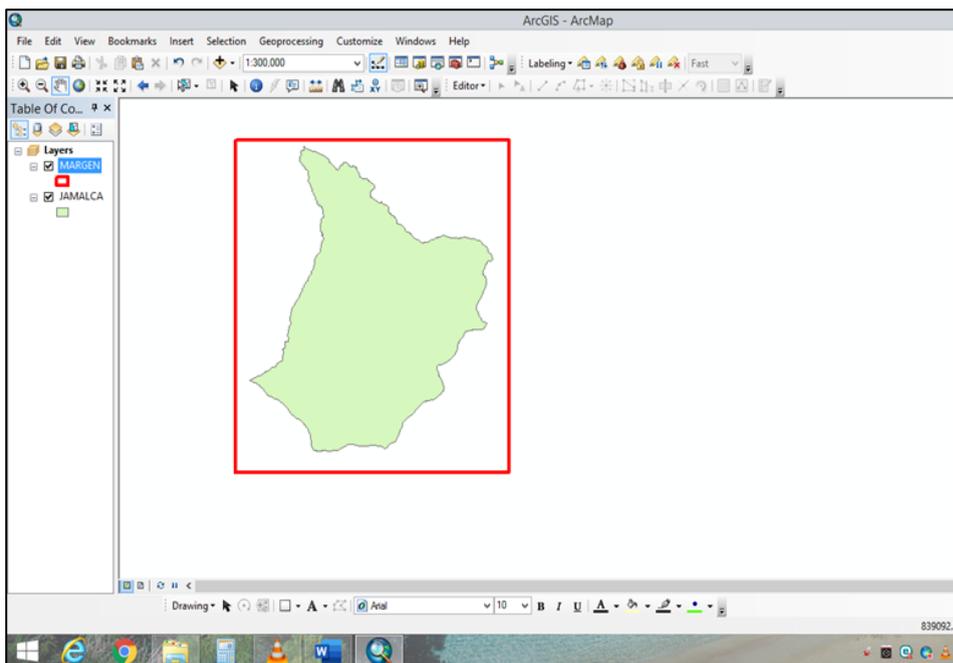


Figura 17. Creación del shapefile margen del área de estudio.

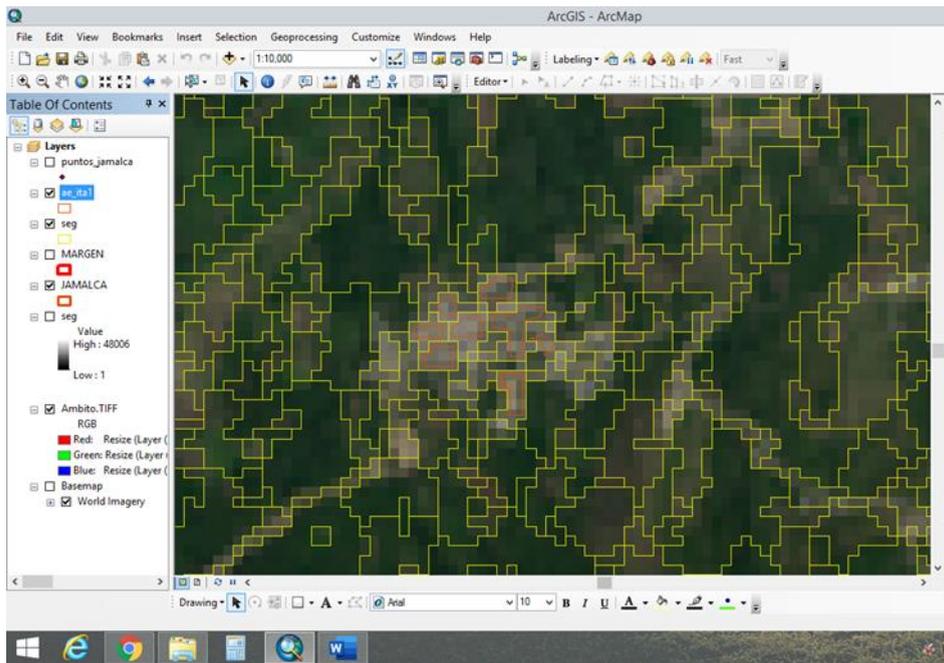


Figura 18. Digitalización de las áreas de entrenamiento.

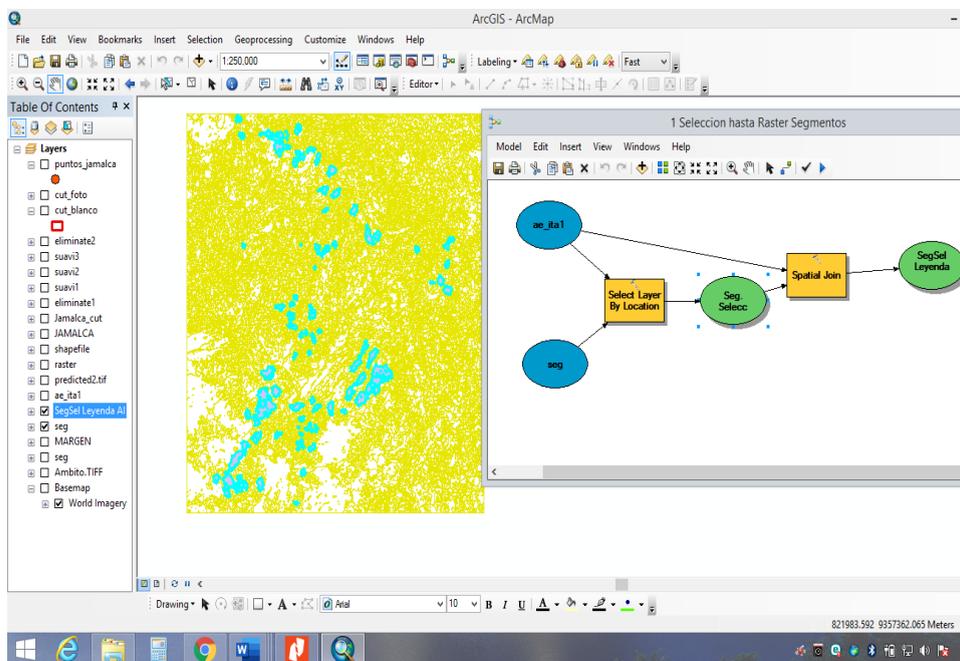


Figura 19. Aplicación de ModelBuilder para generar la información complementaria.

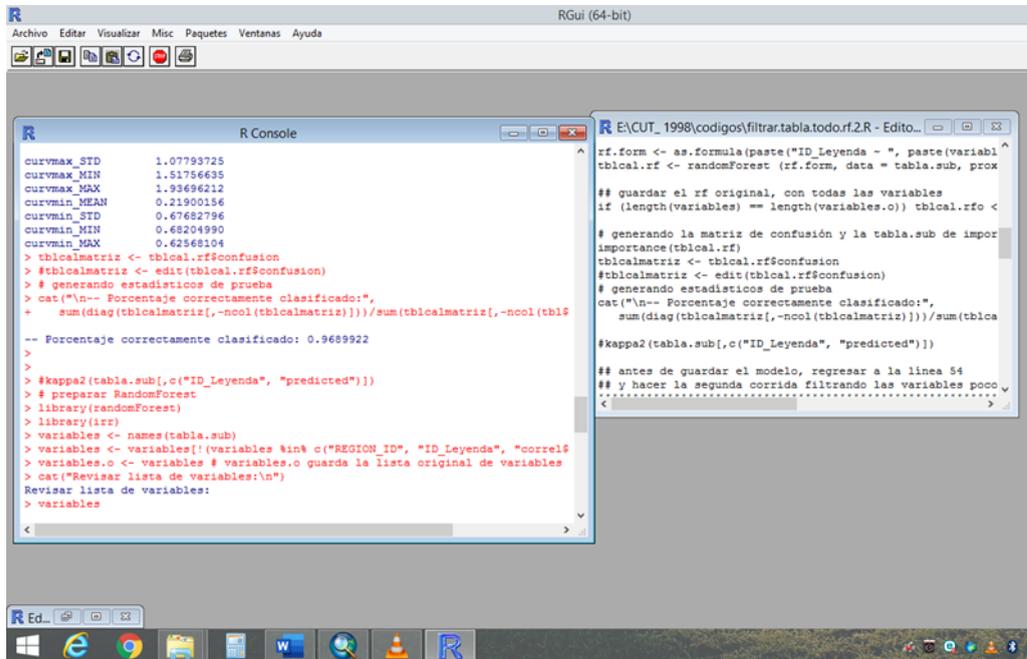


Figura 20. Ejecución del script RStudio.

Anexo 3. Panel fotográfico para las clases de uso de la tierra



Fotografía 8. Municipalidad Distrital de Jamalca, Tejido urbano continuo



Fotografía 9. Cultivos de maíz, cultivos transitorios



Fotografía 10. Verificación In Situ del mapa de coberturas, realización de las correcciones en campo de las coberturas.



Fotografía 11. Verificación in situ del mapa de coberturas, realización de las correcciones en campo de las coberturas, se puede apreciar cultivos de arroz después de cosecha, cultivos transitorios.

Anexo 4. Información cartográfica utilizada

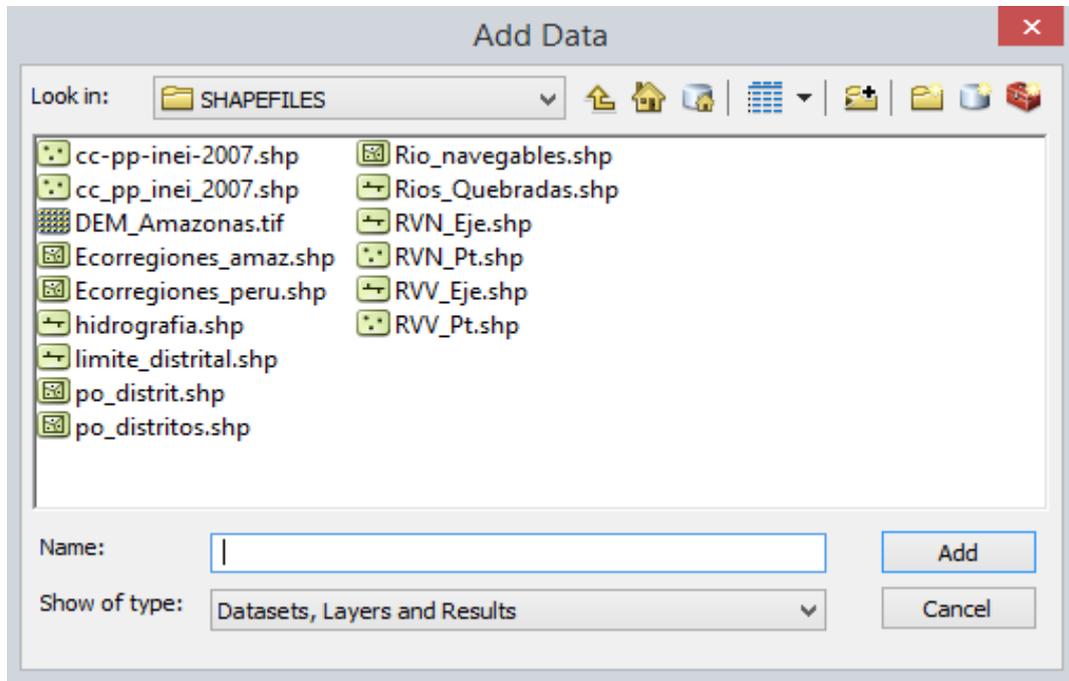


Figura 21. shapefile utilizados en el procedimiento

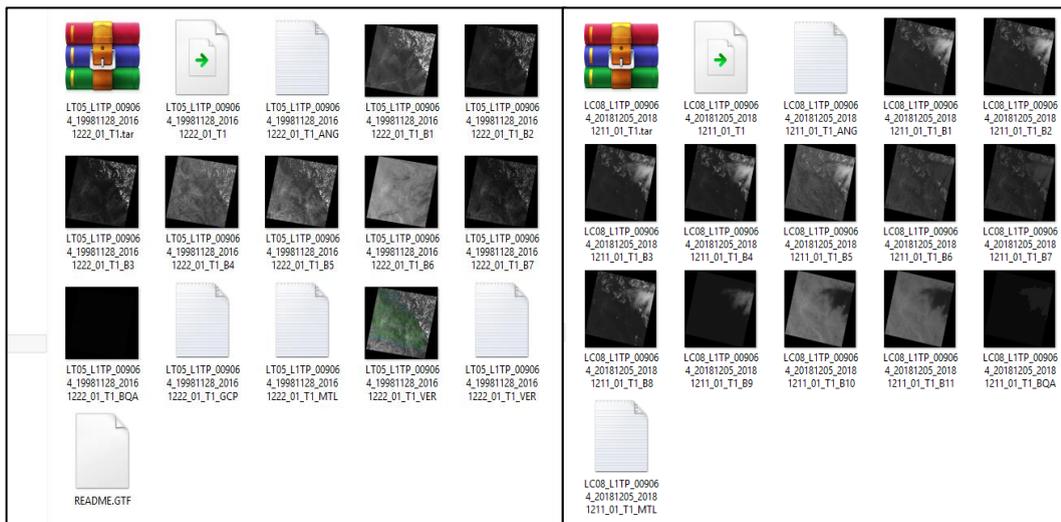


Figura 22. Imágenes descargadas de landsat5 y landsat8