

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Agronomía



TESIS

**CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES
SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO - CAJAMARCA,
PERIODO 2003-2018.**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

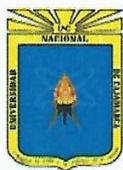
**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
EDGAR LEONEL BUENO QUILICHE**

ASESOR:

Ing. M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Agronomía



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los **veintiséis** días del mes de **agosto** del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente **2C-211** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designado por consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 337 – 2019 – FCA – UNC, Fecha 12 de julio del 2019, con el objetivo de evaluar la sustentación de la Tesis titulada “**CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO-CAJAMARCA, PERIODO 2003-2018**” del Bachiller: **BUENO QUILICHE EDGAR LEONEL**, en Cajamarca, para optar el Título profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las diecisiete horas y nueve minutos y de acuerdo a lo estipulado en el reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado; el Presidente anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **DIECISEIS (16)**.

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

A las 18 horas y 40 minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 26 de agosto del 2019.

Dr. Edín Edgardo Alva Plasencia
PRESIDENTE

Dr. José Luis Guevara Barreto
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares
VOCAL

Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres: Jorge Bueno Zelada y Marta Quiliche Díaz por haber realizado todos los esfuerzos y poder formar en mi un profesional lleno de valores y apto al servicio de la sociedad. A cada uno de mis hermanos: Alex, Jacqueline, Christian y Fiorela, los cuales me han apoyado para lograr cada objetivo de mi vida.

Edgar Leonel Bueno Quiliche

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento al Dios todopoderoso quien nos ha dado la vida y ha permitido que podamos disfrutar de cada momento en esta tierra, en compañía de las personas que nos rodean.

A mis padres por su apoyo incondicional, tanto moral, económicamente, para lograr mis objetivos.

Agradecimiento especial a Keny Gonzales Rodriguez por su compañía y apoyo desinteresado para lograr un objetivo más de mi vida profesional.

Al Ing. Wilfredo Poma Rojas y al Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo, los cuales gustosamente me brindaron el asesoramiento, facilitándome cada una de las herramientas y conocimientos de su experiencia como profesionales, así de esta manera poder realizar la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen.....	xii
Abstrac.....	xiii
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes a la investigación.....	3
2.2. Bases teóricas de la cobertura y uso del suelo.....	6
2.2.1. El suelo.....	6
2.2.2. Cobertura vegetal.....	6
A. Cambios de cobertura.....	6
B. Sistemas de clasificación de cobertura.....	7
Nivel internacional.....	7
Nivel nacional.....	9
Sistema de clasificación de CORINE Land Cover.....	9
2.3. Herramientas para detectar la cobertura del suelo.....	11
2.3.1. Sistema de teledetección.....	11
2.3.2. Sistemas de información geográfica.....	13
A. Coordenadas geográficas.....	13
B. Proyecciones cartográficas.....	13
Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator..	14
2.3.3. Proyecto Landsat.....	14
2.4. Herramientas de visualización de información digital.....	16
2.4.1. Imágenes satelitales.....	16
Monobanda(pancromática).....	16
Multibanda (multiespectrales e hiperespectrales).....	16

2.4.2. Imágenes Landsat.....	17
Landsat 5.....	17
Landsat 8.....	18
2.4.3. Resolución de los sensores remotos.....	19
Resolución espacial.....	19
Resolución espectral.....	19
Resolución radiométrica.....	19
Resolución temporal.....	20
2.4.4. Técnicas de clasificación de imágenes satelitales.....	20
A. Clasificación supervisada.....	20
B. Clasificación no supervisada.....	20
2.5. Herramientas de procesamiento de información digital.....	21
2.5.1. Software ArcGIS.....	21
2.5.2. Software ENVI.....	21
2.5.3. Formatos de almacenamiento de datos espaciales.....	22
Formato raster.....	22
Formato vectorial.....	22
2.6. Análisis y corrección de imágenes satelitales.....	23
2.6.1. Corrección geométrica.....	23
2.6.2. Corrección radiométrica.....	23
2.6.3. Corrección atmosférica.....	24
2.6.4. Composiciones Landsat.....	24
2.7. Mecanismo de procesamiento e interpretación de datos digitales.....	25
2.7.1. Algoritmo de máxima verosimilitud.....	25
2.7.2. Random Forest.....	26
2.7.3. Matriz de confusión.....	26
Índice Kappa.....	27
Porcentaje correctamente clasificado.....	28
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Descripción general de la zona.....	29
3.1.1. Ubicación.....	29
3.1.2. Hidrografía.....	31

3.1.3. Geología general.....	33
3.1.4. Regiones naturales.....	36
3.1.5. Zonas de vida.....	38
3.2. Materiales y equipos de campo.....	43
3.2.1. Materiales y herramientas.....	43
3.2.2. Instrumentos y equipos.....	43
3.3. Materiales y equipos de gabinete.....	43
3.3.1. Materiales.....	43
3.3.2. Equipos.....	43
3.3.3. Material cartográfico.....	44
3.3.4. Software.....	44
3.4. Metodología.....	44
3.4.1. Fase inicial de gabinete.....	45
3.4.2. Fase de campo.....	50
3.4.3. Fase final de gabinete.....	51

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	52
4.1. Categorías identificadas de cobertura y uso del suelo bajo la clasificación CORINE Land Cover.....	52
4.2. Cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos en el periodo 2003-2018...60	
4.2.1. Cobertura y uso del suelo año 2003.....	60
4.2.2. Cobertura y uso del suelo año 2018.....	67
4.3. Cambio y no cambio de cobertura y uso del suelo ocurridos durante el periodo 2003-2018.....	74
4.3.1. Cambio y no cambio de la cobertura y uso del suelo, periodo 2003-2018.....	74
4.4. Transición de cobertura y uso del suelo en el periodo 2003-2018.....	77
4.4.1. Análisis de cambios por cobertura.....	77

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
--	-----------

CAPÍTULO VI	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

CAPÍTULO VII	
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Sistema de clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México.....	8
Tabla 2. Niveles de información de las categorías de uso y cobertura del suelo.....	8
Tabla 3. Clasificación de cobertura y uso del suelo de CORINE Land Cover (CLC).....	10
Tabla 4. Características de las imágenes Landsat 5.....	18
Tabla 5. Distribución de las bandas en OLI y TIRS, Landsat 8.....	18
Tabla 6. Combinaciones más comunes de las imágenes satelitales Landsat...24	
Tabla 7. Datos de las imágenes satelitales descargadas.....	45
Tabla 8. Valores obtenidos de la segmentación.....	48
Tabla 9. Categorías de cobertura y uso actual del suelo, identificadas en el distrito El Prado.....	52
Tabla 10. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Cultivos transitorios en el distrito El Prado.....	53
Tabla 11. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Cultivos permanentes en el distrito El Prado.....	54
Tabla 12. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Mosaico de pastos y cultivos en el distrito El Prado.....	55
Tabla 13. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Plantaciones forestales en el distrito El Prado.....	57
Tabla 14. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Hierbas en el distrito El Prado.....	58
Tabla 15. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Arbustos en el distrito El Prado.....	59
Tabla 16. Matriz de confusión generada para el año 2003.....	60
Tabla 17. Categorías de coberturas, obtenidas para el año 2003.....	63
Tabla 18. Matriz de confusión generada para el año 2018.....	67
Tabla 19. Categorías de coberturas, obtenidas para el año 2018.....	70
Tabla 20. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso del suelo, periodo 2003-2018.....	74

Tabla 21. Transición de la cobertura y uso del suelo, periodo 2003-2018.....77

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Proceso de teledetección.....	12
Figura 2. Mapa de Ubicación del distrito El Prado.....	30
Figura 3. Mapa de Hidrografía del distrito El Prado	32
Figura 4. Mapa de Geología del distrito El Prado	35
Figura 5. Mapa de Regiones naturales del distrito El Prado	37
Figura 6. Mapa de Zonas de vida del distrito El Prado	42
Figura 7. Proceso de clasificación para la representación cartográfica.....	47
Figura 8. Cobertura de Tejido urbano continuo en el distrito El Prado.....	53
Figura 9. Cobertura de Cultivos transitorios en el distrito El Prado.....	54
Figura 10. Cobertura de Cultivos permanentes en el distrito El Prado.....	55
Figura 11. Cobertura de Mosaico de pastos y cultivos en el distrito El Prado.....	56
Figura 12. Cobertura de Plantaciones forestales en el distrito El Prado	57
Figura 13. Cobertura de Hierbas en el distrito El Prado	58
Figura 14. Cobertura de Arbustos en el distrito El Prado.....	59
Figura 15. Distribución porcentual de las coberturas que recubren la superficie del distrito El Prado para el año 2003.....	64
Figura 16. Mapa de cobertura y uso del suelo del distrito El Prado, año 2003...66	
Figura 17. Distribución porcentual de las coberturas que recubren la superficie del distrito El Prado para el año 2018.....	71
Figura 18. Mapa de cobertura y uso del suelo del distrito El Prado, año 2018...73	
Figura 19. Cambio y no cambio de la superficie (ha), del distrito El Prado en el periodo 2003-2018.....	75
Figura 20. Mapa de cambio y no cambio de la cobertura y uso del suelo del distrito El Prado, periodo 2003-2018.....	76
Figura 21. Mapa de transición de la cobertura y uso del suelo del distrito El Prado, periodo 2003-2018.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Página

Anexo 1. Obtención de imágenes satelitales	92
A. Plataforma virtual de la USGS Global Visualization Viewer (GloVis).....	92
B. Descarga de las imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8.....	92
Anexo 2. Procesamiento de imágenes satelitales	93
A. Selección de la metadata de la imagen satelital Landsat 5 y Landsat 8..	93
B. Corrección radiométrica de la imagen satelital Landsat 5 y Landsat 8..	93
C. Comparación de imagen satelital Lansat 5, no corregida y corregida	94
D. Apilamiento de capas o bandas (Layer stacking), con el software ENVI..	94
Anexo 3. Procesamiento	95
A. Segmentación.....	95
B. Generación de áreas de entrenamiento.....	95
C. Aplicación con el Software RGui 3.15.0.....	96
D. Visualización en ArcMap, de predicted2 generado en el procesamiento.....	97
Anexo 4. Figuras tomadas en campo	98
A. Rutas de acceso al distrito El Prado.....	98
B. Verificación de los tipos de cobertura generados en el mapa de cobertura y uso del suelo (CUS) año 2018.....	99
C. Actividades realizadas en campo.....	103
Anexo 5. Caracterización de las coberturas presentes en el distrito El Prado	110

RESUMEN

Se realizó el estudio de cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito El Prado en el periodo 2003-2018, con el objetivo de determinar y analizar los cambios de cobertura y uso del suelo sufridos durante el periodo mencionado, haciendo uso de la metodología dispuesta por el Ministerio del Ambiente bajo R.M. N° 081-2016, que implica el procesamiento digital de imágenes satelitales LANDSAT 5 y 7, a través de una clasificación supervisada usando el algoritmo de máxima verosimilitud, los resultados obtenidos muestran a siete categorías identificadas de acuerdo a la tabla de CORINE Land Cover en el nivel II y III, los cuales son: Tejido urbano continuo, Cultivos transitorios, Cultivos permanentes, Mosaico de pastos y cultivos, Plantaciones forestales, Hierbas, Arbustos. Dichas coberturas han mostrado incremento y/o disminución de área durante el periodo de estudio, es así como, del total de área (100 %) equivalente a 7003.32 ha: El 96.38 % (6749.74 ha) no ha sufrido cambio alguno, por el contrario, el 3.62 % (253.58 ha) ha sufrido cambios desde el año 2003 hasta el año 2018. Posteriormente se realizó la transición por cada una de las coberturas para ello se determinó la diferencia (ha.) entre la cobertura inicial (año 2003) y la cobertura final (año 2018), dicho proceso se realizó solo en el área que ha sufrido cambios (253.57 ha), durante los años anteriormente mencionados, dejando de lado el área que no ha sufrido cambio alguno (6749.71 ha). Los factores identificados como responsables de los cambios de cobertura y uso del suelo, son principalmente del tipo antropológico, asociado a los factores demográfico, meteorológico, edáfico por los procesos de desertificación o pérdida de fertilidad de los suelos, extracción de recursos y explotación comercial.

Palabras clave: Cobertura, cambio, análisis.

ABSTRACT

The study of changes in land cover and land use was carried out with satellite images of the El Prado district in the period 2003-2018, with the objective of determining and analyzing the changes in land cover and use suffered during the mentioned period, using the methodology provided by the Ministry of Environment under RM No. 081-2016, which involves the digital processing of satellite images LANDSAT 5 and 7, through a supervised classification using the maximum likelihood algorithm, the results obtained show seven categories identified according to the CORINE Land Cover table in the Level II and III, which are: Continuous urban fabric, Transient crops, Permanent crops, Mosaic of pastures and crops, Forest plantations, Herbs, Shrubs. These covers have shown an increase and / or decrease in area during the study period, which is how the total area (100%) equivalent to 7003.32 ha: 96.38% (6749.74 ha) has not undergone any change, on the contrary, 3.62% (253.58 ha) has undergone changes from the year 2003 to the year 2018. Subsequently, the transition was made for each of the coverages for this purpose the difference (ha.) between the initial coverage (year 2003) and the final coverage (year 2018), said process was carried out only in the area that has undergone changes (253.57 ha), during the aforementioned years, leaving aside the area that has not undergone any change (6749.71 ha). The factors identified as responsible for changes in land cover and use, are mainly of the anthropological type, associated with demographic, meteorological, edaphic factors due to the processes of desertification or loss of soil fertility, resource extraction, commercial exploitation.

Keywords: Coverage, change, analysis.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los especialistas que estudian las transformaciones ocurridas en los distintos paisajes naturales y antrópicos (culturales) de la superficie terrestre, utilizan, con frecuencia, mapas de uso de suelo y vegetación derivados de la interpretación visual de imágenes de satélite, estas pueden ser de mediana o alta resolución espacial. Es a partir de estos insumos cartográficos que se puede identificar, describir, cuantificar, localizar, analizar, evaluar, explicar y modelar la dinámica y los procesos de cambio que acontecen en las diversas comunidades vegetales y usos del suelo de un espacio geográfico en particular (Camacho *et al* 2015).

Con el transcurrir de los años nuestro planeta está sufriendo un deterioro del ambiente, como resultado de los cambios de cobertura y uso del suelo, por lo que su estudio permitirá la toma de decisiones estratégicas para el uso adecuado del territorio. Por ello es necesario conocer la dinámica de los procesos de cambio y determinar los efectos generados por dicho cambio, en el ámbito del distrito El Prado, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, en el periodo 2003 – 2018. Los estudios de cambio de uso de suelo y vegetación son el referente para conocer las trayectorias de distintos procesos asociados con la deforestación, degradación y perturbación de los bosques, erosión y desertificación del suelo, pérdida de la biodiversidad (Lambin *et al.* 2001).

El desarrollo de investigaciones asociadas con los cambios ocurridos en las cubiertas terrestres y usos del suelo de un determinado espacio geográfico y en una dimensión temporal, requiere, principalmente, del uso y manipulación de distintos insumos cartográficos, sobre todo, de mapas de uso de suelo y vegetación, pues es a partir de estos que los especialistas en el área, así como las autoridades responsables del uso y manejo de los recursos naturales, establecen e implementan políticas orientadas al aprovechamiento y conservación de estos (Millington y Alexander 2000).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar los cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos en el distrito El Prado, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca; haciendo uso de imágenes satelitales, durante el periodo 2003-2018.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el mapa de cobertura y uso actual del suelo en el distrito El Prado, en el periodo 2003-2018, utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud.
- Generar el mapa temático de cobertura y uso actual del suelo del distrito El Prado, tanto para el año 2003 como para el año 2018, utilizando la clasificación de CORINE Land Cover (CLC).
- Analizar los cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos en el distrito El Prado, desde el año 2003 hasta el año 2018.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes a la investigación

Zorogastúa *et al* (2011) realizaron el estudio del bosque seco localizado en la región Piura, con el objetivo de evaluar el cambio de la cobertura y el uso de la tierra, haciendo uso del procesamiento digital de imágenes del satélite LANDSAT 5 registradas entre 1999 y el 2001, a través de una clasificación supervisada, usando el algoritmo de máxima verosimilitud. Los resultados se compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA con interpretación visual de imágenes LANDSAT 5 registradas entre 1986 y 1994. Las imágenes de 1999 y 2001 fueron clasificadas con un acierto del 89 % y al compararlas con la clasificación de INRENA, permitieron evaluar la dinámica espacio temporal de los bosques secos, cuantificando los retrocesos y mejoras de estos. El 38% del área del bosque seco permaneció sin variación, mientras que 13% mejoró su condición y el otro 23% tiende a la reducción de su cobertura. El procesamiento digital de imágenes de satélite permite agilizar el proceso y ser más precisos que la interpretación visual utilizada en el estudio de línea de base del INRENA.

Gamarra (2017) realizó el estudio de análisis de la cobertura y uso de la tierra en el distrito de San Ramón, región Junín, utilizando imágenes Landsat 8, sensor pasivo de resolución espacial media del año 2016, con el propósito de determinar, cuantificar y visualizar, las coberturas y usos de la tierra con la metodología de clasificación semiautomática, para el mapeo de cobertura y uso de la tierra, empleando Random Forest, con un 97.2 % de confiabilidad. De igual manera usó como base la leyenda CORINE Land Cover, alcanzando 3 niveles de detalle y 13 clases; así mismo empleó el software ENVI EX para la segmentación que más se ajuste a la imagen. La consistencia del mapa muestra resultados eficientes con un 95.33 % de precisión global del mapa y un valor del índice Kappa de 0.922.

Martínez *et al* (2015) realizaron el estudio de cobertura y uso de la tierra en las provincias de Alto Amazonas y Ramón Castilla, departamento de Loreto, con el objetivo de analizar la deforestación e identificar la cobertura y uso de la tierra en áreas estratégicas de las mencionadas provincias, mediante el esquema de clasificación CORINE Land Cover, lo que permitió elaborar el mapa de cobertura y uso de la tierra en áreas estratégicas para el año 2013, a escala 1/50 000, utilizando las imágenes Landsat 8 y sobre la base del área identificada como no bosque por el análisis de cambio en la cobertura forestal concluyendo así que la provincia de Alto Amazonas, de acuerdo con su extensión, es la provincia con mayor deforestación del departamento de Loreto con 240 411.00 ha, con una tasa anual de deforestación de 5 797 ha. La causa de esto es la demanda de extensiones de tierras para el cultivo de palma aceitera con fines agroindustriales. Mientras que en la provincia de Mariscal Ramón Castilla la tasa de deforestación anual es menor (3 364 ha.) debido a la falta de conectividad para cultivos con fines agroindustriales.

El Gobierno Regional de Cajamarca (2018) a través del área de la ZEE-OT, ha realizado la quinta versión del Estudio Especializado de Análisis de los Cambios de Cobertura y Uso de la Tierra para el Ordenamiento Territorial, a través del cual se logró identificar y cuantificar los cambios de cada tipo de cobertura correspondientes al periodo 2001-2013, tomando en cuenta la clasificación de coberturas de CLC (CORINE Land Cover), y siguiendo la metodología dispuesta por el Ministerio del Ambiente (R.M. N° 135-2013-MINAM). Los resultados obtenidos en dicho estudio indican que, el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca como región, corresponde a un área de 599 236.15 hectáreas que representa el 18.18 %, mientras que la permanencia del paisaje corresponde a una superficie de 2 696 027.69 ha., que representan el 81.82 % del área departamental lo cual indica la fragmentación paulatina del paisaje en perjuicio de la superficie de hábitats naturales y en el aislamiento de estos.

Briones (2018) realizó el análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodo 2000-2016 en el distrito de Namora, provincia y departamento de Cajamarca, mediante el uso de imágenes satelitales landsat5 y landsat8, categorizando de acuerdo a la propuesta de CORINE Land Cover-CLC en un nivel III, a partir de ello determinó los siguientes tipos de cobertura: Tejido urbano continuo, Pastos, Áreas agrícolas heterogéneas, Bosques plantados, Herbazal, Arbustal, Afloramiento rocoso. Asimismo, determinó que la categoría de Mosaico de pastos y cultivos abarca un 28% del área total del distrito. Finalmente determinó que de acuerdo al mapa de uso del suelo y cobertura vegetal sufrieron cambios 9 151.86 hectáreas equivalente al 58.10 % y no cambio 6 600.30 ha equivalente al 41.90 %, dichos cambios de cobertura vegetal son debido a los impactos antropogénicos.

Ñontol (2018) realizó análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra del distrito de Asunción para el período 2002-2017, con el uso de imágenes satelitales Landsat7 y Landsat8 a través de la metodología CORINE Land Cover, en el nivel III. Reportando ocho clases de cobertura: Teniendo 20.42 hectáreas para tejido urbano continuo; 2 293.69 hectáreas de pastos naturales y cultivados de las familias poaceae y fabaceae; 4 476.52 ha de áreas agrícolas heterogéneas de las familias solanaceae, annonaceae, rutaceae, musaceae, vitaceae y lauraceae; 494.44 hectáreas en bosques de las familias myrtaceae, pinaceae, cupressaceae, salicaceae y casuarinaceae; 7 013.66 hectáreas de hierbas de las familias poaceae y asteraceae; 6 546.96 hectáreas de arbustos de las familias lamiaceae, sapindaceae y verbenaceae; 620.94 hectáreas de afloramientos rocosos y 2.22 hectáreas para lagunas naturales permanentes; también determinó que existieron cambios en 9 577.22 hectáreas 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.

2.2. Bases teóricas de la cobertura y uso del suelo.

2.2.1. El suelo

Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la meteorización de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Allí crecen plantas y animales los cuales al morir dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados luego en materia orgánica y mezclados con el suelo (FAO 1996).

2.2.2. Cobertura vegetal

Se define como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisiológicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos (Bennett 1998).

En la cuenca se encuentran diversos tipos de vegetación, definidos en cierto grado por parámetros físico-ambientales, biológicos y edáficos. Los valores de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial, entre otros parámetros, se usan para delimitar los diferentes tipos de cobertura (Holdridge 1979).

A. Cambios de cobertura

Para Heckadon (1999) los cambios de cobertura son un componente importante dentro del estudio de cambio ambiental global, debido a que ésta dinámica de patrones de cobertura vegetal/uso de suelo y sus cambios es un fenómeno que afecta muchos procesos ecológicos y biofísicos, tales como la estructura trófica, la composición de las especies y su dispersión, los patrones climáticos y la estabilidad hídrica.

B. Sistemas de clasificación de cobertura

Nivel internacional

En el 2011 el Grupo Consultivo de Expertos, habló acerca del Método adoptado en las Directrices del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos, sobre el Cambio Climático) revisadas en 1996, señalando a las directrices que aportan enfoques, metodologías y orientaciones técnicas para la preparación de inventarios del GEI (gases de efecto invernadero) en el sector CUTS (Cambio de uso de la tierra y Silvicultura). Esta metodología de inventario se basa fundamentalmente en dos supuestos relacionados:

- El flujo de CO₂ hacia y desde la atmósfera es igual a los cambios en las reservas de carbono de la biomasa y el suelo.
- Los cambios en las reservas de carbono pueden calcularse una vez hayan establecido las tasas de cambio en el uso de la tierra y las prácticas empleadas para conseguir tal cambio, por ejemplo, la quema, tala selectiva, cambio en la silvicultura o en las prácticas de gestión. Esto requiere calcular lo siguiente: El uso de la tierra durante el año del inventario, la conversión de bosques o pastizales y las reservas de carbono en las categorías del uso de la tierra (incluyendo tanto las tierras que cambiaron como las que no lo hicieron).

De la Torre (2016) describe que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México trabaja con dos tipos de coberturas: Coberturas vegetales naturales y coberturas vegetales antrópicas, dentro de las cuales podemos identificar las siguientes categorías.

Tabla 1. Sistema de clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México.

Sistema de clasificación	
Coberturas vegetales naturales	
1.	Bosques de coníferas
2.	Bosque de encino
3.	Bosque de pino y encino
4.	Bosque mesófilo de la montaña
5.	Bosque tropical caducifolio
6.	Bosque tropical subcaducifolio
Coberturas vegetales antrópicas	
7.	Agricultura
8.	Pastizal

Fuente: De la Torre (2016).

Santana y Pineda (2010) en uno de sus estudios para la Universidad Autónoma para el Estado de México, proponen un sistema de clasificación a partir de los datos de la Dirección General de Investigación de ordenamiento y conservación de los ecosistemas del Instituto Nacional de Ecología (INE), a través de la información conseguida en el Inventario Nacional Forestal (INF).

Tabla 2. Niveles de información de las categorías de uso y cobertura del suelo.

Subformación	
1.	Bosques primarios
2.	Bosques secundarios
3.	Selvas primarias
4.	Selvas secundarias
5.	Matorral primario
6.	Matorral secundario
7.	Pastizales naturales
8.	Pastizal inducido
9.	Cultivos
10.	Asentamientos humanos
11.	Cuerpos de agua
12.	Otra cobertura

Fuente: Inventario Nacional Forestal (INF), México, (2000).

Nivel nacional

Sistema de clasificación CORINE Land Cover

CORINE Land Cover (CLC) es una leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial (escala espacial) con distintos niveles de detalle temático (Arnillas *et al* 2012).

UMAZA (2015) manifiesta que CORINE es la manera abreviada de: Coordination of Information of the Environment., traducido a nuestro idioma sería: Coordinación de Información del Medio Ambiente, cuyo objetivo principal es la captura de los datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos europea a escala 1:100.000 sobre cobertura y uso del territorio mediante la interpretación a través de imágenes recogidas por la serie de satélites, con miras a la homogenización de la información sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en la comunidad.

La Leyenda CLC adaptada al Perú es una leyenda jerárquica de 4 niveles con 74 clases de cobertura y usos de la tierra. Nivel I (6u), Nivel II (19u), Nivel III (43u), Nivel IV (6u) la propuesta de una leyenda estándar permite realizar comparaciones entre las unidades establecidas a nivel nacional (USAID 2014).

UMAZA (2015) describe que desde 1995 CORINE Land Cover (CLC), responsabilidad de la Agencia Europea del Medio Ambiente, obtiene una base de datos europea de ocupación del suelo bajo la siguiente base:

- Escala referencial: 1:100.000
- Sistema geodésico de referencia: ETRS 89 y sistema cartográfico de representación: UTM
- Unidad mínima cartografiable: 25 ha en el caso de cambios en la ocupación del suelo: 5 ha.

USAID (2014) menciona que el Ministerio del Ambiente (MINAM) en cumplimiento a sus funciones y competencias asignadas en materia de Ordenamiento Territorial, emitió la Resolución Ministerial N° 135-2013-MINAM, que aprueba la Guía Metodológica para la elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial. En esta guía se menciona al Estudio de análisis de los cambios de la cobertura y uso del suelo y a la actualidad vienen elaborando las guías de procedimiento metodológico que incluirá el uso de CORINE Land Cover. La que se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3. Clasificación de cobertura y uso del suelo de CORINE Land Cover (CLC).

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
		1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	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
		3.1.1. Bosque denso bajo
	3.1. Bosques	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	3.2.1. Plantaciones forestales	
	3.3.1. Hierbas	

		3.3.2 Arbustos
		3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
		3.3.5 Arbustos / área intervenida
3. Bosques y áreas mayormente naturales		3.3.6 Herbazal / área intervenida
		3.3.7 Arbustos-Herbazal/área intervenida
		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 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.4 Áreas quemadas
		3.4.5 Glaciares
		3.4.6 Salares
		4.1.1. Áreas Pantanosas
	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales
4. Áreas húmedas		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
		5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
	5.1. Aguas continentales	5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
5. Superficies de Agua		5.1.4. Canales
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
		5.2.1. Lagunas costeras
	5.2 Aguas costeras	5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM), (2013).

2.3. Herramientas para detectar la cobertura de la tierra

2.3.1. Sistema de teledetección

Olaya (2014) la teledetección es el estudio y medida de las características de una serie de objetos (elementos de superficie terrestre), sin que exista contacto físico. Para ello, se miden las perturbaciones que el objeto provoca en su entorno, principalmente las de tipo electromagnético. Las fotografías aéreas fueron el primer producto de la teledetección. El mencionado autor determina el siguiente proceso de teledetección.

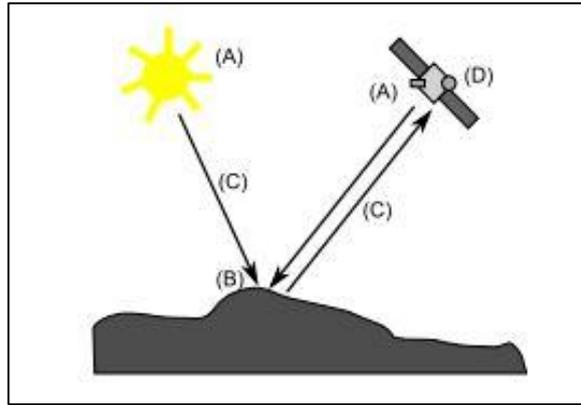


Figura 1. Proceso de teledetección

Fuente: Olaya (2014).

- **Una fuente de radiación (A):** Emite radiación, la cual llega al objeto de estudio y sufre una perturbación causada por dicho objeto. Dicha perturbación es el objeto de estudio de la teledetección.
- **Unos objetos (B):** Interaccionan con la radiación o la emiten.
- **Una atmósfera (C):** En la que se desplaza la radiación, tanto de la fuente hasta el objeto, como del objeto al receptor. Asimismo, dicha atmósfera puede causar perturbaciones en las radiaciones.
- **Un receptor (D):** Que recoge la radiación una vez que ha sido perturbada o emitido por los objetos.

El receptor va a generar como producto final, una imagen (en términos SIG, una capa raster), en cuyas celdas o píxeles se va a contener un valor que indica la intensidad de la radiación. Estos valores son valores enteros denominados “Niveles Digitales”, habitualmente valores entre 1 y 256 (Olaya 2014).

2.3.2. Sistemas de información geográfica

Es un sistema que integra tecnología informática, personas, información geográfica y cuya función principal es de capturar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados (Olaya 2014).

A. Coordenadas geográficas

Melendo *et al* (2002) describe que las coordenadas geográficas constituyen un clásico sistema de referencia en tres dimensiones: un punto cualquiera de la superficie terrestre queda posicionado respecto a tres ejes perpendiculares que, a su vez, dan lugar a tres planos ortogonales entre sí. En la esfera terrestre se puede calcular el valor lineal de ese punto respecto a los tres planos mencionados o, más comúnmente, establecer el valor angular del punto: longitud respecto al meridiano de Greenwich y latitud respecto al Ecuador (paralelo origen). El intervalo de longitudes (Este u Oeste), está comprendido entre los 0° del meridiano Greenwich y los 180° del antimeridiano. Respecto a la latitud (Norte o Sur), el intervalo se desarrolla entre los 0° del Ecuador y los 90° de los polos.

B. Proyecciones cartográficas

Son sistemas que reproducen la esfera terrestre en una superficie plana. Una proyección cartográfica es una representación sistemática de los paralelos y meridianos de una superficie tridimensional en una bidimensional. Dado que una superficie plana no puede ajustarse a una esfera sin estirarse o encogerse, es imposible representar en un mapa los atributos de un globo terráqueo (por ejemplo, meridianos, paralelos, límites entre países, etc., sin producir distorsiones (Pérez *et al* 2011).

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM)

En este sistema el globo se divide en 60 zonas o husos, cada una abarcando 6° de Longitud. Cada zona tiene su meridiano central. Los límites en el eje ordenado se establecen en 84° N y 80° S (ver figura). En la práctica la UTM es un sistema secante con líneas (meridianos) de distancia verdadera a ambos lados del meridiano central (180 Km a cada lado). La escala es 0.9996 en el meridiano central y a lo más 1.0004 en los bordes de la zona. Las coordenadas UTM están definidas en metros, y se fija la coordenada X del meridiano central en 500.000 m, y la coordenada del ecuador (eje Y) se fija en 10.000.000 m bajando hacia el Polo Sur (hemisferio sur). Típicamente las coordenadas UTM tienen 6 dígitos en el eje X y 7 dígitos en el eje Y. Por ejemplo, si consideramos el hemisferio sur para el caso de Chile, la coordenada (x, y) = (680.450 m, 5.306.560 m) significa que el punto en cuestión se encuentra 180.450 m al este del meridiano central (x=500.000 m) y 5.306.560 m al sur del Ecuador (Hernández 2018).

2.3.3. Proyecto Landsat

García (2000) describe que producto de los resultados brillantes obtenidos por la Agencia Espacial Norteamericana (NASA), en la obtención de las fotografías espaciales, se diseñó a finales de los años 60 el primer proyecto dedicado exclusivamente a la observación de los recursos terrestres, fruto de ello fue la puesta en órbita del primer satélite de la serie ERTS (Earth Resource Technology Satellite) el 23 de julio de 1972. Esta familia de satélites fue rebautizada como "Landsat" a partir del segundo lanzamiento en 1975 es decir el LANSAT 2 es considerado el más fructífero debido a que ha proporcionado un sin número de datos multiespectrales de alta resolución, representando así el registro más largo de información proporcionada a usuarios por más de 25 años.

Por los años 80 este proyecto se privatiza, es así que en el año 1985 la compañía EOSAT recibe los derechos para vender productos Landsat por un periodo de 10 años por lo que se desarrolló los programas Landsat 6 y 7. El Landsat 6 se lanzó en el año 1993, pero por fallas de comunicación con la plataforma no se ubicó en la órbita precisa y se perdió, a pesar del fracaso obtenido se dio inicio el proyecto Landsat 7 bajo un programa en el que participan 3 agencias: La NASA es responsable del desarrollo del lanzamiento del satélite y del sector de tierra, la NOAA se encarga de su operación y el mantenimiento durante todo el tiempo de vida del satélite, y la USGS recoge, procesa y distribuye los datos además que se encarga de mantener el archivo (García 2000).

Markham (2013) describe que Landsat 8 se lanzó el 11 de febrero de 2013, desde Vandenberg Air Force Base, California, en un cohete Atlas-V 401, con el carenado de carga útil extendida (EPF) de United Launch Alliance, LLC. (El Landsat 8 se lanza en cotizaciones). La carga útil del satélite Landsat 8 consta de dos instrumentos científicos:

El Operational Land Imager (OLI) y el Sensor infrarrojo térmico (TIRS). Estos dos sensores proporcionan cobertura estacional de la masa terrestre global a una resolución espacial de 30 metros (visible, NIR, SWIR); 100 metros (térmica); y 15 metros (pancromática). Este nuevo proyecto fue desarrollado como una colaboración entre la NASA y el US Geological Survey (USGS). El 30 de mayo de 2013, USGS asumió las operaciones de rutina y el satélite se convirtió en Landsat 8 (Markham 2013).

2.4. Herramientas de visualización de información digital

2.4.1. Imágenes satelitales

Pérez *et al* (2011) manifiesta que la imagen representa una colección de los valores de energía procedentes de la observación, los cuales son detectados por el sensor y ordenados electrónicamente de forma sistemática en una matriz de números mediante un sistema de filas y columnas. Asociado íntimamente al concepto de imagen, está el concepto de celda o pixel, que representa la mínima unidad de formación esa matriz de datos, y en donde se alberga como número digital (ND) cada uno de los valores de intensidad de energía observados por el sensor, el pixel tiene una equivalencia directa con el tamaño sobre el terreno de la mínima superficie que puede observar un sensor determinado.

Así como una imagen posee “n” número de píxeles, cada uno de los segmentos del EEM (Energía electromagnética), observadas por el sensor es almacenada separadamente, las cuales son normalmente denominadas bandas o canales de una imagen, así una imagen puede ser:

- **Monobanda (pancromática):** Se capta mediante un sensor digital que mide la reflectancia en una amplia parte del espectro electromagnético. Para los sensores pancromáticos más modernos esta única banda suele abarcar la parte visible en infrarrojo cercano del espectro. Habitualmente, los datos pancromáticos son por medio de imágenes en blanco y negro.
- **Multibanda (multiespectrales e hiperespectrales),** este es el formato más ampliamente utilizado en teledetección espacial. Se generan a partir de los datos observados por el sensor en muchos segmentos de EEM.

Las imágenes multiespectrales pueden llegar a presentar hasta las diez bandas, mientras que las hiperespectrales aumentan dicho número hasta más de doscientas bandas, permitiendo obtener de esta manera una observación continua de EEM (Pérez *et al* 2011).

2.4.2. Imágenes Landsat

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018) describe las siguientes características de la imagen satelital Landsat 5.

Landsat 5

- Altitud de 705 Km, el tiempo de revisita 16 días y el período orbital pasó de 103 minutos a 98,9 minutos.
- El horario de paso por el Ecuador es a las 9:30 A.M. horario local.
- El sensor TM es un avanzado sensor de barrido multiespectral, concebido para proporcionar una mayor resolución espacial, mejor discriminación espectral entre los objetos de la superficie terrestre, mayor fidelidad geométrica y mayor precisión radiométrica en relación con el sensor MSS.
- Opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal.
- Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal.
- La escena terrestre registrada por este sensor es de 180 x 170 km.

Tabla 4. Características de las imágenes Landsat 5

MODO ESPECTRAL	ESPACIAL (metros)	ESPECTRAL (micras)	RADIOMÉTRICA	TEMPORAL	
Multiespectral	30	Banda 1 azul	0.45 - 0.52	8 BITS	16 Días
		Banda 2 verde	0.52 - 0.60		
		Banda 3 roja	0.63 - 0.69		
		Banda 4 infrarrojo cercano 1	0.76 - 0.90		
		Banda 5 infrarrojo cercano 2	1.55 - 1.75		
Termal	120	Banda 7 infrarrojo medio	2.08 - 2.35		
		Banda 6 infrarrojo térmico	10.4 - 12.5		

Fuente: INEG (2018).

Landsat 8

Ariza (2013) describe que las imágenes Landsat 8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución (Tabla. 2). El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km).

Tabla 5. Distribución de las bandas en OLI y TIRS, Landsat 8

	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Fuente: USGS (2018).

2.4.3. Resolución de los sensores remotos

Resolución espacial

Según el Centro de Investigaciones Geoespaciales (2012) sostiene que este tipo de resolución está relacionada con el tamaño del rasgo más pequeño que puede ser distinguido en una imagen. Mientras los usuarios de productos cartográficos están familiarizados con el concepto de escala, los usuarios de imágenes deben considerar los términos de resolución y exactitud para describir la cantidad de detalles contenidos en la misma.

Resolución espectral

Se refiere al número y ancho de bandas espectrales que puede captar un sensor. Cuanto más estrechas sean estas bandas, mayor será la resolución espectral. Si el sensor tiene la capacidad de registrar radiación electromagnética en varias longitudes de onda, se dice que es multiespectral. Si es capaz de registrar información en cientos de bandas se le llama hiperespectral (INEG 2018).

Resolución radiométrica

Indica la capacidad del sensor para discriminar niveles o intensidades de radiancia. La energía electromagnética recibida por el sensor cuando se convierte a nivel digital necesita un formato binario (número de bits) para codificarse. A mayor número de bits reservados para almacenar el valor de la reflectividad de un pixel, mayor resolución radiométrica. De este modo el sensor TM de Landsat tiene una resolución radiométrica de 8 bits con el que pueden registrarse valores decimales equivalentes en un rango de 0 a 255, es decir 256 (2^8). Algunos sensores llegan a ofrecer hasta 10 o 12 bits (Pérez 2006).

Resolución temporal

La resolución temporal según Sobrino *et al* (2000) alude a la frecuencia de cobertura que proporciona el sensor, esto es la periodicidad con que adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre. El ciclo de cobertura está en función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad, inclinación) así como el diseño del sensor (ángulo de observación y abertura). La cadencia temporal de los distintos sensores varía de acuerdo con sus objetivos.

2.4.4. Técnicas de clasificación de imágenes satelitales

Yebeles y Guiner (2018), los métodos de clasificación se pueden distinguir en dos grupos: supervisado y no supervisado

A. Clasificación supervisada

Requiere un cierto conocimiento de la zona de estudio que permite delimitar sobre la imagen unas zonas o áreas representativas de las distintas categorías que se pretenden discriminar. Estas áreas se conocen como “áreas de entrenamiento” ya que sirven para entrenar al ordenador para que pueda reconocer las distintas categorías. A partir de estas áreas el ordenador calcula diversos parámetros estadísticos de los ND (nivel digital), que definen cada clase, para luego clasificar el resto de los píxeles en una categoría determinada atendiendo a sus ND.

B. Clasificación no supervisada

Este método de clasificación trata de definir las clases espectrales presentes en la Imagen. No implica ningún conocimiento previo del área de estudio por lo que la intervención humana se centra en la interpretación de los resultados. Este método asume que los ND de la imagen se agrupan en una serie de conglomerados (clusters) que se corresponden con grupos de píxeles con un comportamiento

espectral homogéneo y que por ello deberían definir unas clases informacionales de interés. Por desgracia estas clases espectrales no pueden ser asimiladas siempre a las categorías temáticas que el usuario pretende deducir por lo que es labor de éste interpretar el significado temático de dichas categorías espectrales.

2.5. Herramientas de procesamiento de la información digital

2.5.1. Software ArcGIS

ArcGIS es un “software” de Sistema de Información Geográfica diseñado por la empresa californiana Environmental Systems Research Institute (ESRI) para trabajar a nivel multiusuario. Representa la evolución constante de estos productos, incorporando los avances tecnológicos experimentados en la última década en el área de la informática y telecomunicaciones para capturar, editar, analizar, diseñar, publicar en la web e imprimir información geográfica (Puerta 2011).

2.5.2. Software ENVI

UEGPS (2018) describe a ENVI como un software para la visualización, análisis, y presentación de todo tipo de imágenes digitales que incluye herramientas avanzadas, pero fáciles de usar, para realizar análisis espectral, corrección geométrica, análisis del terreno, análisis de datos radar, capacidad GIS para raster y vector, amplio soporte de una gran variedad de fuentes de imágenes entre otros. También se puede realizar clasificación multiespectral, para aplicar diversos tipos de filtros, georreferenciación de imágenes, transformación a componentes principales, cocientes de bandas y estadísticas de imagen. ENVI también cuenta con un conjunto de herramientas avanzadas para el análisis espectral, diseñadas específicamente para trabajar con datos hiperespectrales y un conjunto completo de herramientas para trabajar con datos de RADAR.

2.5.3. Formatos de almacenamiento de datos espaciales

Puerta (2011) propone los siguientes formatos:

Formato Raster

Captura información mediante los medios: Scanners, satélite, fotografía aérea, cámaras de video entre otros. Son fotografías, imágenes digitales capturadas o información digital de un mapa. Trabaja con celdas de igual tamaño que poseen un valor; el tamaño de la celda define el nivel de detalle de la información. El modelo raster también es llamado imagen. Este modelo está orientado para representar fenómenos tradicionalmente geográficos que varían continuamente en el espacio; como la pendiente del terreno, altitud o precipitación. El espacio geográfico es dividido en sectores de forma regular denominada comúnmente píxel. De esta forma se establece una malla de coordenadas (con el origen en la esquina superior izquierda) de píxeles en la que cada píxel va a tomar el valor de la información geográfica que se encuentre en la posición del píxel. Cuanto más pequeño sea el tamaño del píxel más precisa será la representación de la información.

Formato vectorial

El formato vectorial (shapefile) puede ser creado a partir de fuentes de información espacial existente, o pueden ser generados desde ArcGIS, donde podemos añadir elementos. La composición de una cobertura vectorial en ArcGIS consta de tres o más archivos con el mismo nombre, pero con extensiones diferentes:

- Shapefile de puntos: Objeto representado como coordenadas (X, Y, Z). No presenta dimensiones.
- Shapefile de líneas: Objeto construido por una cadena de puntos, contiene por lo menos de un punto de inicio y un punto final, posee longitud.

- Shapefile de polígonos: Conjunto de puntos, donde el punto de inicio es igual al punto final, formando así una figura geométrica cerrada con un interior y un exterior. Es decir, debe presentar como mínimo tres vértices. Posee como atributos perímetro y área.

2.6. Análisis y corrección de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales tienen como materia prima una matriz tridimensional de números, antes de llevar a cabo un análisis por coloración de pixel que es uno de los particulares de este trabajo, debemos de dar un tratamiento previo a las imágenes, a esto se le llama rectificación o corrección, esto con el fin de restablecer los valores en los pixeles que se encuentran modificados desde la fuente; para lograr este cometido, se deberá realizar cuatro tipos de rectificaciones, estas son: Geométricas, radiométricas atmosféricas y/o topográficas (Barrera y García 2015).

2.6.1. Corrección geométrica

Este proceso corrige los desplazamientos y distorsiones geométricas presentes en una imagen, causados por la inclinación del sensor (posición del sensor en el momento de la toma), la influencia del relieve y los errores sistemáticos asociados con la imagen (Cabrera *et al* 2011).

2.6.2. Corrección radiométrica

Las correcciones radiométricas se manejarán para restablecer los valores de los niveles digitales de la imagen depurando cualquier anomalía o, ya sea debido al sistema sensor, o las condiciones de la toma. Dicho tratamiento de las imágenes se puede hacer mediante los procesos, del vecino más cercano, interpolación bilineal, convolución cúbica o interpolación bilineal por ranuras (Barrera y García 2015).

2.6.3. Corrección atmosférica

La corrección atmosférica es un proceso que se aplica a las imágenes digitales, con el propósito de eliminar el efecto de los aerosoles y la radiancia intrínseca que se introduce en el sensor y se ve reflejado en la imagen, como producto de la interacción del sensor con la atmósfera. Con el proceso de corrección atmosférica se logra mejorar la calidad visual de la imagen; así como, eliminar el componente intrusivo de la atmósfera (Aguilar *et al* 2014).

2.6.4. Composiciones Landsat

Para Franco (2017) una composición satelital Landsat es una imagen compuesta por la combinación de tres bandas diferentes del sensor y dispuestas cada una en los tres canales de proyección en pantalla: Rojo (R), Verde (G), Azul (B).

Tabla 6. Combinaciones más comunes de las imágenes satelitales Landsat.

Combinación RGB en LANDSAT 8	Aplicación principal /Descripción
431	Batimetría Permite destacar objetos en cuerpos de agua Color natural
432	Es una combinación que se aproxima al color real de las coberturas ante la vista humana. Su equivalencia en Landsat 7 es 321 Infrarrojo color Esta combinación da como resultado una imagen similar a la tradicional fotografía aérea infrarrojo color.
543	Es útil para estudios de vegetación, patrones de suelos, crecimiento de cultivos y monitoreo de drenajes. La vegetación saludable tiende a una apariencia rojo brillante.
562	Combinación útil para distinguir vegetación saludable
564	Combinación útil para diferenciar tierra / agua y para destacar áreas de bosque.
652	Agricultura
654	Análisis de vegetación
742	Geología Permite destacar elementos geológicos
753	Natural con remoción atmosférica

754	Combinación de infrarrojos
764	Permite destacar formaciones rocosas. También útil para distinguir áreas urbanas.
765	Penetración atmosférica Debido a que no incorpora bandas del espectro visible esta combinación reduce las influencias atmosféricas en la imagen. Es útil para estudios geológicos, así como análisis de humedad en suelos.

Fuente: Franco 2017.

2.7. Mecanismo de procesamiento e interpretación de datos digitales

2.7.1. Algoritmo de máxima verosimilitud

Llamado también máxima probabilidad y este parte del supuesto de que los valores de reflectividad en cada una de las clases siguen una distribución de probabilidad normal multivariante. Se utiliza entonces el vector de medias y la matriz de varianzas-covarianzas para estimar la probabilidad de que un píxel dado pertenezca a cada una de las clases. El píxel se asignará finalmente a la clase cuya probabilidad de pertenencia sea mayor. Una vez terminada la asignación de píxeles a las distintas clases, se pueden establecer unos umbrales de probabilidad para cada categoría, rechazando los píxeles con una probabilidad muy baja, evitando de esta manera que se clasifiquen píxeles en clases en las que realmente no pertenecen. De esta manera tendremos un número de píxeles sin clasificar, y en caso de ser muy grande se debe retornar la fase de entrenamiento para deducir así nuevas categorías o perfeccionar las ya existentes (Chuvieco 2006).

El método de Máxima Verosimilitud es el más utilizado en teledetección; sin embargo, el supuesto básico de normalidad no siempre se cumple, por lo que debería verificarse antes de aplicarlo. No obstante, algunos autores han planteado que, aún en el caso de que las bandas de entrada no cumplan este criterio, los resultados siguen siendo bastante consistentes (Swain y Davis 1978).

2.7.2. Random Forest

Para Breiman (2001) es un meta-clasificador que utiliza árboles de decisión como clasificadores base, donde cada clasificador contribuye con un voto para la asignación de la clase más frecuente. Por ello, primero se explicará cómo funciona un árbol de decisión para después, explicar el funcionamiento conjunto de varios árboles en Random Forest. Un árbol de decisión se construye mediante sucesivas particiones binarias del conjunto de datos de entrenamiento en subconjuntos (nodos) de homogeneidad creciente. La homogeneidad se mide con el índice de Gini (G), que se reduce al mínimo cuando todas las observaciones pertenecen a la misma clase. En cada paso, el nodo con mayor valor de G se divide en función de que los valores de sus celdillas para una determinada variable superen o no un determinado umbral. Dicho umbral y variable se seleccionan para minimizar el valor de G en los nodos resultantes.

El proceso continúa hasta que ninguna subdivisión puede reducir más el índice de Gini (Cluter *et al* 2007).

El resultado final debe ser un árbol de clasificación cuyos nodos finales se etiquetan en función de la clase predominante siendo el resto de los casos errores de clasificación. A partir de estos errores es posible podar el árbol para darle mayor capacidad de generalización. Un árbol así generado puede utilizarse después de clasificar nuevos casos (Breiman 2001).

2.7.3. Matriz de confusión

Una matriz de confusión o matriz de error, es una tabla de contingencia que sirve como herramienta estadística para el análisis de observaciones emparejadas. Como indican Comber *et al.* (2012) la matriz de confusión ha sido adoptada, de facto y de jure, como un estándar para informar sobre la exactitud temática de cualquier producto de datos derivados de la teledetección.

Las matrices de confusión son la forma más usual y estándar de informar sobre la exactitud temática de productos derivados de la clasificación de datos procedentes de imágenes. En este marco, son ampliamente utilizados dos índices: el porcentaje de acuerdo y el índice Kappa. Ambos son índices globales y no permiten un control categoría por categoría y aún menos establecer dentro de una categoría condiciones específicas (Ariza *et al* 2018).

- **Índice Kappa:** Según Abraira (2001), el índice kappa (K) se usa para evaluar la concordancia o reproducibilidad de instrumentos de medida cuyo resultado es categórico (2 o más categorías), representa la proporción de acuerdos observados más allá del azar respecto del máximo acuerdo posible más allá del azar. En la interpretación del índice kappa (K) hay que tener en cuenta que el índice depende del acuerdo observado, pero también de la prevalencia del carácter estudiado y de la simetría de los totales marginales.

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Siendo P_o la proporción de acuerdos observados y P_e la proporción de acuerdos esperados en la hipótesis de independencia entre los observadores, es decir de acuerdos por azar.

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

- **Porcentaje Correctamente Clasificado (PCC):** Constituye el porcentaje de puntos correctamente clasificados.

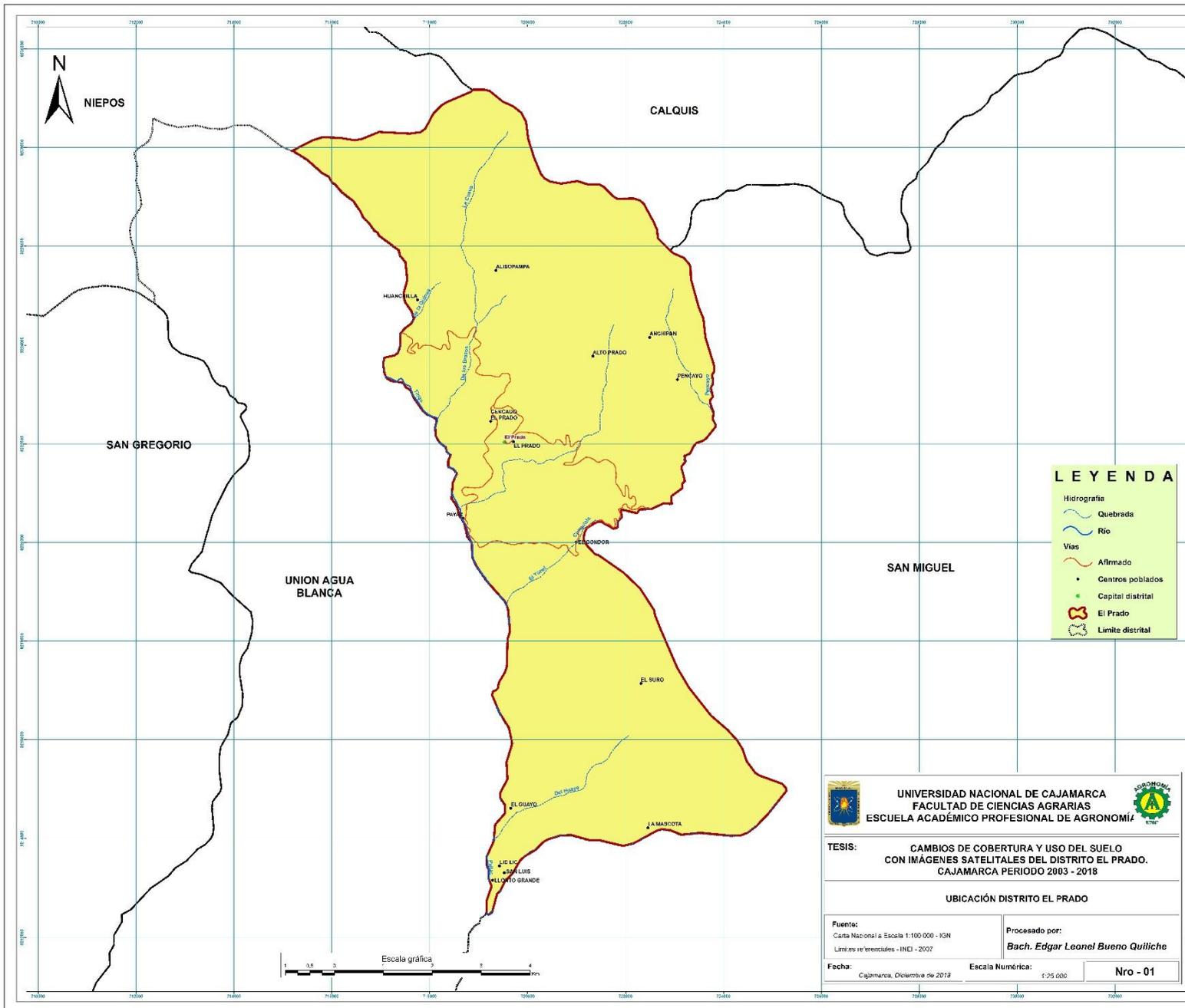
CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción general de la zona.

3.1.1. Ubicación

El estudio se ha realizado en el distrito El Prado, provincia de San Miguel y departamento de Cajamarca. Limita al Norte con los distritos: Calquis y Niepos (San Miguel), por el Este y Sur limita con el distrito San Miguel (San Miguel), al Oeste limita con el distrito Unión Agua Blanca (San Miguel). La altitud sobre el nivel del mar está comprendida entre los 900 msnm en la unión de la quebrada “Santa María-Tacshama” al río “Pallac”, por otro lado, en territorio del caserío “Anchipán” tenemos la altitud máxima de 3750 msnm. La zona de estudio tiene un área de 7 003.32 ha. El distrito se encuentra entre las coordenadas UTM: 715128 - 725303 m E y 9229215 - 9212415 m N. Dicho distrito cuenta con los siguientes centros poblados: Monte Alegre, San Luis, Lic Lic, El Guayo, El Suro, Payac, La Huanchilla, Cercado El Prado y los caseríos: Alto Prado, Llonto Grande, Anchipán, Pencayo, La Mascota, El Condor, Alisopampa, El Prado.



LEYENDA

Hidrografía

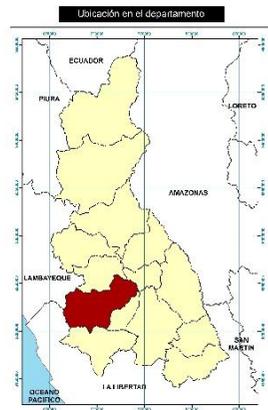
- Quebrada
- Río

Vías

- Afirmado

- Centros poblados
- Capital distrital
- El Prado
- Límite distrital

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA 	
TESIS: CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO. CAJAMARCA PERIODO 2003 - 2018	
UBICACIÓN DISTRITO EL PRADO	
Fuente: Carta Nacional a Escala 1:100.000 - IGN Límites referenciales - INEI - 2007	Procesado por: <i>Bach. Edgar Leonel Bueno Quiliche</i>
Fecha: Cajamarca, Diciembre de 2019	Escala Numérica: 1:25.000 Nro - 01

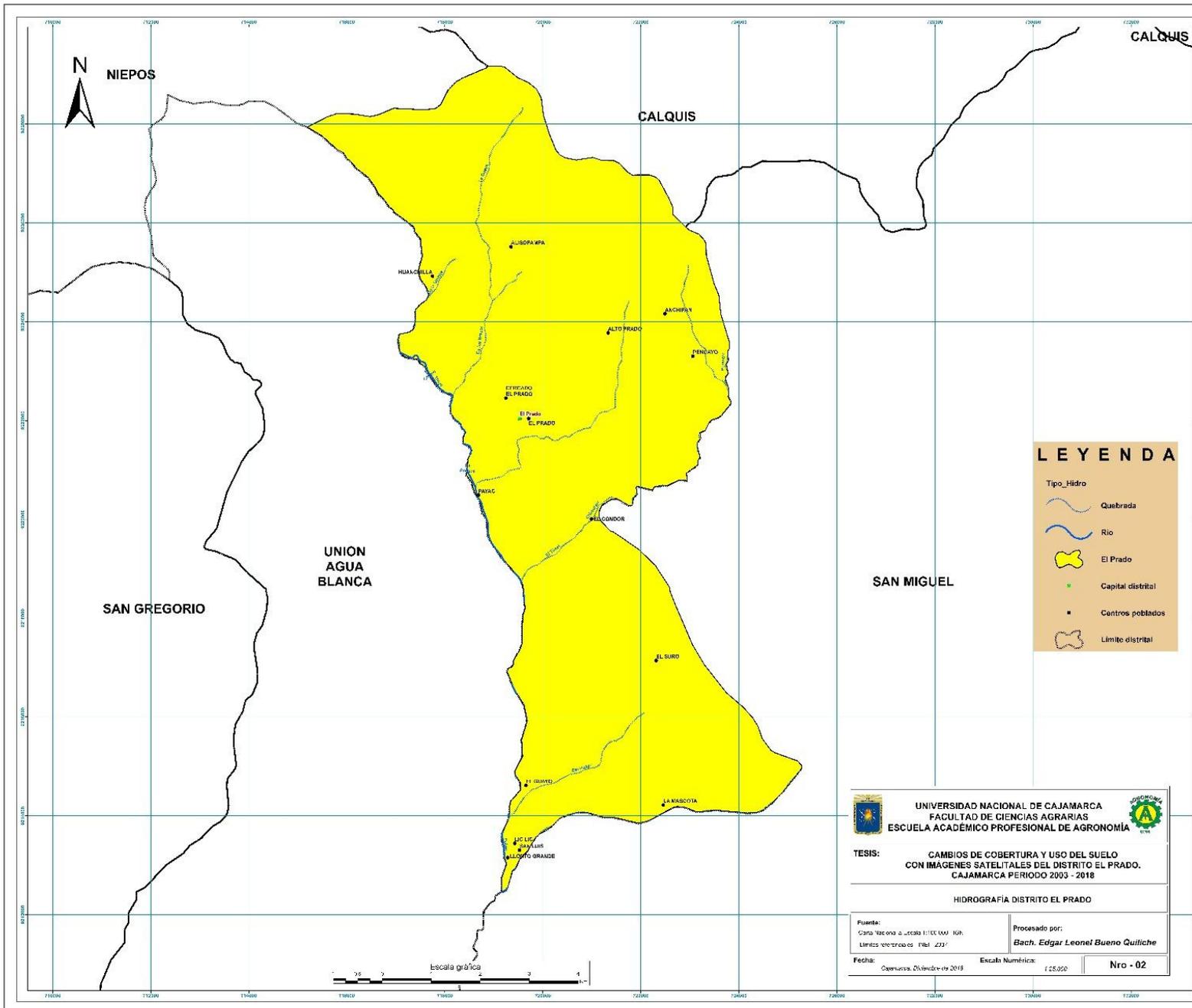


3.1.2. Hidrografía

El distrito de El Prado tiene dentro de su ámbito a la siguiente red hidrológica:

- Por la parte Oeste del mencionado distrito y como límite distrital se encuentra el río Tingo, el cual se inicia con la unión de las quebradas: Tingo y De la quinua, siguiendo el cauce del río antes mencionado se unen las quebradas: El Chorro y La Posada, las cuales provienen del distrito Unión Agua Blanca, se une también la quebrada El Túnel, en dicho punto el río toma el nombre de Pallac.
- Por la parte Este del distrito y como límite distrital se encuentra la quebrada de nombre Pencayo, la cual posteriormente, aguas abajo se une al cauce de la quebrada Chimulala.
- Por la parte Sur del distrito, se da la unión de la quebrada Santa María Tacshana, al río Pallac.

Asimismo, dentro del distrito se extiende 13 quebradas poco pronunciadas, dos de ellas no poseen un nombre definido como se observa en la siguiente figura.



LEYENDA

Tipo_Hidro

- Quebrada
- Rio
- El Prado
- Capital distrital
- Centros poblados
- Limite distrital

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

TESIS: CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO
 CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO,
 CAJAMARCA PERIODO 2003 - 2018

HIDROGRAFÍA DISTRITO EL PRADO

Fuente: Carta Topografía a escala 1:100,000 IGN Límites electorales INEI 2011	Procesado por: Bach. Edgar Leonel Bueno Quiliche
Fecha: Cajamarca, Diciembre de 2018	Escala Numérica: 1:25,000
Nro - 02	



3.1.3. Geología general

Tomando en cuenta el Mapa Geológico Nacional se identificó las siguientes formaciones para el distrito de El Prado.

a. Casco urbano (AU)

El casco urbano está conformado por aquellos lugares que poseen alta densidad de población, su extensión y su mayor dotación de todo tipo de infraestructuras; pero sobre todo la particularidad de las funciones urbanas, especialmente las económicas, concentrándose la actividad y el empleo en los sectores secundario y terciario, siendo insignificante el primario. Representada principalmente por el centro poblado El Prado.

b. Formación Volcánico Chilete (Pe-vch)

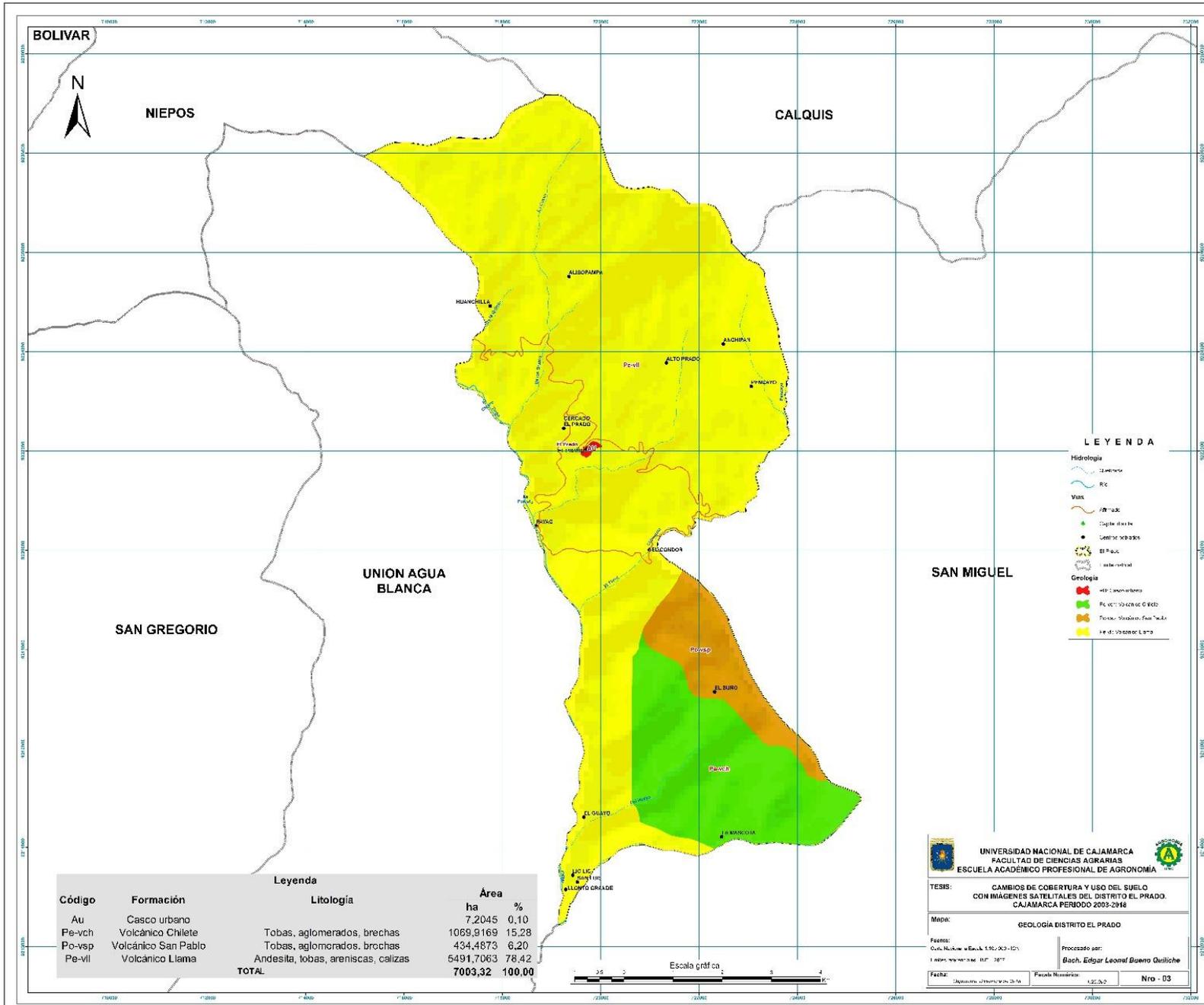
Litológicamente consiste en intercalaciones tobáceas, areniscas tobáceas, conglomerados lenticulares y materiales volcánicos, mayormente andesíticos, bien estratificados. La proporción volcánica es mayor y presenta matices que van desde el verde- violáceo hasta el gris claro. Las areniscas son generalmente rojizas y muchas veces incluyen granos casi enteros de feldespatos. En la base los conglomerados son de cuarcita. El espesor del volcánico Chilete es aproximadamente de 800 m. Por ausencia de fósiles y datos radiométricos, y basándose en sus relaciones estratigráficas con las unidades infra y suprayacentes, la edad del volcánico Chilete es asignada al Paleógeno- Neógeno. Se correlaciona con los volcánicos que yacen discordantemente sobre la formación Casapalca, en la vertiente oriental de la cordillera occidental del centro del Perú. Esta formación se encuentra ocupando un área de 1 069.92 ha, lo que representa el 15.28 % del área total del distrito, se encuentra principalmente en territorios del caserío La Mascota.

c. Formación Volcánico San Pablo (Po - vsp)

La formación Volcánico San Pablo pertenece a la era del Cenozoico, del periodo Paleógeno, época Oligocena, conformada por rocas volcánicas – sedimentarias dentro de ellas las tobas, aglomerados y brechas. Esta formación se encuentra ocupando un área de 434.49 ha, lo que representa el 6.20 % del área total del distrito, se encuentra principalmente en territorios del centro poblado El Suro.

d. Formación Volcánico Llama (Pe - vii)

La formación Volcánico Llama pertenece a la era del Cenozoico, del periodo Paleógeno, época Eocena, conformada por rocas volcánicas - sedimentarias dentro de ellas la andesita, tobas, areniscas, calizas. Esta formación se encuentra ocupando 5 491.71 ha, lo que representa el 78.42 % del área total del distrito, y se ubica en la mayoría de los centros poblados del distrito: Monte Alegre, San Luis, Lic Lic, El Guayo, Payac, La Huanchilla, Cercado El Prado y los caseríos: Alto Prado, Llonto Grande, Anchipán, Pencayo, El Condor, Alisopampa, El Prado.



Leyenda			
Código	Formación	Litología	Área ha %
Au	Casco urbano		7,2045 0,10
Pe-vch	Volcánico Chilete	Tobas, aglomerados, brechas	1069,9169 15,28
Po-vsp	Volcánico San Pablo	Tobas, aglomerados, brechas	434,4873 6,20
Pe-vil	Volcánico Llama	Andesita, tobas, areniscas, calizas	5491,7063 78,42
TOTAL			7003,32 100,00

LEYENDA

Hidrología

- línea azul: Río
- línea azul: Canal

Vías

- línea roja: Carretera
- línea verde: Camión
- línea amarilla: Camino
- línea negra: Camino

Geología

- Pe-vil: Volcánico Llama
- Pe-vsp: Volcánico San Pablo
- Pe-vch: Volcánico Chilete
- Au: Casco urbano

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

TESIS: CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO, CAJAMARCA PERIODO 2003-2016

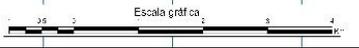
MAPA: GEOLOGÍA DISTRITO EL PRADO

Elaborado por: Bach. Edgar Leonel Bueno Quiñiche

Fecha: 2016/05/20

Proceso: 02/52

Nro: 03



3.1.4. Regiones naturales

Teniendo en cuenta las ocho regiones naturales del Perú, determinadas por el geógrafo Peruano Javier Pulgar Vidal, las que fueron presentadas en la tercera “Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia” en el año de 1940. Se identificó las siguientes Regiones Naturales en el distrito de El Prado.

a. Suni

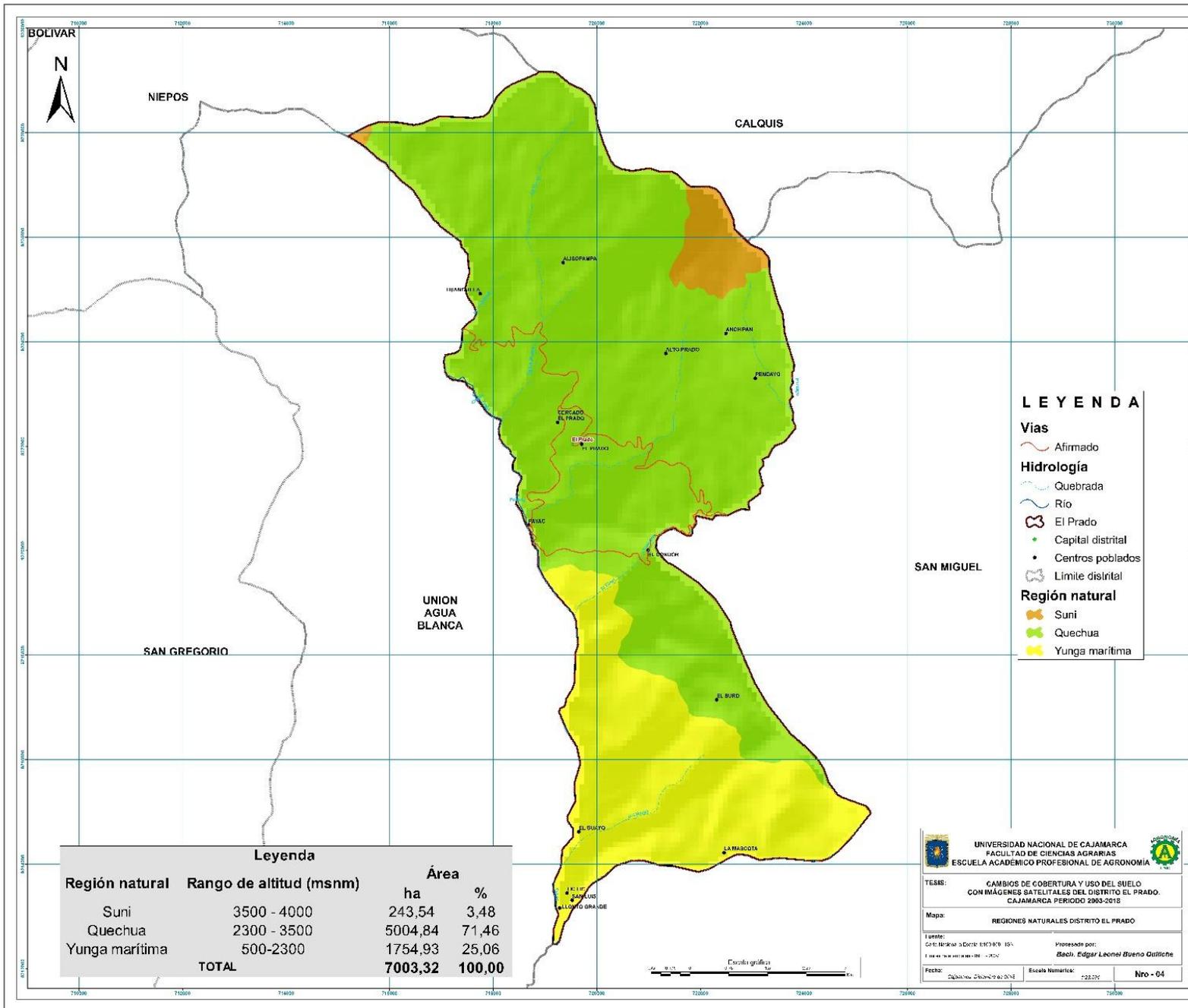
Se encuentra desde los 3 500 hasta los 4 000 sobre el nivel del mar, llamada también Jalca, cuyo suelo es rocoso y con muchas pendientes. El clima es frío y en las noches de mayo a junio las temperaturas llegan hasta 16 °C bajo cero. Entre enero y abril la lluvia es abundante, y las heladas se presentan con frecuencia.

b. Quechua

La más habitada y manipulada por el hombre, sobre todo por las culturas andinas, quienes forjaron los llamados andenes, se encuentra entre los 2 500 y 3 500 metros sobre el nivel del mar. El clima es seco y templado, con cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche y con lluvias copiosas de diciembre hasta marzo.

c. Yunga marítima

Se extiende desde los 500 msnm hasta los 2 300 msnm, en la zona occidental, marítima, y desde los 1 000 msnm hasta los 2 500 msnm en la zona oriental, fluvial. La zona marítima es seca en la estación de verano, pero en épocas lluviosas ocasionan aluviones y huaicos. En cambio, la zona fluvial es húmeda y cálida, con lluvias de acuerdo con las estaciones y con una flora y fauna abundante. En general la región Yunga es propicia para el cultivo de especies frutales, pero también encontramos especies de árboles .



Legenda

Región natural	Rango de altitud (msnm)	Área ha	%
Suni	3500 - 4000	243,54	3,48
Quechua	2300 - 3500	5004,84	71,46
Yunga marítima	500-2300	1754,93	25,06
TOTAL		7003,32	100,00

- LEYENDA**
- Vías**
 Afirmado
- Hidrología**
 Quebrada
 Río
 El Prado
- Capital distrital**
- Centros poblados**
- Limite distrital**
- Región natural**
 Suni
 Quechua
 Yunga marítima

SAN MIGUEL

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

TESIS: CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO. CAJAMARCA PERIODO 2005-2015

Mapa: REGIONES NATURALES DISTRITO EL PRADO

Elaboró: CAROLINA DÍAZ ESPINOZA
 Procesado por: **Bach. Edgar Leonel Bueno Quiñiche**

Fecha: 2020-05-20-2021
 Escala Numérica: 1:25.000
 Nro - 04



3.1.5. Zonas de vida

Tomando en cuenta el proyecto para la clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático, desarrollado por el botánico y climatólogo estadounidense Leslie Holdridge, publicado en el año 1947, dándole el nombre de Zonas de Vida, por lo que a continuación se detalla las Zonas de Vida identificadas en el distrito de El Prado.

a. *Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT)*

Se distribuye altitudinalmente, sobre el monte espinoso-Premontano Tropical y también sobre el bosque seco-Premontano Tropical, entre los 2 000 y 3 000 msnm, en la región de sierra. Posee un clima subhúmedo-Templado Cálido, con temperatura media anual entre 17 °C y 12 °C; y precipitación pluvial total, promedio anual entre 500 y 650 milímetros. La cubierta vegetal es más abundante, tanto cualitativa como cuantitativamente, que en la zona de vida estepa espinosa, sin embargo, en algunos lugares la vegetación original primaria ha sido completamente destruida por el sobrepastoreo y recolectado como matorral energético.

La actividad agrícola se desarrolla en los lugares donde hay disponibilidad de agua para regar, siendo factible también la agricultura de secano en años relativamente lluviosos.

b. *Bosque seco Premontano Tropical (bs-PT)*

Se encuentra a una altitud entre los 1 000 a 2 000 msnm, con una biotemperatura media anual de 19.0 a 23.0 °C. Su régimen de precipitación se encuentra entre 800 a 1 200 mm de lluvia total anual.

c. *Matorral desértico tropical (md-T)*

Geográficamente se distribuye en la costa muy cerca de las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes.

Posee un clima perárido - cálido, con temperatura media anual entre 23.5 °C y 24.6°C, precipitación pluvial total media anual entre 125 y 225 milímetros. La cubierta vegetal está conformada por especies arbóreas aisladas, constituyendo rodales. En las tierras con riego dentro de esta zona de vida se cultiva pan llevar y frutales tropicales. Potencialmente se puede desarrollar la actividad agropecuaria en forma permanente y económicamente rentable si se dota de agua de riego.

d. *Bosque húmedo Montano Bajo Tropical (Bh-MBT)*

Esta zona de vida se encuentra ubicada en la región meso-andina, entre 2 500 y 3 000 msnm. El relieve del terreno se caracteriza por ser accidentado, con predominio de laderas montañosas con fuertes pendientes, excepto las áreas con agricultura cuyo relieve original ha sido modificado por esta actividad.

El clima reinante en esta zona de vida se caracteriza por su condición húmeda no obstante existen algunos meses secos. Presenta una temperatura media anual que fluctúa entre 13 °C y 15 °C y la precipitación total anual fluctúa entre 600 y 1 000 mm. El promedio de la relación de Evapotranspiración Potencial total por año, según el Diagrama Bioclimático de Holdridge varía entre 0.5 y 1.0, es decir, que existe un superhábit de humedad del suelo, correspondiéndole la provincia de humedad húmeda.

La cubierta vegetal de esta zona de vida se caracteriza por los matorrales que a su vez están conformados por especies arbustivas de carácter perennifolio; es decir, la cubierta original fue modificada por la acción antrópica., Es posible encontrar algunos ejemplares dispersos de ciertas especies arbóreas.

En esta zona de vida se practica la agricultura, tanto en seco como en áreas planas y en aquellas modificadas por acción antrópica. Esta zona de vida presenta las mejores condiciones para la actividad forestal con fines de producción de madera tanto con especies forestales exóticas como nativas.

e. *Monte espinoso Premontano Tropical (me-PT)*

Se distribuye sobre el matorral desértico-Premontano Tropical, en la región de costa, posee un clima superárido - Semicálido, con temperatura media anual entre 17 °C y 18 °C; y precipitación pluvial promedio anual, entre 260 y 460 milímetros.

La cubierta vegetal está afectada por un excesivo pastoreo, sin embargo, aún se puede observar asociaciones de cactáceas, arbustos y gramíneas que emergen con las lluvias veraniegas. En terrenos que disponen agua de regadío hay cultivos tropicales y subtropicales. En las laderas también es común el pastoreo de ganado caprino aprovechando la vegetación arbustiva y herbácea estacional.

f. *Bosque muy húmedo - Montano Tropical (bmh-MT)*

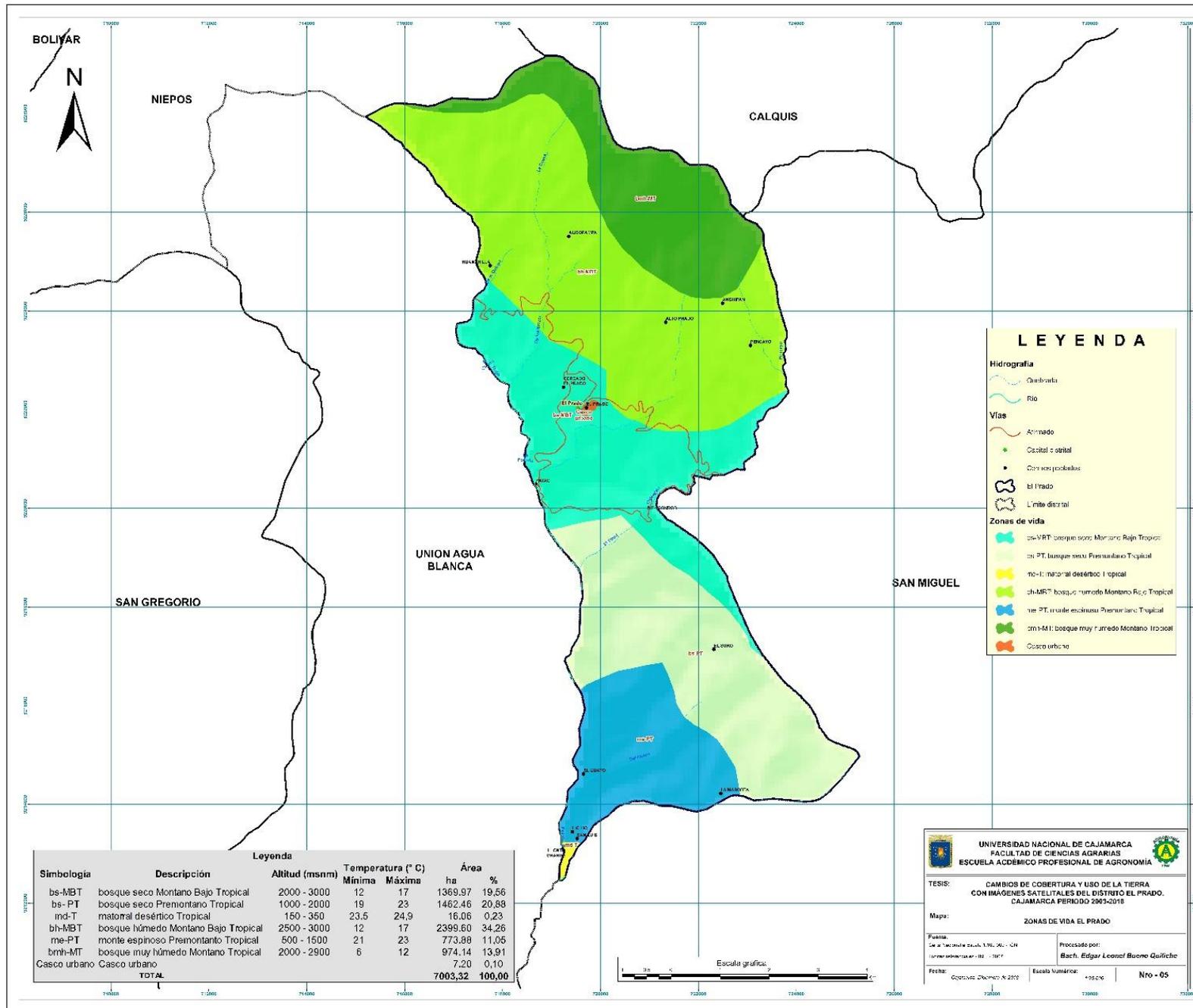
Esta zona de vida se encuentra ubicada en la región meso-andina, entre 3 500 y 3 800 msnm. El relieve del terreno se caracteriza por ser accidentado, con predominio de laderas montañosas con fuertes pendientes, excepto las áreas con agricultura cuyo relieve original ha sido modificado por esta actividad. El clima reinante en esta zona de vida se caracteriza por su condición húmeda. Presenta una temperatura media anual que fluctúa entre 7 °C y 12 °C y la precipitación total anual fluctúa entre 1 000 y 1 200 mm.

El promedio de la Relación de Evapotranspiración Potencial total por año, según el Diagrama Bioclimático de Holdridge varía entre 0.25 y 0.50, existiendo un superhábit de humedad del suelo, correspondiéndole la provincia de humedad perhúmedo.

La cubierta vegetal de esta zona de vida se caracteriza por estar conformada en su mayoría por matorrales perennifolios y por hierbas tipo graminoide. Debido a su semejanza con los páramos, por la predominancia de pastos naturales, se le denomina también subpáramo. En esta zona de vida se practica la actividad agrícola y pecuaria de manera limitada, debido principalmente a la alta pluviosidad y baja temperatura. En las áreas con pendientes fuertes deben ser dedicadas a la forestación principalmente con especies nativas, como por ejemplo *Gynoxis*, *Buddleja*, *Polylepis*, etc.

g. Casco urbano

Referida al espacio urbano (zona urbana, medio urbano, área urbana, centro urbano, núcleo urbano, casco urbano o territorio urbano), cuyas características son su mayor población, su alta densidad de población, su extensión y su mayor dotación de todo tipo de infraestructuras; pero sobre todo la particularidad de las funciones urbanas, especialmente las económicas, concentrándose la actividad y el empleo en los sectores secundario y terciario, siendo insignificante el primario.



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

TESIS: CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO, CAJAMARCA PERIODO 2003-2018

Mapa: ZONAS DE VIDA EL PRADO

Elaborado por: **Bach. Edgar Leonel Bueno Quiñcho**

Fecha: 2018

Escala Numérica: 1:20,000

Nro - 05

3.2. Materiales y equipos de campo

3.2.1. Materiales y herramientas

- Libreta de campo
- Prensa para recolección de plantas
- Lápices
- Lapiceros
- Porta planos
- Tablero porta hojas
- Botiquín de primeros auxilios
- Wincha
- Tijera de podar
- Machete
- Poncho impermeable
- Botas
- Bolsa de dormir

3.2.2. Instrumentos y equipos

- GPS-GARMIN
- Binoculares
- Cámara fotográfica semiprofesional

3.3. Materiales y equipos de gabinete

3.3.1. Materiales

- Libreta de apuntes
- Papel bond A4
- Lápices
- Lapiceros

3.3.2. Equipos

- Computadora Laptop
- Impresora
- Escáner

3.3.3. Material cartográfico

- Carta nacional del Perú 1: 100 000.
- Shapefiles, raster del distrito El Prado, obtenido del Gobierno Regional de Cajamarca.
- Base de datos ZEE Cajamarca
- Base de datos IGN

3.3.4. Software

- Microsoft Windows 10
- Microsoft office 2016
- ArcGIS 10.5.1
- Envi 4.8 y 5.3
- RGui 3.15.

3.4. Metodología

La determinación de los cambios de cobertura y uso del suelo, periodo 2003 - 2018 se realizó en el ámbito del distrito El Prado, provincia de San Miguel y departamento de Cajamarca, desde el 12 de junio del 2018 hasta el 12 de enero del 2019.

La metodología para la generación de los mapas temáticos de cobertura y uso del suelo, fue según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente (R.M. N° 135-2013-MINAM), se basó en el procesamiento digital de imágenes satelitales (Landsat 5 y Landsat 8), utilizando los software ENVI y ArcGIS que permitieron generar la cartografía temática de cobertura y uso del suelo para el periodo 2003 - 2018, cuyas unidades fueron clasificadas de acuerdo a las categorías dispuestas por CORINE Land Cover (CLC), constituyéndose como el insumo base para realizar el análisis de los respectivos cambios. Asimismo, implicó el empleo de información territorial generada durante el proceso de elaboración de la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) del departamento y de otros estudios afines elaborados tanto en el nivel local, regional y nacional.

3.4.1. Fase inicial de gabinete

a. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 2003-2018.

Consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con el uso del suelo en el distrito de El Prado.

Instituciones visitadas.

- Gobierno Regional de Cajamarca-Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial (ZEE-OT).
- Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- El Ministerio del Ambiente (MINAM), del cual se obtuvo la información temática y cartográfica.

Descarga del modelo de elevación digital DEM

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

Selección y descarga de imágenes Landsat

Imágenes Landsat del distrito El Prado, éstas fueron adquiridas del servidor de www.glovis.usgs.gov vía internet lo cual constituyó la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra, cuyas especificaciones son las siguientes:

Tabla 7. Datos de las imágenes satelitales descargadas

ID	Satélite	Fecha
LT50090652003202CUB00	Landsat5	21/07/2003
LC80090652018003LGN00	Landsat8	03/01/2018

Fuente: *Elaboración propia.*

Corrección atmosférica y calibración radiométrica de las imágenes descargadas

La corrección atmosférica y calibración radiométrica de las imágenes descargadas se realizó con la ayuda del software ENVI versión 5.3.

En la fase inicial de gabinete se trabajó en las etapas I, II y III siguiendo el procedimiento como se detalla en la siguiente figura.

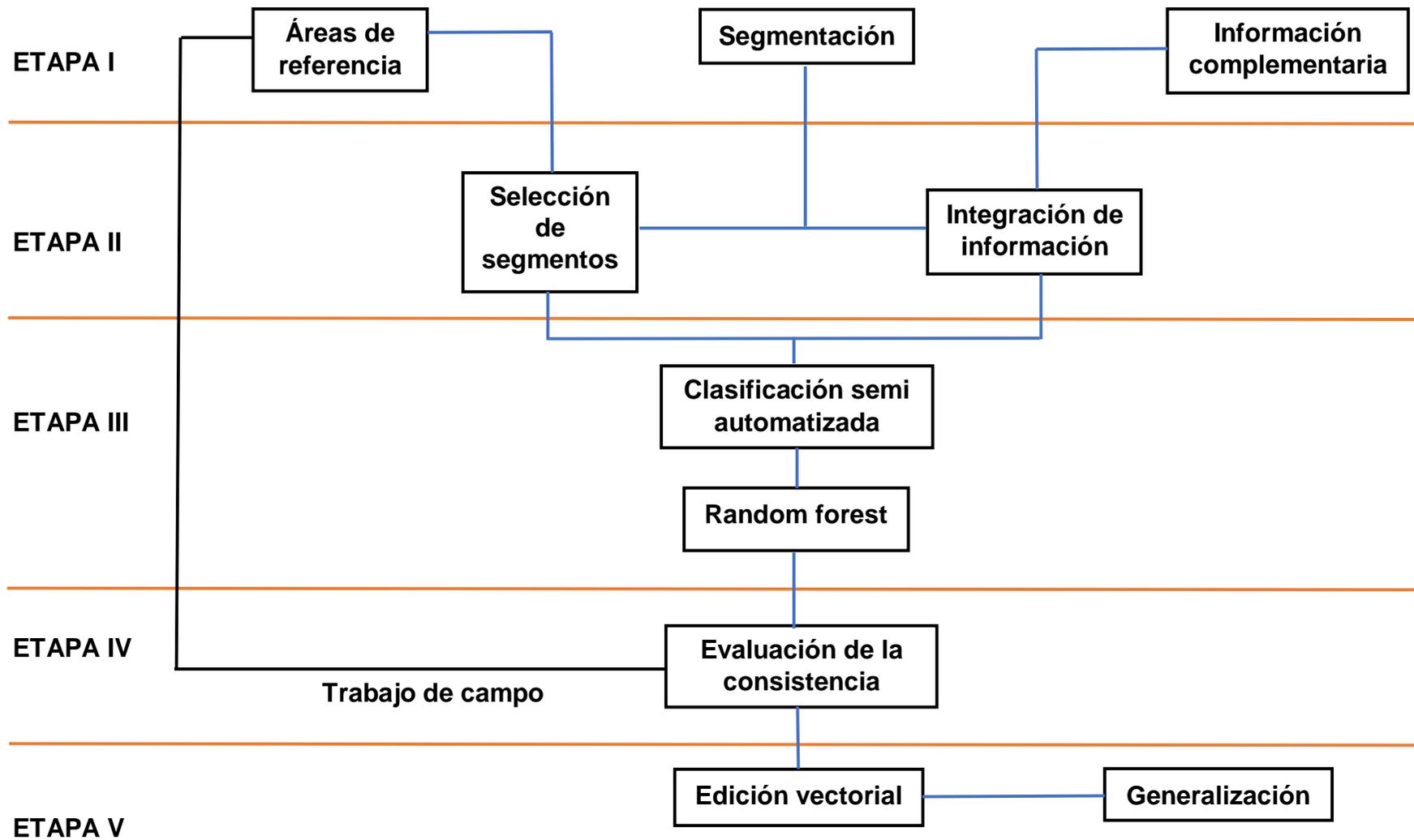


Figura 7. Proceso de clasificación para la representación cartográfica.

Fuente. Ministerio del Ambiente (MINAM), (2013).

b. Etapa I

Áreas de referencia

Se creó un shapefile en el software ArcGIS de forma geométrica (polígono) para poder delimitar el área de trabajo y posteriormente cortar las imágenes de Landsat 5 y Landsat 8 obteniendo como resultado un archivo con formato raster.

Segmentación

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

- **Escale:** Para segmentar las imágenes se requiere solo un parámetro (scale level), este parámetro puede variar entre 0 y 100, valores altos generan pocos segmentos.
- **Merge:** Es un parámetro opcional, tiene un rango de 0 a 100 se utiliza para integrar segmentos muy pequeños a segmentos más grandes, elementos como árboles y nubes pueden generar segmentos no deseados.

Tabla 8. Valores obtenidos de la segmentación

Segmentación	Landsat 5	Landsat 8
Escale	30	30
Merge	35	40

Fuente: Elaboración propia

Información complementaria

Se utilizó el ModelBuilder “Coberturas_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM), que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, proceso mediante el cual se selecciona los

segmentos que se intersectan con las áreas de entrenamiento haciendo una interrelación entre ambos asignando así las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas.

c. Etapa II

Selección de segmentos (áreas de entrenamiento)

Se creó un shapefile con el nombre de aeita_1 con el software ArcGIS, que nos permite reconocer los segmentos que se muestran consistentes, constituye el conjunto de información de entrada que alimentara el proceso de clasificación automática.

Integración de información

La información complementaria se obtuvo con el software RGui 3.15 y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en unir la información obtenida del Modelo de Elevación Digital (DEM) y las imágenes satelitales como son:

- **Brightness:** Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5 y 8.
- **Greenness:** Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5 y 8.
- **Slope:** Archivo en formato ráster que contiene datos sobre altitud, generados a partir del Modelo de Elevación digital (DEM).
- **Curvatura:** Describe las características físicas de una cuenca de drenaje para intentar entender los procesos de erosión y escorrentía. La pendiente afecta la tasa general de movimiento descendente. La orientación define la dirección del flujo. La curvatura del perfil afecta la aceleración y desaceleración del flujo y, por lo tanto,

influye en la erosión y la sedimentación. La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo.

En donde se nos genera una tabla llamada “Todo seg” en formato .dbf y .Rdata.

d. Etapa III

Clasificación semi automatizada

La clasificación semi automatizada se obtuvo con el software RGui 3.15 y el algoritmo “filtrar.tabla.todo.rf.2” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en procesar los archivos “Todo seg, aeita_1, y el archivo obtenido de la información complementaria”, en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster.

Random forest

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

3.4.2. Fase de campo

En esta fase se trabajó la etapa IV de la figura 7.

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, con los actores directos; es decir, sobre el mapa y la imagen satelital se realizaron las correcciones que eran necesarias, paralelamente se hizo anotaciones sobre el tipo de vegetación más importante, altitud, erosión, y datos referentes al uso actual de la tierra como cultivos, herbazales, arbustos, bosques plantados, etc.

3.4.3. Fase final de gabinete

En esta fase se trabajó la etapa IV de la figura 7.

Edición vectorial

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.5.1 sobre las imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo.

Generalización

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

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Categorías identificadas de cobertura y uso del suelo bajo la clasificación CORINE Land Cover.

Del análisis de las 2 imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8, respectivamente, se logró identificar las siguientes categorías de acuerdo con la clasificación CORINE Land Cover, adaptada para Perú, en los niveles II y III.

Tabla 9. Categorías de cobertura y uso del suelo, identificadas en el distrito El Prado.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	SIMBOLOGÍA
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu
	2.1 Cultivos transitorios		Ct
2. Áreas agrícolas	2.2 Cultivos permanentes		Cp
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	Mpc
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados	3.2.1 Plantaciones forestales	Pf
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.3.1 Hierbas	He
		3.3.2 Arbustos	Ar

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. "1". Áreas artificializadas

a. "1.1". Áreas urbanizadas

"1.1.1". Tejido urbano continuo (Tu)

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



Figura 8. Cobertura de Tejido urbano continuo en el distrito El Prado.

4.1.2. “2”. Áreas agrícolas

a. “2.1” Cultivos transitorios (Ct)

Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto (hasta 2 años), llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses. En el distrito de El Prado se ha identificado los siguientes cultivos transitorios:

Tabla 10. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de cultivos transitorios en el distrito El Prado.

Nombre común	Familia	Especie	Región natural
Arroz	Poaceae	<i>Oryza sativa</i> L.	Yunga
Maíz amarillo	Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	Yunga
Frijol	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Yunga, quechua
Arveja	Fabaceae	<i>Pisum sativum</i> L.	Yunga, quechua
Yuca	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.	Yunga

Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Cobertura de Cultivos transitorios en el distrito El Prado.

b. “2.2” Cultivos permanentes (Cp)

Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a dos años, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos industriales. En el distrito de El Prado se ha identificado los siguientes cultivos permanentes:

Tabla 11. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de cultivos permanentes en el distrito El Prado.

Nombre común	Familia	Especie	Región natural
Mango	Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Yunga
Granadilla	Passifloraceae	<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	Yunga
Maracuyá	Passifloraceae	<i>Passiflora edulis</i> Sims.	Yunga
Palta	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Yunga
Café	Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Yunga
Plátano	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Yunga
Guaba	Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	Yunga
Chamburo	Cariaceae	<i>Vasconcellea pudescens</i> A. DC.	Yunga

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10. Cobertura de Cultivos permanentes en el distrito El Prado.

c. “2.4”. Áreas agrícolas heterogéneas

“2.4.2”. Mosaico de pastos y cultivos (Mpc)

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales. Están dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra. En el distrito El Prado se ha identificado a pastos naturales, pastos cultivados y cultivos de pan llevar tales como:

Tabla 12. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Mosaico de pastos y cultivos en el distrito El Prado.

Nombre común	Familia	Especie	Región natural
Kikuyo	Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoch. Ex Chiov.	Quechua
Rye grass	Poaceae	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Quechua
Dactilo o dactilis	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i> L.	Quechua
Trigo	Poaceae	<i>Triticum aestivum</i> L.	Quechua
Cebada	Poaceae	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Quechua
Maíz	Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	Quechua
Avena	Poaceae	<i>Avena sativa</i> L.	Quechua
Centeno	Poaceae	<i>Secale cereale</i> L. M. Bieb.	Quechua
Trébol	Fabaceae	<i>Trifolium</i> sp.	Quechua

Trébol blanco	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.	Quechua
Trébol rojo	Fabaceae	<i>Trifolium pratense</i> L.	Quechua
Arveja	Fabaceae	<i>Pisum sativum</i> L.	Quechua
Llantén macho	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Quechua
Lengua de vaca	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L.	Quechua
Papa	Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Quechua, suni
Olluco	Basellaceae	<i>Ullucus tuberosus</i> Caldas.	Suni
Mashua	Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum tuberosum</i> Ruiz & Pav.	Suni
Oca	Oxalidaceae	<i>Oxalis tuberosa</i> Molina.	Suni

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Cobertura de Mosaico de pastos y cultivos en el distrito El Prado.

4.1.3. “3”. Bosques y áreas mayormente naturales

a. “3.2.1”. Plantaciones forestales (Pf)

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras). En el distrito de El Prado se identificó las siguientes especies forestales que conforman esta categoría de cobertura:

Tabla 13. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de plantaciones forestales en el distrito El Prado.

Nombre común	Familia	Especie
Pino patula	Pinaceae	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl & Cham.
Pino radiata	Pinaceae	<i>Pinus radiata</i> D.Don.
Aliso	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth



Figura 12. Cobertura de Plantaciones forestales en el distrito El Prado.

4.1.4. “3.3”. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

a. “3.3.1”. Hierbas (He)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70 % de ocupación) o abierta (30 % - 70 % de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos. En estas formaciones vegetales no ha habido la intervención de la mano del hombre o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales. En el distrito El Prado se han identificado las siguientes especies vegetales que conforman esta categoría:

Tabla 14. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Hierbas en el distrito El Prado.

Nombre común	Familia	Especie
Ichu	Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (R. et P.) Kunth.
Tisña	Poaceae	<i>Stipa obtusa</i> (Nees & Meyen) Hitchc.
Chilligua	Poaceae	<i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl.
No identificado	Poaceae	<i>Muhlenbergia angustata</i> (J. Presl) Kunth.
Mishico	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i> Kunth.
Vira vira	Asteraceae	<i>Achyrocline</i> sp. (Less.) DC.
Moradilla	Amaranthaceae	<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kuntze
Chinita del campo	Asteraceae	<i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.
No identificado	Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.
Bandera española	Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i> L.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. Cobertura de Hierbas en el distrito El Prado.

b. “3.3.2”. Arbustos (Ar)

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0.5 y 2 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida. En el distrito El Prado se ha identificado las siguientes especies vegetales que conforman dicha cobertura:

Tabla 15. Principales especies vegetales identificadas dentro de la categoría de Arbustos en el distrito El Prado.

Nombre común	Familia	Especie
Chirigua	Malvaceae	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.
No identificado	Malvaceae	<i>Bastardia bivalvis</i> (Cav.) Kunth
No identificado	Asteraceae	<i>Liabum solidagineum</i> (Kunth) Less.
Carqueja	Asteraceae	<i>Baccharis</i> sp.
Cascomia	Asteraceae	<i>Cascomia rugosa</i> Kunth.
Planta amarga	Asteraceae	<i>Calea ternifolia</i> Kunth..
Chilco	Asteraceae	<i>Ageratina fastigiata</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.
No identificado	Myrtaceae	<i>Myrcianthes</i> sp.
No identificado	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp. L.
No identificado	Solanaceae	<i>Solanum amotapense</i> Svenson
Hierba santa	Solanaceae	<i>Cestrum auriculatum</i> L'Hér.
Capachito	Calceolariaceae	<i>Calceolaria</i> sp.
Tuno roso	Melastomataceae	<i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana
Muyuyo	Boraginaceae	<i>Cordia lutea</i> Lam.
Cabello de ángel	Ranunculaceae	<i>Clematis haenkeana</i> C. Presl.
Sapote de perro	Capparaceae	<i>Colicodendrom scabridum</i> (Kunth) Seemann
Palo amarillo de cerro	Berberidaceae	<i>Berberis</i> sp.
Cucharilla	Proteacea	<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam) R. Br.
Romerillo o hierba de San Juan	Hypericaceae	<i>Hypicum laricifolium</i> Juss.
No identificado	Siparunaceae	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 14. Cobertura de Arbustos en el distrito de El Prado.

4.2. Cambios de cobertura y uso del suelo ocurridos en el periodo 2003-2018.

Luego de realizar el procesamiento de las imágenes satelitales y siguiendo la metodología anteriormente descrita se generaron los mapas de cobertura y uso del suelo para los periodos respectivos los mismos que se detallan a continuación:

4.2.1. Cobertura y uso del suelo año 2003

A. Matriz de confusión

Siguiendo la metodología sugerida por el MINAM. se obtuvo la matriz de confusión para el año 2003, en la que se muestra la fiabilidad tanto del usuario como la del productor la cual detallamos a continuación.

Tabla 16. Matriz de confusión generada para el año 2003.

	Categorías	Categorías asignadas a la imagen						Total	F. usuario (%)
		Tu	Ct	Cp	Mpc	He	Ar		
Resultados de la clasificación	Tu	10	0	0	0	0	0	10	100.00
	Ct	0	20	1	0	0	0	21	95.24
	Cp	0	0	18	0	1	0	19	94.74
	Mpc	0	0	0	25	0	1	26	96.00
	He	0	0	0	1	20	0	21	90.91
	Ar	0	0	0	0	0	20	20	100.00
	TOTAL	10	20	19	26	21	21	117	96.15
F. productor (%)	100.00	100.00	93.33	96.15	95.24	95.24			

Fuente: Elaboración propia.

Describiendo la tabla anterior tenemos:

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

- En la primera fila se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Tejido urbano continuo (Tu), de las cuales 10 se digitalizaron correctamente, alcanzando así una fiabilidad de usuario de 100.00%.

- En la segunda fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Cultivos transitorios (Ct), de las cuales 20 se digitalizaron correctamente y 01 fue confundida con la categoría de Cultivos permanentes (Cp), alcanzando así una fiabilidad de usuario de 95.24 %.
- En la tercera fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Cultivos permanentes (Cp), de las cuales 18 se digitalizaron correctamente y 01 fue confundida con la categoría de Hierbas (He), alcanzando así una fiabilidad de usuario de 94.74 %.
- En la cuarta fila se digitalizaron 26 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), de las cuales 25 se digitalizaron de manera correcta y 01 fue confundida con la categoría Hierbas (He), alcanzando una fiabilidad de usuario de 96.00 %.
- En la quinta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Hierbas (He), de las cuales 20 se digitalizaron de manera correcta y 01 fue confundida con la categoría Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), alcanzando una fiabilidad de usuario de 90.91 %.
- En la sexta fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Arbustos (Ar), de las cuales 20 se digitalizaron correctamente, alcanzando una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

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

- En la primera columna se obtuvieron 10 clasificaciones, correspondiente a la categoría de Tejido urbano continuo (Tu), de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente, alcanzando así una fiabilidad de usuario de 100.00 %.
- En la segunda columna se obtuvieron 20 clasificaciones correspondientes a la categoría de Cultivos transitorios (Ct), de las cuales 20 fueron correctamente clasificadas, alcanzando una fiabilidad de usuario de 100.00 %.
- En la tercera columna se obtuvieron 19 clasificaciones correspondientes a la categoría de Cultivos permanentes (Cp), de las cuales 18 se clasificaron de manera correcta y 01 fue confundida con la categoría alcanzando una fiabilidad de usuario 93.33 %.
- En la cuarta columna se obtuvieron 26 clasificaciones correspondientes a la categoría de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), de las cuales 25 se clasificaron de manera correcta y 01 fue confundida con la categoría de Hierbas (He), alcanzando una fiabilidad de usuario 96.15 %.
- En la quinta columna se obtuvieron 21 clasificaciones correspondientes a la categoría Hierbas (He), de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente y 01 fue confundida con la categoría de Cultivos permanentes (Cp), alcanzando una fiabilidad de usuario de 95.24 %.
- En la sexta columna se obtuvieron 21 clasificaciones correspondientes a la categoría Arbustos (Ar), de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente y 01 fue confundida con la categoría de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), alcanzando una fiabilidad de usuario de 95.24 %.

B. Índice Kappa

Cálculo del índice Kappa de Cohen, para el año 2003.

$$P_o = \frac{10 + 20 + 18 + 25 + 20 + 20}{117} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(10 \times 10) + (20 \times 20) + (18 \times 19) + (25 \times 26) + (20 \times 21) + (20 \times 21)}{117^2} = 0.17$$

$$K = \frac{0.97 - 0.17}{1 - 0.17} = 0.98$$

C. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2003 es de 98 %.

D. Categorías encontradas en el año 2003

Las principales categorías de cobertura vegetal, tomando en cuenta la tabla de CORINE Land Cover, encontradas en el año 2003 fueron.

Tabla 17. Categorías de coberturas, obtenidas para el año 2003.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	SIMBOLOGÍA	ÁREA (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	8.37	0.12
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	241.59	3.45
	2.2 Cultivos permanentes		Cp	92.18	1.32
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	2024.27	28.90
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.3.1 Hierbas	He	1440.00	20.56
		3.3.2 Arbustos	Ar	3196.90	45.65
TOTAL				7003.32	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Cobertura y uso del suelo del distrito El Prado en el año 2003.

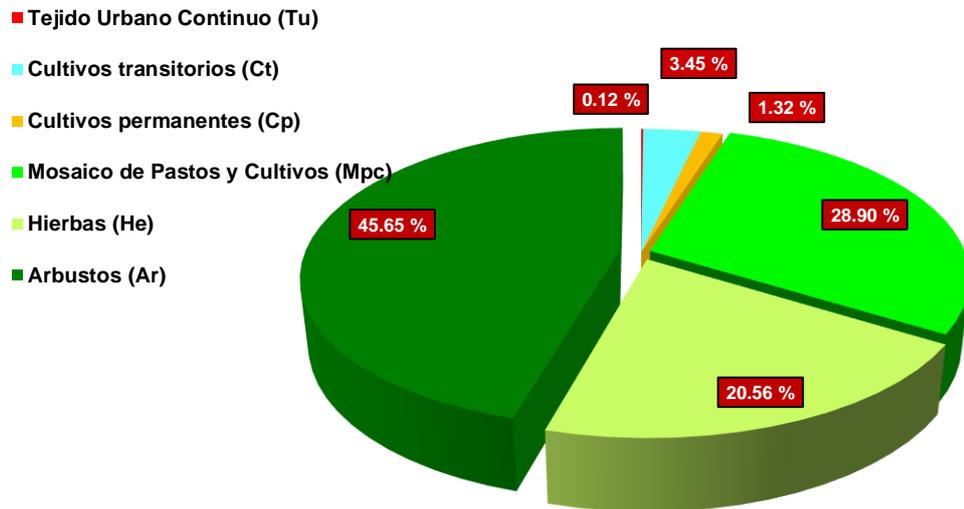


Figura 15. Distribución porcentual de las coberturas que recubren la superficie del distrito El Prado para el año 2003.

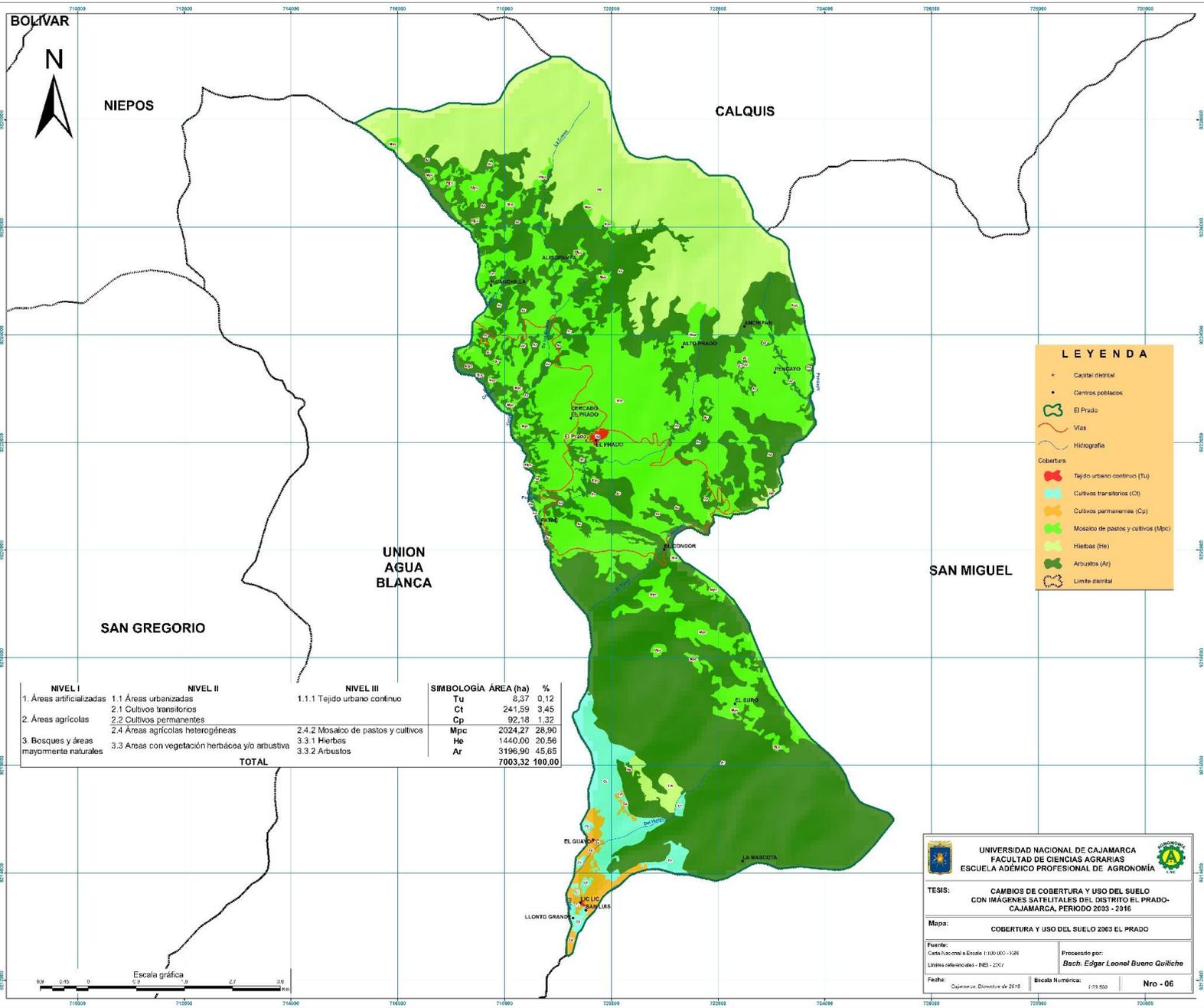
Fuente: *Elaboración propia.*

De la tabla y la figura anterior se describe lo siguiente:

- La cobertura de Arbustos (Ar), la cual toma la leyenda “332” de acuerdo a la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 45.65 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2003.
- La cobertura de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), la cual toma la leyenda “242” según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 28.90 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2003.
- La cobertura de Hierbas (He), la cual toma la leyenda “331” de acuerdo a la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 20.56 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2003.
- La cobertura de Cultivos transitorios (Ct), la cual toma la leyenda “21” según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 3.45 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2003.
- La cobertura de Cultivos permanentes (Cp), la cual toma la leyenda “22” según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover,

recubre el 1.32 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2003.

- La cobertura de Tejido urbano continuo (Tu), la cual toma la leyenda "111" según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 0.12 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2003.



NIVEL I		NIVEL II		NIVEL III		SIMBOLOGÍA		ÁREA (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas			1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu		8,37	0,12	
	2.1 Cultivos transitorios				Ct		241,59	3,45	
2. Áreas agrícolas	2.2 Cultivos permanentes				Cp		92,18	1,32	
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas			2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	Mpc		2024,27	28,90	
				3.3.1 Hierbas	He		1440,00	20,56	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva			3.3.2 Arbustos	Ar		3196,90	45,65	
TOTAL								7003,32	100,00

LEYENDA

- Capital distrital
- Centros poblados
- El Prado
- Vías
- Hidrografía
- Cobertura
- Tejido urbano continuo (Tu)
- Cultivos transitorios (Ct)
- Cultivos permanentes (Cp)
- Mosaico de pastos y cultivos (Mpc)
- Hierbas (He)
- Arbustos (Ar)
- Limite distrital

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA ADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS: CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO-CAJAMARCA, PERIODO 2003 - 2016

Mapa: COBERTURA Y USO DEL SUELO 2003 EL PRADO

Fuente: Datos satelitales a Escala 1:100.000 - 1:500
 Límites referenciales - INEI - 2001

Fecha: Cajamarca, Diciembre de 2016

Procesado por: **Bach. Edgar Leonel Bueno Quilche**

Escala Numérica: 1:51.560

Nro - 06

SISTEMAS DE COORDENADAS PROYECTADAS: UTM
 DATUM: WGS 84
 ZONA O LÍNEA NOROCCIDENTAL: 17 Sur
 ESFEROIDE: INTERNACIONAL 1989

4.2.2. Cobertura y uso del suelo año 2018

A. Matriz de confusión

Siguiendo la metodología sugerida por el MINAM, se obtuvo la matriz de confusión para el año 2018, en la que se muestra la fiabilidad tanto del usuario como la del productor la cual detallamos a continuación.

Tabla 18. Matriz de confusión generada para el año 2018.

Resultados de la clasificación	Categorías asignadas a la imagen								F. usuario (%)	
	Categorías	Tu	Ct	Cp	Mpc	Pf	He	Ar		Total
Tu		14	0	0	0	0	0	0	14	100.00
Ct		0	18	1	0	0	0	0	19	94.74
Cp		0	0	20	0	0	0	0	20	100.00
Mpc		0	0	0	22	0	1	0	23	95.65
Pf		0	0	0	0	10	0	0	10	100.00
He		0	0	0	1	0	19	1	21	90.48
Ar		0	0	0	0	0	0	27	27	100.00
TOTAL		14	18	21	23	10	20	28	135	97.27
F. productor (%)		100.00	100.00	95.24	95.65	100.00	95.00	96.42		

Fuente: Elaboración propia.

Describiendo la tabla anterior tenemos:

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

- En la primera fila se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Tejido urbano continuo (Tu), de las cuales 14 se digitalizaron correctamente, alcanzando así una fiabilidad de usuario de 100.00 %.
- En la segunda fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Cultivos transitorios (Ct), de las cuales 18 se digitalizaron correctamente y una 01 fue confundida con la categoría Cultivos permanentes (Cp), alcanzando así una fiabilidad de usuario de 94.74 %.
- En la tercera fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Cultivos permanentes (Cp), de las cuales 20 se

digitalizaron correctamente, alcanzando una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

- En la cuarta fila se digitalizaron 23 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), de las cuales 22 se digitalizaron correctamente y 01 fue confundida con la categoría Hierbas (He), alcanzando una fiabilidad de usuario de 95.65 %.
- En la quinta fila se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento que corresponden a la categoría de Plantaciones forestales (Pf), de las cuales 10 se digitalizaron correctamente, alcanzando una fiabilidad de usuario de 100.00 %.
- En la sexta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento correspondientes a la categoría de Hierbas (He), de las cuales 19 se digitalizaron correctamente y 01 fue confundida con la categoría Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), de igual manera 01 fue confundida con la categoría Arbustos (Ar), alcanzando una fiabilidad de 90.48 %.
- En la séptima fila se digitalizaron 27 áreas de entrenamiento correspondientes a la categoría de Arbustos (Ar), de las cuales 27 se digitalizaron correctamente, alcanzando una fiabilidad de usuario de 100.00%.

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

- En la primera columna se obtuvieron 14 clasificaciones, correspondiente a la categoría de Tejido urbano continuo (Tu), de las cuales 14 fueron clasificadas correctamente, alcanzando así una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

- En la segunda columna se obtuvieron 18 clasificaciones correspondientes a la categoría de Cultivos transitorios (Ct), de las cuales 18 fueron correctamente clasificadas, alcanzando una fiabilidad de usuario de 100.00 %.
- En la tercera columna se obtuvieron 21 clasificaciones correspondientes a la categoría de Cultivos permanentes (Cp), de las cuales 20 fueron clasificadas correctamente y 01 fue confundida con la categoría de Cultivos transitorios (Ct), alcanzando una fiabilidad de usuario 95.24 %.
- En la cuarta columna se obtuvieron 23 clasificaciones correspondientes a la categoría de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), de las cuales 22 fueron clasificadas correctamente y 01 fue confundida con la categoría de Hierbas (He), alcanzando una fiabilidad de usuario 95.65 %.
- En la quinta columna se obtuvieron 10 clasificaciones correspondientes a la categoría Plantaciones forestales (Pf), de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente, alcanzando una fiabilidad de usuario de 100.00 %.
- En la sexta columna se obtuvieron 20 clasificaciones correspondientes a la categoría de Hierbas (He), de las cuales 19 fueron clasificadas correctamente y 01 fue confundida con la categoría de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), alcanzando una fiabilidad de usuario de 95.00 %.
- En la séptima columna se obtuvieron 28 clasificaciones correspondientes a la categoría Arbustos (Ar), de las cuales 27 fueron clasificadas correctamente y 01 fue confundida con la categoría de Hierbas (He) alcanzando una fiabilidad de usuario de 96.42 %.

B. Índice Kappa

Cálculo del índice Kappa de Cohen, para el año 2018.

$$P_o = \frac{14 + 18 + 20 + 22 + 10 + 19 + 27}{135} = 0.96$$

$$P_e = \frac{(14 \times 14) + (18 \times 19) + (20 \times 20) + (22 \times 23) + (10 \times 10) + (19 \times 21) + (27 \times 27)}{135^2} = 0.15$$

$$K = \frac{0.96 - 0.15}{1 - 0.15} = 0.95$$

C. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2018 es de 95 %.

D. Categorías encontradas en el año 2018

Las principales categorías de cobertura vegetal, tomando en cuenta la tabla de CORINE Land Cover, encontradas en el año 2018 fueron.

Tabla 19. Categorías de coberturas, obtenidas para el año 2018.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	SIMBOLOGÍA	ÁREA (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	8.84	0.13
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Ct	230.38	3.29
	2.2 Cultivos permanentes		Cp	111.29	1.59
	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	2121.81	30.30
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2 Bosques plantados	3.2.1 Plantaciones forestales	Pf	0.39	0.01
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.3.1 Hierbas	He	1376.25	19.65
		3.3.2 Arbustos	Ar	3154.36	45.04
TOTAL				7003.32	100.00

Fuente: Elaboración propia.

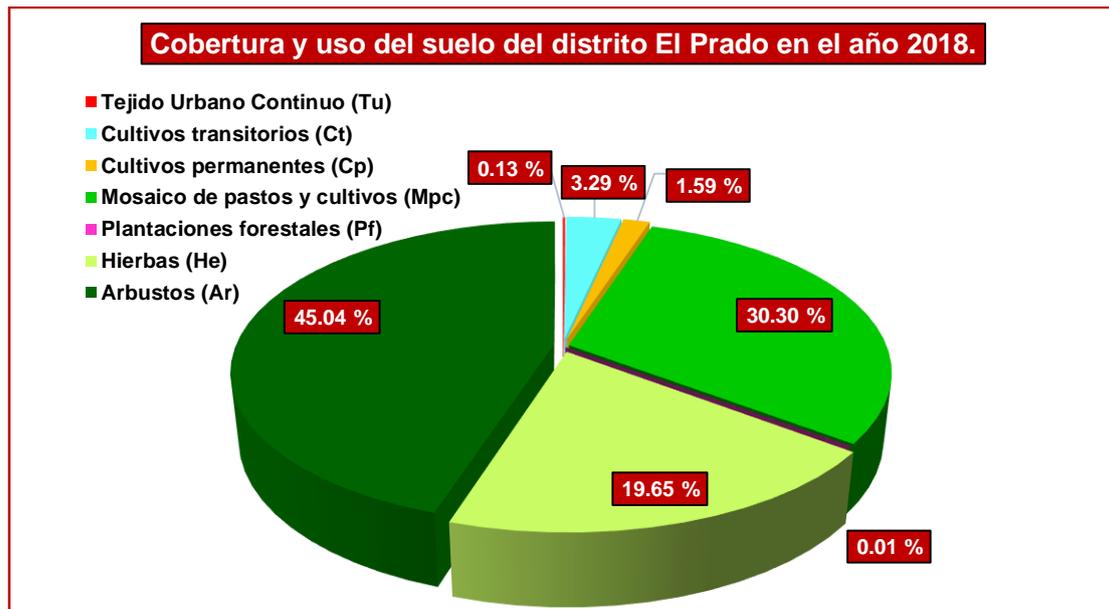


Figura 17. Distribución porcentual de las coberturas que recubren la superficie del distrito El Prado para el año 2018.

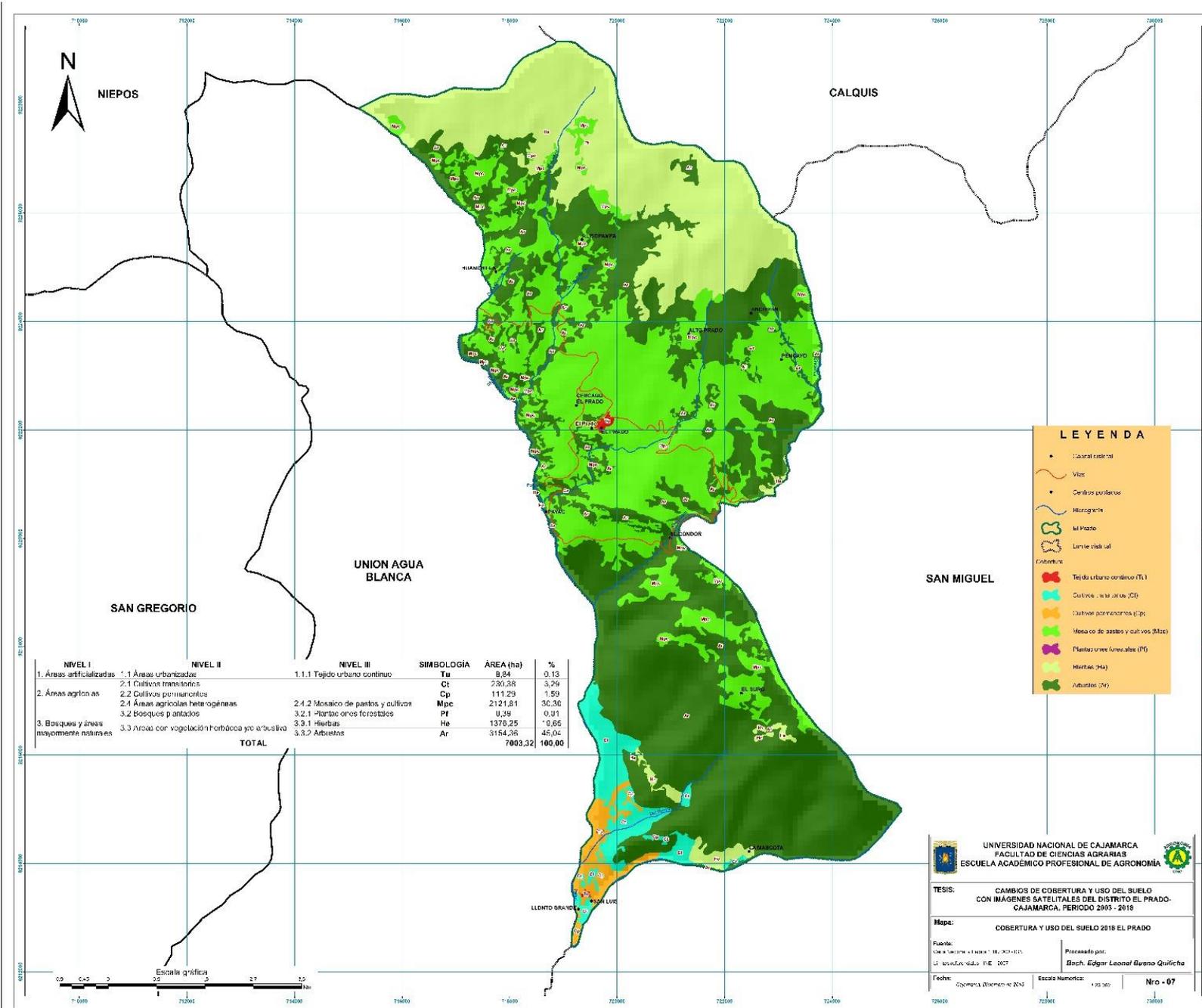
Fuente: *Elaboración propia.*

De la tabla y figura anterior se describe lo siguiente:

- La cobertura de Arbustos (Ar), la cual toma la leyenda “332” de acuerdo a la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 45.04 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2018.
- La cobertura de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), la cual toma la leyenda “242” según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 30.30% de la superficie del distrito El Prado para el año 2018.
- La cobertura de Hierbas (He), la cual toma la leyenda “331” de acuerdo a la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 19.65 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2018.
- La cobertura de Cultivos transitorios (Ct), la cual toma la leyenda “21” según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 3.29 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2018.
- La cobertura de Cultivos permanentes (Cp), la cual toma la leyenda “22” según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover,

recubre el 1.59 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2018.

- La cobertura de Tejido urbano continuo (Tu), la cual toma la leyenda “111” según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 0.13 % de la superficie del distrito El Prado para el año 2018.
- La cobertura de Plantaciones forestales (Pf), la cual toma la leyenda “321” según la tabla de clasificación de CORINE Land Cover, recubre el 0.01% de la superficie del distrito El Prado para el año 2018.



NIVEL I		NIVEL II		NIVEL III		SIMBOLOGIA	AREA (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	2.1 Cultivos transitorios	2.2 Cultivos permanentes	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.1.1 Tejido urbano continuo			
2. Áreas agrícolas	3.2 Bosques primarios	3.1.1 Hierbas	3.1.2 Hierbas	3.2.1 Mosaico de pastos y cultivos	3.2.1.1 Mosaico de pastos y cultivos	Mpc	2121,81	30,30
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y arbustiva	3.3.1 Hierbas	3.3.2 Arbustos			PF	0,39	0,01
						He	1379,25	19,65
						Ar	3154,36	45,04
TOTAL							7003,32	100,00

LEYENDA

- Capital distal
- Vice
- Centros poblados
- Hidrografía
- El Prado
- Límite distal
- Cobertura:
 - Tejido urbano continuo (Tu)
 - Cultivos permanentes (Cp)
 - Cultivos transitorios (Ct)
 - Mosaico de pastos y cultivos (Mpc)
 - Hierbas (He)
 - Arbustos (Ar)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS: CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO-CAJAMARCA, PERIODO 2003 - 2018

Mapa: COBERTURA Y USO DEL SUELO 2018 EL PRADO

Fuente: Imágenes satelitales (Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI/TIRS)
Elaborado por: BACH. Edgar Leonel Bueno Quiñica

Fecha: Octubre, diciembre de 2018
Escala Numérica: 1:50.000
Nº - 07



SISTEMAS DE COORDENADAS PROYECTADAS: UTM
DATUM: WGS 84
ZONA O USO HORARIO: 17 SUR
ESFERIDE: INTERNACIONAL 1983

4.3. Cambio y no cambio de cobertura y uso del suelo ocurridos durante el periodo 2003-2018.

Para determinar el cambio y no cambio del tipo de cobertura en el distrito de El Prado, se evaluó la variación de áreas de los polígonos de forma global para los años de evaluación 2003-2018, sin tomar en cuenta razón de cambio o a que categoría de cobertura a la que perteneciera tal o cual polígono, detallando a continuación los resultados de dicha variación.

4.3.1. Cambio y no cambio de la cobertura y uso del suelo periodo 2003-2018.

En el periodo 2003 - 2018, se puede observar ganancia de área (+) como también pérdida de área (-) en las categorías obtenidas, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías: Mosaico de pastos y cultivos con +97.54 ha, Cultivos permanentes (Cp) con +19.11 ha, Tejido urbano continuo (Tu) con +0.47 ha, Plantaciones forestales (Pf) con +0.39 ha, dichas coberturas han mostrado un cambio positivo mientras que las coberturas de: Hierbas (He) con -63.76 ha, Arbustos (Ar) con -42.54 ha, Cultivos transitorios (Ct) con -11.20 ha, mostraron un cambio negativo.

Tabla 20. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso del suelo, periodo 2003-2018.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	SIMB.	SUPERFICIE AÑO 2003		SUPERFICIE AÑO 2018		2003-2018	
				ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
1. Áreas artificializadas	1.1 Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	Tu	8.37	0.12	8.84	0.13	+0.47	+0.01
			Ct	241.59	3.45	230.38	3.29	-11.20	-0.16
2. Áreas agrícolas	2.1 Cultivos transitorios		Cp	92.18	1.32	111.29	1.59	+19.11	+0.27
	2.2 Cultivos permanentes		Mpc	2024.27	28.90	2121.81	30.30	+97.54	+1.39
3. Bosques y áreas mayormente naturales	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	Pf	0.00	0.00	0.39	0.01	+0.39	+0.01
	3.2 Bosques plantados	3.2.1 Plantaciones forestales	He	1440.00	20.56	1376.25	19.65	-63.76	-0.91
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.3.2 Arbustos	Ar	3196.90	45.65	3154.36	45.04	-42.54	-0.61
TOTAL				7003.32	100.00	7003.32	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

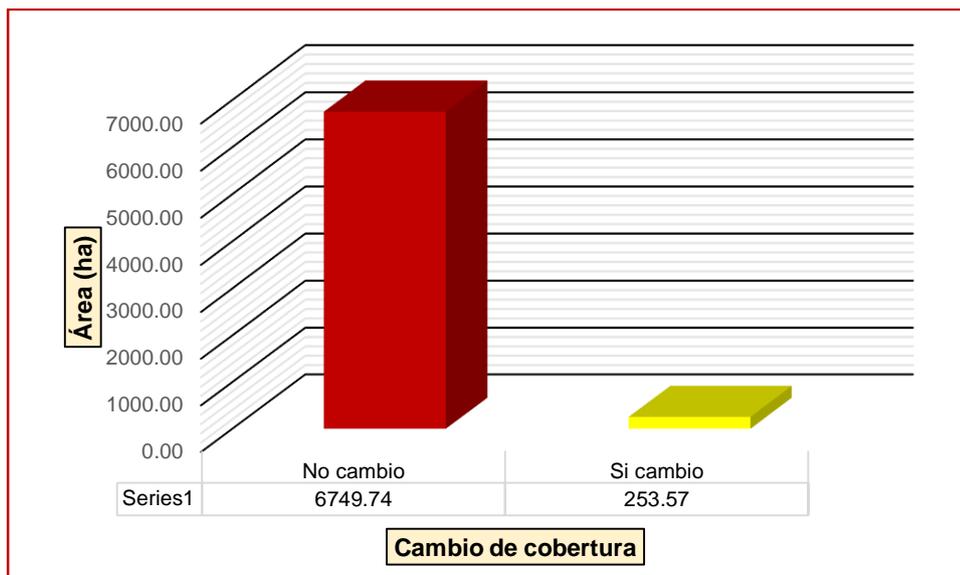
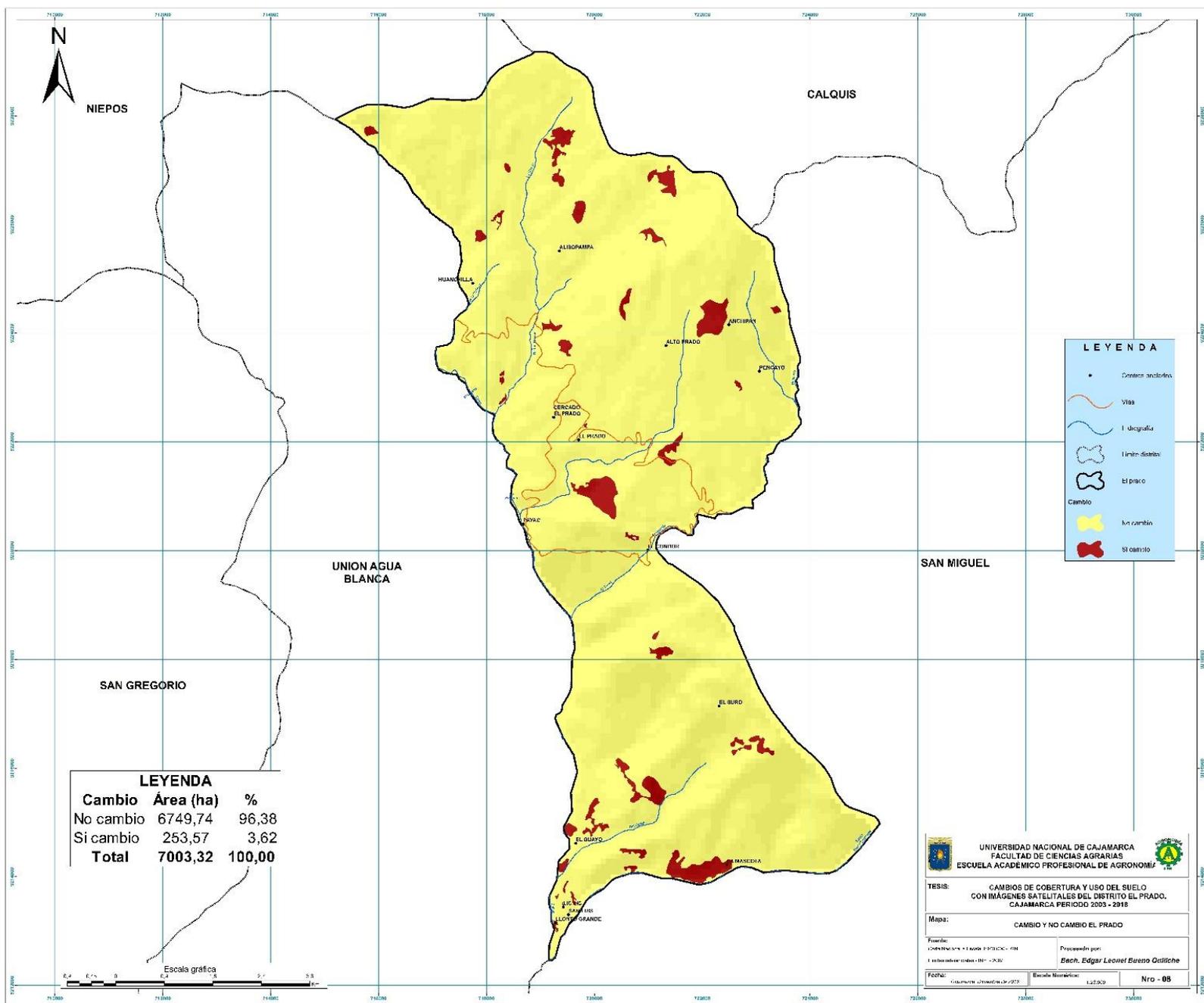


Figura 19. Cambio y no cambio de la superficie (ha), del distrito El Prado en el periodo 2003-2018.

Fuente: *Elaboración propia.*

Del gráfico anterior podemos describir que del total de área del distrito de El Prado (7 003.32 ha), equivalente al 100 %; 6 749.71 ha (96.38 %) no ha realizado cambio alguno, 253.57 ha (3.62 %) si han sufrido cambios, durante los años 2003 - 2018.



LEYENDA

Cambio	Área (ha)	%
No cambio	6749,74	96,38
Si cambio	253,57	3,62
Total	7003,32	100,00



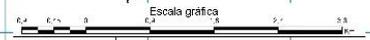
NIEPOS

CALQUIS

UNION AGUA BLANCA

SAN MIGUEL

SAN GREGORIO



LEYENDA

- Centros andorinos
- Vías
- Límite agrícola
- Límite urbano
- El prado
- Cambio**
- No cambio
- Si cambio

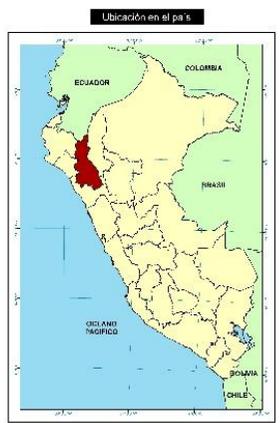
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS: CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO, CAJAMARCA PERIODO 2003 - 2018

Mapa: CAMBIO Y NO CAMBIO EL PRADO

Elaborado por: **Edgar Leonel Bueno Ostiche**

Nº: 08



4.4. Transición de cobertura y uso del suelo periodo 2003-2018.

4.4.1. Análisis de cambios por cobertura.

Para realizar dicho análisis se procedió a la evaluación de cambio por cada cobertura de una determinada área, es decir que se determinó el tipo de cobertura inicial y luego el tipo de cobertura final, entre los años 2003 - 2018. Dicho análisis se realizó solo en el área que ha sufrido cambios (253.57 ha), durante los años mencionados, dejando de lado el área que no ha sufrido cambio alguno (6 749.74 ha).

A. Cambios por cobertura

Se determinó los siguientes cambios:

Tabla 21. Transición de la cobertura y uso del suelo, periodo 2003-2018.

CÓDIGO	SIMBOLOGÍA	CUS_2003	CUS_2018	Área (ha)	%
1	Ar - Cp	Arbustos	Cultivos permanentes	0.28	0.004
2	Ar - Ct	Arbustos	Cultivos transitorios	7.74	0.110
3	Ar - He	Arbustos	Hierbas	37.30	0.533
4	Ar - Mpc	Arbustos	Mosaico de pastos y cultivos	72.42	1.034
5	Cp - Ct	Cultivos permanentes	Cultivos transitorios	1.19	0.017
6	Cp - Tu	Cultivos permanentes	Tejido urbano continuo	0.11	0.002
7	Ct - Cp	Cultivos transitorios	Cultivos permanentes	20.13	0.287
8	He - Ar	Hierbas	Arbustos	75.19	1.074
9	He - Pf	Hierbas	Plantaciones forestales	0.39	0.006
10	He - Mpc	Hierbas	Mosaico de pastos y cultivos	31.98	0.457
11	Mpc - He	Mosaico de pastos y cultivos	Hierbas	6.50	0.093
12	Mpc - Tu	Mosaico de pastos y cultivos	Tejido urbano continuo	0.35	0.005
13	No cambio			6749.74	96.379
TOTAL				7003.32	100.00

Fuente: Elaboración propia.

- La cobertura del tipo Arbustos (Ar), fue reemplazado por Cultivos permanentes (Cp) en un área de 0.28 ha, Cultivos transitorios (Ct) en un área de 7.74 ha, Hierbas (He) en un área de 37.30 ha y Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) en un área de 72.42 ha.

- La cobertura del tipo Cultivos permanentes (Cp), fue reemplazado por Cultivos transitorios en un área de 1.19 ha, Tejido urbano continuo en un área de 0.11 ha.
- La cobertura del tipo Cultivos transitorios (Ct), fue reemplazado por Cultivos permanentes (Cp) en un área de 20.13 ha.
- La cobertura del tipo Hierbas (He), fue reemplazado por Arbustos (Ar) en un área de 75.19 ha, Plantaciones forestales (Pf) en un área de 0.39 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) en un área de 31.98 ha.
- La cobertura del tipo Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), fue reemplazado por Hierbas (He) en un área de 6.50 ha, Tejido urbano continuo (Mpc) en un área de 0.35 ha.
- Por lo dicho anteriormente se concluye que durante el transcurso de los años 2003 al 2018; la cobertura de Tejido urbano continuo (Tu) incrementó su área en 0.47 ha; la cobertura de Cultivos transitorios (Ct) disminuyó su área en 11.20 ha, la cobertura de Cultivos permanentes (Cp) incrementó su área en 19.11 ha, la cobertura de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) incrementó su área en 97.54 ha; la cobertura de Plantaciones forestales (Pf), incrementó su área en 0.39 ha; la cobertura de Hierbas (He), disminuyó su área en 63.76 ha; la cobertura de Arbustos (Ar), disminuyó su área en 42.54 ha.

De acuerdo a los datos obtenidos se muestra un crecimiento en el área urbana del distrito El Prado, durante 15 años, dicho factor responde al crecimiento demográfico sin planificación territorial y a la migración por parte de los habitantes de zona rural hacia la zona urbana, con la finalidad de buscar mejoras económicas, educativas. Según el INEI en el año 2014 la población estimada del distrito fue de 1 479 habitantes, para el año 2017 la población incrementó a 1 627 habitantes.

En la parte baja del distrito El Prado se ha determinado incremento en las áreas de cultivos permanentes tal es el caso del cultivo de mango (*Manguifera indica* L.) de las variedades Haden y Kent, ya que este cultivo ha aperturado mercado en las ciudades de Trujillo y Chiclayo. Por lo que los pobladores han decidido incrementar sus áreas del mismo modo cambiar los cultivos permanentes como arveja (*Pisum sativum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por el mencionado cultivo.

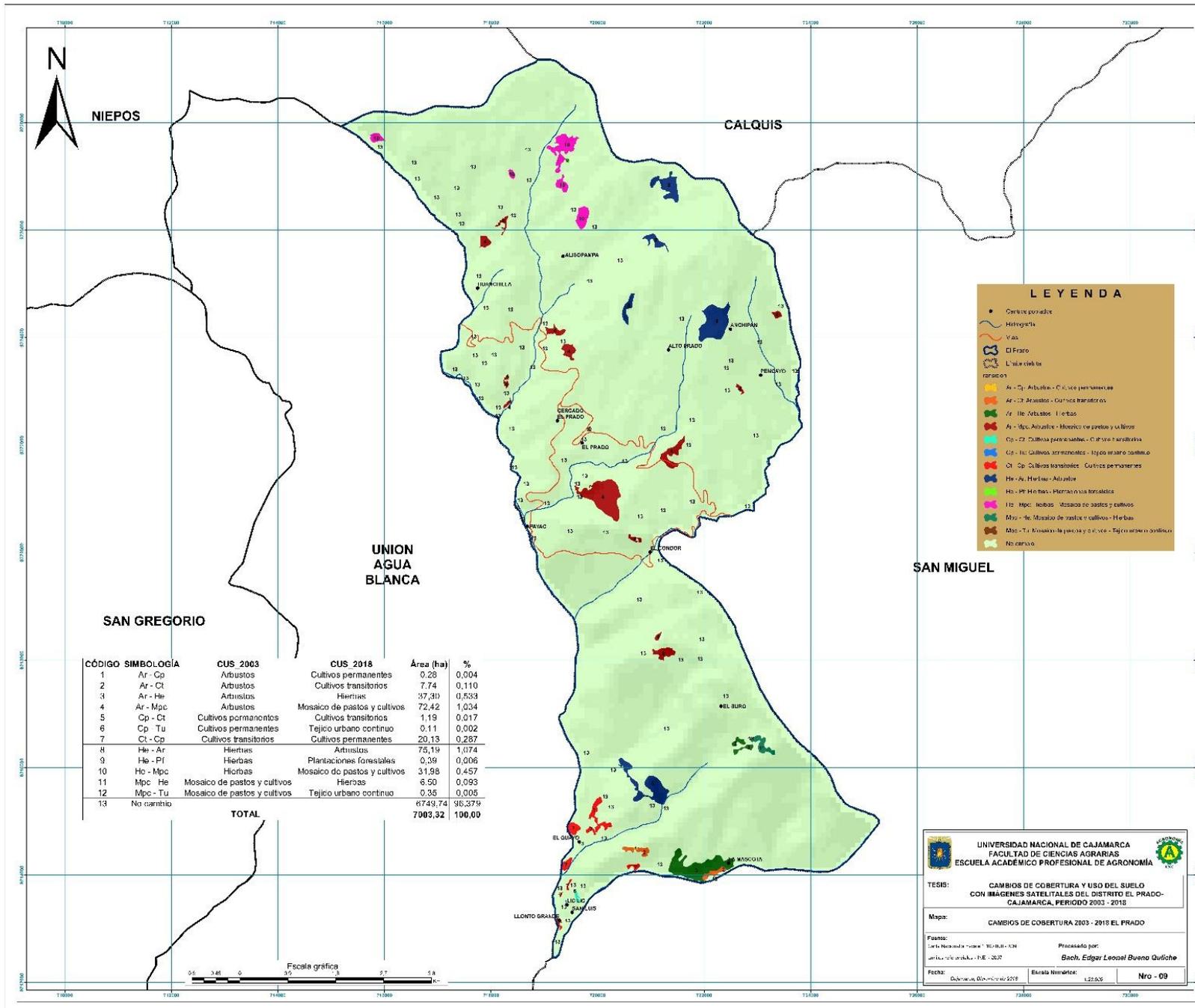
CEDEPAS Norte, en el año 2017 a través de su página web realiza la siguiente publicación: “Los productores y productoras de los distritos Unión Agua Blanca y El Prado, en la provincia San Miguel, región Cajamarca comercializaron 980 toneladas de mango Haden orgánico entre el 2016 y en lo que va del año. De los cuales, 30 toneladas se exportaron a Italia, 450 toneladas fueron comercializados para la industria del deshidratado y 500 toneladas fueron comercializados al mercado regional y nacional. La campaña 2016 y 2017 ha generado una facturación de 350 800.00 soles y el pago de Impuesto a la Renta por 6 500.00 soles. Son 72 productores y productoras organizados en siete redes empresariales, que cuentan con 102 hectáreas de producción de mango. Las zonas de producción lo conforman los caseríos Platanar, Lucmapampa, Marampampa, Ambudu (distrito Unión Agua Blanca) y los caseríos San Luis – Llontos, Lic lic y El Guayo (distrito El Prado). Estos caseríos se ubican desde los 700 msnm hasta los 1,500 msnm por ello también se le denomina al fruto, “mango de altura”.

La práctica de “rozo” es muy habitual en el distrito El Prado, con La finalidad de incrementar área cultivable, es así que los agricultores realizan el corte de especies de arbustos para posteriormente realizar el quemado de esta manera el suelo se encontrará en condiciones de poder ser trabajado con la ayuda de herramientas como picos, lampas, etc., luego de ello se arroja semilla de avena (*Avena sativa* L.), centento (*Secale cereale* L. M. Bieb.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), arveja (*Pisum sativum* L.). De esta manera se explica el cambio de cobertura de Arbustos a Mosaico de pastos y cultivos.

La erosión de los suelos, pérdida de fertilidad de los mismos, es la explicación para el cambio de cobertura de Hierbas a Mosaico de pastos y cultivos, ya que el agricultor busca tener nuevas áreas en terrenos descansados con mayor fertilidad, por ello es que realiza el quemado de pajonales posteriormente revuelve el terreno con la ayuda de tracción animal logrando así incorporar áreas para los cultivos como pastos y cereales.

El incremento de la cobertura de Mosaico de pastos y cultivos tiene relación directa con la actividad ganadera del distrito ya que la comercialización de leche a las empresas de Nestlé y Gloria, se está convirtiendo en una de las actividades sustentables para los moradores, por los que las autoridades en su afán por apoyar a éste sector han desarrollado los proyectos tales como: “Mejoramiento del servicio de agua del sistema de riego Pencayo, en la microcuenca del río Pencayo, distrito de El Prado, Provincia de San Miguel, región Cajamarca” con código SNIP: 201913. Según los datos obtenidos de la Agencia Agraria de la provincia de San Miguel, el distrito El Prado cuenta con una infraestructura de riego de 43.6 km de los cuales 3.2 km se encuentran revestido y 40.4 km sin revestir, con un rango de caudal de 2 a 180 lts/segundo, teniendo un área de riego de 168 ha, con 7 canales de riego y 7 comités de regantes, abarcando a 996 usuarios.

Durante el desarrollo de la investigación en la etapa de verificación en campo, se pudo apreciar una de las actividades más devastadoras en el cambio de coberturas de Hierbas a Mosaico de pastos y cultivos, es decir la extracción y comercialización de turba, según información proporcionada por los moradores del distrito dicha actividad está en crecimiento, con el transcurrir de los meses se está vendiendo más turba y que cada “trailada” de éste recurso, tiene un costo de 200 a 220 soles y ninguna autoridad competente ha tomado en cuenta éste caso para plantear soluciones.



CÓDIGO SIMBOLOGÍA	CUS 2003	CUS 2018	Área (ha)	%
1	Ar - Cp	Arbustos	0,28	0,004
2	Ar - Ct	Arbustos	7,74	0,110
3	Ar - He	Arbustos	37,30	0,533
4	Ar - Mpc	Arbustos	72,42	1,034
5	Cp - Ct	Cultivos permanentes	1,19	0,017
6	Cp - Tu	Cultivos permanentes	0,11	0,002
7	Ct - Cp	Cultivos transitorios	20,13	0,287
8	He - Ar	Hierbas	75,19	1,074
9	He - Pf	Hierbas	0,39	0,006
10	He - Mpc	Hierbas	31,98	0,457
11	Mpc - He	Mosaico de pastos y cultivos	6,50	0,093
12	Mpc - Tu	Mosaico de pastos y cultivos	0,35	0,006
13	No cambio		87,49,74	95,375
TOTAL			7003,32	100,00

LEYENDA

- Centros poblados
- Hidrografía
- Vías
- El Prado
- Límites de la zona de estudio

Ar - Cp	Arbustos - Cultivos permanentes
Ar - Ct	Arbustos - Cultivos transitorios
Ar - He	Arbustos - Hierbas
Ar - Mpc	Arbustos - Mosaico de pastos y cultivos
Cp - Ct	Cultivos permanentes - Cultivos transitorios
Cp - Tu	Cultivos permanentes - Cultivos urbanos continuos
Ct - Cp	Cultivos transitorios - Cultivos permanentes
He - Ar	Hierbas - Arbustos
He - Pf	Hierbas - Hierbas forestales
He - Mpc	Hierbas - Mosaico de pastos y cultivos
Mpc - He	Mosaico de pastos y cultivos - Hierbas
Mpc - Tu	Mosaico de pastos y cultivos - Tejido urbano continuo
■	No cambio

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

TESIS: **CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMAGENES SATELITALES DEL DISTRITO EL PRADO - CAJAMARCA, PERIODO 2003 - 2018**

Mapa: **CAMBIOS DE COBERTURA 2003 - 2018 EL PRADO**

Fuente: **Carta Nacional de Suelo - 10:000-000** Proceso por: **Bach. Edgar Leonel Bueno Quiñe**
 Fecha de actualización: **11-E-2017**

Fecha: **Diciembre del 2018** Escala Numérica: **1:25.000** Nro - **09**



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se determinó los cambios de cobertura y uso del suelo, a través del uso de imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8, del distrito El Prado, durante el transcurso de los años 2003 al 2018, encontrándose 07 categorías de cobertura de acuerdo a la clasificación de CORINE Land Cover, tales son: Tejido urbano continuo, Cultivos transitorios, Cultivos permanentes, Mosaico de pastos y cultivos, Plantaciones forestales, Hierbas, Arbustos. Dichas categorías han ido cambiando por la acción conjunta de los factores demográficos, meteorológicos, edáficos, antrópicos.
- En un periodo de 15 años (2003-2018) se muestra que el distrito El Prado se encuentra inmerso en un proceso dinámico de conversión entre coberturas las cuales han sufrido los siguientes cambios: Tejido urbano continuo incrementó su área en 0.47 ha; la cobertura de Cultivos transitorios (Ct) disminuyó su área en 11.20 ha, la cobertura de Cultivos permanentes (Cp) incrementó su área en 19.11 ha, la cobertura de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) incrementó su área en 97.54 ha; la cobertura de Plantación forestal (Pf), incrementó su área en 0.39 ha; la cobertura de Herbazal (He), disminuyó su área en 63.76 ha; la cobertura de Arbustos (Ar), disminuyó su área en 42.54 ha.
- Los factores identificados como responsables de los cambios de cobertura y uso del suelo sufrido en el periodo 2003-2018 en el distrito El Prado son principalmente del tipo: Antropológico, asociado a los factores demográfico, meteorológico, edáfico por los procesos de desertificación o pérdida de fertilidad de los suelos, extracción de recursos y explotación comercial.

- El mapa de cobertura y uso del suelo del distrito El Prado para el año 2018, el cual ha sido generado en la presente investigación, es un insumo útil que contribuirá a tomar decisiones acertadas en la planificación del manejo sostenible del territorio, los recursos naturales; principalmente en la conservación de los bosques y otros componentes que dependen de él, así mismo facilitará a la gestión informada como son las autoridades del gobierno regional y local del departamento de Cajamarca.
- Es recomendable realizar visitas previas a campo en el área de estudio con la finalidad de categorizar adecuadamente las coberturas en gabinete y así poder minimizar errores frecuentes en la designación de categorías de acuerdo con la tabla de CORINE Land Cover y de esta manera facilitar la posterior verificación del trabajo realizado.
- Se recomienda a las autoridades locales, regionales y nacionales; impulsar este tipo de estudios con la finalidad de implementar nuevas metodologías que permitan actualizar constantemente los datos de cobertura y uso del suelo para ser utilizada en la toma de decisiones orientadas a la planificación y el ordenamiento del territorio.
- Se insta a las autoridades distritales, provinciales y regionales a tomar acciones conjuntas para dar solución a la extracción indiscriminada de turba en las partes altas del distrito El Prado y distritos aledaños, ya que esta actividad está contribuyendo al rápido deterioro de las coberturas, por lo tanto, de la biodiversidad de nuestro ambiente.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraira, V. 2001. El Índice Kappa (En línea). SEMERGEN. 27(5):247-249. Consultado el 18 de dic. 2018. Disponible en: ftp://ftp.hrc.es/pub/bioest/diag/kappa_semergen.pdf.

Aguilar Arias, H; Mora Zamora, R; Vargas Bolaños, C. 2014. Metodología para la Corrección Atmosférica de Imágenes Aster, Rapideye, Spot 2 y Landsat 8 con el Módulo Flaash del Software Envi. Revista Geográfica de América Central. (53):39-59.

Ariza, A. 2013. Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission) (En línea). Instituto Geográfico Agustín Codazzi (en línea). Bogotá. Colombia. 45 p. Consultado el 10 de dic. 2018. Disponible en: <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

Ariza López, FJ; Rodríguez Avi, J; Alba Fernández, V. 2018. Control estricto de matrices de confusión por medio de distribuciones multinomiales”, GeoFocus (En línea), Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica. (21):215-226. Consultado el 17 de dic. 2018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21138/GF.591>.

Arnillas, CA; Barrena, V; Llactayo, W; Ortíz, H; Regal, F; Rubín de Celis, E; Vásquez, P; Drenkhan, F; Llerena, CE; Espino, P; García, V; Gonzáles Zúñiga, S; Gushiken, E; López, D, Vásquez, R. 2012. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina. Componente Nacional Perú – Primera Etapa (En línea). 56 p. Consultado el 22 de dic. 2018. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>

- Barrera Zúñiga, RA; García Orduña, D. 2015. Procesamiento, interpretación y análisis de imágenes satelitales en la banda de los 400 a 700 nanómetros para aplicaciones de percepción remota. Tesis Ing. en Comunicaciones y Electrónica. México. Instituto Politécnico Nacional. 120 p.
- Bennett, AF. 1998. Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre (En línea). Suiza y Cambridge. 275 p. Consultado el 10 de dic. 2018. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/FR-021-Es.pdf>
- Breiman, L. 2001. Random Forest. Universidad de California (En línea). Estados Unidos. 33 p. Consultado el 10 de dic. 2018. Disponible en: <https://www.stat.berkeley.edu/~breiman/randomforest2001.pdf>.
- Briones Becerra, PS. 2018. Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Namora periodo 2000-2016. Tesis Ing. Agrónomo. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. 86 p.
- Cabrera, E; Galindo, G; Vargas, DM. 2011. Protocolo de Procesamiento Digital de Imágenes para la Cuantificación de la Deforestación en Colombia, Nivel Nacional Escalas Gruesa y Escala Fina. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá. Colombia. 26 p.
- Camacho Sanabria, JM; Juan Pérez, JI; Pineda Jaimes, NB; Cadena Vargas, EG; Bravo Peña, LC; Sánchez López, M. 2015. Cambios de Cobertura/Uso del Suelo en una Porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. Madera y Bosques. 21(1):93-112.
- CIG (Centro de Investigaciones Geoespaciales). 2012. Introducción a las Imágenes Satelitales. Programa de Modernización de la Jurisdicción de Tierras (En línea). Santo Domingo. República Dominicana. 23 p. Consultado el 27 de dic. 2018. Disponible en: <http://percepcion-remota.intec.edu.do/Material%20de%20apoyo%20sensores%20remotos.pdf>.

- Comber, A; Fisher, P; Brunsdon, C; Khmag, A. 2012. Spatial analysis of remote sensing image classification accuracy (En línea). *Remote Sensing of Environment*, 127 pp. Consultado el 6 de dic. 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.09.005>.
- Cutler, D; Edwards, TC; Beard, KH; Cutler, A; Hess, KT; Gibson, J; Lawler, JJ. 2007. Random forest for classification in ecology. *Ecology* (En línea). 88 (11):2783-2792. Consultado el 11 de dic. 2018. Disponible en: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1890/07-0539.1>
- Chuvieco Salinero, E. 2006. Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Barcelona. Editorial Ariel. 592 p.
- De la Torre, M. 2015. Comparación de métodos para la clasificación de imágenes de satélite LANDSAT en paisajes heterogéneos del occidente de México (En línea). 23 p. Consultado 06 de dic. 2018. Disponible en: http://www.cudi.edu.mx/primavera_2015/presentaciones/03ES_Miroslava%20Tadeo.pdf
- FAO 1996. *Ecología y Enseñanza Rural: Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas* (En línea). 187 p. Consultado el 14 de dic. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>
- Franco, R. 2017. *Composiciones Landsat en ARCGIS Guía Básica* (En línea). Bogotá. Colombia. Consultado el 19 de dic. 2018. Disponible en: <http://wp.me/p2lwQU-1bh>
- García Varela, A. 2000. *LANDSAT. Sistemas de Comunicación Vía Satélite* (En línea). 40 p. Consultado el 12 de dic. 2018. Disponible en: <http://kimerius.com/app/download/5784863998/LANDSAT.pdf>

Gamarra Agama, SE. 2017. Análisis de la Cobertura y Uso de la Tierra Utilizando Imágenes de Resolución Espacial Media para el Distrito de San Ramón – Chanchamayo – Junín- Perú. Tesis Ing. Forestal. Lima. Universidad Agraria La Molina. 116 p.

Grupo Consultivo de Expertos. 2011. Manual para el sector del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS). Estados Unidos. United Nations Framework Convention on Climate Change. 11-25 pg.

Gobierno Regional de Cajamarca. 2018. Estudio Especializado: Análisis de los Cambios de Cobertura y Uso de la Tierra para el Ordenamiento Territorial. Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental. Quinta Versión. 323 p.

Heckadon, S; Ibañez R.1999. La Cuenca del Canal: Deforestación, Contaminación y Urbanización. Balboa, Ancón. Panamá (En línea). 114 p. Consultado el 14 de dic. 2018. Disponible en: <http://ctfs.si.edu/Public/pdfs/HeckadonIbanezCondit1999.pdf>

Hernández, J. 2018. Sistemas de Proyección (En línea). 12 p. Consultado el 5 de dic. 2018. Disponible en: <http://www.gep.uchile.cl/Biblioteca/Sistemas%20de%20coordenadas/01a%20Sistemas%20de%20Proyecci%C3%B3n.pdf>

Holdridge, LR. 1979. ECOLOGIA Basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica. 216 p.

INEG (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2018. Imágenes de Satélite: Elementos de Percepción Remota (En línea). 22 p. Consultado el 21 de dic. 2018. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/imagenes/imgsatelite/metadatos/elem_per_rem.pdf

INEG (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2018. Aspectos Técnicos de las Imágenes Landsat (En línea). 28 p. Consultado el 24 de nov. 2018. Disponible en:

https://www.academia.edu/Documents/in/ASPECTOS_TECNICOS_IMAGENES_LANDSAT

Lambin, EF; Turner, B; Geist, HJ; Agbola, SB; Angelsen, A; Bruce, JW; Xu, J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths (En línea). *Global Environmental Change*, 11(4), 261-269. Consultado el 10 de dic. 2018. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3)

Markham, B. 2013. LANDSAT SCIENCE. Descripción de Landsat 8 (En línea). Consultado el 12 de dic. 2018. Disponible en <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-overview/>

Martínez Dávila, P; Palacios Vega, JJ; Martínez Vela, M; Zárate Gómez, R; Maco García, J; Escobedo Torres, R. 2015. Cobertura y Uso de la Tierra de las Provincias de Alto Amazonas y Ramón Castilla. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (En línea). 1 ed. 56 p. Consultado el 15 de dic. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL1423.pdf>

Melendo Soler, JA; Arbonés Cobos, N; Cancer Pomar, L; Maza Rodríguez, P; Lamper Vitaller, F. 2002. Manual de técnicas de montaña e interpretación de la naturaleza. 1 ed. Barcelona. España. PAIDOTRIBO. 281 p.

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2013. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina (En línea). Lima, Perú. Consultado el 15 de dic. 2018. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorialAvpcontent/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-delos-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>

- Millington, A; Alexander, R. 2000. Vegetation mapping in the last three decades of the twentieth century. In: A. Millington y R. Alexander, eds. Vegetation mapping. John Wiley y Sons, Chochester, Inglaterra. 321-331.
- Ñontol Ayaypoma, YM. 2018. Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Asunción periodo 2002-2017. Tesis Ing. Agrónomo. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. 91 p.
- Olaya, V. 2014. Sistemas de Información Geográfica (En línea). 854 p. Consultado el 21 de dic. 2018. Disponible en: https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf.
- Pérez Gutierrez, P; Muñoz Nieto, AL. 2006. Teledetección Nociones y Aplicaciones (En línea). Universidad de Salamanca. España. 359 p. Consultado el 28 de dic. 2018. Disponible en: <https://mundocartogeo.files.wordpress.com/2015/03/teledeteccion-nocionesaplicaciones-2006publico.pdf>
- Pérez Navarro, A; Botella Plana, A; Muñoz Bolas, A; Olivella González, R; Olmedillas Hernández, JC; Rodríguez Lloret, J. 2011. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y Geotelemática. 1 ed. Barcelona. España. UOC. 347 p.
- Puerta Tuesta, R. 2011. ARCGIS BASICO 10 (En línea). Universidad Agraria de la Selva. 148 pg. Consultado el 16 de dic. 2018. Disponible en: <https://actswithscience.com/Descargas/ManualArcGis.pdf>.
- Santana, G; Pineda, N. 2010. Descripción del cambio y uso de cobertura del suelo en los bosques primarios del Estado de México, durante 1976-2000. México. Universidad Autónoma del Estado de México. 507 p.

Sobrino, JA; Raissouni, N. 2000. Teledetección (En línea). Valencia. España. J.A. 468 p. Consultado el 16 de dic. 2018. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=Yb6xIldfoT0C&pg=PA5&dq=Sobrino,+JA;+Raissouni+N..+2000.+Teledetecci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwivhvSJgufhAhUwvIkKHXCZYQ6AEIJzAA#v=onepage&q=Sobrino%2C%20JA%3B%20Raissouni%20N..%202000.%20Teledetecci%C3%B3n&f=false>

Swain, PH. y Davis, SM. 1988. Remote sensing to quantitative approach. West Lafayette, In: Mac Graw Hill. 396 p.

UEGPS (Unidad Ejecutora Gestión de Proyectos Sectoriales). 2018. Manual técnico “Metodología para clasificación de coberturas a partir del procesamiento de imágenes satelitales” (En línea). 106 p. Consultado el 18 de dic. 2018. Disponible en: <http://www.gisandbeers.com/RRSS/Publicaciones/Manual-de-procesamiento-de-imagenes-satelite-ENVI.pdf>.

USGS. 2018. Using the USGS Landsat 8 Product. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey (En línea). Consultado el 18 de dic. 2018. Disponible en: <http://landsat.usgs.gov>.

UMAZA. 2015. Sistemas de Clasificación de Cobertura y Uso de la Tierra con Metodología CORINE-FAO (En línea). VII Jornadas de Investigación. Argentina. Consultado el 18 de dic. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282852015_Sistemas_de_clasificacion_de_la_cobertura_y_uso_de_la_tierra_con_metodologias_Corine-Fao

USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2014. Informe final de la consultoría asistencia técnica para el análisis de la cobertura y uso de la tierra para el ordenamiento territorial en la provincia de picota. (En línea). Consultado el 18 de dic. 2018. Disponible en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JZZX.pdf

Yebeles Gómez, A; Guiner Sotos, Álvaro. 2018. Clasificación Digital de Imágenes por Satélite. 15p. Consultado el 15 de dic. 2018. Disponible en: <http://mural.uv.es/gislo/telemedida.pdf>.

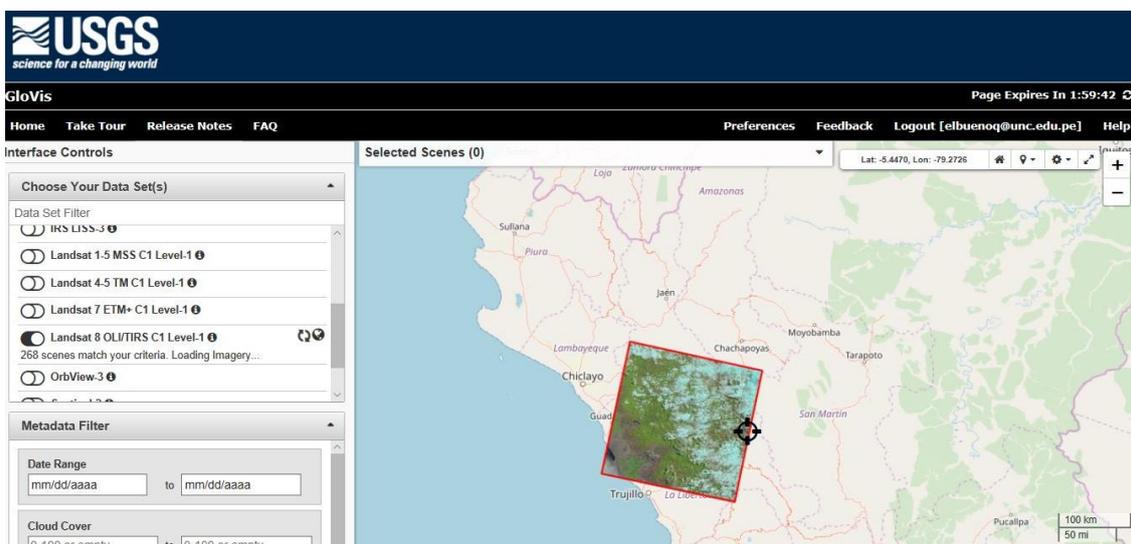
Zorogastúa Cruz, P; Quiroz Guerra, R; Garatuza Payan, J. 2011. Evaluación de Cambios en la Cobertura y Uso de la Tierra con Imágenes Satelitales en Piura-Perú. Ecología Aplicada. Lima. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.10(1):13-22.

CAPITULO VIII

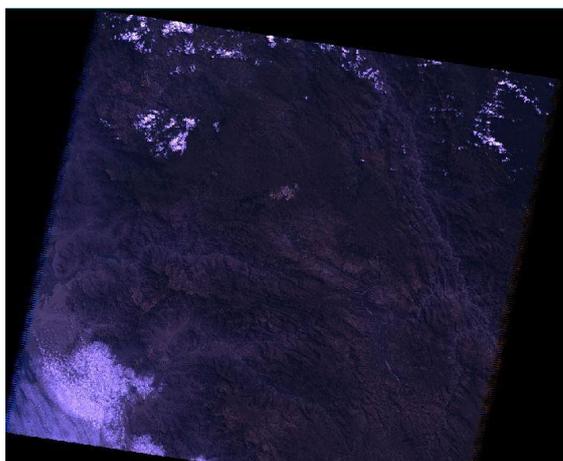
ANEXOS

Anexo 1. Obtención de imágenes satelitales

A. Plataforma virtual de la USGS Global Visualization Viewer (GloVis).



B. Descarga de las imágenes satélites Landsat 5 y Landsat 8.



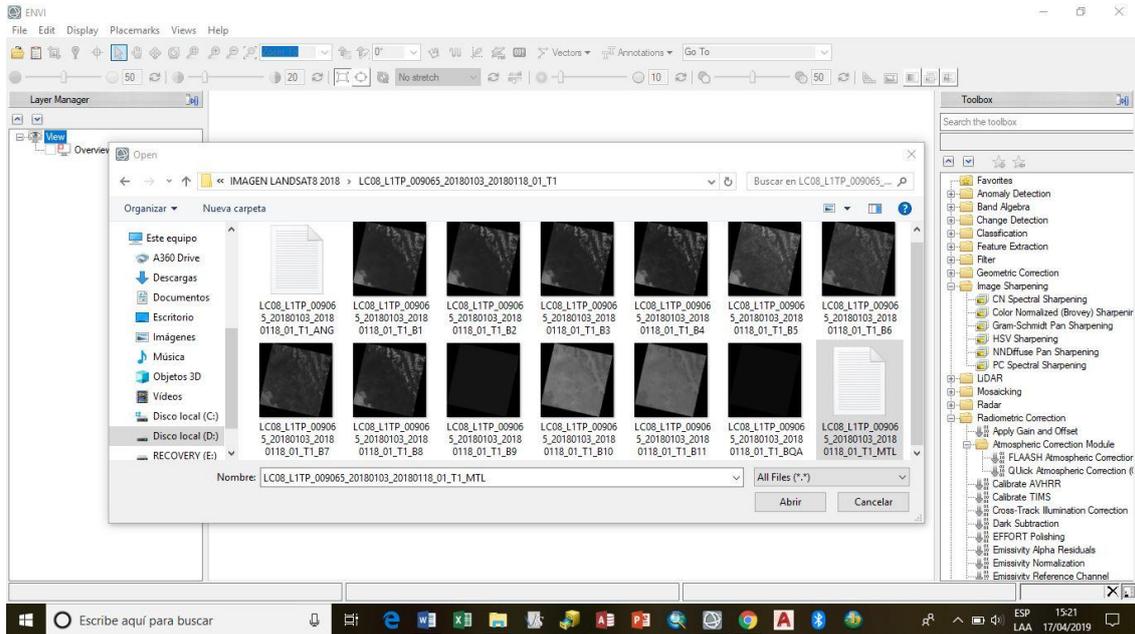
LT50090652003202CUB00



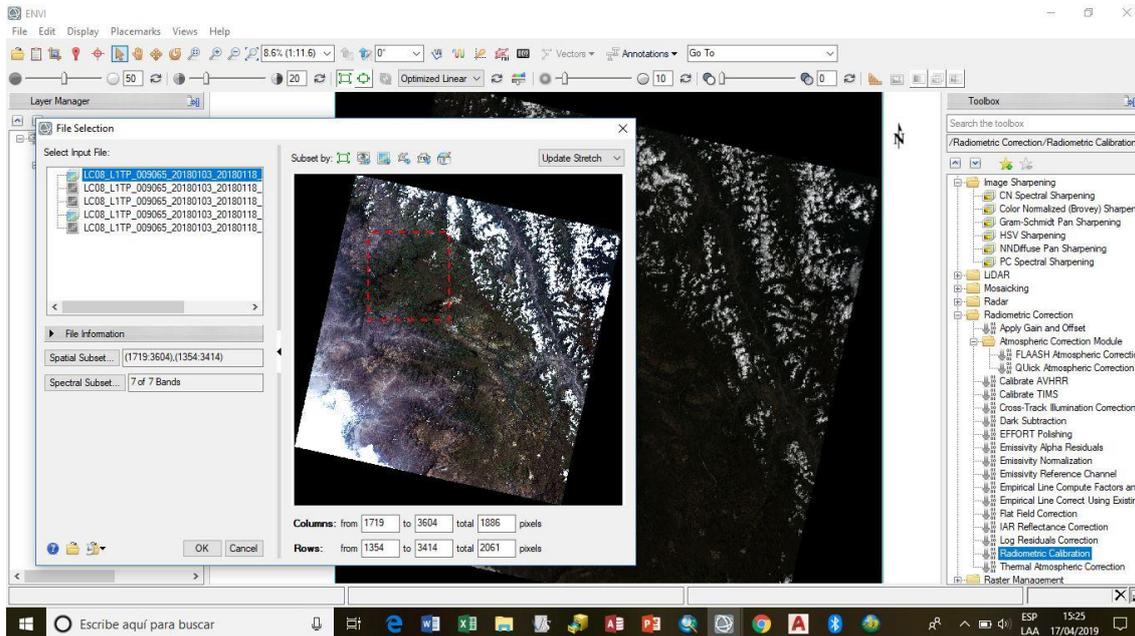
LC80090652018003LGN00

Anexo 2. Procesamiento de imágenes satelitales

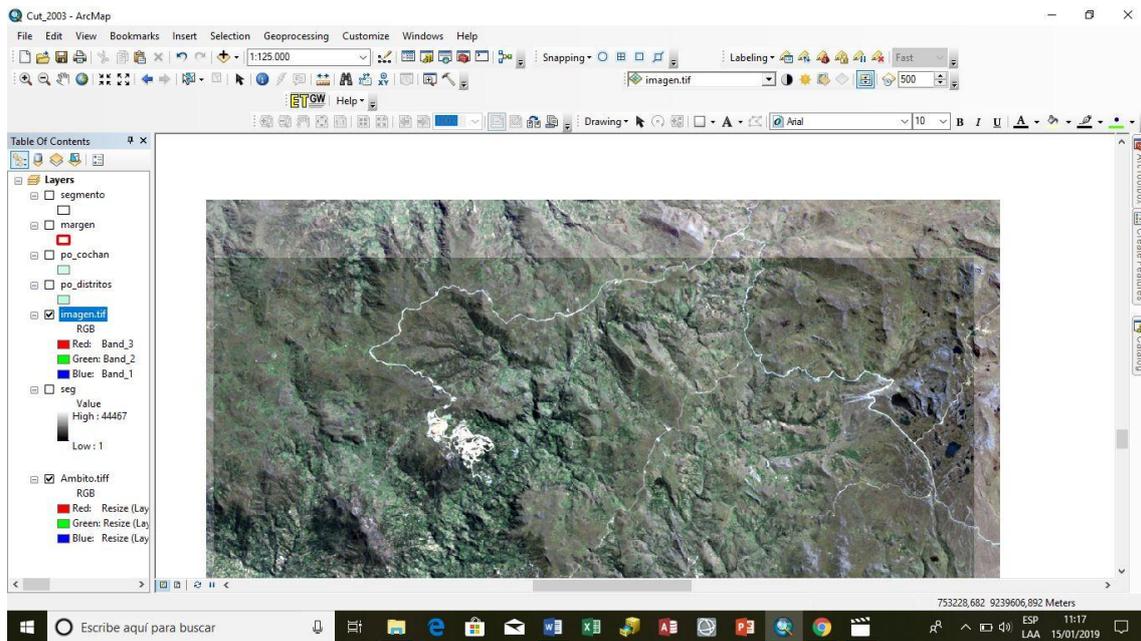
A. Selección de la metadata de la imagen satelital Landsat 5 y 8.



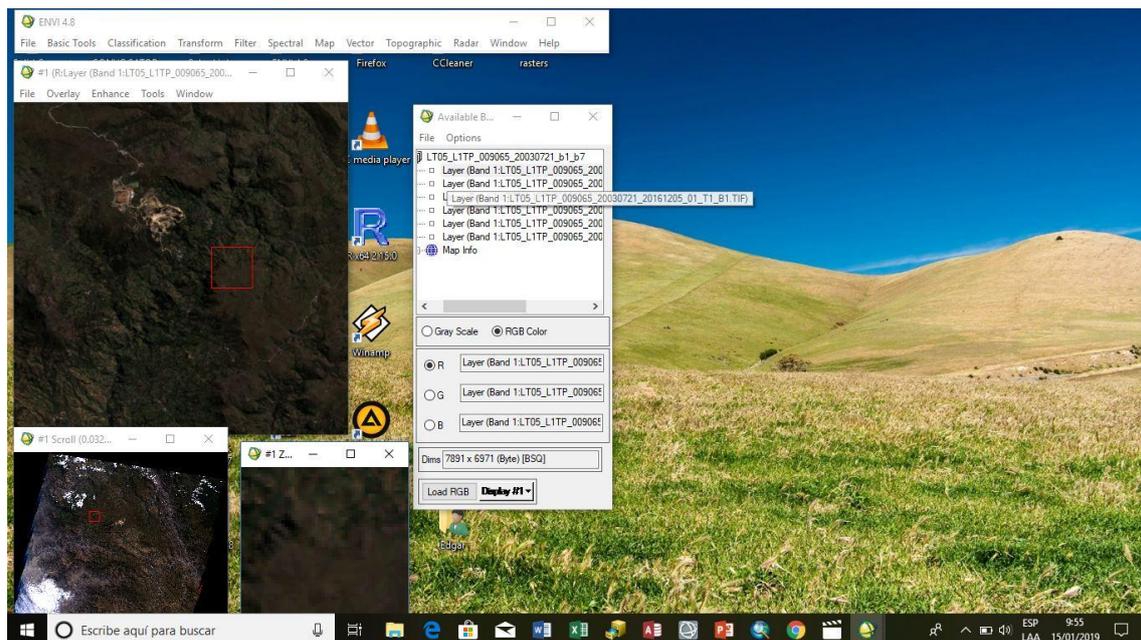
B. Corrección radiométrica de la imagen satelital Landsat 5 y 8.



C. Comparación de imagen satelital Lansat 5, no corregida y corregida



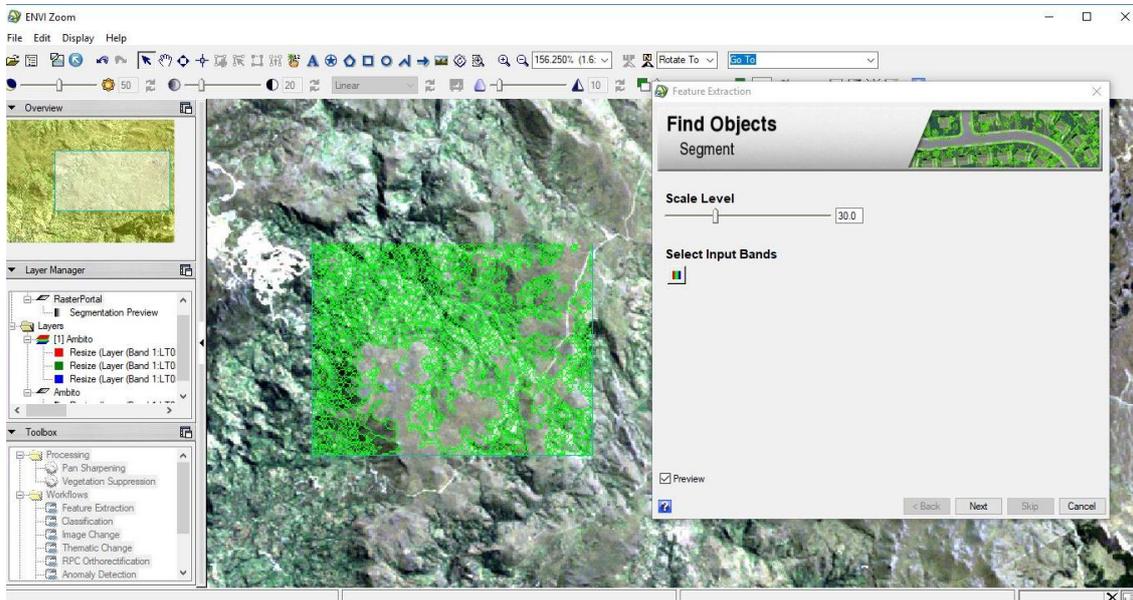
D. Apilamiento de capas o bandas (Layer stacking), con el software ENVI.



Anexo 3. Procesamiento

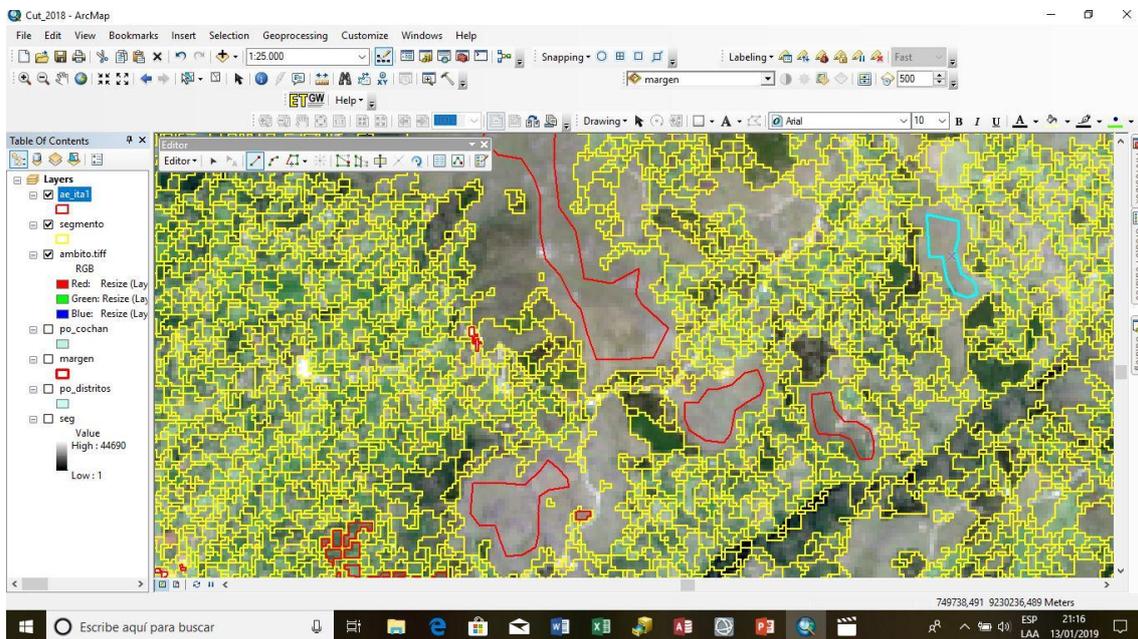
A. Segmentación

- Ventana del proceso de segmentación de ENVI



B. Generación de áreas de entrenamiento

- Digitalización de las áreas de entrenamiento



- Estructura de la tabla de atributos de las áreas de entrenamiento

FID	Shape*	Id	ID Leyenda
11	Polygon	0	111
12	Polygon	0	111
13	Polygon	0	111
14	Polygon	0	242
15	Polygon	0	242
16	Polygon	0	242
17	Polygon	0	242
18	Polygon	0	242
19	Polygon	0	242
20	Polygon	0	242
21	Polygon	0	242
22	Polygon	0	242
23	Polygon	0	242
24	Polygon	0	242
25	Polygon	0	242
26	Polygon	0	242
27	Polygon	0	242
28	Polygon	0	242
29	Polygon	0	242
30	Polygon	0	242
31	Polygon	0	242
32	Polygon	0	242
33	Polygon	0	242
34	Polygon	0	242
35	Polygon	0	242
36	Polygon	0	331
37	Polygon	0	331
38	Polygon	0	331
39	Polygon	0	331
40	Polygon	0	331
41	Polygon	0	331
42	Polygon	0	331
43	Polygon	0	331
44	Polygon	0	331
45	Polygon	0	331
46	Polygon	0	331
47	Polygon	0	331
48	Polygon	0	331
49	Polygon	0	331

C. Aplicación con el Software RGui 3.15

- Script llamado "Filtrar.tabla.todo.rf.2.R".

```

pend_MIN      0.06787375
pend_MAX      0.44786049
bri_MEAN      1.94477634
bri_STD       0.12326304
bri_MIN       0.50454530
bri_MAX       0.71457889
gree_MEAN     1.02690656
gree_STD      0.05805279
gree_MIN      1.23924348
gree_MAX      0.20965363
ndvi_MEAN     1.80605283
ndvi_STD      0.05212651
ndvi_MIN      0.82367527
ndvi_MAX      0.36320054
wet_MEAN      1.67795202
wet_STD       0.09890995
wet_MIN       2.4855346
wet_MAX       0.41220604
curvmax_MEAN  0.03301904
curvmax_STD   0.07800871
curvmax_MIN   0.11838274
curvmax_MAX   0.68407520
curvmin_MEAN  0.06511550
curvmin_STD   0.09810032
curvmin_MIN   0.34609944
curvmin_MAX   0.14820447
> tblcalmatriz <- tblcal.rf$confusion
> #tblcalmatriz <- edit(tblcal.rf$confusion)
> # generando estadísticos de prueba
> cat("\n-- Porcentaje correctamente clasificado:",
+ sum(diag(tblcalmatriz[, -ncol(tblcalmatriz)])) / sum(tblcalmatriz[, -ncol(tblcalmatriz)]))
-- Porcentaje correctamente clasificado: 0.971831
>

```

```

# Filtrar.tabla.todo.rf.2.R
variables <- names(tabla.sub)
variables <- variables[!(variables %in% c("REGION ID", "ID Leyenda", "correlati
variables.o <- variables # variables.o guarda la lista original de variables
cat("Revisar lista de variables:\n")
variables

#####
## este código es para filtrar la lista de variables y quedarse sólo con las m
## cambiar el umbral según corresponda
# umbral <- 10; variables <- rownames(importance(tblcal.rf)) [importance(tblcal
# umbral <- 30; variables <- rownames(importance(tblcal.rf)) [importance(tblcal
# umbral <- 60; variables <- rownames(importance(tblcal.rf)) [importance(tblcal

rf.form <- as.formula(paste("ID_Leyenda ~ ", paste(variables, collapse = " + ")
tblcal.rf <- randomForest(rf.form, data = tabla.sub, proximity=TRUE)

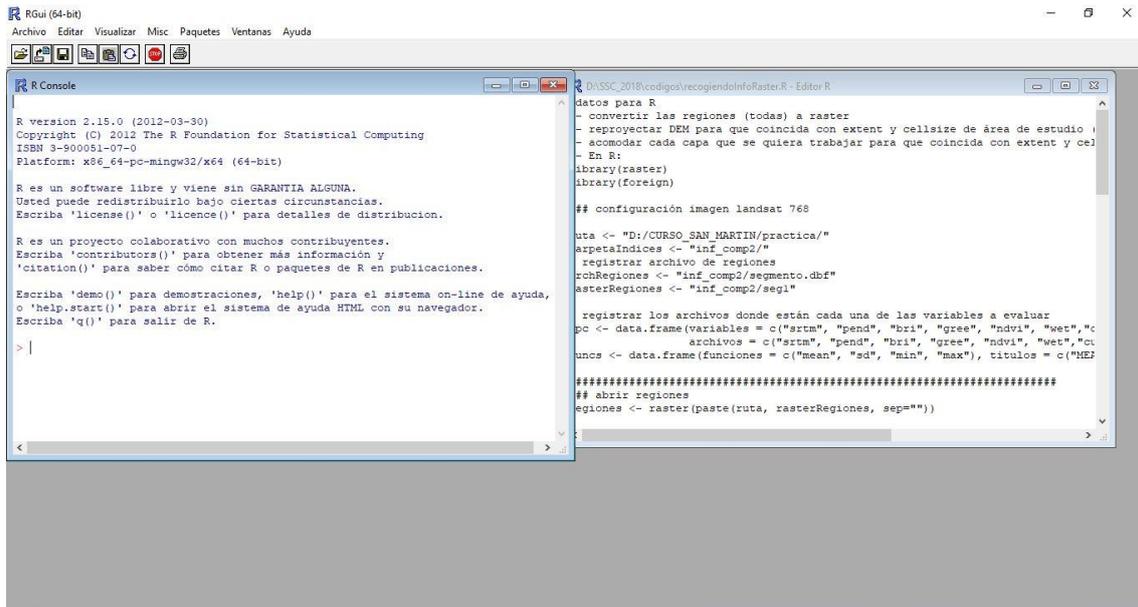
## guardar el rf original, con todas las variables
if (length(variables) == length(variables.o)) tblcal.rf <- tblcal.rf

# generando la matriz de confusión y la tabla.sub de importancias
importance(tblcal.rf)
tblcalmatriz <- tblcal.rf$confusion
tblcalmatriz <- edit(tblcal.rf$confusion)
# generando estadísticos de prueba
cat("\n-- Porcentaje correctamente clasificado:",
sum(diag(tblcalmatriz[, -ncol(tblcalmatriz)])) / sum(tblcalmatriz[, -ncol(tblcal
#kappa2(tabla.sub[, c("ID_Leyenda", "predicted")])

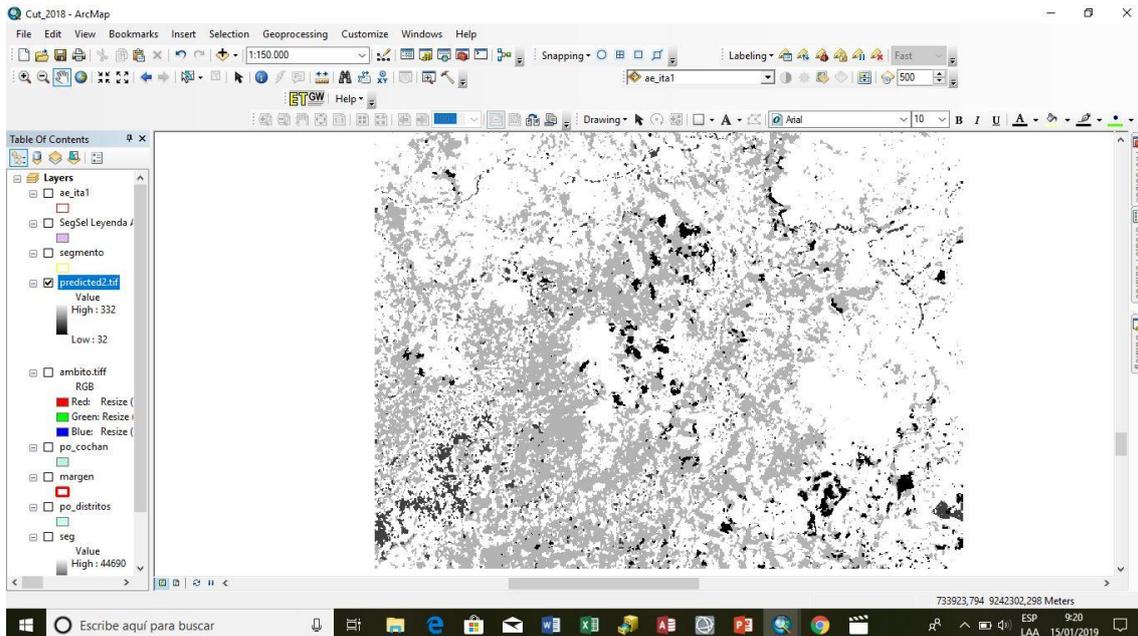
## antes de guardar el modelo, regresar a la línea 54
## y hacer la segunda corrida filtrando las variables poco importantes.
#####
#####
< una vez se genera un modelo se guarda el resultado

```

- Script llamado "recogiendo.inforaster"



D. Visualización en ArcMap, de predicted2 generado en el procesamiento.



Anexo 4. Figuras tomadas en campo

A. Rutas de acceso al distrito de El Prado

- Ruta ingreso al distrito El Prado por el cruce del puente Quinden.



- Ingreso al centro poblado de LIC LIC, perteneciente al distrito El Prado.



- Ingreso al centro poblado El Prado, perteneciente al distrito El Prado.



B. Verificación de coberturas generadas en el mapa de cobertura y uso del suelo, año 2018.

- Cultivos transitorios (Ct): Cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.).



- Cultivos permanentes (Cp): Cultivo de mango (*Manguifera indica* L.)



- Cultivos permanentes (Cp): Cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).



- Cultivos permanentes (Cp): Cultivo de café (*Coffea arabica* L.), plátano criollo (*Musa paradisiaca* L.), Huaba (*Inga edulis* Mart.), chamburo (*Vasconcellea pubescens* A.DC.)



- Mosaico de pastos y cultivos (Mpc)



- Plantaciones forestales (Pf): Aliso (*Alnus acuminata* Kunth.)



- Hierbas (He)



- Arbustos (Ar)

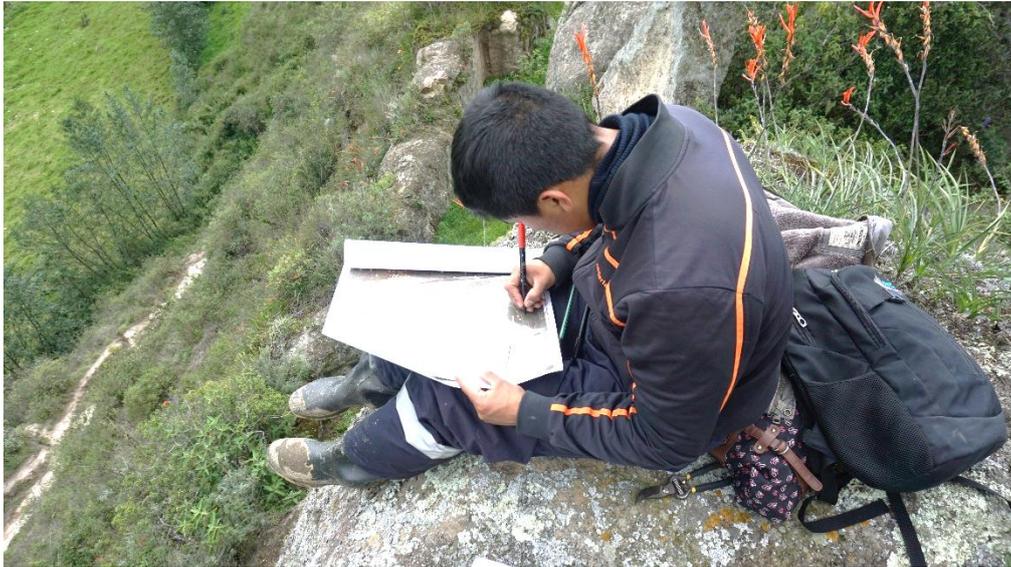


C. Actividades realizadas en campo

- Verificación de coberturas



- Ubicación de puntos en el mapa de cobertura y uso del suelo, año 2018.



- Toma de puntos con GPS para la verificación de coberturas de acuerdo al mapa de cobertura y uso del suelo, año 2018.



- Recolección de muestras de especies vegetales que recubren los diferentes tipos de cobertura en el distrito El Prado.



- Acondicionamiento de muestras recolectadas de las especies vegetales que recubren los diferentes tipos de cobertura en el distrito El Prado.



- Aplicación de encuestas a los moradores de los centros poblados del distrito El Prado.



- Identificación de los cambios de cobertura: Hierbas (He) a Mosaico de pastos y cultivos (Mpc).



- Identificación de los cambios de cobertura: Hierbas (He) a Mosaico de pastos y cultivos (Mpc).



- Identificación de los cambios de cobertura: Arbustos (Ar) a Mosaico de pastos y cultivos (Mpc).



- Identificación de los principales cultivos: Maíz (*Zea mays* L.), que se siembran en el distrito El Prado.



- Identificación de los principales cultivos: Oca (*Oxalis tuberosa* Molina.), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas.), que se siembran en el distrito El Prado.



- Identificación de las amenazas para los cambios bruscos de cobertura y uso del suelo: Extracción y comercialización de turba.



**Anexo 5. Caracterización de las coberturas presentes en el distrito
El Prado.**

TEJIDO URBANO CONTINUO

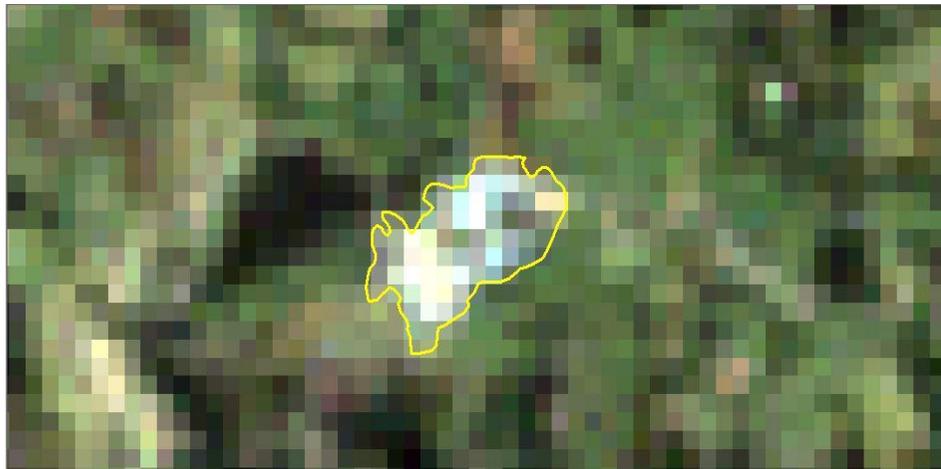
111

Descripción: Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano.

Área:

Hectárea (Ha.): 8.84

Porcentaje (%): 0.13



LANDSAT 5 (2003)



LANDSAT 8 (2018)

CULTIVOS TRANSITORIOS

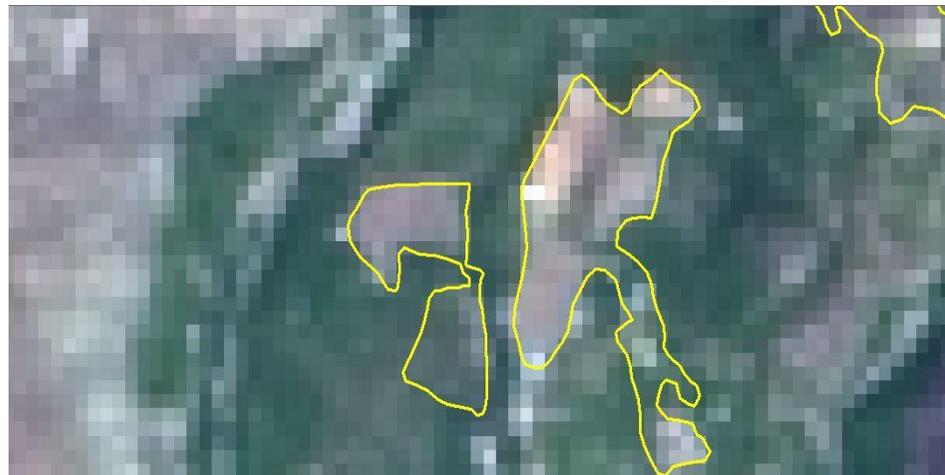
21

Descripción: Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es generalmente corto (hasta 2 años), llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas, algunas especies de flores a cielo abierto.

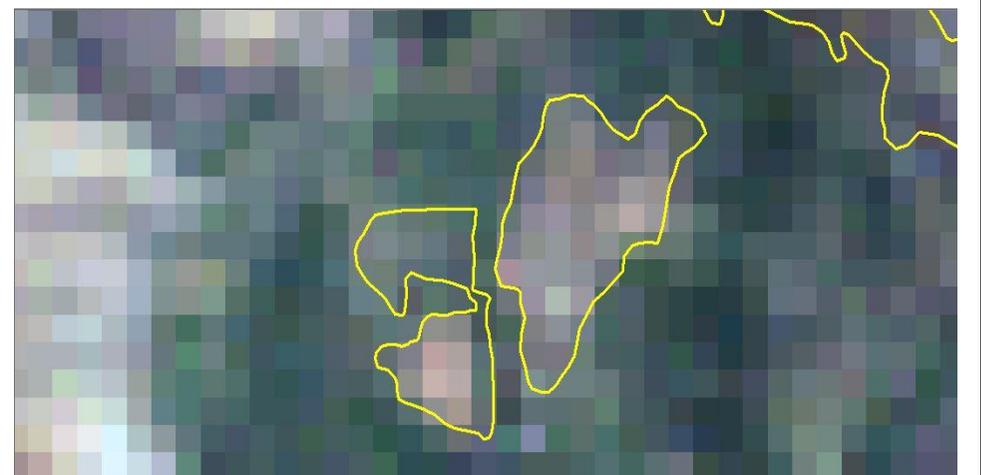
Área:

Hectárea (Ha.): 230.38

Porcentaje (%): 3.29



LANDSAT 5 (2003)



LANDSAT 8 (2018)

CULTIVOS PERMANENTES

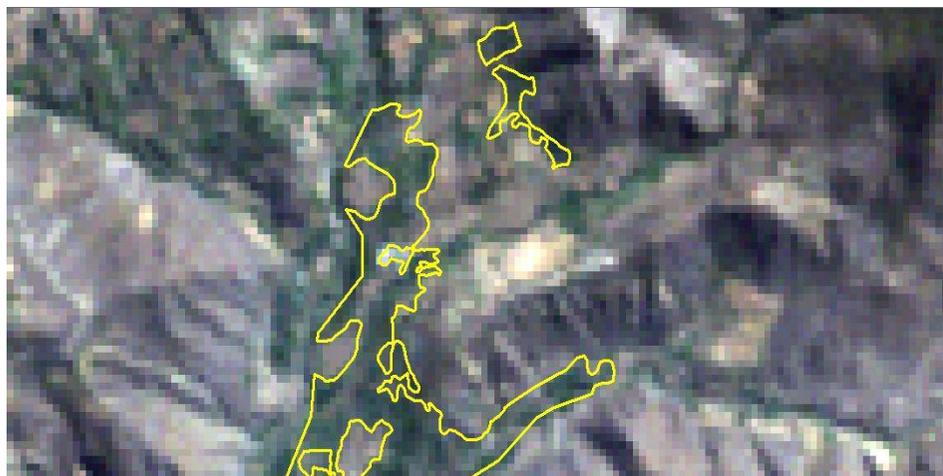
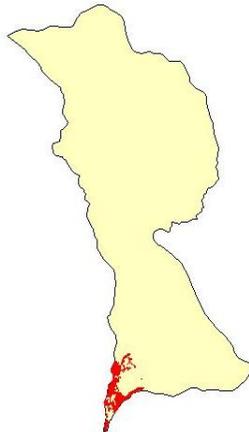
22

Descripción: Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a dos años, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos industriales de caña, los cultivos de herbáceas como plátano y banano; los cultivos arbustivos como café y cacao; y los cultivos arbóreos como palma africana y árboles frutales

Área:

Hectárea (Ha.): 111.29

Porcentaje (%): 1.59



LANDSAT 5 (2003)



LANDSAT 8 (2018)

MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS

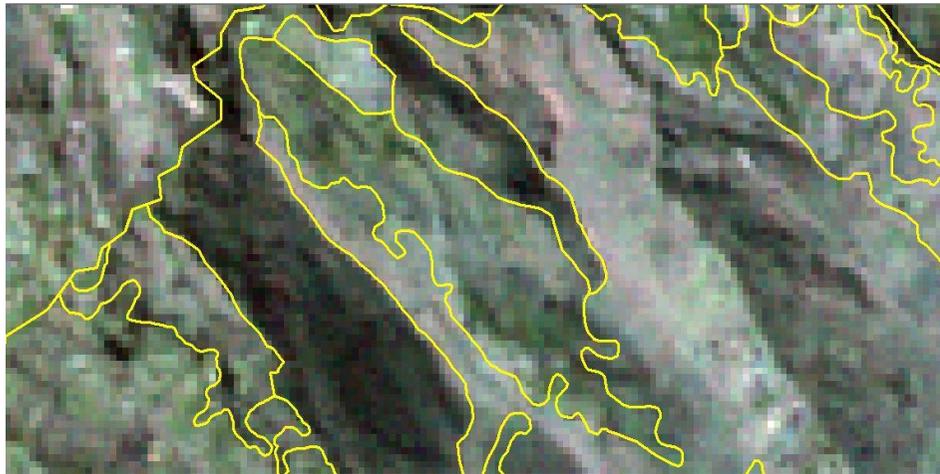
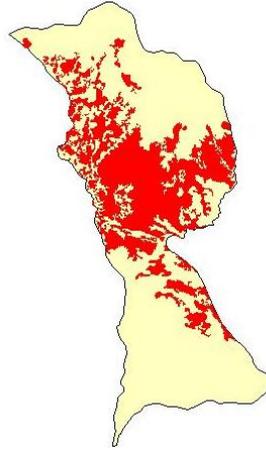
242

Descripción: Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales. Están dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra

Área:

Hectárea (Ha.): 2121.81

Porcentaje (%): 30.30



LANDSAT 5 (2003)



LANDSAT 8 (2018)

PLANTACIONES FORESTALES

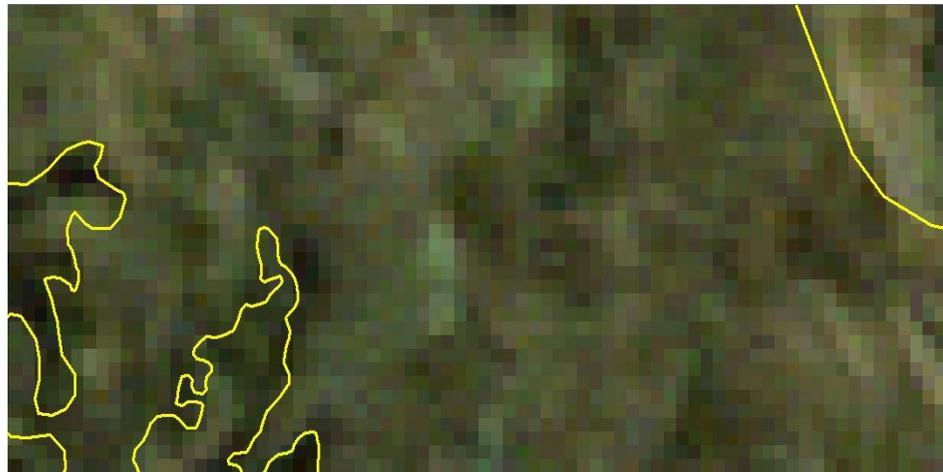
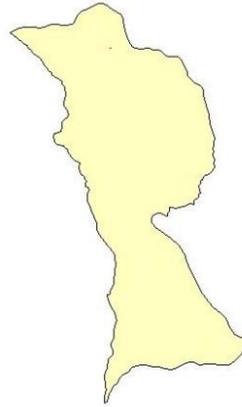
321

Descripción: Coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras)

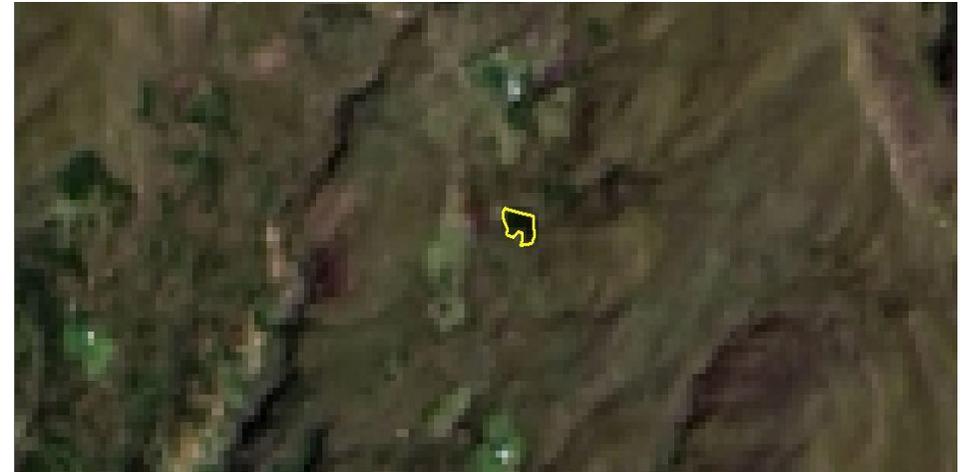
Área:

Hectárea (Ha.): 0.39

Porcentaje (%): 0.01



LANDSAT 5 (2003)



LANDSAT 8 (2018)

HIERBAS

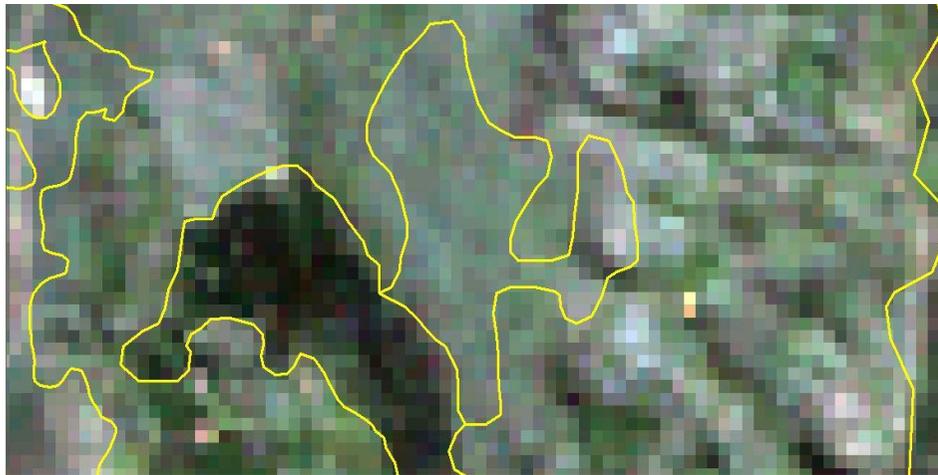
331

Descripción: comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos.

Área:

Hectárea (Ha.): 1376.25

Porcentaje (%): 19.65



LANDSAT 5 (2003)



LANDSAT 8 (2018)

ARBUSTOS

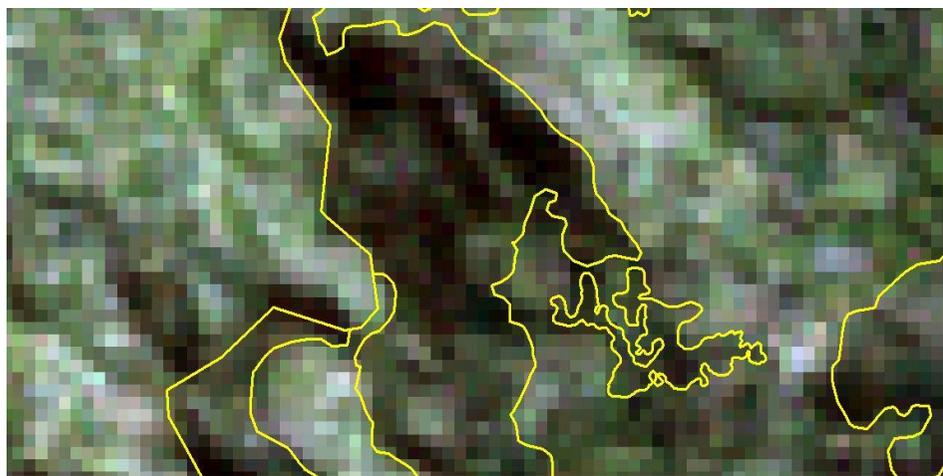
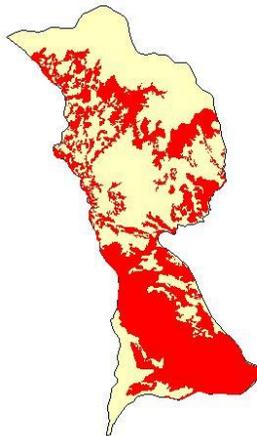
332

Descripción: Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 2 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida.

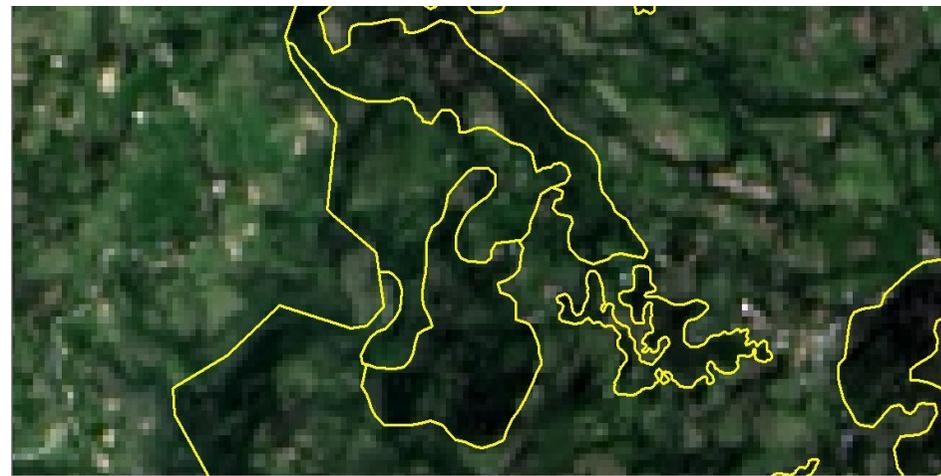
Área:

Hectárea (Ha.): 3154.36

Porcentaje (%): 45.04



LANDSAT 5 (2003)



LANDSAT 8 (2018)

