

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**“ANÁLISIS DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON
IMÁGENES SATELITALES EN EL DISTRITO DE EL PARCO, PROVINCIA DE
BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JESÚS MANUEL OBLITAS SÁNCHEZ

JAÉN – PERÚ

2018

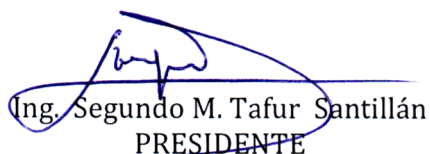


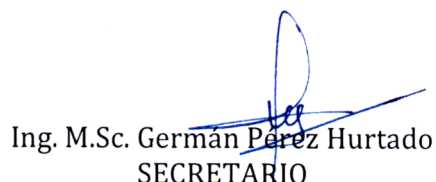
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

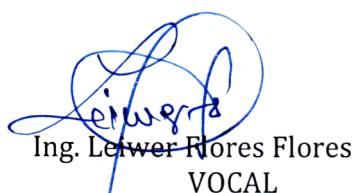
En la ciudad de Jaén, a los veintiséis días del mes de Noviembre del año dos mil dieciocho, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 452- 2018-FCA-UNC, de fecha 11 de octubre de 2018, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado **“ANÁLISIS DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON IMÁGENES SATELITALES EN EL DISTRITO DE EL PARCO, PROVINCIA DE BAGUA, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS”**, ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales **don JESÚS MANUEL OBLITAS SÁNCHEZ**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las ocho horas y treinta y ocho minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Terminado el acto de sustentación el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **QUINCE (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

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


Ing. Segundo M. Tafur Santillán
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. Germán Pérez Hurtado
SECRETARIO


Ing. Leiver Flores Flores
VOCAL


Ing.M.Sc. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

A Juliana Sánchez, mi Madre por el amor, esfuerzo, dedicación y fomento continuo en mi deseo de formación y superación profesional,

A Glicerio Oblitas, mi Padre por sus consejos y apoyo incondicional para hacer de mí una buena persona

Y a Ana Raquel, Carmen Janeth, José Luis, José Eduar y Sheyla Milagros, mis hermanos por la compañía, confianza y sus palabras de aliento para el logro de mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, la salud, la fe y la fortaleza de haber permitido llegar hasta este momento y poder lograr muchos objetivos y además de ofrecerme su infinita bondad.

A mis asesores: M. Sc. Wilfredo Poma Rojas, e Ing. Martha Obdulia Chávez Zamudio, por el asesoramiento y continuo apoyo para la realización de este proyecto.

Al Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo, por su orientación y guía en el trabajo de investigación.

A todos los docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Cajamarca Sede Jaén, quienes fueron participes y forjadores de mi formación profesional.

A mis amigos de la Promoción 2012 – 2016, de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Cajamarca sede Jaén, por su incondicional apoyo en todos los momentos de mi formación profesional.

Al sacerdote jesuita Javier Uriarte Centaño, por su amabilidad, apoyo y compañía desinteresada en mi salud emocional.

A José Miguel Villegas Delgado, por los consejos y motivación constante de superación personal.

A mis amigos y amigas de la pastoral universitaria Jaén, por brindarme ánimos y los buenos deseos en la realización de la presente tesis de investigación.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE

	Pág.
DICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	12
II. REVISIÓN LITERARIA.....	14
2.1. Tierra.....	14
2.2. Cobertura terrestre	14
2.3. Cobertura vegetal.....	15
2.4. Uso de la Tierra.....	15
2.5. Factores asociados a cambios en la cobertura de la tierra	17
2.5.1. Económicos y tecnológicos.....	17
2.5.2. Demográficos.....	17
2.5.3. Institucionales.....	18
2.5.4. Culturales.....	18
2.5.5. Globalización.....	18
2.6. Análisis Multitemporal	18
2.7. Teledetección.....	18
2.8. Sistemas de Información Geográfica	19
2.9. Satélite Landsat	20
2.9.1. Sensores de satélite Landsat.....	21
2.10. Clasificación e interpretación de Imágenes satelitales	22
2.10.1. Clasificación supervisada	23
2.10.2. Clasificación no supervisada	23
2.11. Sistema de Clasificación Corine Land Cover	24
2.12. Corine Land Cover adaptada para Perú (CLC)	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	29
3.1.1. Ubicación geográfica	29
3.1.2. Accesibilidad.....	30
3.1.3. Hidrografía	30
3.1.4. Topografía	30
3.1.5. Clima	30
3.1.6. Características demográficas	30
3.2. Materiales y equipos de campo.....	31
3.2.1. Materiales	31
3.2.2. Herramientas	31
3.2.3. Instrumentos y equipos.....	31
3.3. Materiales y equipos de gabinete.....	31

3.3.1. Materiales	31
3.3.2. Equipos.....	31
3.3.3. Material cartográfico	31
3.3.4. Software.....	32
3.4. Metodología	32
3.4.1. Fase inicial de gabinete	32
3.4.2. Fase de campo	41
3.4.3. Fase final de gabinete.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. Análisis e interpretación de las imágenes satelitales del distrito de El Parco.....	46
4.2. Definición de categorías según leyenda Corine Land Cover.....	49
4.3. Análisis de los cambios de cobertura y uso de las tierras ocurridas en los Periodos 1990 - 2000 – 2016	52
4.3.1. Cobertura y uso de la tierra año 1990.....	52
4.3.2. Cobertura y uso de la tierra año 2000.....	59
4.3.3. Cobertura y uso de la tierra año 2016.....	66
4.4. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra.....	72
4.4.1. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990 – 2000..	72
4.4.2. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000- 2016...	76
4.4.3. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990- 2016...	88
4.5. Análisis de cambio y no cambio por cobertura.....	83
4.5.1. Análisis de cambios por cobertura	83
4.6. Análisis de la tendencia de la cobertura vegetal y uso de la tierra del distrito de El Parco	93
4.7. Análisis de la tasa de deforestación según coberturas	96
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
5.1. Conclusiones.....	99
5.2. Recomendaciones	100
VI. LITERATURA CITADA.....	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Principales características del satélite Landsat.....	20
Tabla 2. Corine Land Cover adaptada para Perú.....	25
Tabla 3. Empleabilidad en el distrito de El Parco.....	31
Tabla 4. Especificaciones técnicas de las imágenes Landsat.....	33
Tabla 5. Esquema proceso de clasificación para la representación Cartográfica.....	34
Tabla 6. Valores obtenidos de la segmentación.....	37
Tabla 7. Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el distrito de El Parco.....	40
Tabla 8. Matriz de confusión año 1990.....	52
Tabla 9. Valoración de coeficiente Kappa.....	55
Tabla 10. Principales categorías encontrada.....	56
Tabla 11. Matriz de confusión año 2000.....	59
Tabla 12. Valoración de coeficiente Kappa.....	62
Tabla 13. Principales categorías encontradas.....	63
Tabla 14. Matriz de confusión año 2016.....	66
Tabla 15. Valoración de coeficiente kappa	69
Tabla 16. Principales categorías encontradas.....	69
Tabla 17. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra periodo 1990 – 2000.....	73
Tabla 18. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2000-2016.....	77
Tabla 19. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990-2016.....	80
Tabla 20. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990 – 2000.....	85
Tabla 21. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2000 – 2016.....	88
Tabla 22. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990 – 2016.....	91

Tabla 23. Cálculo de la tasa de deforestación de la cobertura arbustal (AR) en los diferentes periodos.....	97
Tabla 24. Cálculo de la tasa de deforestación de la cobertura mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) en los diferentes periodos.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio – distrito de El Parco.....	29
Figura 2. Imagen Landsat 8 OLI del área del distrito de El Parco visualizada desde el servidor glovis.usgs.gov.....	33
Figura 3. Recorte del ámbito de trabajo del distrito El Parco.....	35
Figura 4. Segmentación a escala del area de estudio.....	36
Figura 5. Definición opcional de Margen de la segmentación del área de estudio.	37
Figura 6. Generalización de los segmentos de calificación utilizando el Model Builder “Coberturas tablas para R”.....	38
Figura 7. Creación de un shapefile el nombre de aeita 1 del área de entrenamiento.....	39
Figura 8. Interpretación de la categoría tejido urbano continuo 111.....	43
Figura 9. Interpretación de la categoría cultivos transitorios 21.....	43
Figura 10. Interpretación de la categoría Mtmosaico de cultivos con espacios naturales 245.....	44
Figura 11. Interpretación de la categoría pastos 23.....	44
Figura 12. Interpretación de la categoría arbustal 332.....	45
Figura 13. Tejido urbano continuo distrito de El Parco.....	47
Figura 14. Cultivos transitorios en el distrito de El Parco.....	48
Figura 15. Pastos en las laderas de la capital central del distrito.....	49
Figura 16. Mosaico de cultivos con espacios naturales en el caserío	

Chepen	50
Figura 17. Arbustal en el Cerro Tolopampa.....	51
Figura 18. Distribución porcentual de cobertura para el año 1990.....	56
Figura 19. Mapa de coberturas y uso de la tierra periodo 1990.....	58
Figura 20. Distribución porcentual de cobertura para el año 2000.....	63
Figura 21. Mapa de coberturas y uso de la tierra periodo 2000.....	65
Figura 22. Distribución porcentual de cobertura para el año 2016.....	70
Figura 23. Mapa de coberturas y uso de la tierra periodo 2016.....	71
Figura 24. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990 – 2000.....	73
Figura 25. Mapa de cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990 2000.....	75
Figura 26. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000-2016.....	77
Figura 27. Mapa de cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000- 2016.....	79
Figura 28. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990-2016.....	81
Figura 29. Mapa de cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990- 2016.....	82
Figura 30. Mapa de transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990–2000.....	86
Figura 31. Mapa de transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2000–2016.....	89
Figura 32. Mapa de transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990–2016.....	92
Figura 33. Tendencia de la cobertura y uso de la tierra 1990-2000.....	93
Figura 34. Tendencia de la cobertura y uso de la tierra 2000-2016.....	94
Figura 35. Tendencia de la cobertura y uso de la tierra 1900-2016.....	95

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulada “análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales en el distrito de El Parco, provincia de Bagua, departamento de Amazonas”. El escenario de estudio cuenta con área de 1818.61 ha. El objetivo de estudio planteado fue: Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de El Parco en los periodos 1990-2000-2016. La información y metodología utilizada para la generación de mapas temáticos de cobertura y uso de la tierra se fundamenta en el sistema de clasificación Corine Land Cover (CLC), propuesta adaptada por el Ministerio del Ambiente (MINAM,2012), utilizando imágenes satelitales Landsat y modelo digital de elevación de 30 m para desarrollar los análisis de indicadores complementarios de vegetación y topográficos de acuerdo a la aplicación de los protocolos marco de interpretación empleando segmentación y clasificación supervisada con Random Forest. Se clasifico en un Nivel III donde se identificaron 5 categorías las cuales son: Tejido urbano continuo 18.71 ha (1.03 %), cultivos transitorios 534.21 (29.38 %), mosaico de cultivos y espacios naturales 126.27 ha (6.94 %), pastos 345.35 ha (18.99 %) y arbustal 794.04 ha (43.66 %) al año 2016.

Palabras clave: Cobertura, uso de la tierra, imágenes satelitales, Random Forest, distrito de El Parco.

ABSTRACT

This research work entitled “analysis of changes in coverage and land use with satellite images in the district of El Parco, Bagua province, department of Amazonas”.The study scenario has an area of 1818.61 ha. The objective of the study was to: Analyze the changes in coverage and land use of the Parco district in the periods 1990-2000-2016. The information and methodology used to generate thematic maps of coverage and land use is based on the Corine Land Cover classification system (CLC), a proposal adapted by the Ministry of Environment (MINAM 2012), using Landsat satellite imagery and model digital elevation of 30 m to develop the analysis of complementary indicators of vegetation and topography according to the application of the framework protocols of interpretation using segmentation and supervised classification with Random Forest. It was classified in a Level III where 5 categories were identified: Continuous urban fabric 18.71 ha (1.03 %), transitory crops 534.21 (29.38 %), mosaic of crops and natural spaces 126.27 ha (6.94 %), pastures 345.35 (18.99 %) and shrubby 794.04 ha (43.66 %) as of 2016.

Key words: Coverage,land use, satellite images, Random Forest,Parco district.

I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, los efectos globales derivados de los cambios en los usos y cobertura de la tierra (CUCCT) pueden ser tan significativos, o incluso más, como los derivados del cambio climático potencial. A diferencia del cambio climático estricto, los cambios de uso y cubiertas del suelo constituyen uno de los factores indiscutibles del cambio medioambiental global, las demandas actuales de una sociedad consumista y de producción no satisfecha sin una mayor modificación y conversión de la cobertura de la tierra para varios usos, muchos de estos usos caen dentro de una o más categorías: producción agrícola y agropecuaria, producción forestal, asentamientos humanos (incluyendo infraestructura de transporte y manufactura), usos recreacionales, parques, reservas, minería y en ecosistemas cerca de la costa en industria pesquera (Sánchez, 1997).

Perú es considerado como uno de los 10 países mega diversos del planeta, por la presencia de una mega biodiversidad y endemismos dentro del territorio nacional; sin embargo es evidente que los cambios en la cobertura y uso de la tierra, son los resultados más visibles de las modificaciones del hombre sobre los ecosistemas terrestres; los cambios históricos en la cobertura y en el uso de la tierra, que en conjunto, ayudan a explicar la dinámica territorial; los cuales están asociados a factores biofísicos y a factores humanos, que en buena cuenta su estudio, constituye insumo para diseñar acciones inherentes al Ordenamiento Territorial (Sandoval, 2018).

El distrito de El Parco es considerado el más pobre y el menos desarrollado de los 6 distritos pertenecientes a la provincia de Bagua, es por esto que actualmente la población viene poniendo en práctica actividades no sostenibles de sus recursos naturales que ha favorecido a una constante pérdida de la cobertura vegetal nativa, como consecuencias de estas malas prácticas se está ocasionando la pérdida de nutrientes esenciales, acidificando los suelos poniendo limitaciones a los cultivos transitorios, el aumento de áreas degradadas producto de la agricultura migratoria y la perturbación del hábitat de flora y fauna existentes en estos ecosistemas, de seguir con este tipo de actividades en el futuro la economía de la población se verá comprometida conllevando a un más a la pobreza debido al bajo rendimiento de

sus productos agrícolas como el cultivo de arroz que es la principal fuente de ingresos que se acentúa aún más por la inexistencia de estudios vinculadas a la gestión y planificación del uso de los recursos naturales.

La importancia de realizar un estudio sobre los cambios ocurridos en la cobertura y uso de la tierra en el distrito de El Parco, así como las posibles causas de dicho cambio, es que la información servirá como un instrumento de apoyo para la toma de decisiones en la planeación del desarrollo futuro del distrito. Además, el presente estudio se basó en un análisis multitemporal con imágenes de satélite.

En tal sentido el presente trabajo de investigación tuvo por objetivo principal analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de El Parco en los años 1990-2000-2016 y los específicos fueron:

Elaborar el mapa de cobertura y uso actual de la tierra del distrito El Parco en los periodos (1990-2000-2016) utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud.

Generar el mapa temático de cobertura y uso actual de la tierra del distrito El Parco en los periodos (1990-2000-2016) utilizando la metodología Corine Land Cover.

Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurrida en los referidos periodos.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Tierra

La tierra se define como un área de la superficie del planeta cuyas características abarcan a aquellos atributos razonables estables o predeciblemente cíclicos de la biosfera, verticalmente por encima y por debajo de esta área, incluidos los de la atmosfera, el suelo y la geología subyacente, hidrología, población vegetal y animal y los resultados de la actividad humana pasada y presente, en la medida en que estos atributos ejercen una influencia significativa sobre los usos presentes y futuros de la tierra por parte del hombre (Richters, 1995).

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

2.2. Cobertura terrestre

La cobertura de la tierra, es la cobertura física que se observa sobre la superficie de la tierra. Cuando nos remitimos pura y estrictamente a la cobertura de la tierra, debería estar restringido a la descripción de la vegetación y elementos antrópicos. Consiguientemente, áreas donde la superficie terrestre consiste en afloramientos rocosos o suelo desnudo están describiendo la tierra propiamente y no la cobertura de la tierra. Así mismo, es discutible si debiésemos considerar realmente a los cuerpos de agua como cobertura de la tierra. Sin embargo, en la práctica, la comunidad científica usualmente incluye a estos elementos dentro el término cobertura de la tierra (Di Gregorio, 2005).

Para Meyer y Turner (1994), esta es definida como las distintas cubiertas vegetales (tipos de vegetación) y no vegetales (cuerpos de agua, afloramientos rocosos, superficies de hielo) presentes en estado natural y/o transformadas por fenómenos ambientales y el hombre.

2.3 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal, es la medida de la superficie cubierta por una planta o un tipo de vegetación; la vegetación se define como el tapiz vegetal de un país o de una región geográfica. La predominancia de formas biológicas tales como árboles, arbustos o hierbas, sin tomar en consideración su posición taxonómica, conduce a distinguir diferentes tipos de vegetación, como bosque, matorral y pradera (Ñique et al., 2006).

Martínez (2006), señala que la cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas 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.

2.4. Uso de la Tierra

La tierra no debe ser considerada simplemente como el suelo y la superficie topográfica, sino que abarca muchos otros elementos como los depósitos superficiales, los recursos de agua y clima y también las comunidades animales y vegetales que se han desarrollado como resultado de la interacción de esas condiciones físicas. Los resultados de las actividades humanas, reflejadas en cambios en la cobertura vegetativa o en las estructuras, también son vistas como características de la tierra. Cambiando uno de los factores tal como el uso de la tierra, tendrá un impacto sobre otros factores como la flora y la fauna, los suelos, la distribución superficial del agua y el clima. Los cambios en esos factores se pueden fácilmente explicar en razón de la ecodinámica del sistema y la importancia de sus relaciones en la planificación y el manejo de los recursos de la tierra es evidente (FAO/UNEP, 2000).

Uso de la tierra se caracteriza por los arreglos, las actividades y los insumos de la población para producir, cambiar o mantener un cierto tipo de cobertura de la tierra; definición que lleva a entender el vínculo directo entre la cobertura de la tierra y las acciones de la población en su ambiente; además afirman que la cobertura de la tierra es la que se observa biofísicamente sobre la superficie terrestre (Jansen y Di Gregorio, 1998).

2.5 Factores asociados a cambios en la cobertura de la tierra

Sánchez (1997), la cobertura de la tierra puede ser cambiada por medios naturales: variaciones climáticas, erupciones volcánicas o cambios en el cauce de los ríos o el nivel oceánico son ejemplos localizados. Cambios de este tipo son siempre operativos y extremadamente difíciles de desligar de los impactos humanos (ejemplo, la desertificación del Sahel). A pesar de lo anterior, los cambios actuales y de un pasado reciente en la cobertura de la tierra son el resultado sin discusión de las acciones humanas, la mayoría de los casos es debido a la modificación o conversión de coberturas de la tierra con fines de producción y en mayor nivel, asentamientos humanos. Estas acciones definen el uso de la tierra.

A nivel mundial existen cinco factores que inciden fuertemente en los cambios que se experimentan en la cobertura vegetal (Lambin et al., 2007).

2.5.1 Económicos y tecnológicos

Se refiere a los factores económicos y a las políticas agrarias que tienen una influencia directa en precios, impuestos y subsidios a los insumos y productos obtenidos del uso de la tierra (Lambin et al., 2007).

2.5.2 Demográficos

Los incrementos al igual que las disminuciones en la población generan un impacto en el uso de la tierra, estos cambios influyen en la estructura y la dinámica del hogar, mano de obra, migración, urbanización, entre otros, siendo la migración uno de los factores que

generan un mayor impacto, y quizás el más importante (Lambin et al., 2007).

2.5.3 Institucionales

Los cambios en el uso de la tierra se ven influenciados fuertemente por el sector político, jurídico, económico, así como por instituciones donde se toma decisiones sobre la administración y gestión del territorio, contando con políticas débiles, mal definidas y carentes de una adecuada implementación (Lambin et al., 2007).

2.5.4 Culturales

Este es un factor muchas veces intangible, que no es tomado en cuenta, sin embargo, una población cuenta con: motivaciones, memorias colectivas, historias personales, actitudes, valores, creencias y percepciones individuales y colectivas (Lambin et al., 2007).

2.5.5 Globalización

Los procesos de globalización amplifican o atenúan las fuerzas que conducen los cambios del uso de la tierra, teniendo influencias en las políticas macroeconómicas que definen las condiciones en que juegan la oferta y demanda de bienes y servicios en los mercados internacionales, las cuales son importantes pues condicionan el uso y explotación irracional de los recursos naturales especialmente en países con ecosistemas frágiles (Lambin et al., 2007).

2.6 Análisis Multitemporal

Es el análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos o más imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas y permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas. Como los meses del año y los años entre si difieren en sus características climáticas, un análisis

multitemporal es mucho más amplio que el análisis de una sola imagen (scanterra, 2015).

La metodología de análisis multitemporal, es una técnica de análisis que permite obtener conclusiones con relación a las transformaciones espaciales de una región. Al realizar el procesamiento multitemporal de imágenes satelitales, se debe obtener una serie de datos que estén referenciados de acuerdo a la fecha de su origen, y que finalmente tienen que convertirse en un conjunto único de datos (Mehl y Peinado, 1997).

2.7 Teledetección

La teledetección es aquella técnica que nos permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación remota sea posible es preciso que entre los objetos y el sensor exista algún tipo de interacción (Chuvienco, 2002).

Gutierrez (1993), la teledetección (“remote sensing”) es una técnica que permite obtener información de objetos, áreas o fenómenos situados sobre la superficie terrestre sin mantener contacto físico con ellos, constituyendo por lo tanto, una herramienta de gran utilidad en el campo de la geología y ciencias a fines.

2.8 Sistemas de información geográfica

Como sistema de información geográfica se entiende la unión de la información y herramientas informáticas (programas y software) para su análisis con unos objetivos concretos. Por otra parte, al incluir el término “Geográfica” se asume que la información es especialmente explícita, es decir, incluye la posición en el espacio (Peña, 2006).

En un contexto más amplio estos son asumidos como sistemas automatizados para el manejo de datos geográficos para un propósito especial en donde el principal medio de referencia es un sistema de coordenadas (Pérez, 1997).

2.9 Satélite Landsat

El primer satélite Landsat (el Landsat 1) fue puesto en órbita el 23 de julio de 1972. Tras este fueron lanzados el Landsat 2 (1975), Landsat 4 (1982), Landsat 5 (1985), Landsat 6 (1993, aunque no llegó a ponerse en órbita debido a un accidente durante su lanzamiento), Landsat 7 (1999) y, en febrero del año 2013, el Landsat 8 (Tabla 1). Estos satélites han tomado imágenes de la superficie de la tierra de forma ininterrumpida y homogénea (todos los satélites contaron con sensores que tuviesen, como mínimo, las mismas bandas del anterior y, en algunos casos, alguna nueva), lo que les convierte en la familia de satélites civiles con una serie temporal más larga (más de 40 años) (Rodríguez, et al., 2015).

Los Landsat son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por EE. UU. Para la observación en alta resolución de la superficie terrestre. Los Landsat orbitan alrededor de la tierra en órbita circular heliosincrónica, a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° C respecto del Ecuador y un período de 99 minutos. La órbita de los satélites está diseñada de tal modo que cada vez que éstos cruzan el Ecuador de Norte a Sur lo hacen entre las 10:00 y las 10:15 de la mañana hora local (Cieza, 2017).

Tabla 1. Principales características del satélite Landsat

Satélite	Lanzamiento (fin servicio)	Altitud (km)	Periodo (días)	Sensor	Banda: intervalo espectral (µm)	Resol. espacial (m)
Landsat 1 ERTS	23/07/72 06/01/78	917	18	RBV	(1) 0.48-0.57 (2) 0.58-0.68 (3) 0.70-0.83	80 80 80
				MSS	(4) 0.5-0.6 (5) 0.6-0.7 (6) 0.7-0.8 (7) 0.8-1.1	79 79 79
Landsat 2	22/01/75 25/02/82	917	18	Idéntica configuración que Landsat 1		
Landsat 3	05/03/78 31/03/83	917	18	RBV	(1) 0.5-0.75	40
				MSS	(4) 0.5-0.6 (5) 0.6-0.7 (6) 0.7-0.8 (7) 0.8-1.1 (8) 10.4-12.6	79 79 79 79 240
Landsat 4	16/07/82 (83)	705	16	MSS	(4) 0.5-0.6 (5) 0.6-0.7 (6) 0.7-0.8 (7) 0.8-1.1	82 82 82 82
				TM	(1) 0.45-0.52 (2) 0.52-0.60 (3) 0.63-0.69 (4) 0.76-0.9 (5) 1.55-1.75 (6) 10.4-12.5 (7) 2.08-2.35	30 30 30 30 30 120 30
Landsat 5				Idéntica configuración que Landsat 4		
Landsat 6	05/10/93 05/10/93	705	16	Fallos en el sistema de comunicación, no llegó a funcionar		
Landsat 7	15/04/99	705	16	ETM	(1) 0.45-0.52 (2) 0.53-0.61 (3) 0.63-0.69 (4) 0.78-0.9 (5) 1.55-1.75 (6) 10.4-12.5 (7) 2.09-2.35 (8) PAN 0.5-0.90	30 30 30 30 30 120 30 15
Landsat 8	11/02/2013	705	16	OLI	B1: 0.433 - 0.453 (Costero/Aerosol) B2: 0.450 - 0.515 (visible-azul) B3: 0.525 - 0.600 (visible-verde)	15 30 30 30 30

Satélite	Lanzamiento (fin servicio)	Altitud (km)	Periodo (días)	Sensor	Banda: intervalo espectral (µm)	Resol. espacial (m)
Landsat 8	11/02/2013	705	16	OLI	B4: 0.630 - 0.680 (visible-rojo) B5: 0.845 - 0.885 (NIR ¹) B6: 1.560 - 1.660 (SWIR ² 1) B7: 2.100 - 2.300 (SWIR 2) B8: 0.500 - 0.680 (Pancromática) B9: 1.360 - 1.390 (Cirrus)	30 30 30 30 15 30
				TIRS	B10: 10.30 - 11.30 (TIRS ³ 1) B11: 11.50 - 12.50 (TIRS 2)	100 100

(1) NIR infrarrojo cercano Fuente. Sabrino (2000) y USGS (2013), citado por Oblitas 2017

(2) SWIR Infrarrojo de onda corta

(3) TIRS infrarrojo térmico

2.9.1 Sensores de satélite Landsat

2.9.1.1 Landsat 5 - sensor thematic mapper (TM)

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 también de 185 kilómetros (Cieza, 2017).

2.9.1.2 Landsat 8 Operacional de imágenes de tierra (OLI) y sensor infrarrojo térmico (TIRS)

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 (Ariza, 2013).

La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros y dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 km de este a oeste 106 km por 114 km (Ariza, 2013).

2.10 Clasificación e interpretación de Imágenes satelitales

La interpretación de imágenes satelitales está basada en la habilidad humana de relacionar colores y patrones en una imagen de características del mundo real. Muy a menudo el resultado de la interpretación es hecho explícito a través de la digitalización de la geometría y los datos temáticos objetos relevantes ("mapeo). Esta es utilizada para producir Información espacial como ser: Mapas de suelos, mapas catastrales, mapas de uso de la tierra, etc. (Bakker y Jansen, 2001).

Tradicionalmente se han dividido los métodos de clasificación en dos grupos: supervisado y no supervisado, de acuerdo a la forma en que son obtenidas las estadísticas de entrenamiento. El método supervisado parte de un conocimiento previo del terreno, a partir del cual se seleccionan las muestras para cada una de las categorías. Por su parte, el método no supervisado procede a una búsqueda automática de grupos de valores homogéneos dentro de la imagen (Chuvieco, 2002).

2.10.1 Clasificación supervisada

Esta es realizada por un operador que define las características espectrales de las clases, mediante la identificación de áreas de muestreo (áreas de entrenamiento). Se requiere también que el operador esté familiarizado con el área de interés (Chuvienco, 2002).

Rodríguez et al. (2007), en el método de clasificación supervisada, cada estrato es considerado como campo de prueba por lo cual puede mencionarse que la firma espectral en unidades de energía corresponde a la verificada en campo. En la clasificación supervisada se representa la decisión a priori de la selección de clases espectrales de los patrones de la cubierta del suelo que un analista puede identificar. Es importante mencionar que el mapeo de clases aplicando este método de identificación depende íntegramente del conocimiento a priori del analista, sobre la cubierta del suelo a fotoidentificar.

2.10.2 Clasificación no supervisada

Este método se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen. Esto implica que los ND (Números Digitales) de la imagen forman una serie de agrupaciones o conglomerados o “clusters” de píxeles con similares características. Basado en esto, la computadora localiza arbitrariamente vectores principales y los puntos medios de los grupos. Luego cada píxel es asignado a un grupo por la regla de decisión de mínima distancia al centroide del grupo (Bakker y Jansen, 2001).

Este método de mapeo de clases no requiere de campos de prueba. El agrupamiento de clases es meramente estadístico y depende de la capacidad del algoritmo aplicado de asociar el valor del píxel registrado en la imagen satelital con la evaluación de las firmas espectrales (Rodríguez et al., 2007).

2.11 Sistema de Clasificación Corine Land Cover

El Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra ha sido desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP) con el objetivo de satisfacer las necesidades de un acceso mejorado a información confiable y estandarizada de la cobertura de la tierra y cambios que en ella ocurren. CLC es un sistema de clasificación comprensivo, estandarizado a priori, diseñado para satisfacer requerimientos específicos de los usuarios, y creado para ejercicios de mapeo independientemente de la escala o medidas utilizadas para el mapeo. Facilita la comparación entre clases de cobertura sin importar la fuente de datos, la disciplina temática o el país. El sistema CLC realiza el proceso de estandarización y minimiza el problema de lidiar con una gran cantidad de clases pre-definidas (Di Gregorio, 2005).

2.12 Corine Land Cover adaptada para Perú (CLC)

La leyenda fue desarrollada siguiendo los acuerdos regionales vinculados a trabajar con el esquema Corine Land Cover (IDEAM, 2010). Este esquema ha sido adaptado para Colombia, y da un arco de comparabilidad internacional (Tabla 2). Corine Land Cover (CLC) es una metodología para la construcción de mapas de cobertura y uso de la tierra. Emplea una leyenda jerárquica, que vincula distintos niveles de detalle espacial con distintos niveles de detalle temático (Disponible en <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>).

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

el uso de Corine Land Cover (Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JZZX.pdf)

Tabla 2. Corine Land Cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
1.3. Áreas de extracción	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	
2. Áreas Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	
	2.2. Cultivos permanentes	
	2.3. Pastos	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de Cultivos 2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto

Nivel I	Nivel II	Nivel III
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.4. Bosque abierto alto
		3.1.5. Bosque fragmentado
	3.2 Bosques plantados	
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal
		3.3.2 Arbustal
		3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
		3.3.5 Arbustal / área intervenida
		3.3.6 Herbazal / área intervenida
		3.3.7 Arbustal-Herbazal/área intervenida
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2 Afloramientos rocosos
		3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4 Áreas quemadas
3.4.5 Glaciares		
3.4.6 Salares		
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas y bofedales
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar

Nivel I	Nivel II	Nivel III
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
		5.1.4. Canales
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
	5.2 Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras
		5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente. Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la zona de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

El estudio se realizó en el distrito de El Parco, provincia de Bagua y departamento de Amazonas, se localiza entre las coordenadas UTM 777999 E, 9376499 N y 782001 E, 9379501 N, Zona: 17M Datum: WGS-84. Limita al norte, este y sur con el distrito La Peca, mientras que, al oeste con el distrito de Bagua, abarca una superficie de 1818.61 ha (Figura 1).

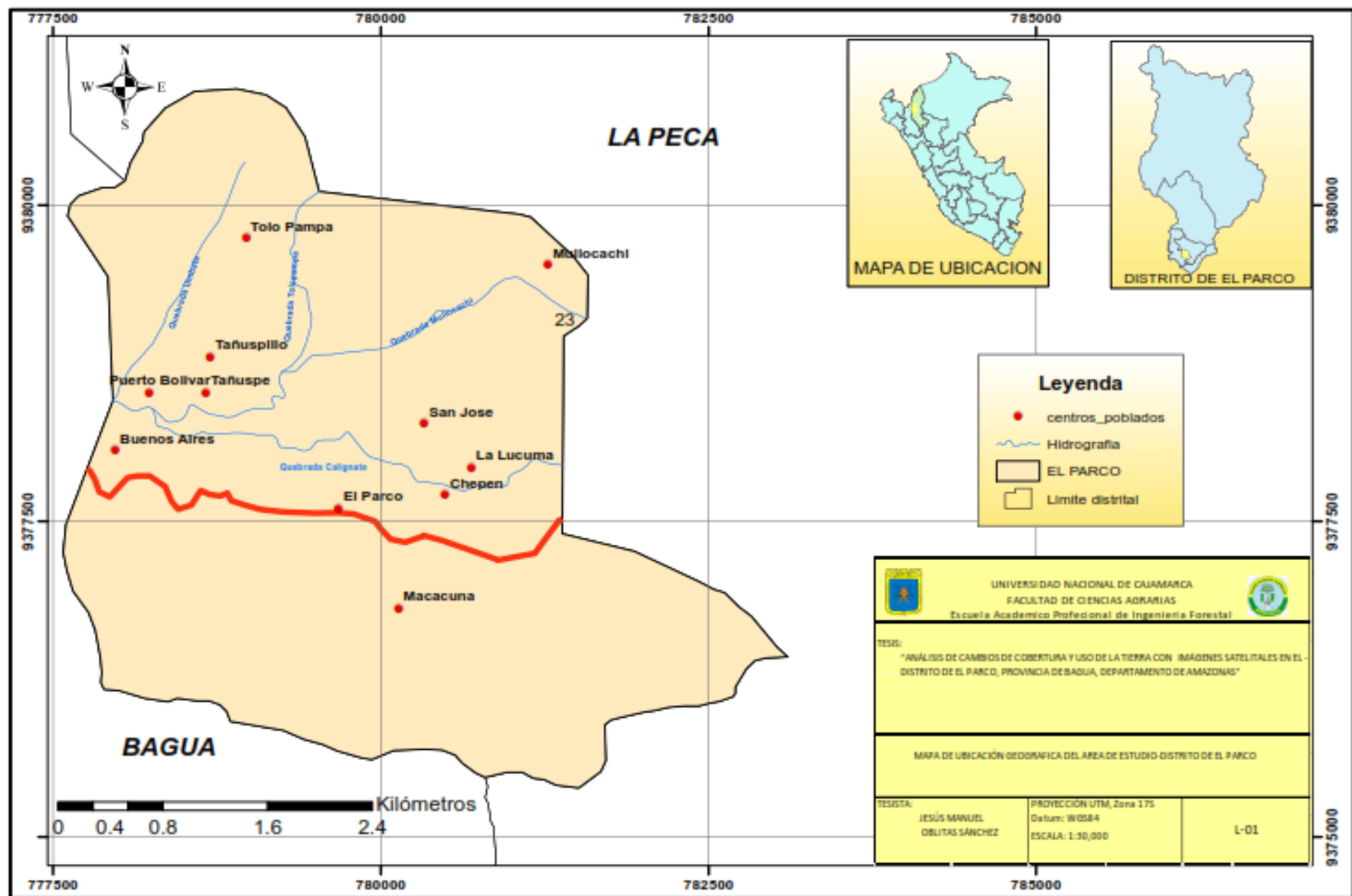


Figura 1. Mapa de ubicacion geografica del area de estudio -distrito de El Parco

3.1.2 Accesibilidad

Para llegar al distrito de El Parco, se hace la siguiente vía: Partimos de la ciudad de Bagua por una vía asfaltada, con un tiempo aproximado de 20 minutos en vehículo terrestre y una distancia promedio de 10 km.

3.1.3 Hidrografía

El sistema hidrográfico del distrito de El Parco, está conformadas por las quebradas Calignate, Umbate, Tolopampa y Mullocachi, importantes afluentes para abastecer a la población de agua potable y para los sistemas de irrigación de los cultivos de arroz, plátano, yuca, maíz y cacao.

3.1.4 Topografía

Topografía predominante: Los suelos en general son medianamente profundos de textura limo-arcillosa y de regular fertilidad (PGMDP, 2010).

Accidentes Geográficos: Presenta colinas poco accidentadas (PGMDP, 2010).

3.1.5 Clima

Meses de estacionalidad: El clima corresponde a una zona de selva alta, húmeda y lluviosa (PGMDP, 2010).

Temperatura Estacional: oscila entre 25 y 35 °C Humedad Estacional: Nivel de lluvias (precipitación pluvial): Las descargas pluviales se producen a cualquier hora del día, las precipitaciones se presentan casi todo el año, siendo la época más lluviosa los meses de enero y marzo y la más seca de junio a diciembre (PGMDP, 2010).

3.1.6 Características demográficas

3.1.6.1. Población

El distrito de El Parco, la población proyectada para el 2010 (Tabla 3), la población total es de 1383 habitantes. La

población total está distribuida entre la Capital de El distrito: El Parco, caseríos de Chepen, San José, Buenos Aires, Tolopampa y sector Shuape (INEI, 2010).

3.1.6.2. Empleo

Tabla 3. Empleabilidad en el distrito de El Parco

	Actividades económicas	Población	%
1	Agricultura	199	14.4
2	Ama de casa	327	23.6
3	Empleado	17	1.2
4	Peón, obrero	243	17.6
5	Comercio	8	0.6
6	Transporte	7	0.5
7	Artesanía	1	0.07
8	Sin activadas (niños, estudiantes)	552	40

Fuente. Plan de Gobierno Municipal del Distrito El Parco 2011- 2014 (PGMDP, 2010)

3.2 Materiales y equipos de campo

Materiales: Libreta de apuntes, formatos de campo, lápices, lapicero, wincha y botiquín de primeros auxilios.

Herramientas: Machete, linternas, botas de jebe y poncho impermeable.

Instrumentos y equipos: Sistema de posicionamiento global-GPS, binoculares de largo alcance Cámara fotográfica semi profesional.

3.3 Materiales y equipos de gabinete

Materiales: Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros y lápices.

Equipos: Laptop, impresora y escáner.

Material cartográfico: Carta nacional del Perú 1: 100 000, shapefile del distrito de El Parco obtenido del Gobierno Regional de Amazonas.

Base de datos: ZEE Amazonas.

Software: Microsoft Windows 8.1, microsoft office 2013, ArcGis 10.3.1. Envi
5.3.RGui 2.15.

3.4 Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, se realizó en el ámbito del distrito de El Parco en los periodos (1990-2000-2016), provincia de Bagua, departamento de Amazonas. La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales de Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación como se describe en la tabla número cinco (5), la clasificación se hará con la leyenda Corine Land Cover-CLC en un nivel III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente MINAM.

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

3.4.1 Fase inicial de gabinete

3.4.1.1 Fase de condiciones previas – Recopilación acondicionamiento de información

Descarga del modelo de elevación digital DEM

(http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx) de una manera gratuita.

Selección y descarga de imágenes Landsat

Imágenes landsat, del distrito de El Parco. Estas fueron adquiridas del servidor de www.glovis.usgs.gov vía

internet lo cual constituirá la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra (Figura 2).

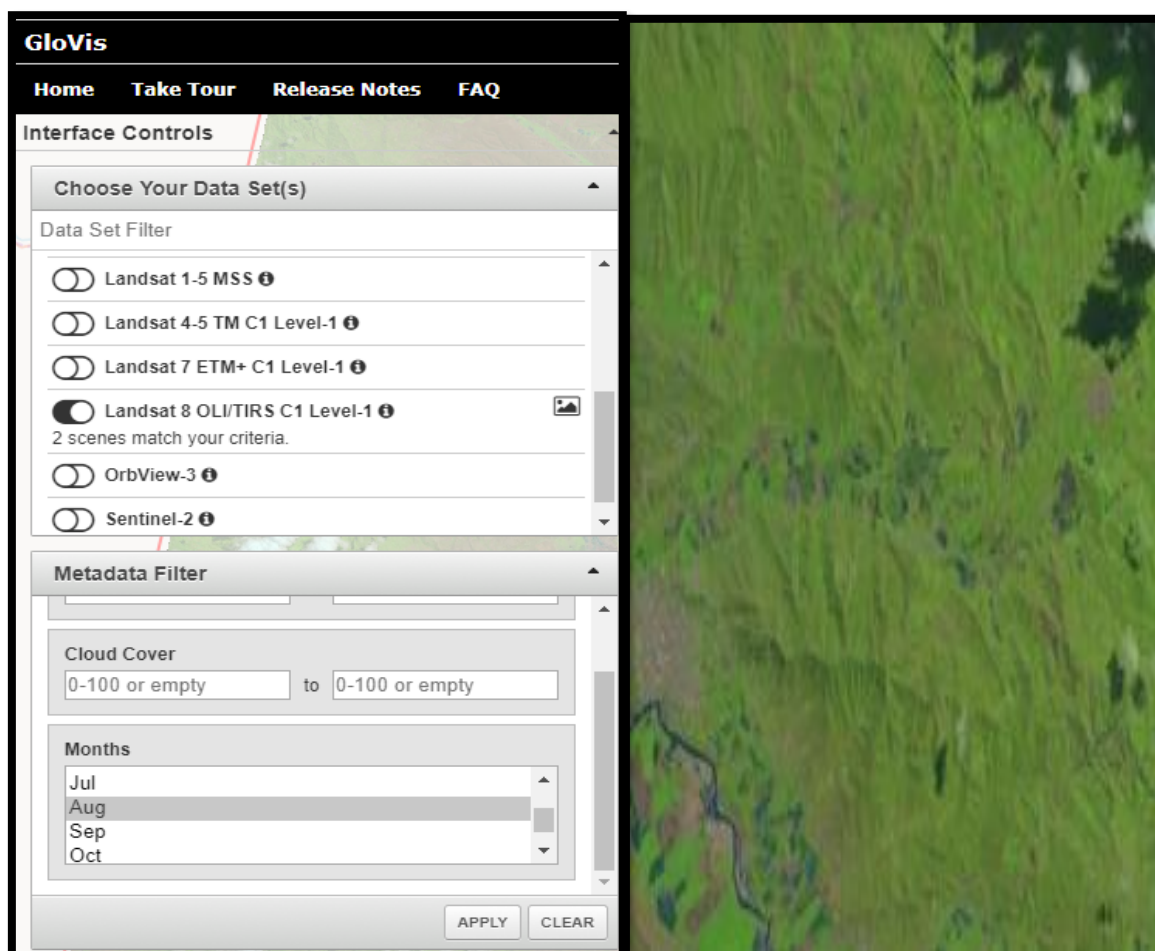


Figura 2. Imagen Landsat 8 OLI TIRS del área del distrito de El Parco. Visualizada desde el servidor glovis.usgs.gov.

Las especificaciones técnicas de las imágenes empleadas (Tabla 4), son las siguientes:

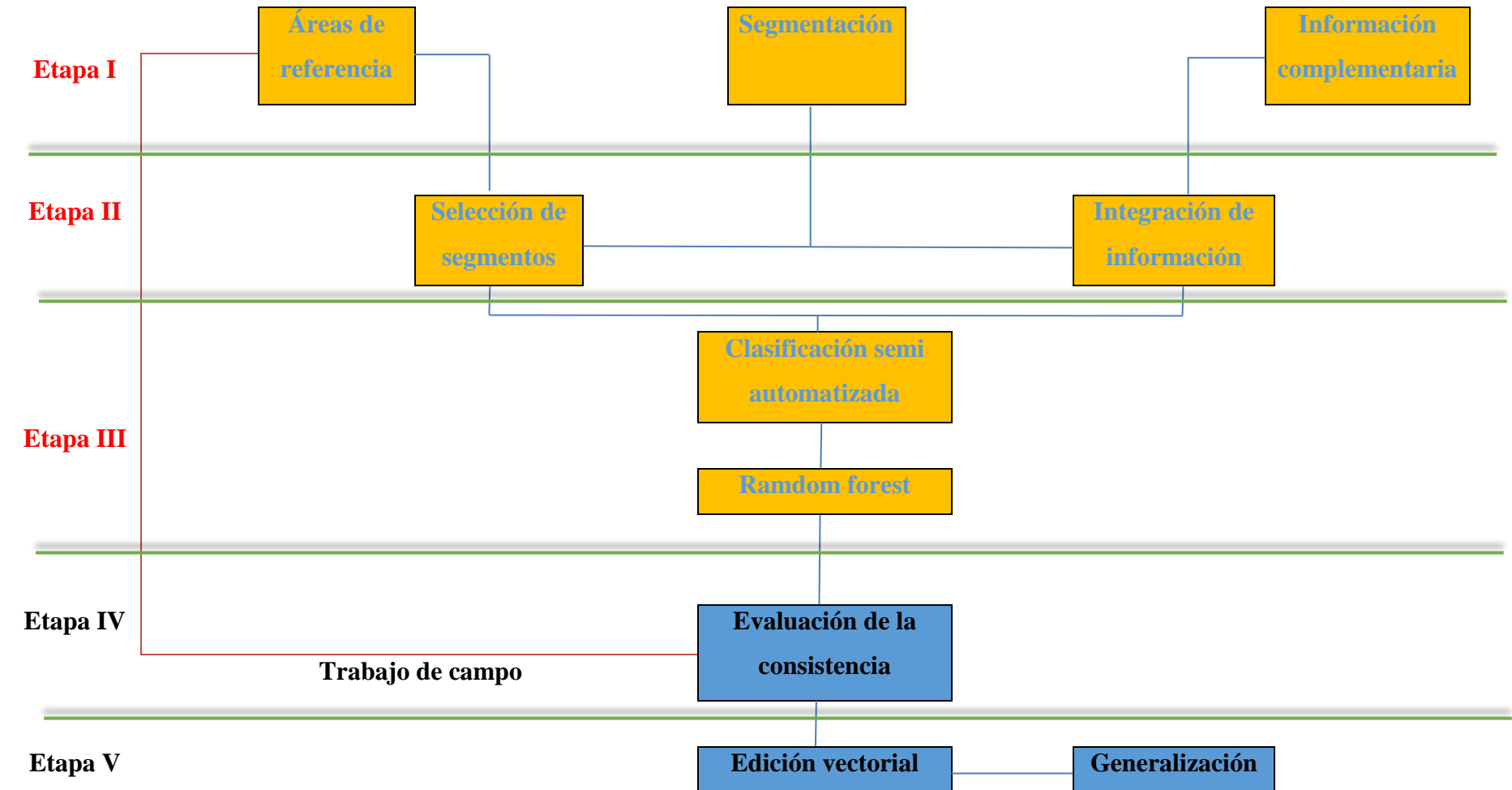
Tabla 4. Especificaciones técnicas de las imágenes Landsat

ID	Satélite	BANDAS	SENSOR	Fecha
LT50090641990332CPE01	LANDSAT_5	7	"TM"	29/08/1990
LT50090642000242XXX02	LANDSAT_5	7	"TM"	29/08/2000
LC80090642016238LGN00	LANDSAT_8	11	"OLI_TIRS"	25/08/2016

Fuente: www.glovis.usgs.gov

En la fase inicial se trabajó en las etapas I, II y III de la tabla 5, como se detalla a continuación:

Tabla 5: Esquema proceso de clasificación para la representación cartográfica



a. 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 (Figura 3 y Figura 47).

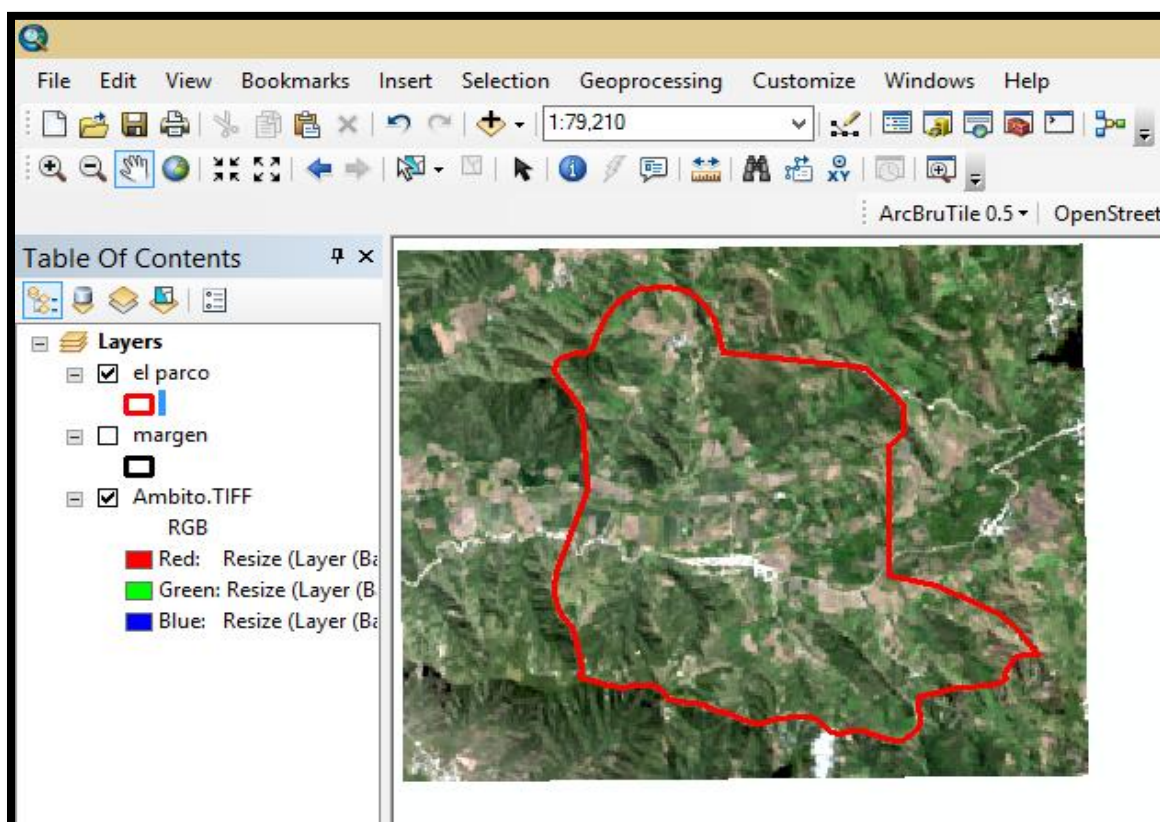


Figura 3. Recorte del ámbito de trabajo del distrito El Parco

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 (Figura 4 y Figura 48), se consideró los siguientes parámetros (Tabla 6):

- **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.

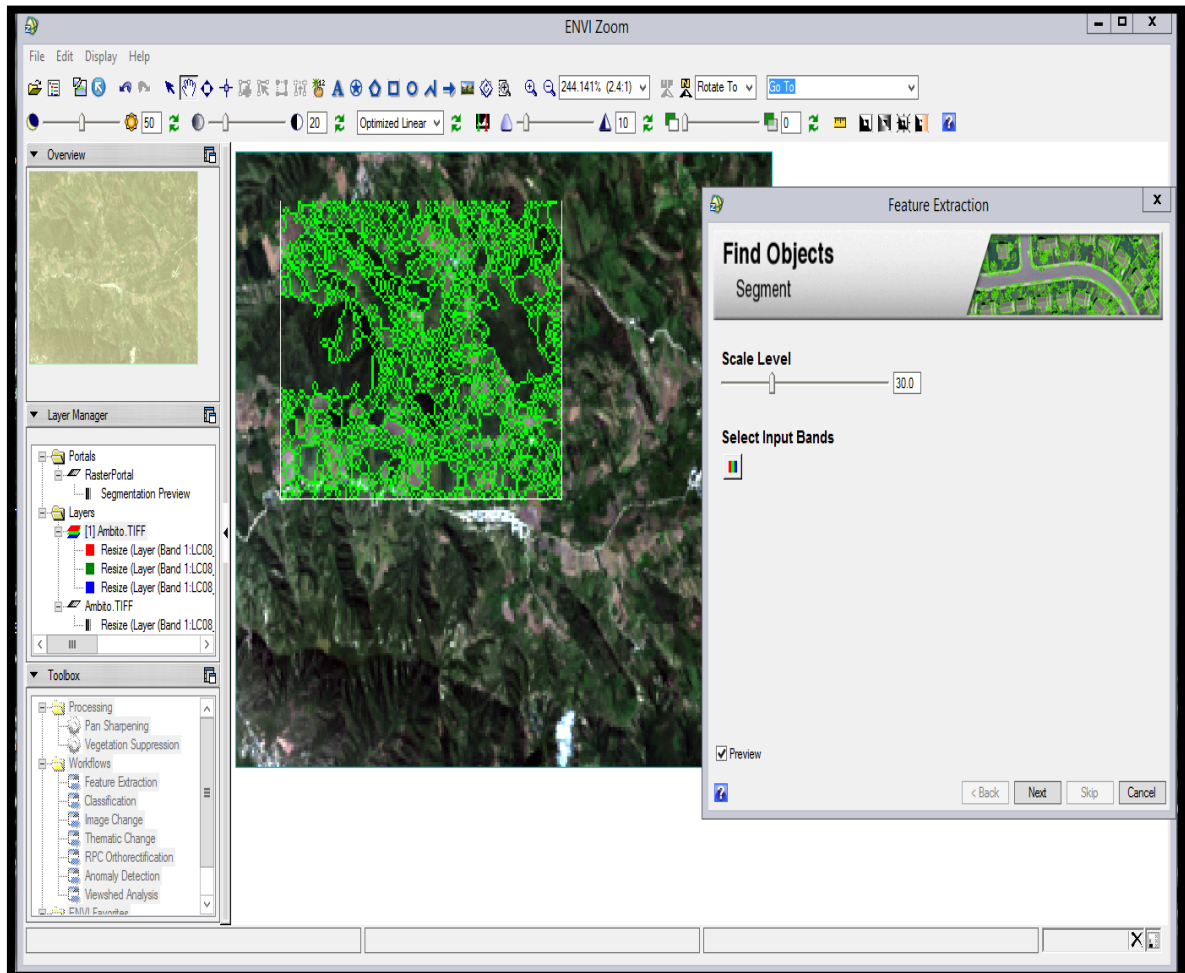


Figura 4. Segmentacion a escala del area de estudio

- **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 (Figura 5).

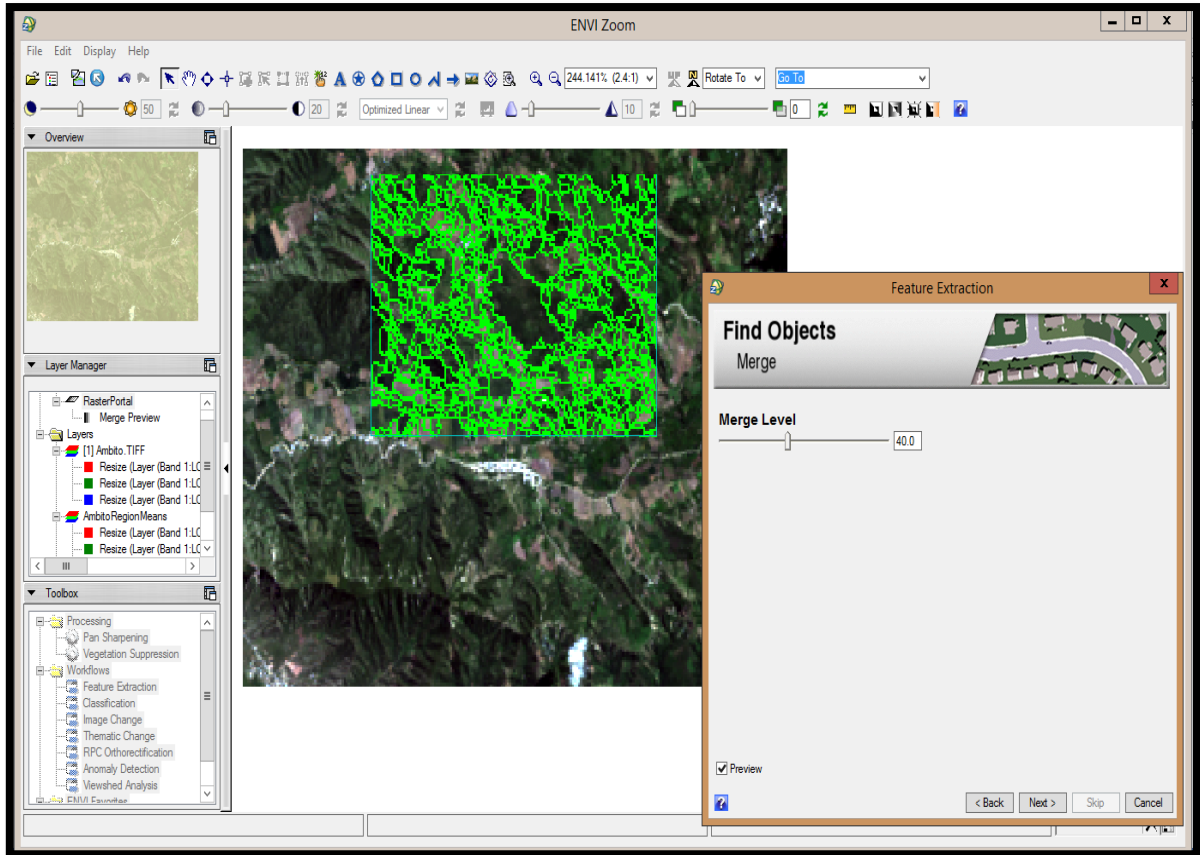


Figura 5. Definición opcional de Marge de la segmentación del área de estudio

Tabla 6. Valores obtenidos de la segmentación

Segmentación	Landsat 5 (año 1990)	Landsat 5 (año 2000)	Landsat 8 (año 2016)
Escale	15	15	30
Merge	25	25	40

Información complementaria

Se utilizó el Model Builder “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 (Figura 6).

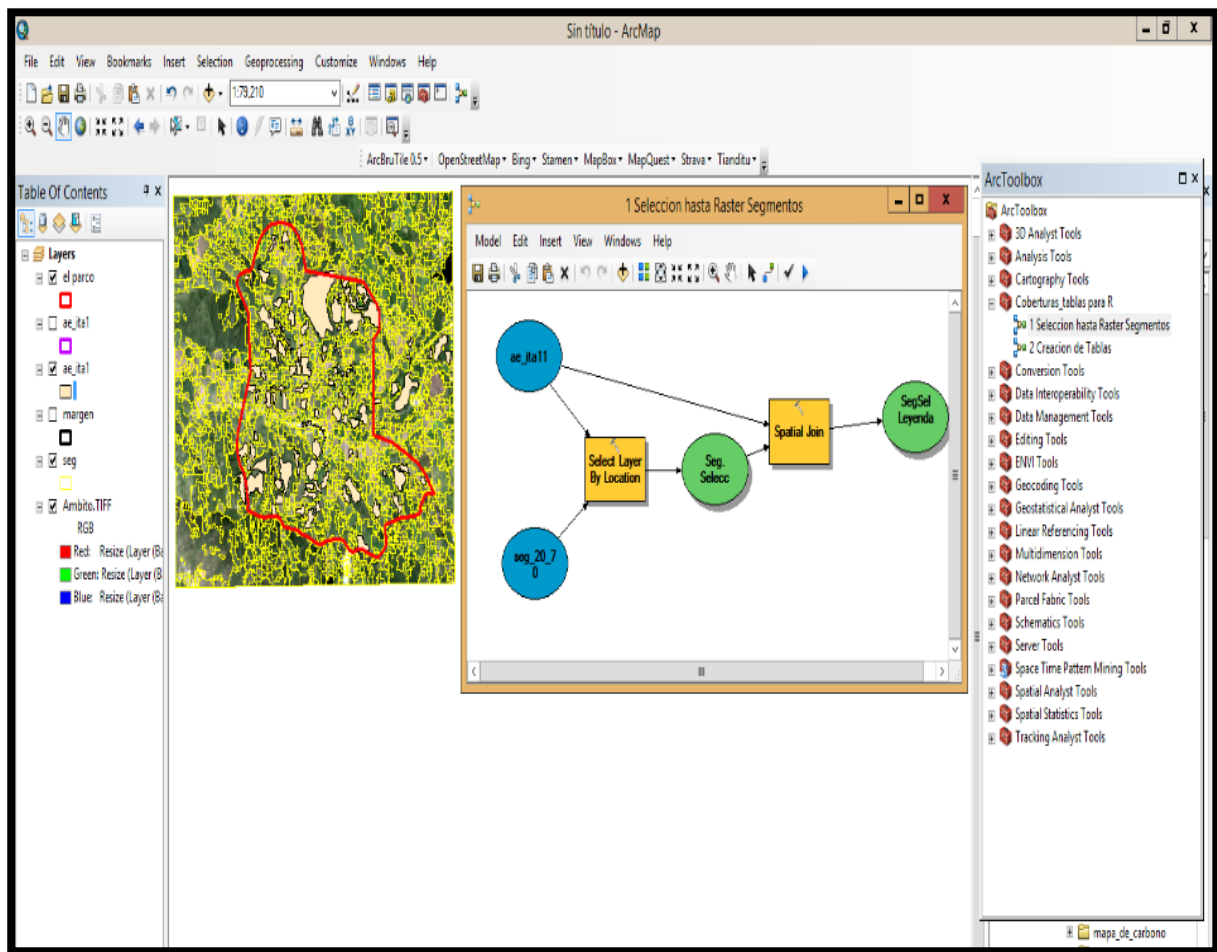


Figura 6. Generalización de los segmentos de calificación utilizando el ModelBuilder “Coberturas tablas para R”

b. 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 (Figura 7 y Figura 49)

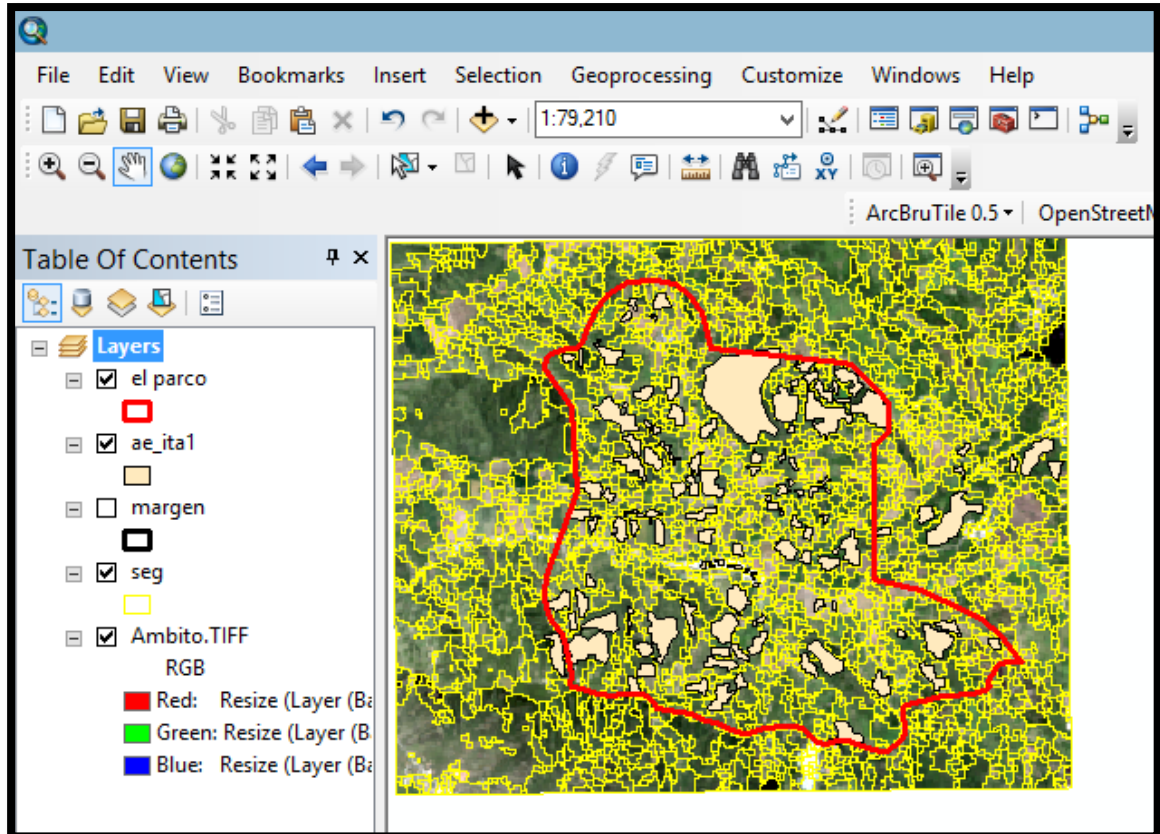


Figura 7. Creacion de un shapefile el nombre de aeita_1 del área de entrenamiento.

Integración de información

La información complementaria se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendo info raster” obtenido del Ministerio del Ambiente (Figura 50), 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 genera una tabla llamada “Todo seg” en formato.dbf y Rdata.

c. Etapa III

Clasificación semi automatizada

La clasificación semi automatizada se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “filtrar.tabla.todo.rf.2” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en procesar los archivos “Todo seg, aeita_1, y el archivo obtenido de la información complementaria”, donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster (Figura 52).

Random Forest

Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite evaluar la veracidad del mapa obtenido en la fase inicial de gabinete (Figura 51).

3.4.2 Fase de campo

En esta fase se trabajó la etapa IV de la Tabla 5.

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 (Figura 39), 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, pastizales, arbustales, etc.

3.4.3 Fase final de gabinete

En esta fase se trabajó la etapa V (Tabla 5).

Edición vectorial

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.3 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.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis e interpretación de las imágenes satelitales del distrito de El Parco

Las imágenes satelitales fueron interpretadas y analizadas en función a las combinaciones de bandas existentes para el sensor Landsat.

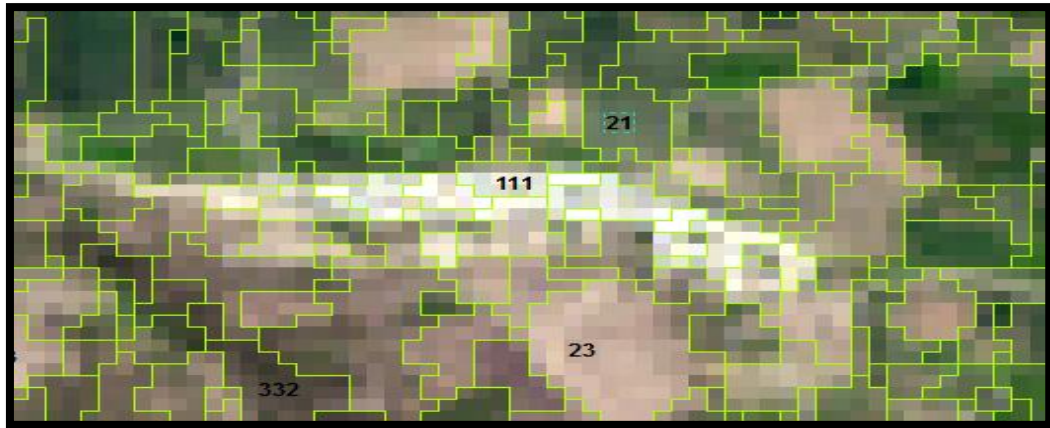


Figura 8. Interpretación de categoría la tejido urbano continuo (111)

En la figura 8, se puede visualizar mediante la imagen Landsat 8 "OLI_TIRS" el casco urbano en combinación con las bandas RGB, 321, color verdadero.

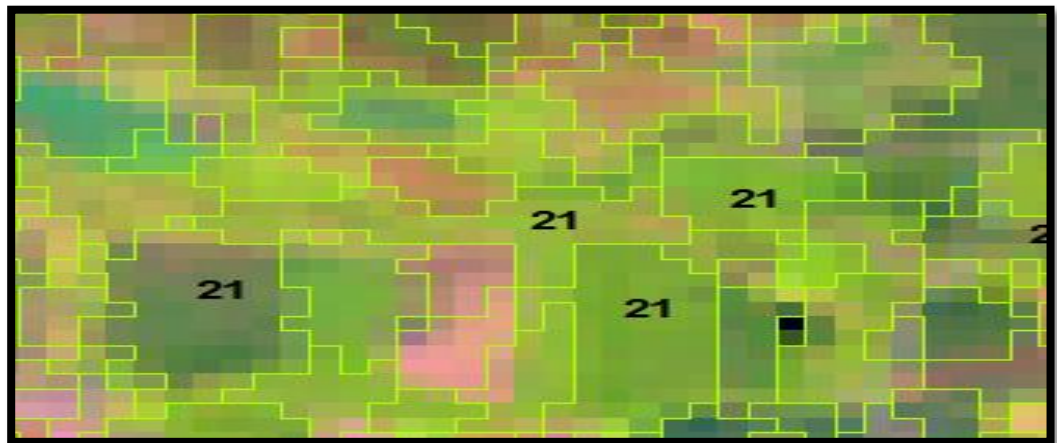


Figura 9. Interpretación de la categoría cultivos transitorios (21)

En la figura 9, se puede visualizar mediante la imagen Landsat 8 "OLI_TIRS" en combinación con las bandas RGB; 432; color natural. Agricultura. Área cubierta en su totalidad por cultivo de arroz.



Figura 10. Interpretacion de la categoría mosaico de cultivos con espacios naturales(245)

En la figura 10, se puede visualizar mediante la imagen Landsat 8 "OLI_TIRS" en combinación con las bandas RGB; 321. Área cubierta por una combinación de proporciones irregulares y heterogéneas de cultivos de plátano, cacao, arroz, yuca y de espacios naturales.

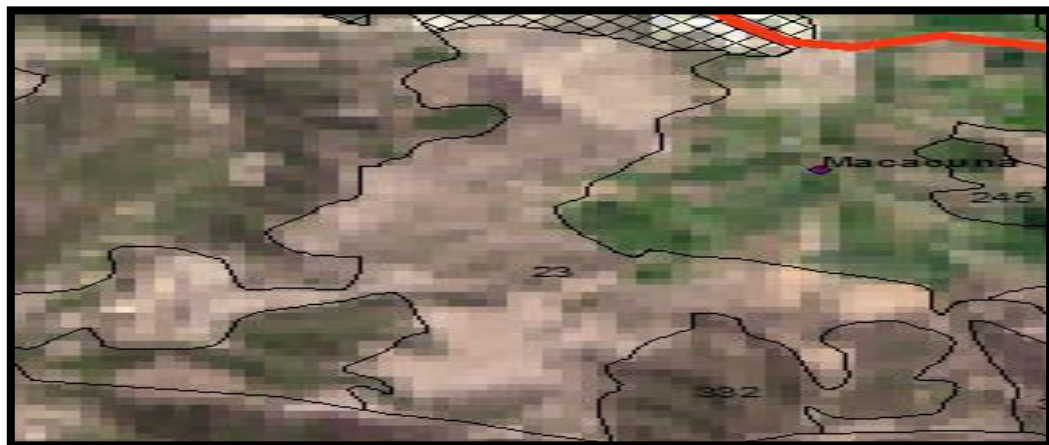


Figura 11. Interpretacion de la categoría la pastos (23)

En la figura 11, se puede visualizar mediante la imagen Landsat 8 "OLI_TIRS" en combinación con las bandas RGB; 321; color verdadero. Área cubierta por

pastizales desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos.



Figura 12. Interpretación de la categoría arbustal (332)

En la figura 12, se puede visualizar mediante la imagen Landsat 8 "OLI_TIRS" en combinación con las bandas RGB; 321; color verdadero. Área cubierta por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos.

4.2 Definición de categorías según leyenda Corine Land Cover

Del análisis de las 3 imágenes utilizadas para la presente investigación, se obtuvieron 6 categorías (Tabla 7), las cuales han sido clasificadas en el Nivel III de Corine Land Cover adaptada para Perú. Cada una de estas categorías sirvió para el análisis cuantitativo y cualitativo (análisis multitemporal) en el distrito de El Parco. A continuación se muestra las categorías obtenidas de la clasificación:

Tabla 7. Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el distrito de El Parco

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo	TUC
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		CT
	2.3. Pastos		P
	2.4. Áreas Agrícolas Heterogéneas	2.4.5. Mosaico de Cultivos con espacios naturales	MCEN
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.2. Arbustal	AR

A. 1. Áreas urbanizadas

1.1.1 Tejido urbano continuo

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 13 y Figura 36).



Figura 13. Tejido urbano continuo distrito de El Parco

B. 2. Áreas agrícolas

2.1. Cultivos transitorios

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, 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. En el distrito de El Parco se pueden encontrar los siguientes cultivos plátano (*Musa paradisiaca*), arroz (*Oryza sativa*), yuca (*Manihot esculenta*) y maíz (*Zea mays*) (Figura 14 y Figura 41).



Figura 14. Cultivos transitorios en el distrito de El Parco

2.3 Pastos

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por las familias Poaceae y Fabaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace (Figura 15 y Figura 37).



Figura 15. Pastos en las laderas del distrito de El Parco

2.4 Áreas Agrícolas Heterogéneas

2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales

Las áreas agrícolas heterogéneas 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.

El mosaico de cultivos y espacios naturales, corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación (Figura 16, Figura 44 y Figura 46).

En el distrito de El Parco podemos encontrar áreas con cultivos plátano (*Musa paradisiaca*), arroz (*Oryza sativa*) y cacao (*Theobroma cacao*) mezcladas con espacios arbustivos naturales.



Figura 16. Mosaico de Cultivos con espacios naturales en el centro poblado de Chepen

C. 3. Bosques y áreas mayormente naturales

3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo

3.3.2. Arbustal (AR)

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 2 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (Figura 17 y Figura 38).



Figura 17. Arbustal en el cerro Tolopampa

4.3 Análisis de los cambios de cobertura y uso de las tierras ocurridas en los Periodos 1990 - 2000 – 2016

4.3.1 Cobertura y uso de la tierra año 1990

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 1990 (Tabla 8) en dicha matriz se obtuvo la fiabilidad del productor y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Tabla 8. Matriz de confusión año 1990

RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN	CATEGORÍAS ASIGNADAS EN LA IMAGEN							
	Categorías	111	21	23	245	332	TOTAL	F.Usuario %
	111	11	0	0	0	0	11	100
	21	0	28	3	0	0	31	90.32
	23	0	2	19	0	0	21	90.48
	245	0	0	0	34	2	36	94.44
	332	0	0	0	2	13	15	86.67
	TOTAL	11	30	22	36	15	114	F.GLOBAL 92.38%
	F. Productor %	100	93.33	82.61	94.44	86.67		

☞ En la tabla 8, se observa que la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario

En la primera fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecen al tejido urbano continuo (111), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la segunda fila se digitalizaron 31 áreas de entrenamiento que pertenecen a cultivos transitorios (21), de las cuales 28 fueron correctamente digitalizadas y 3 fue confundido con pastos (23). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.32 %.

En la tercera fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecientes a pastos (23), de las cuales 19 fueron correctamente digitalizadas y 2 fue confundida con cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.48 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 36 áreas de entrenamiento que pertenecen a mosaico de cultivos con espacios naturales (245), de las cuales 34 fueron correctamente digitalizadas mientras que 2 con arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.44 %.

En la quinta fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a arbustal (332), de las cuales 13 fueron correctamente digitalizadas mientras que 2 fue confundido con mosaico de cultivos con espacios naturales (245). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 86.67 %.

☞ Así mismo en la tabla 8, se observa el acierto de la clasificación en el terreno por categoría

En la primera columna se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecen al tejido urbano continuo (111), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la segunda columna se obtuvieron 30 clasificaciones de las cuales 28 fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (21), mientras que 2 fue confundida con pastos (23). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 93.33 %.

En la tercera columna se obtuvieron 22 clasificaciones de las cuales 19 fueron clasificadas correctamente representando a pastos (23) y 3 fue confundido con a cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 82.61 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 36 clasificaciones de las cuales 34 fueron clasificadas correctamente representando a mosaico de cultivos con espacios naturales (245) y 2 fue confundida con arbustales (332). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 94.44 %.

En la quinta columna se obtuvieron 15 clasificaciones de las cuales 13 fueron clasificadas correctamente representando a arbustales (332) y 2 fue confundida con mosaico de cultivos con espacios naturales (245). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 86.67 %.

b. Índice Kappa

Cálculo del Índice Kappa para el año 1990.

$$P_o = \frac{11 + 28 + 19 + 34 + 13}{114} = 0.92$$

$$P_e = \frac{(11 \times 11) + (30 \times 31) + (22 \times 21) + (36 \times 36) + (15 \times 15)}{114} = 0.27$$

$$k = \frac{0.92 - 0.27}{1 - 0.27} = 0.89$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.89 que según la valoración de coeficiente Kappa (Tabla 9) está en el rango de casi perfecto.

Tabla 9. Valoración de coeficiente Kappa

Coeficiente Kappa	Fuerza de concordancia
0.00	Pobre
0.01 - 0.20	Leve
0.21 - 0.40	Aceptable
0.41 - 0.60	Moderada
0.61 - 0.80	Considerable
0.81 - 1.00	Casi Perfecta

Fuente. Landis y Koch (1977), citado por Oblitas (2017)

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 1990 es 92.38 %.

d. Categorías encontradas en el año 1990

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en agosto de 1990 (Tabla 10 y Figura 19), fueron:

Tabla 10. Principales categorías encontradas

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO 1990					
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	CODIGO	AREA	
				ha	%
1. Areas Artificiales	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1.tejido urbano continuo	TUC	9.94	0.55
2. Areas Agrícolas	2.1.Cultivos Transitorios		CT	398.91	21.93
	2.3. Pastos		P	230.33	12.67
		2.4.5. Mosaico de Cultivos con espacios naturales	MCEN	210.01	11.55
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo		AR	969.43	53.31
		3.3.2 Arbustal			
TOTAL				1818.61	100

En el cuadro 10 y Figura 43, se observa la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del distrito de El Parco.

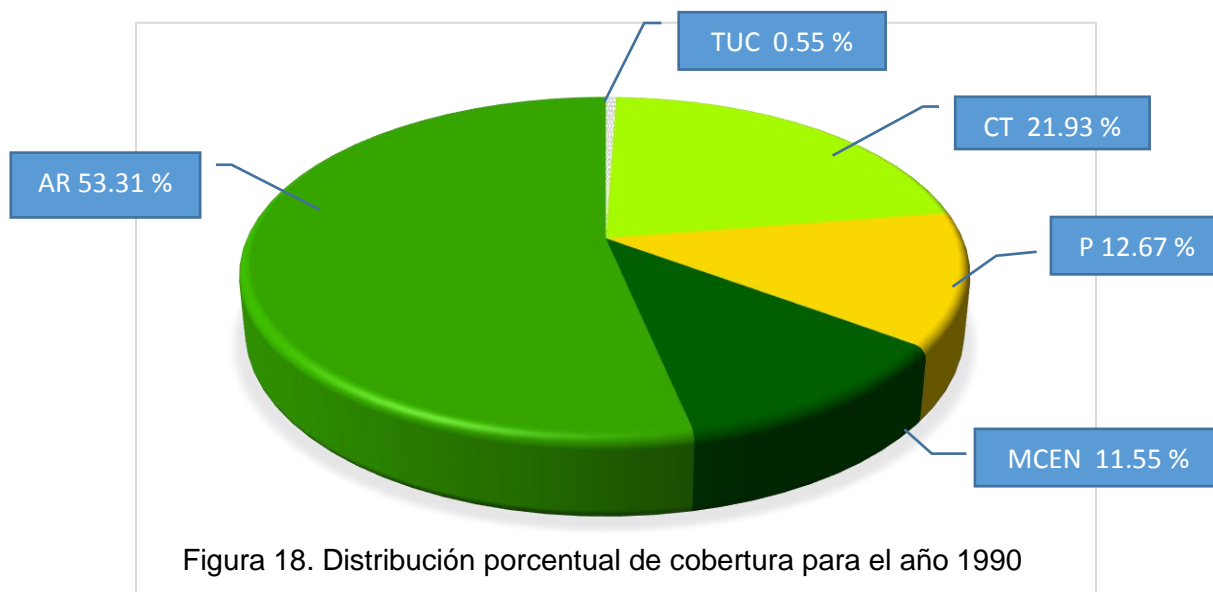


Figura 18. Distribución porcentual de cobertura para el año 1990

☞ En la figura 18, se observa que:

- El 0.55 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por tejido urbano continuo (TUC).
- El 21.93 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por cultivos transitorios (CT).
- El 11.55 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN).
- El 12.67 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por pastos (P).
- El 53.31 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por arbustal (AR).

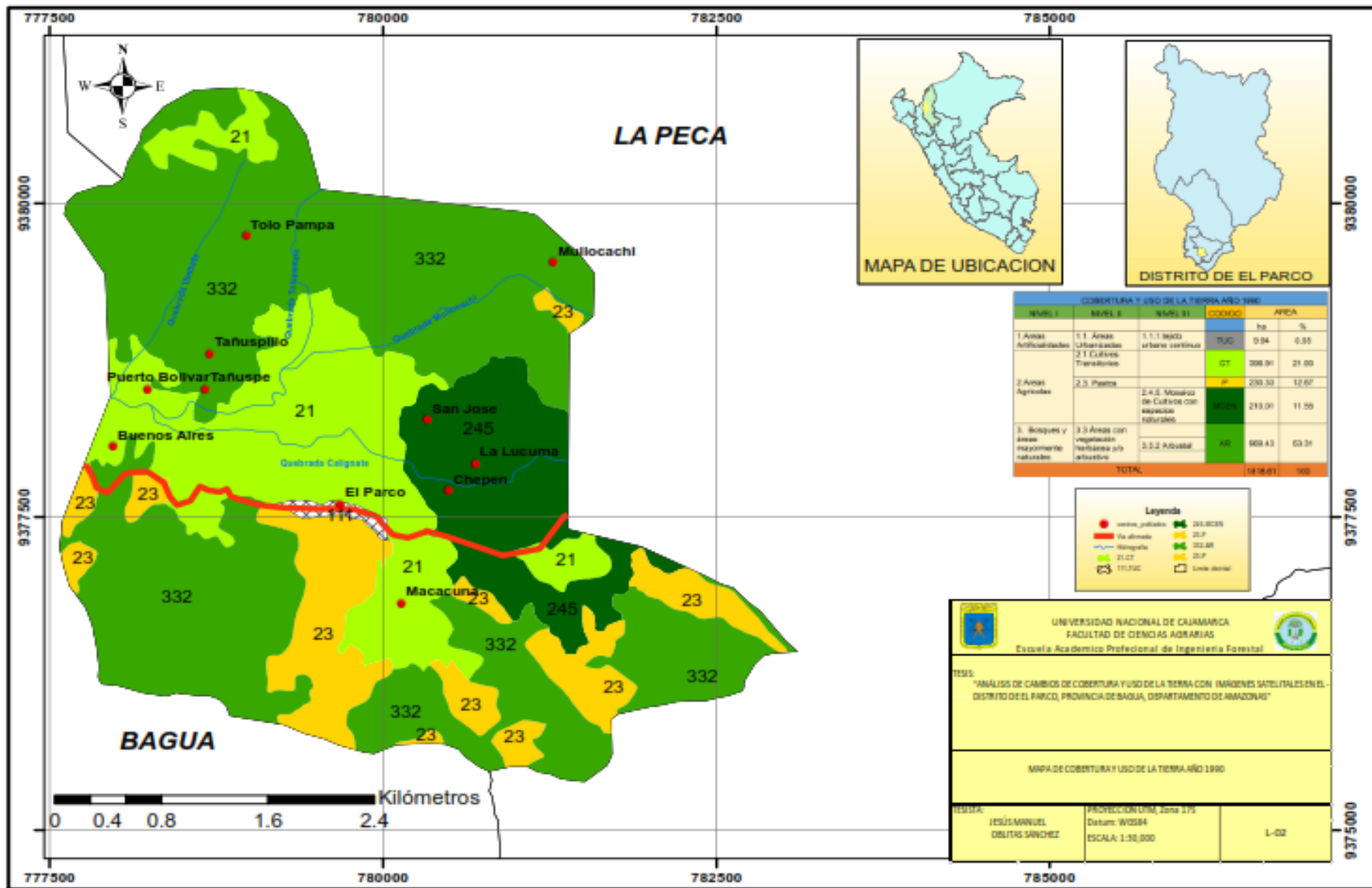


Figura 19. Mapa de cobertura y uso de la tierra año 1990

4.3.2 Cobertura y uso de la tierra año 2000

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 2000 (Tabla 11) en dicha matriz se obtuvo la fiabilidad del productor y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Tabla 11. Matriz de confusión año 2000

Resultados de la clasificación	CATEGORÍAS ASIGNADAS EN LA IMAGEN							
	Categorías	111	21	23	245	332	TOTAL	F.Usuario %
	111	6	0	0	0	0	6	100
	21	0	30	3	0	0	33	90.91
	23	0	0	10	0	1	11	90.90
	245	0	0	0	54	3	57	94.74
	332	0	0	0	2	18	20	90.00
	TOTAL	6	30	13	56	22	127	F.GLOBAL 93.31%
	F. Productor %	100	100	76.92	96.43	81.82		

☞ En la tabla 11, se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario

En la primera fila se digitalizaron 6 áreas de entrenamiento que pertenecen al tejido urbano continuo (111), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la segunda fila se digitalizaron 33 áreas de entrenamiento que pertenecen a cultivos transitorios (21), de las cuales 30 fueron correctamente digitalizadas y 3 fue confundido con pastos (23). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la tercera fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecientes con pastos (23), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.90 %.

en la cuarta fila se digitalizaron 57 áreas de entrenamiento que pertenecen a mosaico de cultivos con espacios naturales (245), de las cuales 54 fueron correctamente digitalizadas mientras que 3 fue confundido con arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.74 %.

En la quinta fila se digitalizaron 22 áreas de entrenamiento que pertenecen a arbustal (332), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 4 fue confundido con mosaico de cultivos con espacios naturales (245). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 81.82 %.

☞ Así mismo en el cuadro 11, se muestra el acierto de la clasificación en el terreno por categoría:

En la primera columna se digitalizaron 6 áreas de entrenamiento que pertenecen al tejido urbano continuo (111), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la segunda columna se obtuvieron 30 clasificaciones de las cuales 30 fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la tercera columna se obtuvieron 13 clasificaciones de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente representando pastos (23) y 3 fue confundido con a cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 76.92 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 56 clasificaciones de las cuales 54 fueron clasificadas correctamente representando a mosaico de cultivos con espacios naturales (245) mientras que 2 con arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 96.43 %.

En la quinta columna se obtuvieron 22 clasificaciones de las cuales 18 fueron clasificadas correctamente representando a arbustal (332) mientras que 1 fue confundida con pastos (23) y 3 fue confundida con mosaico de cultivos con espacios naturales (245). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 81.82 %.

b. Índice Kappa

Cálculo del Índice Kappa para el año 2000

$$P_o = \frac{6 + 30 + 10 + 54 + 18}{127} = 0.93$$

$$P_e = \frac{(6 \times 6) + (30 \times 33) + (13 \times 11) + (56 \times 57) + (22 \times 20)}{127} = 0.37$$

$$k = \frac{0.93 - 0.37}{1 - 0.37} = 0.89$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.859 que según la valoración de coeficiente Kappa (Tabla 12) está en el rango de casi perfecto.

Tabla 12. Valoración de coeficiente Kappa

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

Fuente. Landis y Koch (1977), citado por Oblitas (2017)

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2000 es de 93.31%.

d. Categorías encontradas en el año 2000

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en agosto de 2000 (Tabla 13 y Figura 21), fueron:

Tabla 13. Principales categorías encontradas

Cobertura y uso de la tierra año 2000					
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	CODIGO	AREA	
				ha	%
1. Areas Artificializadas	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1.tejido urbano continuo	TUC	11.23	0.62
2. Areas Agrícolas	2.1.Cultivos Transitorios		CT	433.67	23.85
	2.3.Pastos		P	254.18	13.97
		2.4.5. Mosaico de Cultivos con espacios naturales	MCEN	167.66	9.22
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo		AR	951.80	52.34
		3.3.2 Arbustal			
TOTAL				1818.61	100

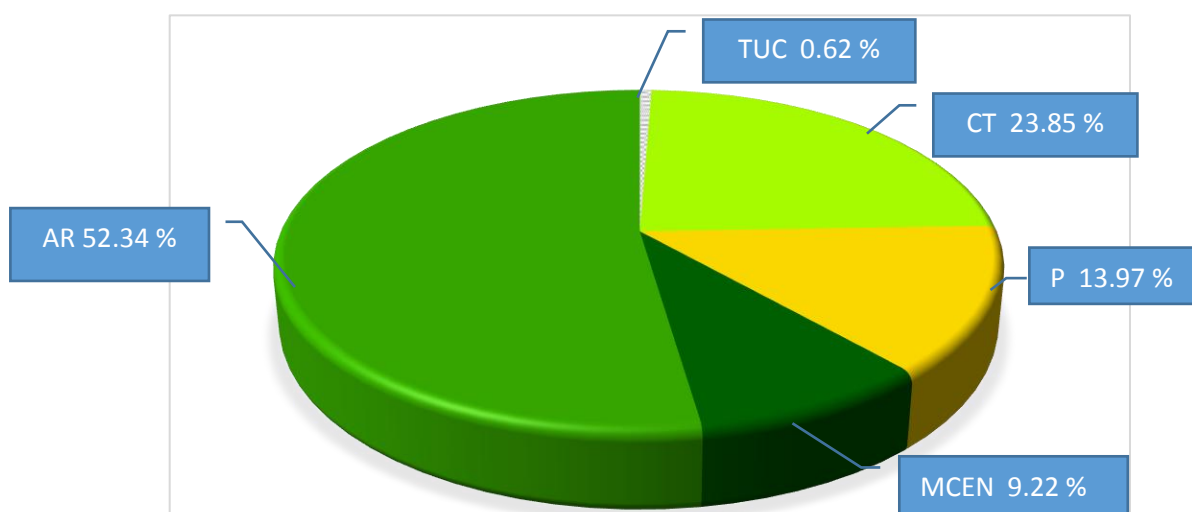


Figura 20. Distribución porcentual de cobertura para el año 2000

☞ En la figura 20, se observa que:

- El 0.62 % de la superficie del distrito de El parco está cubierta por tejido urbano continuo (TUC).

- El 23.85 % de la superficie del distrito de El parco está cubierta por cultivos transitorios (CT).
- El 9.22 % de la superficie del distrito de El parco está cubierta por mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN).
- El 13.97 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por pastos (P).
- El 52.34 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por arbustal (A).

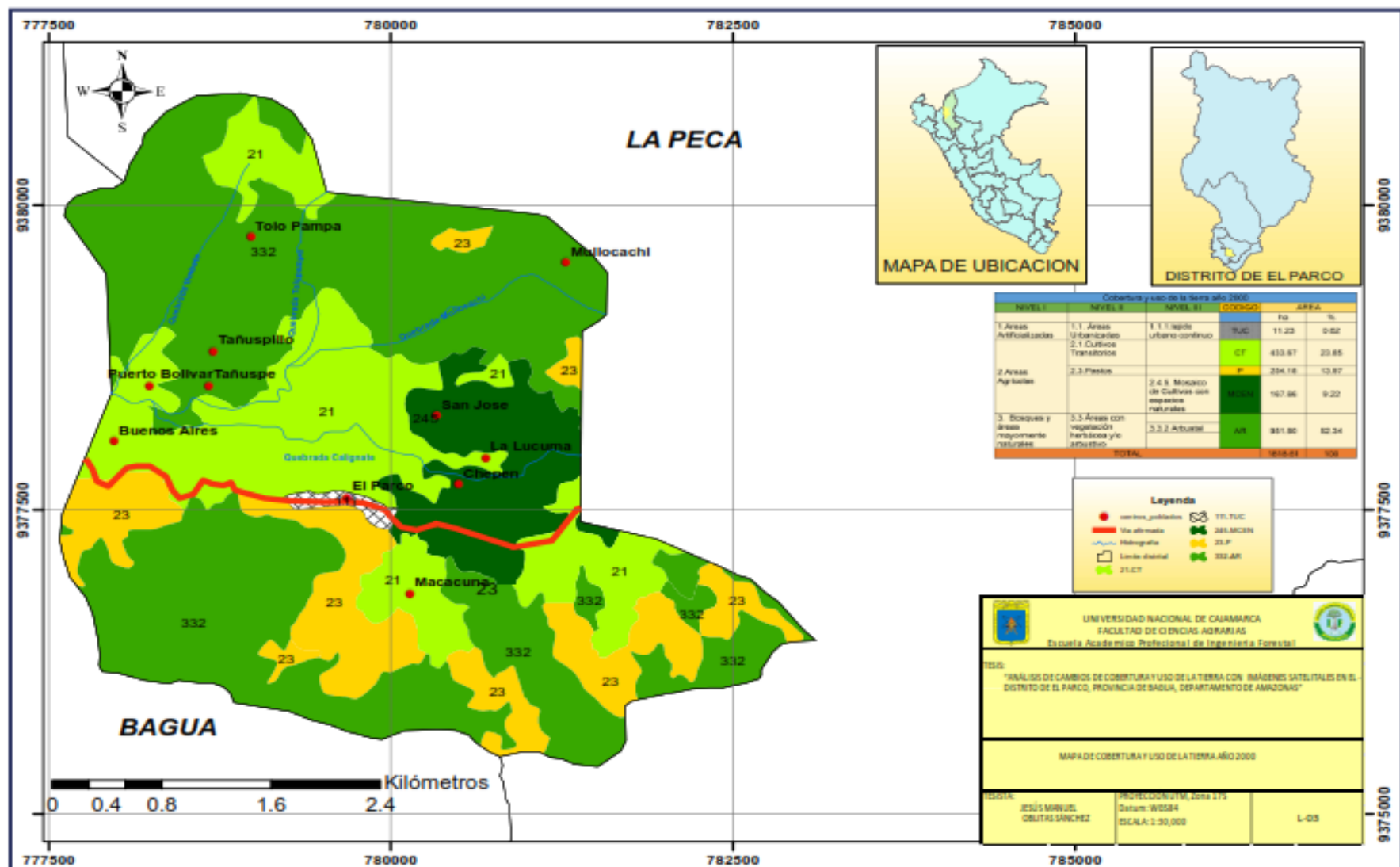


Figura 21. Mapa de cobertura y uso de la tierra año 2000

4.3.3 Cobertura y uso de la tierra año 2016

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 2016 (Tabla 14) en dicha matriz se obtuvo la fiabilidad del productor y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Tabla 14. Matriz de confusión año 2016

Resultados de la clasificación	CATEGORÍAS ASIGNADAS EN LA IMAGEN							
	Categorías	111	21	23	245	332	TOTAL	F.Usuario %
	111	8	0	0	0	0	8	100
	21	0	29	1	0	0	30	96.67
	23	0	0	10	0	1	11	90.91
	245	0	0	0	17	0	17	100
	332	0	0	0	0	10	10	100
	TOTAL	8	29	11	17	11	76	F.GLOBAL 97.51 %
F. Productor %	100	100	90.91	100	90.91			

☞ En la tabla 14, se observa la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario:

En la primera fila se digitalizaron 8 áreas de entrenamiento que pertenecen al tejido urbano continuo (111), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la segunda fila se digitalizaron 30 áreas de entrenamiento que pertenecen a cultivos transitorios (21), de las cuales 29 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido con pastos (23). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.67 %.

En la tercera fila se digitalizaron 11 áreas de entrenamiento que pertenecientes a pastos (23), de las cuales 10 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.91 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 17 áreas de entrenamiento que pertenecen a mosaico de cultivos con espacios naturales (245) , de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas . Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

En la quinta fila se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento que pertenecen a arbustal (332), de las cuales todas fueron correctamente. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100 %.

☞ Así mismo en la tabla 14, se observa el acierto de la clasificación en el terreno por categoría:

En la primera columna se digitalizaron 8 áreas de entrenamiento que pertenecen al tejido urbano continuo (111), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.00 %.

En la segunda columna se obtuvieron 29 clasificaciones de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (21). Equivalente a una fiabilidad del productor de 100 %.

En la tercera columna se obtuvieron 11 clasificaciones de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente

representando pastos (23) y 1 fue confundido con arbustal (332). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 90.91 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 17 clasificaciones de las cuales 17 fueron clasificadas correctamente representando a mosaico de cultivos con espacios naturales (245) de las cuales todas fueron clasificadas correctamente clasificadas. Equivalente a una fiabilidad de usuario de 100.00 %.

En la quinta columna se obtuvieron 11 clasificaciones de las cuales 10 fueron clasificadas correctamente representando a arbustal (332) y 1 fue confundida con pastos (23). Equivalente a una fiabilidad de usuario de 90.91 %.

b. Índice Kappa

Cálculo del Índice Kappa para el año 2000.

$$P_o = \frac{8 + 29 + 10 + 17 + 10}{76} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(8 \times 8) + (29 \times 30) + (11 \times 11) + (17 \times 17) + (11 \times 10)}{76} \\ = 0.19$$

$$k = \frac{0.97 - 0.19}{1 - 0.19} = 0.96$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de Índice Kappa 0.96 que según la valoración de coeficiente Kappa (Tabla 15) está en el rango de casi perfecto.

Tabla 15. Valoración de coeficiente Kappa

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

Fuente: Landis y Koch (1977), citado por Oblitas (2017)

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2016 es de 97.51 %.

d. Categorías encontradas en el año 2016

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en agosto de 2016 (Tabla 16 y Figura 23), fueron:

Tabla 16. Principales categorías encontrada

Cobertura y uso de la tierra año 2016					
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	CODIGO	AREA	
				ha	%
1. Areas Artificializadas	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1.tejido urbano continuo	TUC	18.71	1.03
2. Areas Agrícolas	2.1. Cultivos Transitorios		CT	534.24	29.38
	2.3. Pastos		P	345.35	18.99
		2.4.5. Mosaico de Cultivos con espacios naturales	MCEN	126.27	6.94
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo		AR	794.04	43.66
		3.3.2 Arbustal			
TOTAL				1818.61	100

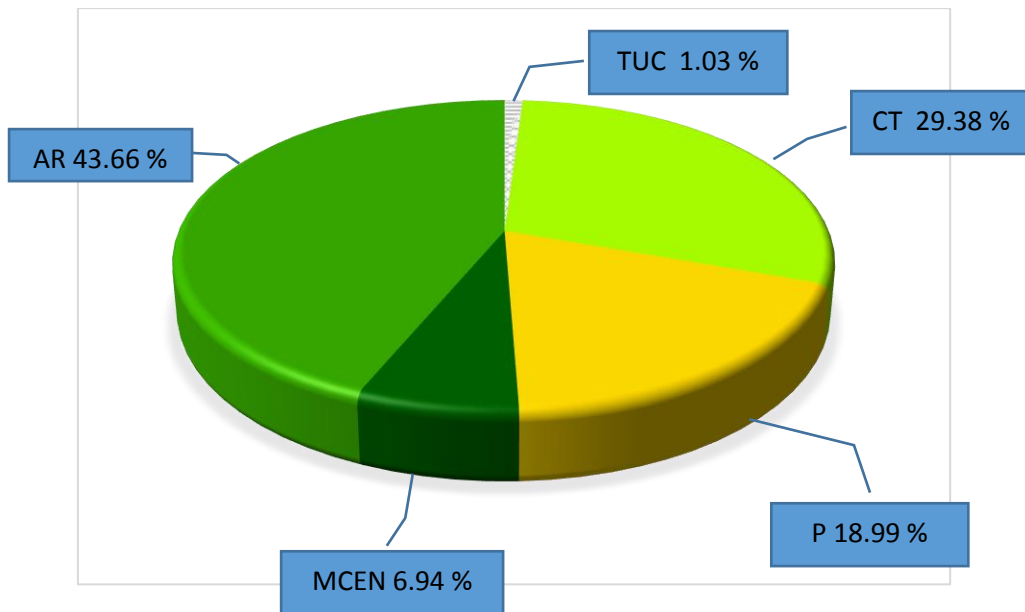


Figura 22. Distribución porcentual de cobertura para el año 2016

☞ En la figura 21, se observa que:

- El 1.03 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por tejido urbano continuo (TUC).
- El 29.38 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por cultivos transitorios (CT).
- El 6.94 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN).
- El 18.99 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por pastos (P).
- El 43.66 % de la superficie del distrito de El Parco está cubierta por arbustal (AR).

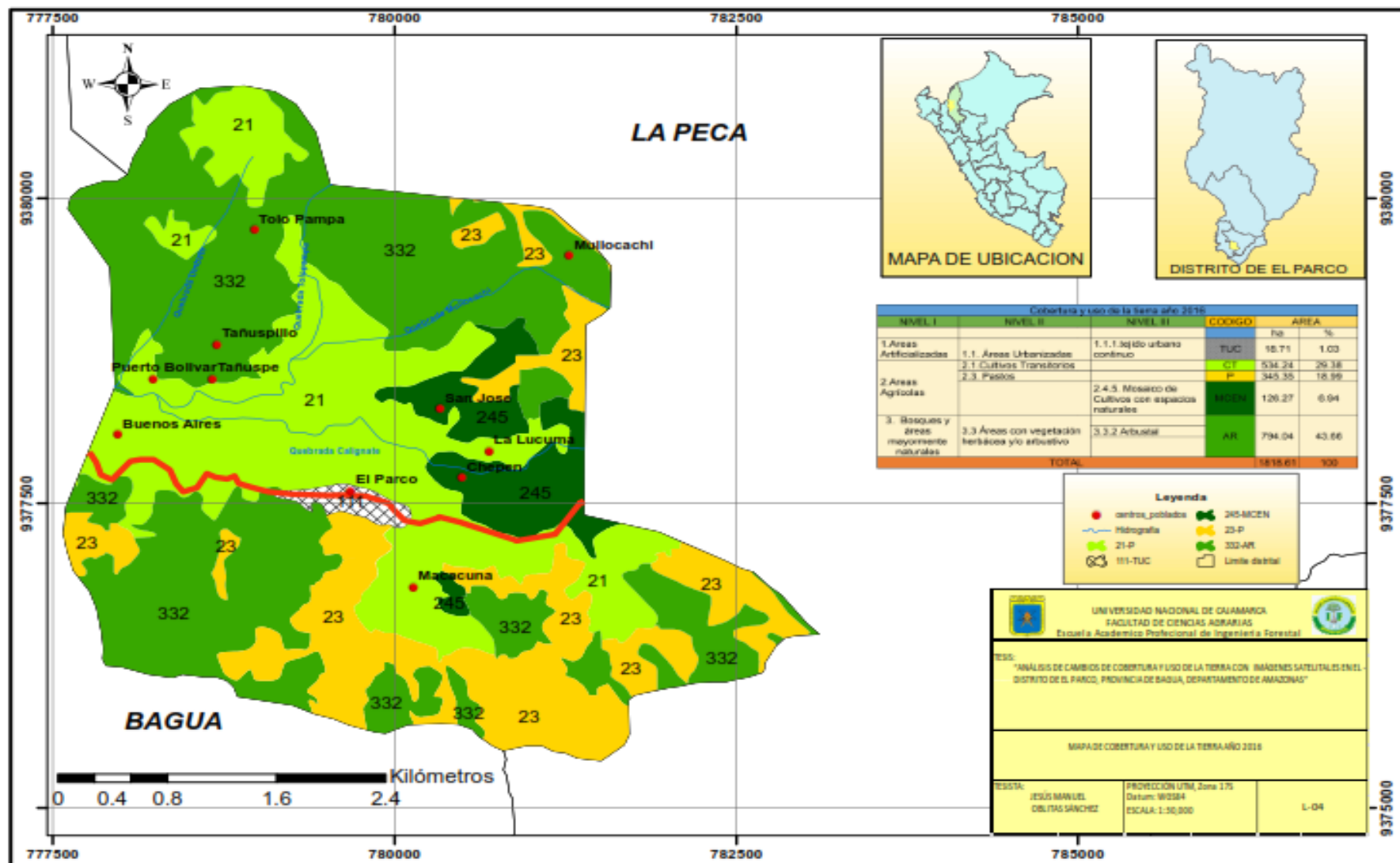


Figura 23. Mapa de Cobertura y uso de la tierra año 2016

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

Para determinar el cambio y no cambio de cobertura, se evaluó la variación de los polígonos de forma global entre cada periodo de evaluación (1990-2000, 2000-2016 y 1990-2016), sin importar los motivos o a que categorías de cobertura vegetal cambiaron dichos polígonos. A continuación se muestra los resultados del análisis:

4.4.1 Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990 – 2000

En el periodo 1990 -2000, se puede observar ganancia de área (+) como también perdida (-) en las categorías obtenidas, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías, tejido urbano continuo (TUC) con (+) 1.29 ha, cultivos transitorios (CT) con (+) 34.76 ha y pastos (P) con (+) 23.85 ha, mostrando cambios en su cobertura de forma ascendente; por otro lado las categorías mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con (-) 42.35 ha y arbustal (AR) con (-) 17.63 ha, mostraron cambios de manera ascendente en su cobertura (Tabla 17). A continuación, se detalla los resultados obtenidos en el cuadro y Figura 25:

Tabla 17. Perdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990 – 2000

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO				Superficie 1990		Superficie 2000		1990-2000	
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	ha	%	ha	%	ha	%
1.Áreas Artificializadas	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1.Tejido Urbano Continuo	TUC	9.94	0.55	11.23	0.62	+1.29	+0.07
2.Áreas Agrícolas	2.1.Cultivos Transitorios		CT	398.91	21.93	433.67	23.85	+34.76	+1.92
	2.3 .Pastos		P	230.33	12.67	254.18	13.97	+23.85	+1.93
		2.4.5. Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	MCEN	210.01	11.55	167.66	9.22	-42.35	-2.33
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	332. Arbustal	AR	969.43	53.31	951.8	52.34	-17.63	-0.97
TOTAL				1818.61	100	1818.61	100		

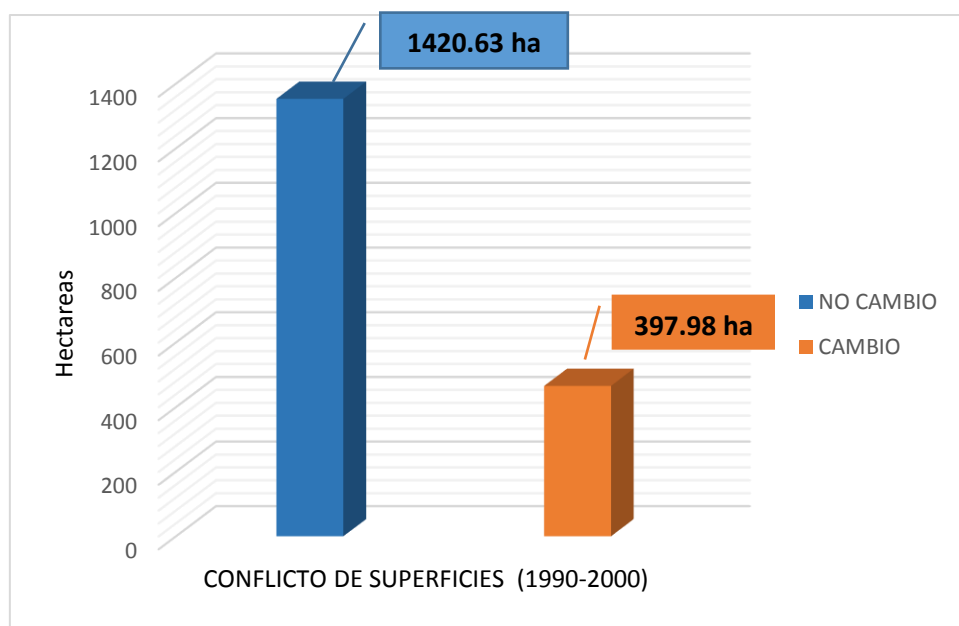


Figura 24. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990 – 2000

En la figura 24, se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de El Parco en hectáreas, de un total de 1818.61 ha sufrieron cambios 397.98 ha equivalente al 21.88 % y no cambio 1349.34 ha equivalente al 78.12 %.

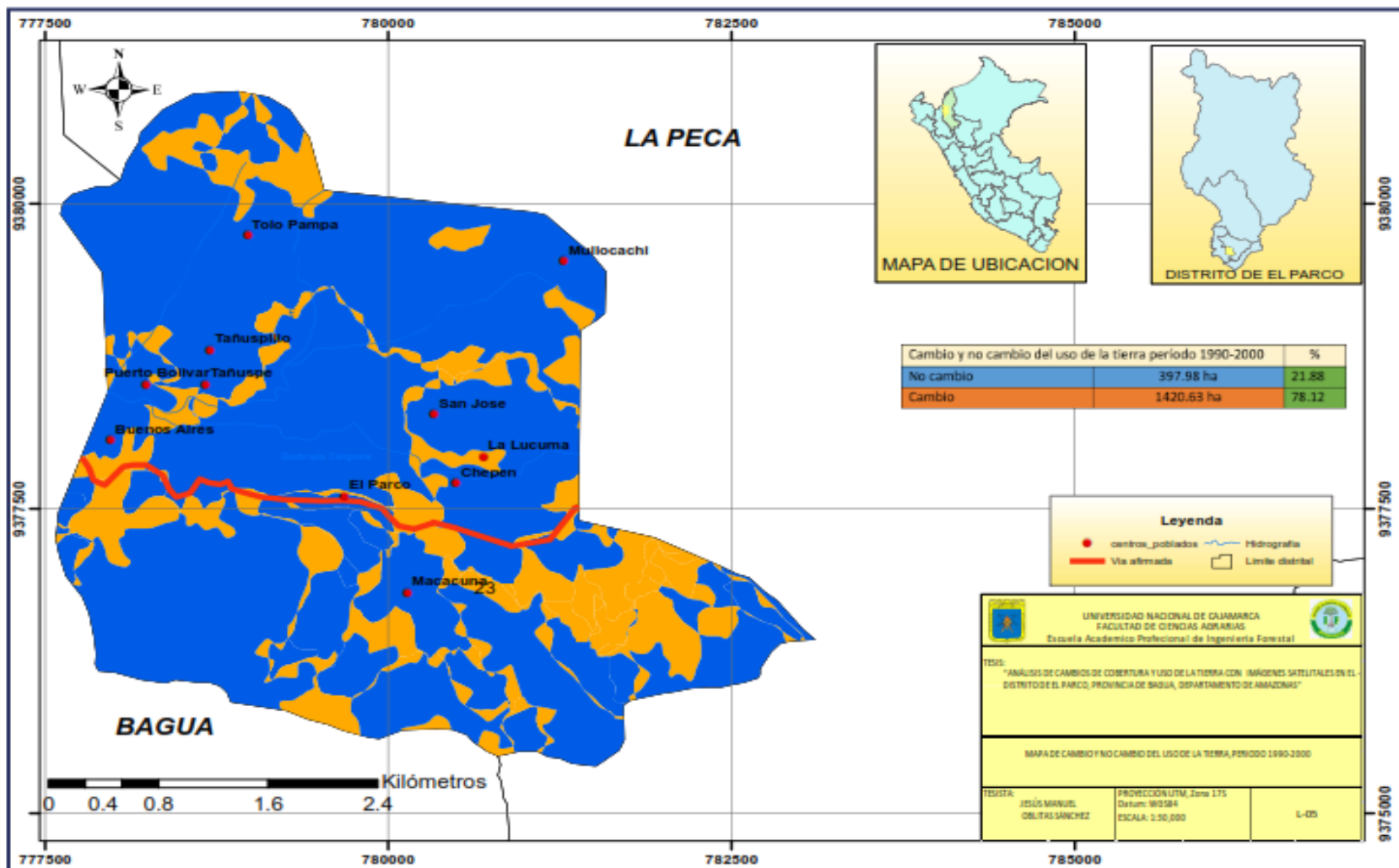


Figura 25. Mapa de cambio y no cambio del uso de la tierra (1990-2000)

4.4.2 Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo

2000- 2016

En el periodo 2000-2016, se puede observar ganancia de área (+) como también pérdida (-) en las categorías obtenidas, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías, tejido urbano continuo (TUC) con 7.48 ha, cultivos transitorios (CT) (+) 100.57 y pastos (P) con (+)91.17 ha, mostrando cambios en su cobertura de forma ascendente mientras que las categorías de arbustal (AR) con (-) 8.68 y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con (-) 2.28 ha, mostraron cambios en su cobertura de forma descendente (Tabla 18). A continuación, se detalla los resultados obtenidos en el cuadro y la Figura 27:

Tabla 18. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2000-2016

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO				Superficie 2000		Superficie 2016		2000-2016	
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	ha	%	ha	%	ha	%
1.Áreas Artificializadas	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1.Tejido Urbano Continuo	TUC	11.23	0.62	18.71	1.03	+7.48	0.41
2.Áreas Agrícolas	2.1.Cultivos Transitorios		CT	433.67	23.85	534.24	29.38	+100.57	5.53
	2.3 .Pastos		P	254.18	13.97	345.35	18.99	+91.17	5.02
		2.4.5. Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	MCEN	167.66	9.22	126.27	6.94	-41.39	-2.28
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	332. Arbustal	AR	951.80	52.34	794.04	43.66	-157.76	-8.68
TOTAL				1818.61	100	1818.61	100		

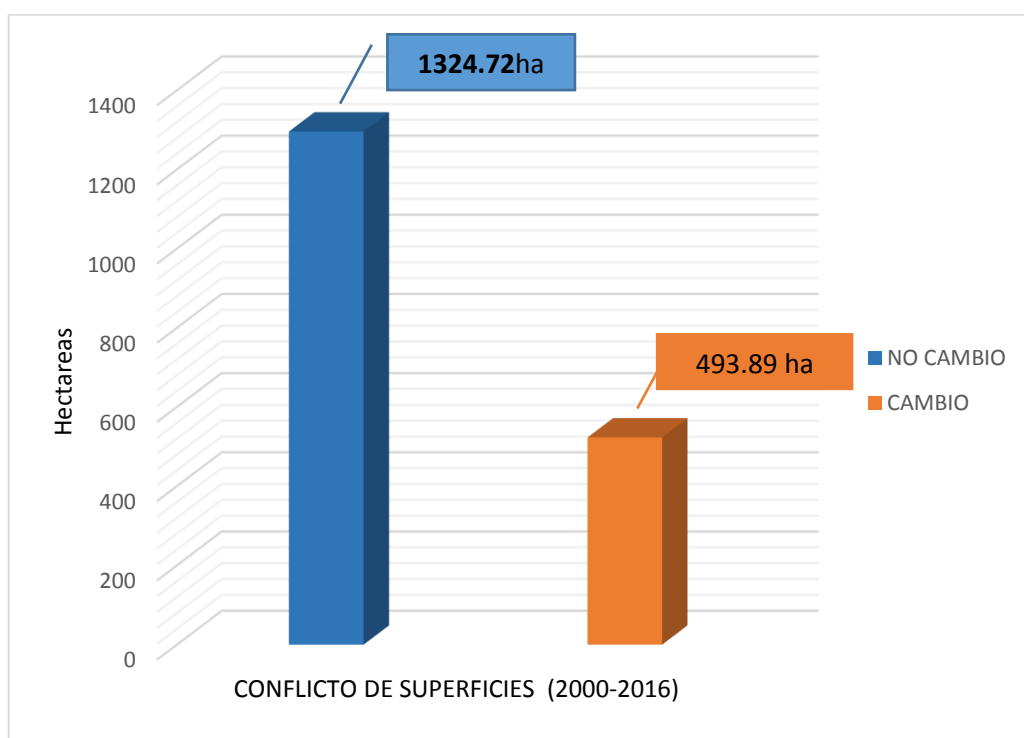


Figura 26. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000-2016

En la figura 26, se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de El Parco en hectáreas, de un total de 1818.61 ha sufrieron cambios 493.89 ha equivalente al 27.16 % y no cambio 1324.72 ha equivalente al 72.84 %.

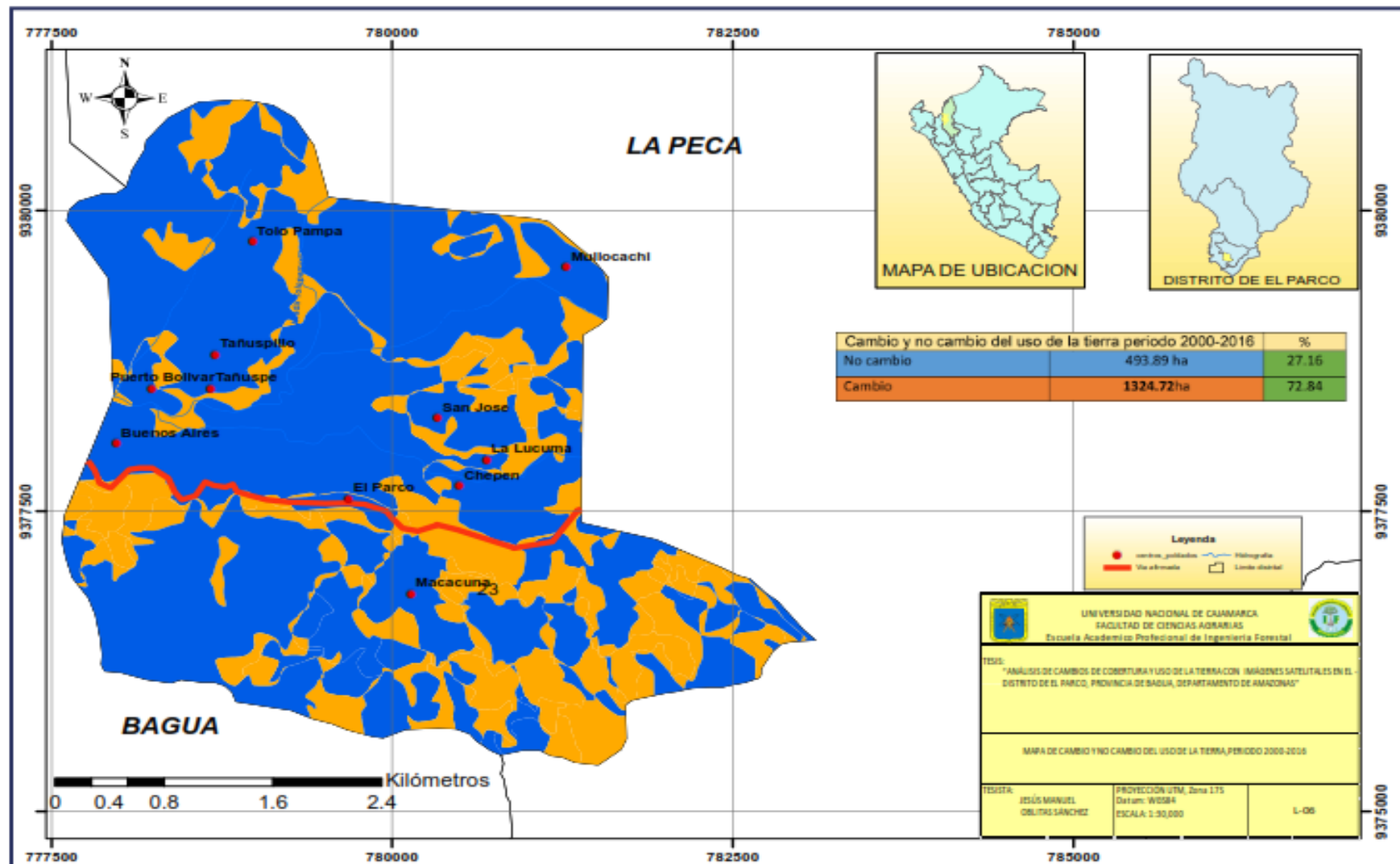


Figura 27. Mapa de cambio y no cambio del uso de la tierra (2000-2016)

4.4.3 Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990-2016

En el periodo 2000-2016, se puede observar ganancia de área (+) como también pérdida (-) en las categorías obtenidas, el cambio en mayor proporción se dio en las categorías, tejido urbano continuo (TUC) con (+) 8.77 ha, cultivos transitorios (CT) con (+) 135.33 ha, pastos (P) con (+) 115.02 ha, mostrando cambios en su cobertura de forma ascendente mientras que las categorías de mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con (-) 83.74 ha y arbustal (AR) con (-) 175.39 ha, mostraron cambios en su cobertura de forma descendente. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en el cuadro y la Figura 29:

Tabla 19. Pérdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990-2016

COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO				Superficie 1990		Superficie 2016		1990-2016	
NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	Código	ha	%	ha	%	ha	%
1.Áreas Artificializadas	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1.Tejido Urbano Continuo	TUC	9.94	0.55	18.71	1.03	+8.77	0.48
2.Áreas Agrícolas	2.1.Cultivos Transitorios		CT	398.91	21.93	534.24	29.38	+135.33	7.45
	2.3 .Pastos		P	230.33	12.67	345.35	18.99	+115.02	6.32
		2.4.5. Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	MCEN	210.01	11.55	126.27	6.94	-83.74	-4.61
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	332. Arbustal	AR	969.43	53.31	794.04	43.66	-175.39	-9.65
TOTAL				1818.61	100	1818.61	100		

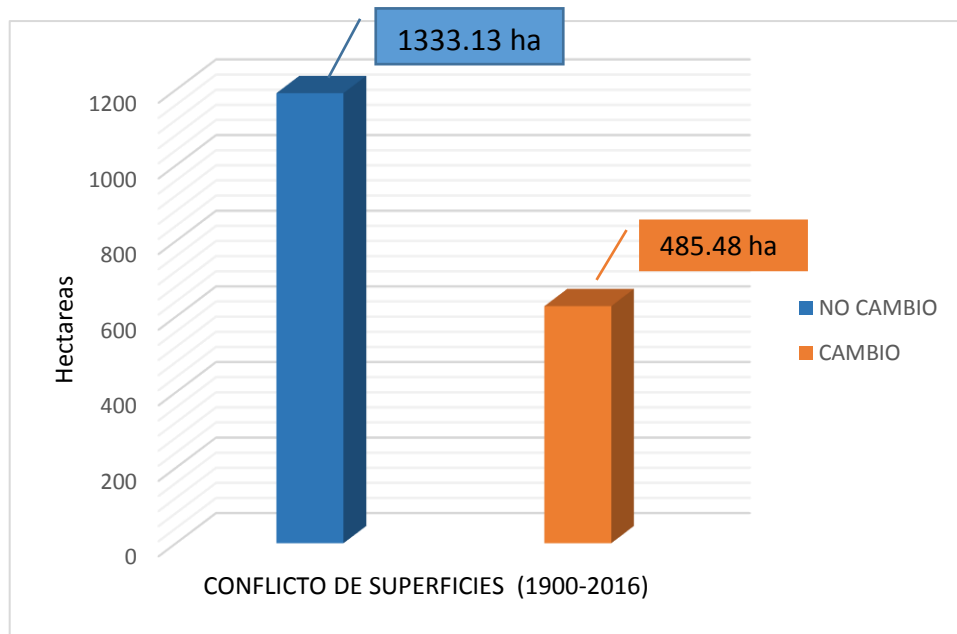


Figura 28. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990-2016

En la figura 28, se puede apreciar el cambio y no cambio de la superficie del distrito de El Parco en hectáreas, de un total de 1818.61 ha, sufrieron cambios 485.48 ha equivalente al 26.70% y no cambio 1333.13 ha equivalente al 73.30 %.

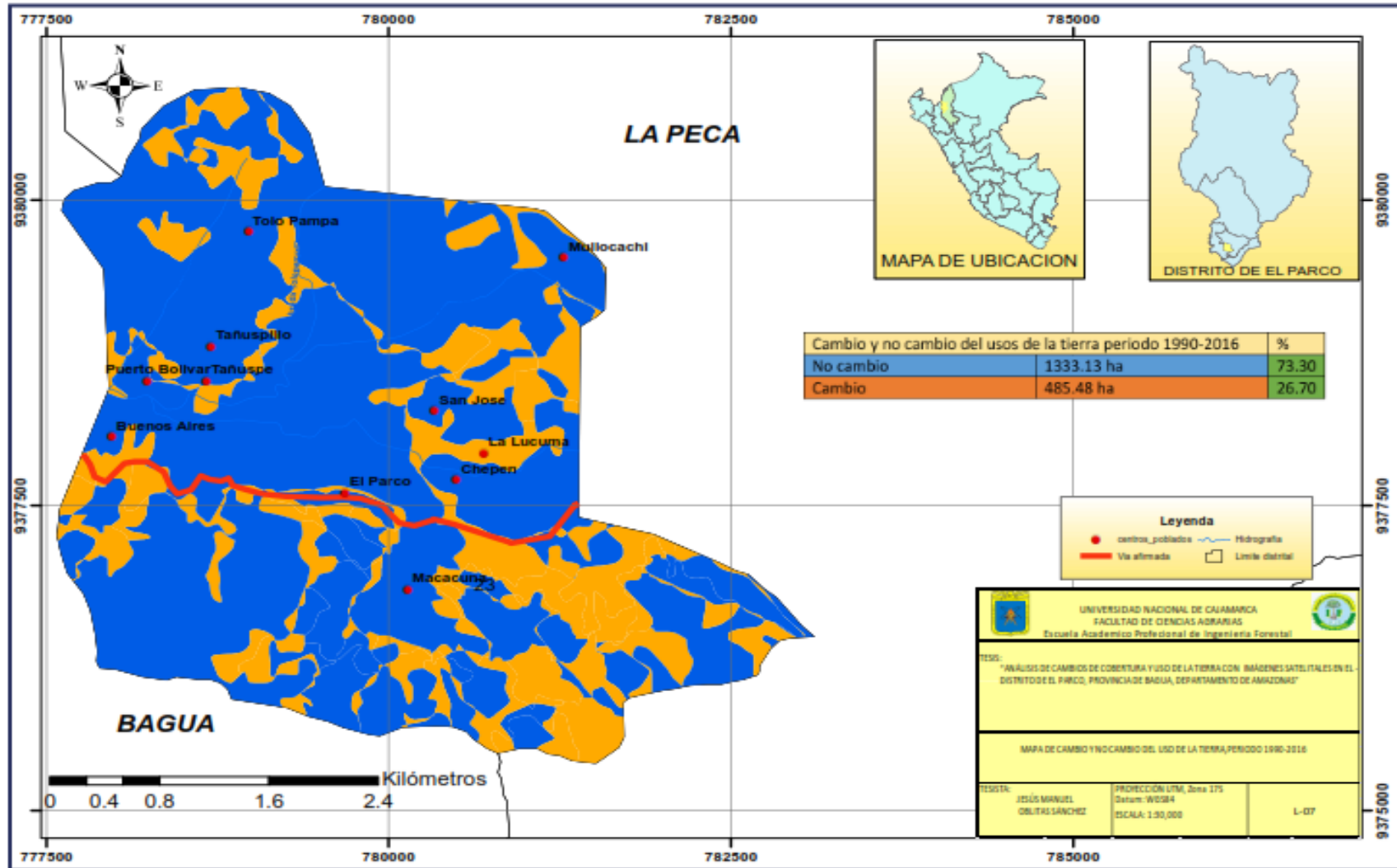


Figura 29. Mapa de cambio y no cambio del uso de la tierra (1990-2016)

4.5 Análisis de cambio y no cambio por cobertura

4.5.1 Análisis de cambios por cobertura

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

a. Cambios de cobertura del periodo 1990 – 2000

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 1990 – 2000 en el distrito de El Parco, se determinó que los principales cambios de cobertura (Tabla 20 y Figura 30) son:

- La categoría cultivos transitorios (CT) fue reemplazada por arbustal (AR) con una área de 52.84 ha, pastos (P) con una área de 0.001 ha, mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con una área de 39.10 ha y tejido urbano continuo (TUC) con una área de 1.39 ha. La categoría cultivos transitorios (CT) tuvo una pérdida total de 93.33 ha.
- La categoría mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) fue reemplazada por arbustal (AR) con una área de 13.1 ha, pastos (P) con una área de 5.16 ha, y cultivos transitorios (CT) con una área de 54.83 ha. La categoría mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) tuvo una pérdida total de 73.09 ha.

- La categoría pastos (P) fue reemplazada por arbustal (AR) con una área de 64.51ha, cultivos transitorios (CT) con una área de 16.97 ha, tejido urbano continuo (TUC) con una área de 1.26 ha y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con una área de 0.78 ha. La categoría pastos (P) tuvo una pérdida total de 83.52 ha.
- La categoría arbustal (AR) fue reemplazada por, cultivos transitorios (CT) con una área de 56.23 ha, pastos (P) con una área de 86.24 ha y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con una área de 5.59 ha. La categoría arbustal (AR) tuvo una pérdida total de 148.06 ha.

Tabla 20. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990 – 2000

CÓDIGO	SIMBOLOGÍA	CUT_1990	CUT_2000	Área ha	%
1	CT-AR	Cultivos transitorios	Arbustal	52.84	2.91
2	CT-TUC	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	1.39	0.08
3	CT-MCEN	Cultivos transitorios	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	39.1	2.15
4	CT-P	Cultivos transitorios	Pastos	0.01	0.01
5	MCEN-AR	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Arbustal	13.1	0.72
6	MCEN-P	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Pastos	5.16	0.28
7	MCEN-CT	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Cultivos transitorios	54.83	3.01
8	P-TUC	Pastos	Tejido urbano continuo	1.26	0.07
9	P-AR	Pastos	Arbustal	64.51	3.55
10	P-CT	Pastos	Cultivos transitorios	16.97	0.93
11	P-MCEN	Pastos	Mosaico de cultivos con espacios naturales	0.78	0.04
12	AR-MCEN	Arbustal	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	5.59	0.31
13	AR-CT	Arbustal	Cultivos transitorios	56.23	3.09
14	AR-P	Arbustal	Pastos	86.24	4.74
15	NO CAMBIO			1420.63	74.2
TOTAL				1818.61	100

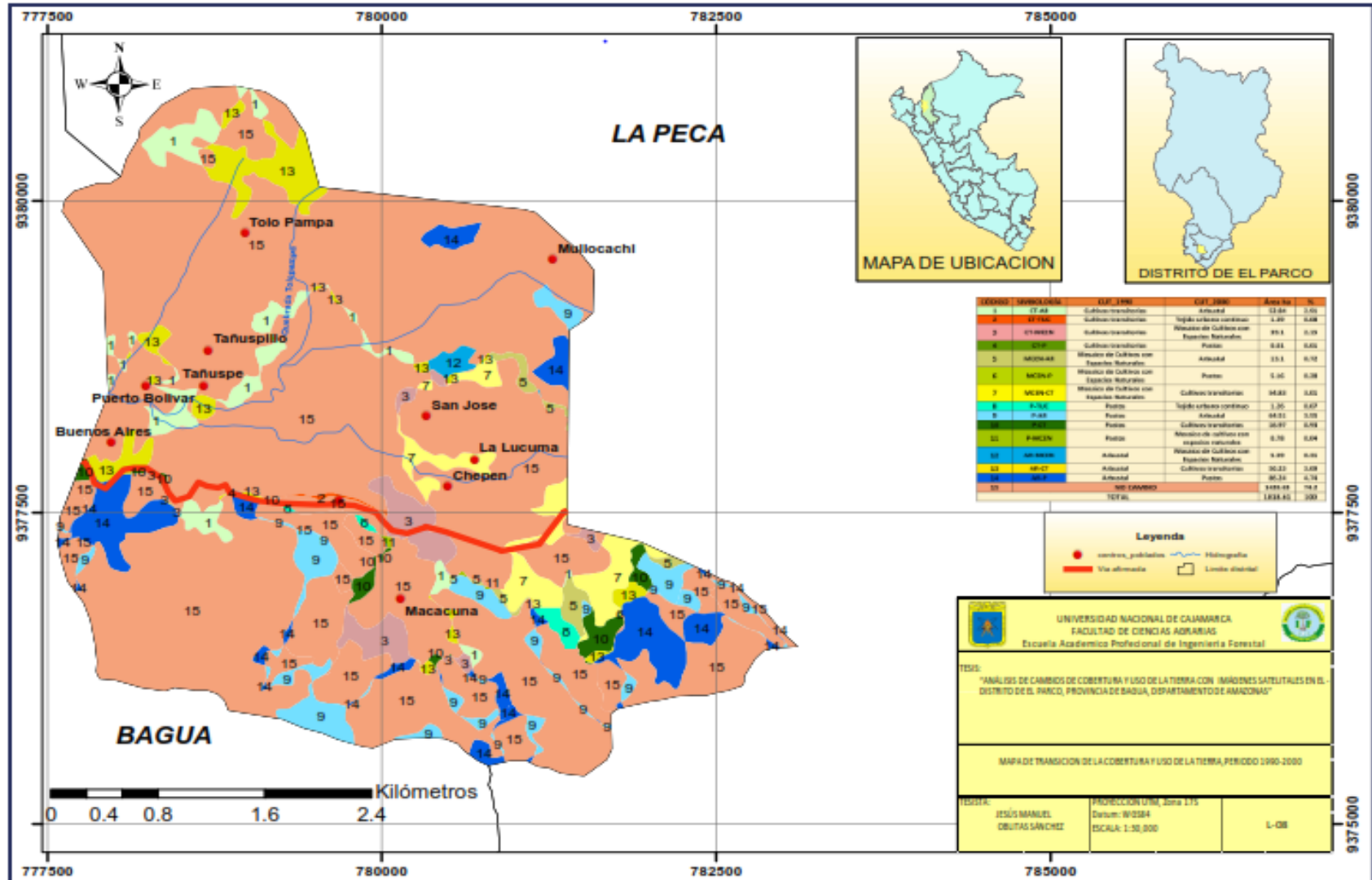


Figura 30. Mapa de transición de la cobertura y uso de la tierra (1990-2000)

b. Cambios de cobertura del periodo 2000-2016

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 2000-2016 en El distrito de El Parco (Tabla 21 y Figura 31), se determinó que los principales cambios de cobertura son:

- La categoría cultivos transitorios (CT) fue reemplazada por arbustal (AR) con una área de 31.05 ha, pastos (P) con una área de 16.55 ha, mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con una área de 25.42 ha y tejido urbano continuo (TUC) con una área de 0.48 ha. La categoría cultivos transitorios (CT) tuvo una pérdida total de 73.5 ha.
- La categoría mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) fue reemplazada por arbustal (AR) con una área de 7.00 ha, pastos (P) con una área de 8.29 ha, cultivos transitorios (CT) 60.00 ha y tejido urbano continuo (TUC) 1.84. la categoría mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) tuvo una pérdida total de 77.23 ha.
- La categoría pastos (P) fue reemplazada por arbustal (AR) con una área de 55.65 ha, , cultivos transitorios (CT) con una área de 30.59 ha y tejido urbano continuo (TUC) con una área de 5.56 ha. La categoría pastos (P) tuvo una pérdida total de 91.77 ha.
- La categoría arbustal (AR) fue reemplazada por cultivos transitorios (CT) con una área de 83.04 ha, pastos (P) con una área de 158.11 ha y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con una área

de 10.32 ha. La categoría arbustal (A) tuvo una pérdida total de 251.47ha.

Tabla 21. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2000 – 2016

CÓDIGO	SIMBOLOGÍA	CUT_2000	CUT_2016	Área ha	%
1	CT-AR	Cultivos transitorios	Arbustal	31.05	1.71
2	CT-TUC	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	0.48	0.03
3	CT-MCEN	Cultivos transitorios	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	25.42	1.40
4	CT-P	Cultivos transitorios	Pastos	16.55	0.91
5	MCEN-AR	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Arbustal	7	0.38
6	MCEN-TUC	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Tejido urbano continuo	1.84	0.10
7	MCEN-CT	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Cultivos transitorios	60	3.30
8	MCEN-P	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Pastos	8.29	0.46
9	P-TUC	Pastos	Tejido urbano continuo	5.56	0.31
10	P-AR	Pastos	Arbustal	55.65	3.06
11	P-CT	Pastos	Cultivos transitorios	30.56	1.68
12	AR-MCEN	Arbustal	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	10.32	0.57
13	AR-CT	Arbustal	Cultivos transitorios	83.04	4.57
14	AR-P	Arbustal	Pastos	158.11	8.69
15	NO CAMBIO			1324.72	68.89
TOTAL				1818.61	100

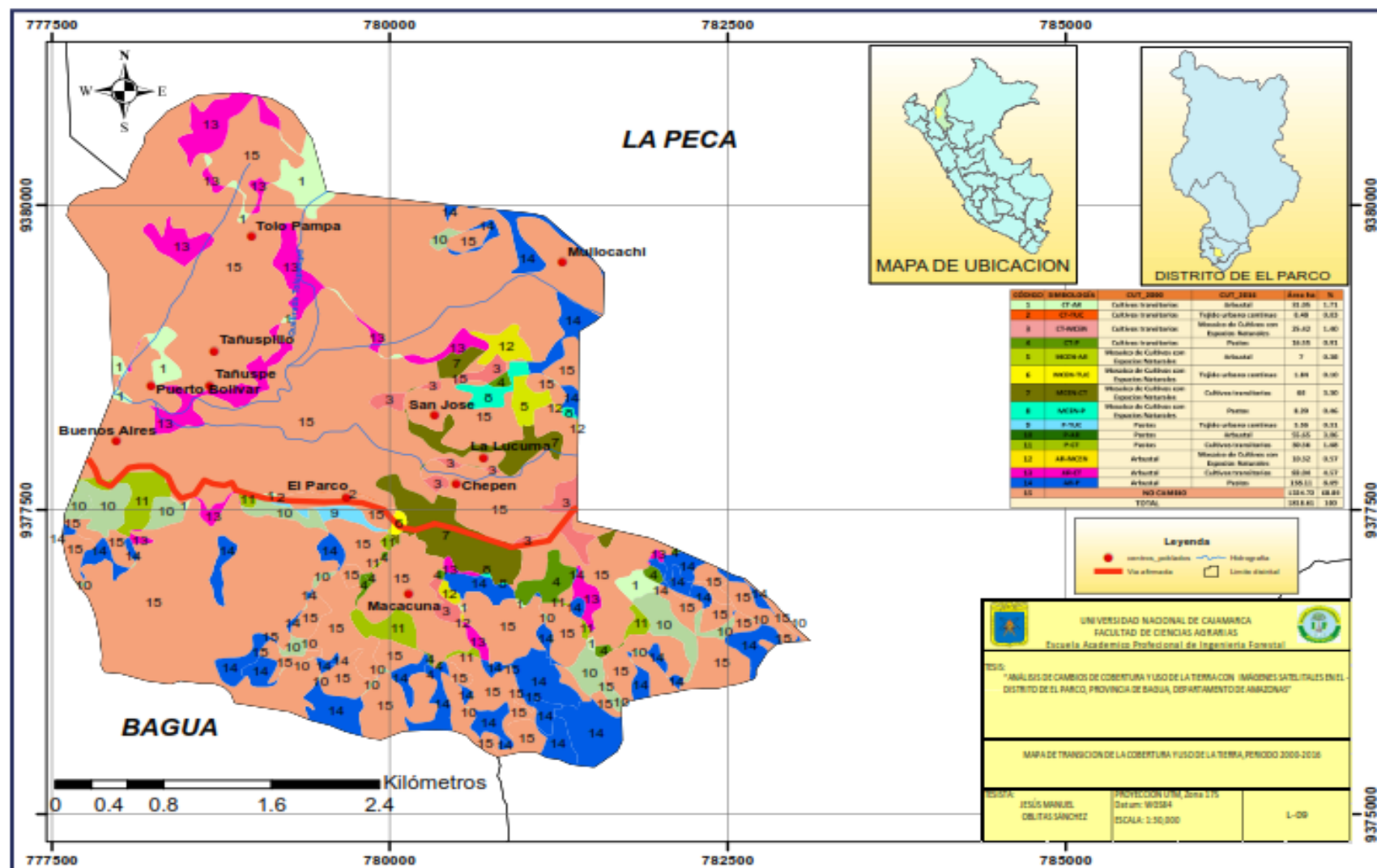


Figura 31. Mapa de transición de la cobertura y uso de la tierra (2000-2016)

c. Cambios de cobertura del periodo 1900-2016

En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 1900-2016 en el distrito de El Parco (Tabla 22 y Figura 32), se determinó que los principales cambios de cobertura son:

- La categoría cultivos transitorios (CT) fue reemplazada por arbustal (AR) con una área de 26.68 ha, pastos (P) con una área de 7.94 ha, mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con una área de 15.39 ha y tejido urbano continuo (TUC) con una área de 2.93 ha. La categoría cultivos transitorios (CT) tuvo una pérdida total de 52.94 ha.
- La categoría mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) fue reemplazada por arbustal (AR) con un área de 10.85 ha, pastos (P) con una área de 25.62 ha y cultivos transitorios (CT) 70.92 ha. la categoría mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) tuvo una pérdida total de 107.39 ha.
- la categoría pastos (P) fue reemplazada por arbustal (AR) con un área de 40.45 ha, cultivos transitorios (CT) con un área de 24.94 ha y tejido urbano continuo (TUC) con un área de 6.26 ha. La categoría pastos (P) tuvo una pérdida total de 71.65 ha.
- La categoría arbustal (AR) fue reemplazada por cultivos transitorios (CT) con una área de 92.1 ha, pastos (P) con una área de 151.02 ha y Mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) con una área de 10.37 ha. La categoría arbustal (AR) tuvo una pérdida total de 253.49 ha.

Tabla 22. Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990 – 2016

CÓDIGO	SIMBOLOGÍA	CUT_1990	CUT_2016	Área ha	%
1	CT-AR	Cultivos transitorios	Arbustal	26.68	1.47
2	CT-TUC	Cultivos transitorios	Tejido urbano continuo	2.93	0.16
3	CT-MCEN	Cultivos transitorios	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	15.39	0.85
4	CT-P	Cultivos transitorios	Pastos	7.94	0.44
5	MCEN-AR	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Arbustal	10.85	0.60
6	MCEN-CT	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Cultivos transitorios	70.92	3.90
7	MCEN-P	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	Pastos	25.62	1.41
8	P-AR	Pastos	Arbustal	40.45	2.22
9	P-CT	Pastos	Cultivos transitorios	24.94	1.37
10	P-TUC	Pastos	Tejido urbano continuo	6.26	0.34
11	AR-MCEN	Arbustal	Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	10.37	0.57
12	AR-CT	Arbustal	Cultivos transitorios	92.1	5.06
13	AR-P	Arbustal	Pastos	151.02	8.30
14	NO CAMBIO			1333.13	73.30
TOTAL				1818.61	100

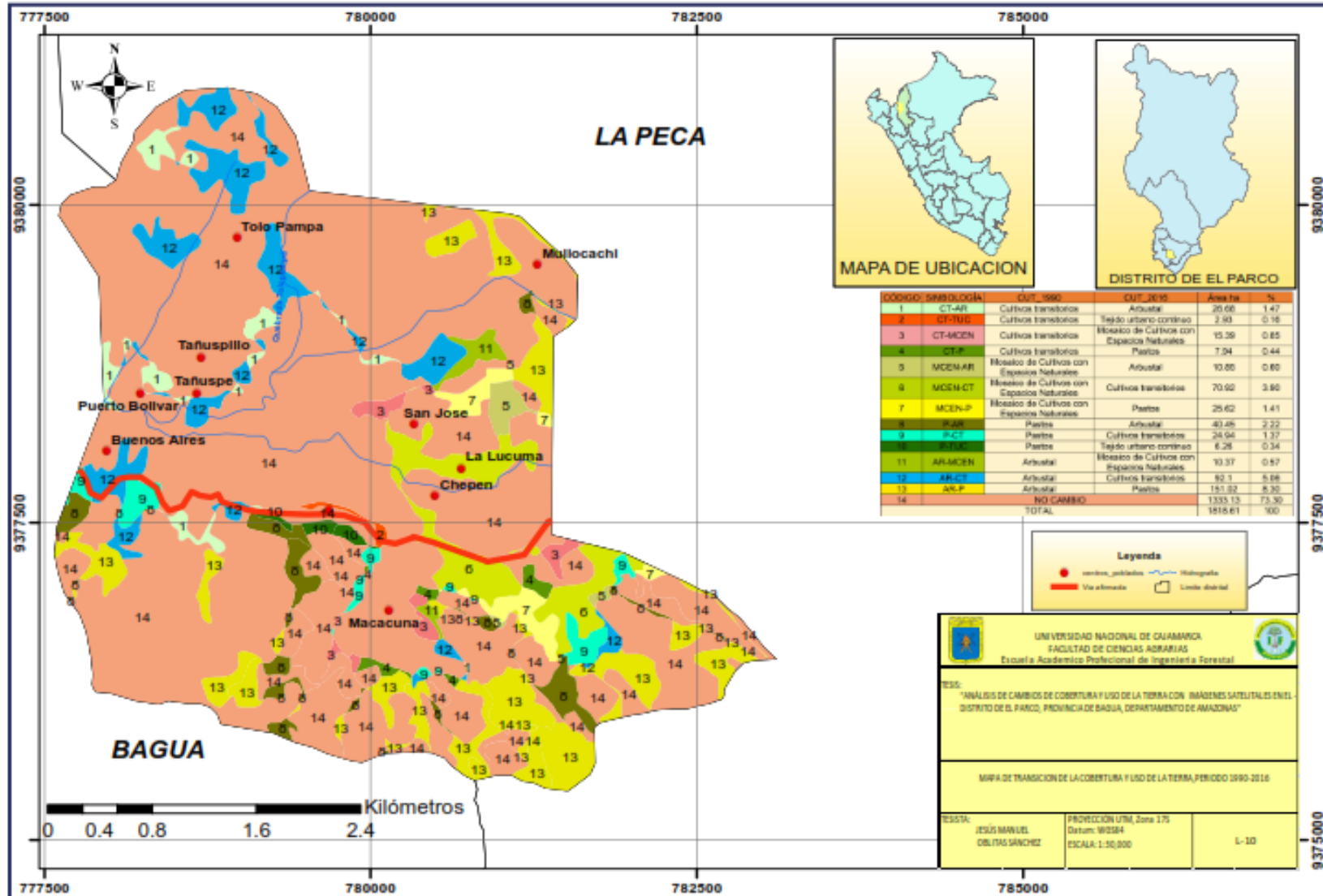


Figura 32. Mapa de transición de la cobertura y uso de la tierra (1990-2016)

4.6 Análisis de la tendencia de la cobertura vegetal y uso de la tierra del distrito de El Parco

Del procesamiento de las imágenes satelitales se determinó el cambio de uso para cada periodo del distrito de El Parco, realizándose con la metodología de Corine Land Cover lo cual se obtuvo 6 categorías: tejido urbano continuo (TUC), cultivos transitorios (CT), mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN), pastos (P) y arbustal (AR) con su respectiva distribución (área ha).

A continuación, se representa la tendencia de la cobertura vegetal y uso de la tierra para los periodos 1990-2000; 2000-2016 y la tendencia global para el periodo 1990-2016 respectivamente.

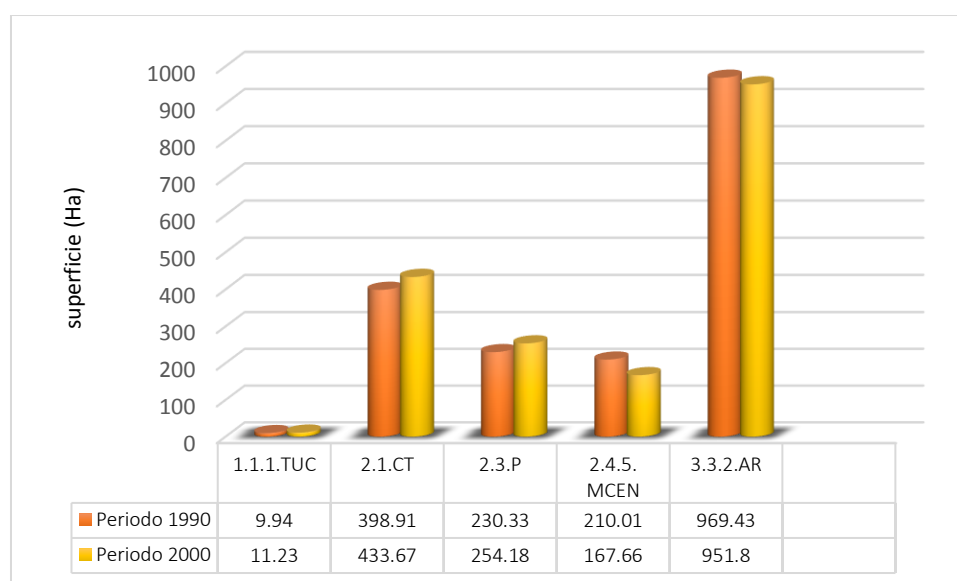


Figura 33. Tendencia de la cobertura y uso de la tierra 1990-2000

En la figura 33, se presenta la tendencia de la cobertura y uso de la tierra para el periodo de 1990-2000, obteniéndose como resultado que: la categoría de tejido urbano continuo (TUC) incremento su área en un 0.07 % esto se refleja en el incremento demográfico, así mismo los cultivos transitorios (CT) gano un área de 1.92 % producto a la acción antrópica en la expansión agrícola, mientras que la categoría mosaico de cultivos con

espacios naturales(MCEN) disminuyo su área en un 2.33 % esto debido a la ampliación de monocultivos como en el caso del arroz que es el principal producto económico de la zona, por otro lado la categoría pastos (P) gano un área de un 1.93 % esto debido a la deforestación y quema de los arbustales, mientras que las categorías de arbustal (AR) disminuyo en un 0.97 %, esto debido a que la deforestación producto de la utilización de las especies arbustivas para leña, la expansión de la agricultura y la preferencia de la población por mantener e instalar áreas con pastizales para el alimento del ganado vacuno bajo una crianza de sistemas extensivos.

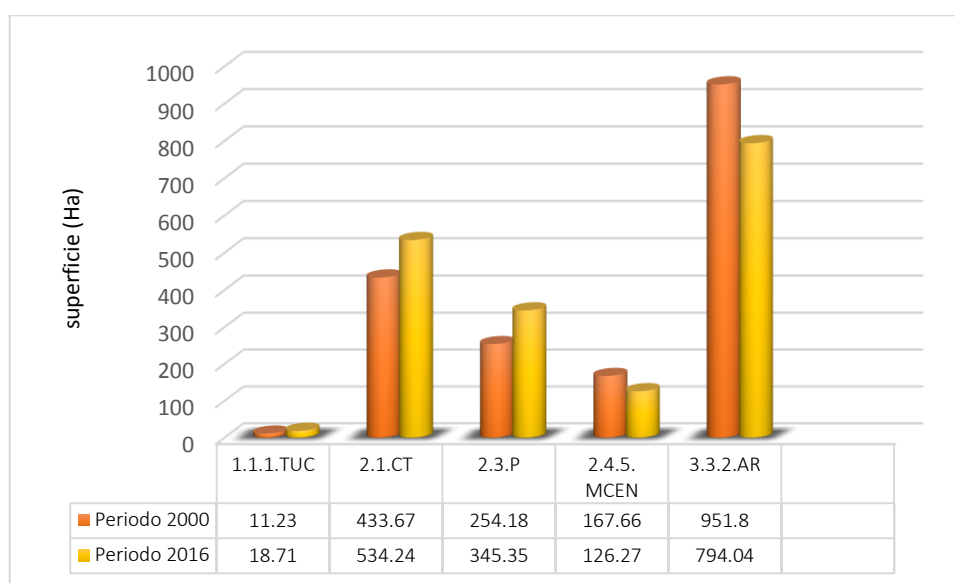


Figura 34. Tendencia de la cobertura y uso de la tierra 2000-2016

En la figura 34, se presenta la tendencia de la cobertura y uso de la tierra para el periodo de 1990-2000, obteniéndose como resultado que: la categoría de tejido urbano continuo (TUC) incremento su área en un 0.41 % reflejando el incremento demográfico, así mismo los cultivos transitorios (CT) gano un área de 5.53 %, mientras que la categoría mosaico de cultivos con espacios naturales(MCEN) disminuyo su área en un 2.28 %, por otro lado la categoría pastos (P) gano un área de un 5.02 %, mientras que las categorías de arbustal (AR) disminuyo en un 8.68 %, esto se refleja en que la deforestación hace que el ecosistema sea muy dinámico y cambiante (Figura 42).

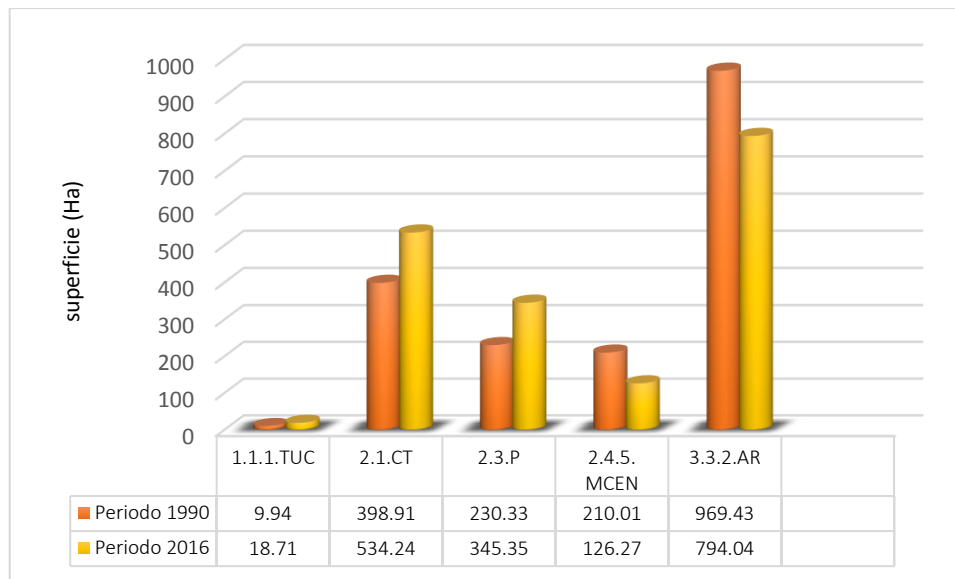


Figura 35. Tendencia de la cobertura y uso de la tierra 1900-2016

En la figura 35, se presenta la tendencia de la cobertura y uso de la tierra para el periodo de 1990-2000, obteniéndose como resultado que: la categoría de tejido urbano continuo (TUC) incremento su área en un 0.48 % lo cual se observa el incremento demográfico hecho que se sustenta en la ubicación la capital distrital, la cual se caracteriza por presentar una topografía llana, lo cual permite un desarrollo demográfico ascendente en los próximos años.

La categoría de cultivos transitorios (CT) gano un área de 7.45 % producto de la expansión de la frontera agrícola para monocultivos de arroz.

La categoría mosaica de cultivos con espacios naturales (MCEN) disminuyo su área en un 4.61 % esto debido a la ampliación de monocultivos como es el caso del arroz y la pérdida gradual de parcelas de cacao y plátano debido a la falta de apoyo técnico y económico hacia estos cultivos (Figura 45).

Por otro lado, la categoría pastos (P) gano un área de un 6.32 % esto debido a que la crianza de ganado vacuno bajo un sistema extensivo (Figura 40) y la poca disponibilidad de áreas para el pastoreo, hacen que la población opte por mantener e instalar cada vez más áreas con pastizales como fuente forrajera.

Mientras que las categorías de arbustal (AR) disminuyo en un 9.65 %, esto debido a que la población utiliza en la actualidad como fuente energía para

cocinar sus alimentos la leña, que tiene como principal fuente la vegetación arbustiva de la zona otra causa es la expansión de la agricultura de cultivos de arroz.

4.7 Análisis de la tasa de deforestación según coberturas

Finalmente, se analizó la tasa de deforestación planteada por la FAO en 1996, Esta tasa expresa el cambio en porcentaje de la superficie forestal, de tal forma que los resultados describen las transiciones del uso de la tierra.

$$q = \left(\frac{S2}{S1} \right)^{1/n} - 1$$

Donde:

q: es la tasa de cambio (para expresar en % hay que multiplicar por 100)

S1: superficie en la fecha 1

S2: superficie en la fecha 2

n: es el número de años entre las dos fecha

Para esto se aplicó la siguiente formula matemáticas para el cálculo de la tasa de deforestación de las coberturas arbustal (AR) y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN), en donde los valores negativos describen pérdida de área forestal y mientras que los valores positivos muestran una recuperación del área forestal.

- a. Tasa anual de deforestación de las categorías arbustal (AR) y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) periodo 1990-2000 (Tabla 23).
 - Categoría arbustal (AR).

$$q = \left(\frac{951.80}{969.43} \right)^{1/10} - 1 = -0.18$$

- Categoría y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN).

$$q = \left(\frac{167.66}{210.01} \right)^{1/10} - 1 = -2.23$$

b. Tasa anual de deforestación categoría arbustal (AR) y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) periodo 2000-2016 (Tabla 24).

- Categoría arbustal (AR)

$$q = \left(\frac{794.04}{951.80} \right)^{1/16} - 1 = -1.26$$

- Categoría y mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN).

$$q = \left(\frac{126.27}{167.66} \right)^{1/16} - 1 = -1.76$$

Tabla 23. Cálculo de la tasa de deforestación de la cobertura arbustal (AR) en los diferentes periodos

CATEGORÍA ARBUSTAL (AR)				
Periodo	Deforestación total (ha)	Deforestación anual (ha)	Superficie total (ha)	Deforestación anual relativa %
1990-2000	17.63	1.76	1921.23	-0.18
2000-2016	157.76	9.86	1745.84	-1.26

Tabla 24. Cálculo de la tasa de deforestación de la cobertura mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) en los diferentes periodos

MOSAICO DE CULTIVOS CON ESPACIOS NATURALES				
Periodo	Deforestación total (ha)	Deforestación anual (ha)	superficie total (ha)	Deforestación anual relativa %
1990-2000	42.35	4.24	377.67	-2.23
2000-2016	41.39	2.59	293.93	-1.76

☞ Como se puede apreciar en la tabla 23 y 24 los periodos con mayor tasa de deforestación para la categoría arbustal se dio en el periodo 2000-2016, esto debido a que la población en la actualidad hace un manejo inadecuado de sus suelos aptos para la agricultura y ganadería, es así que cada año se van perdiendo áreas con vegetación arbustiva , mientras que para la categoría mosaico de cultivos con espacios naturales tuvo un mayor tasa de deforestación para el periodo 1990-2000, esto debido a que las instalaciones de parcelas de cacao y plátano para ese periodo eran mucho más amplias y por ende requerían de mayores áreas, en la actualidad estas áreas se han visto reducidas, debido a la práctica de agricultura migratoria, estas áreas en la actualidad han sido ocupadas en su mayoría por monocultivos de arroz.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se generó los mapas temáticos de cobertura y uso actual de la tierra con la metodología Corine Land Cover obtenida del Ministerio del Ambiente del distrito de El Parco para los periodos 1990 – 2000– 2016, en un nivel III, obteniendo cinco categorías las cuales son: Tejido urbano continuo 18.71 ha (1.03 %), cultivos transitorios 534.21 (29.38 %), mosaico de cultivos y espacios naturales 126.27 ha (6.94 %), pastos 345.35 ha (18.99 %) y arbustal 794.04 ha (43.66 %) al año 2016.

Con el algoritmo de máxima verosimilitud se elaboró los mapas de cobertura y uso actual de la tierra para los periodos 1990 – 2000 – 2016, alcanzando una fiabilidad de 92.38 % de veracidad para el año 1990, 93.31 % de veracidad para el año 2000, 97.51 % para el año 2016 el cual fue validado in situ.

Durante el periodo 1990-2000 la categoría que mayor incremento tuvo fue cultivos transitorios (CT) con un área de 34.76 ha (1.92 %) y la categoría mosaico de cultivos con espacios naturales (MCEN) perdió 42.35 ha (2.33 %); en el periodo 2000-2016 la categoría que mayor incremento tuvo fue cultivos transitorios (CT) con un área de 100.57 ha (5.53 %) y arbustal (AR) perdió 157.76 ha (8.68 %) del mismo modo en el periodo 1990-2016 la categoría que mayor incremento tuvo fue cultivos transitorios (CT) con un área de 135.33 ha (7.45 %) y arbustal (AR) perdió 175.39 ha (9.65 %).

En cuanto al cambio global de la superficie del distrito de El Parco, en el Periodo 1990 - 2000, el mayor porcentaje de cambio alcanzado fue del 397.98 ha (21.88 %), mientras que en el Periodo 2000- 2016 este porcentaje fue mayor y corresponde a 493.89 ha (27.16 %). En total entre el año 1990 al 2016 hubo un cambio o dinámica parcial de 485.48 ha equivalente al 26.70 % de su cobertura.

Con el análisis de la tasa de deforestación anual según coberturas del distrito de El Parco se obtuvo que para el periodo 2000-2016 hubo una mayor incidencia de deforestación contando con un porcentaje de -1.26 % para la categoría arbustal y para mosaico de cultivos con espacios naturales registro una tasa de deforestación mayor con un -2.23 % en el periodo 1990-2000.

5.2 Recomendaciones

Las entidades públicas locales y regionales deberán de llevar a cabo futuros proyectos de recuperación de la cobertura forestal con especies locales, en función a la información obtenida en la investigación referente a la cobertura vegetal y uso de la tierra, de tal modo que se implemente estrategias para que con la reforestación se pueda cambiar al verdadero uso del suelo.

Previo al trabajo de campo se debe realizar una investigación preliminar de la ubicación del área en estudio mediante el google earth, con la finalidad de identificar las características topográficas del lugar, y de este modo caracterizar lugares de difícil acceso para no tener inconvenientes en las correcciones en campo del mapa de cobertura; así mismo se debe incorporar mayor número de puntos de control

Al realizar nuevos estudios de cambio de cobertura con imágenes satelitales se recomienda buscar imágenes con la mínima nubosidad en el área de estudio de preferencia épocas de verano, que permita ampliar el área de análisis.

Procesar las imágenes de preferencia de la misma fecha, en las que han sido tomadas por el sensor esto debido a que permite tener una homogeneidad en las coberturas.

Implementar estudios de ZEE, a una escala mayor para el uso del suelo por su capacidad de uso mayor.

VI. LITERATURA CITADA

Ariza, A. 2013. Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM. Bogotá –Colombia. 46 p.

Bakker, WH; Jansen, LF. 2001. Principles of Remote Sensing. ITC. The Netherlands.

CSARJPA (Comités sectoriales de la Alianza Regional Juntos Por Amazonas – Distrito de El Parco). 2010. Plan de Gobierno Municipal del Distrito de El Parco 2011-2014. En línea. Amazonas, Perú: consultado el 10 de ene.2018.Disponible en: http://aplicaciones002.jne.gob.pe/hdverm2010/-public/verplangobierno.aspx?ID_UBIGEO=010204&ID_ORG_POLITICA=1903

Chuvieco, Emilio S. 2002. Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel, 2002.1ed. Barcelona – España. 586 p.

DI Gregorio A. 2005. Land Cover Classification System 2. Traducción y adopción al español. Ronald Vargas. Cochabamba, Bolivia. Documento No-Publicado.

Cieza, T. 2017. Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Matara periodos 1991-203-2016. Tesis del grado de Ingeniería Forestal, Jaén, Universidad Nacional de Cajamarca.

FAO/UNEP – Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. 2000. El Futuro de Nuestra Tierra – Enfrentando el desafío, Roma – Italia.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 1995. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Italia. 219 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 1996. Forest resources assessment 1990.Survey oftropical forest cover and study of change processes. Number 130, 152 p. Roma. En línea.

Consultado el 5 de Feb. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/539/53906202/>.

Gutiérrez, M. 1993. Compendio de teledetección geológica. Universidad de Oviedo. 427 p.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2007. METODOLOGÍA CORINE LAND COVER. (En línea). Consultado el 20 de dic. 2017. Disponible en :<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>)

Jansen, L. y Di Gregorio, A. 1998. Parametric land cover and land-use classifications as tools for environmental change detection. *Agriculture, ecosystems & environment*, 91(1), 89-100

Lambin, EF & Geist, HJ. 2007. *Encyclopedia of Earth*. Recuperado el 20 de septiembre de 2010, de http://www.eoearth.org/article/Causes_of_land-use_and_land-cover_change.

Martínez R, E. 2006. Convenio de Cooperación ANAM – ACP. Monitoreo de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Programa de Vigilancia de la Cobertura Vegetal Región Oriental de la Cuenca del Canal.

Mehl, H.; Peinado, O. 1997. Fundamentos del Procesamiento Digital de Imágenes. En: *Aplicación de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales. Parte I: Fundamentos teóricos y prácticos*. ISBN: 3-931227-61-8.

Meyer, W. & Turner, B. 1994. *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*. Cambridge University Press, USA.

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2014. Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Comunidad Andina. En línea. Lima, Perú. Consultado 20 nov. 2016. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp->

content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-ambios-de-la-Tierra-CAN.pdf.

Ñique A, M; Gutiérrez G, R; Vivar L, L; Durand T, E. & Verastegui P, M. 2006. Experiencias de educación ambiental no formal en áreas adyacentes al Parque Nacional Tingo María. UNAS – BIOFOR /IRG – Municipalidad Mariano Dámaso Beraum. Perú.

Sandoval, M. 2018. Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Bagua, utilizando imágenes de satélite periodos 2000-2008-2016. Tesis del grado de Ingeniería Forestal, Jaén, Universidad Nacional de Cajamarca.

Oblitas, V. 2017. Determinación de cambio de cobertura 2001 – 2013 del bosque tropical estacionalmente seco de la cuenca Amojú- Jaén, utilizando imágenes satelitales. Tesis del grado de Ingeniería Forestal, Jaén, Universidad Nacional de Cajamarca.

Peña, J. 2006. Sistemas de información geográfica aplicadas a la gestión del territorio.

Pérez, U. 1997. Principios de los sistemas de información geográfica y su aplicación dentro de la planificación y manejo ambiental de las cuencas hidrográficas. Universidad de Tolima. Ibagué, CO. 130 p.

Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, Costa Rica: Edit Agroamerica.439 p.

Rodríguez M. Víctor, Báez G. Alma, Ramos G. Luis y Gonzales G. Miguel. 2007. Marco aéreas para caracterizar áreas agrícolas con imágenes de satélite. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. p (12-13).

Rodríguez Pérez, D., Sánchez Carnero, N., Domínguez Gómez, J.A y Santa Marta Pastrana, C. 2015. Cuestiones de Teledetección. Madrid: Editorial UNED. 435 p.

Sánchez,G. 1997. Conceptos básicos de cambios en el uso y cobertura de la tierra, Ordenamiento Territorial Y Sistemas de Información Geográficos. Managua,Nicaragua: Edit Bib. Orton IICA / CATIE.88 p.

Scanterra. (12 de Noviembre de 2015). scanterra.com. Obtenido de http://www.scanterra.com.ar/conozca_mas.html.

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 17 de dic, 2017. Disponible en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JZZX.pdf

ANEXO

Anexo 1. Panel Fotográfico para las clases de uso de la tierra

Figura 36. Visita al distrito de El Parco, Tejido urbano continuó



Figura 37. Vista de pastizales



Figura 38. Vista de vegetación arbustiva



Figura 39. Verificación in situ del mapa de cobertura y uso de la tierra



Figura 40. Practica de crianza de ganadería intensiva



Figura 41. Cultivos de arroz en el valle del distrito de El Parco



Figura 42. Quema de espacios arbustivos para dar pasó a pastizales



Figura 43. Vista panorámica de las diferentes categorías del distrito el Parco



Figura 44. Cultivos de cacao, plátano y arroz mezclados con espacios arbustivos naturales



Figura 45. Parcelas de Cultivos de cacao abandonadas

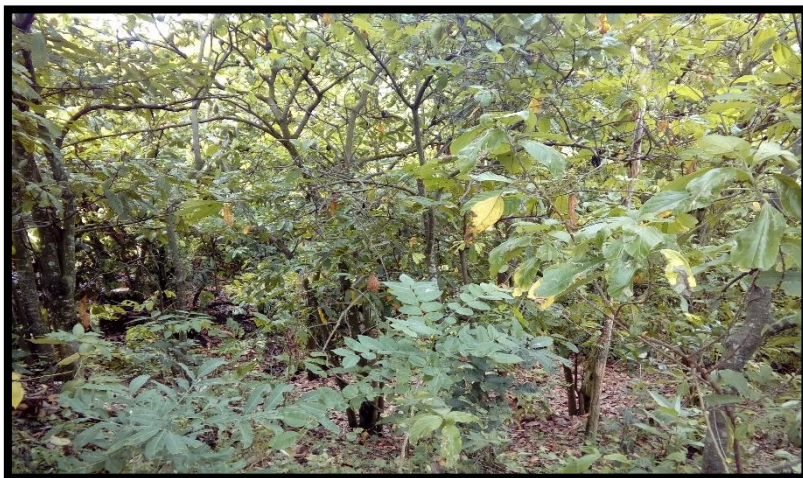


Figura 46. Cultivos de plátano mezclados con espacios naturales



Anexo 2. Proceso de clasificación para la representación cartográfica

Figura 47. Recorte de las imágenes satelitales al tamaño del área de trabajo con el software Envi 4.8

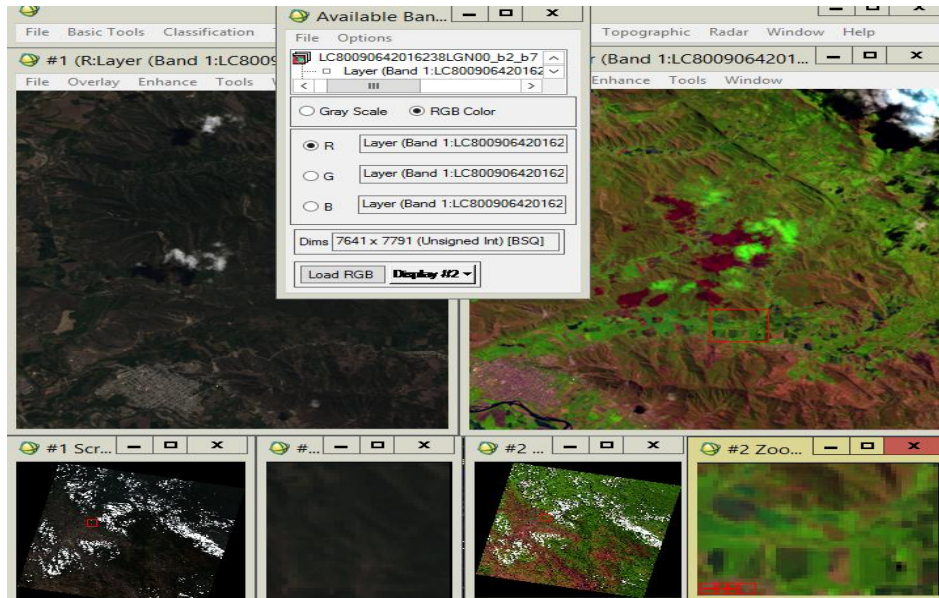


Figura 48. Segmentación del área de estudio en el programa Envi 4.8

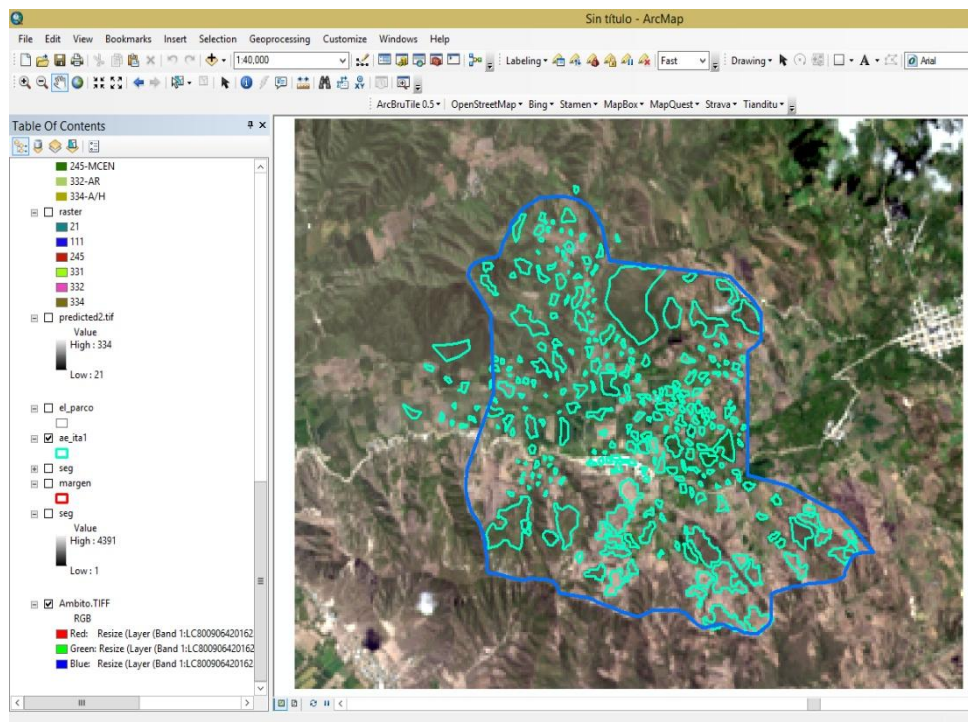


Figura 49. Creación de áreas de entrenamiento en el área de estudio-districto de El Parco

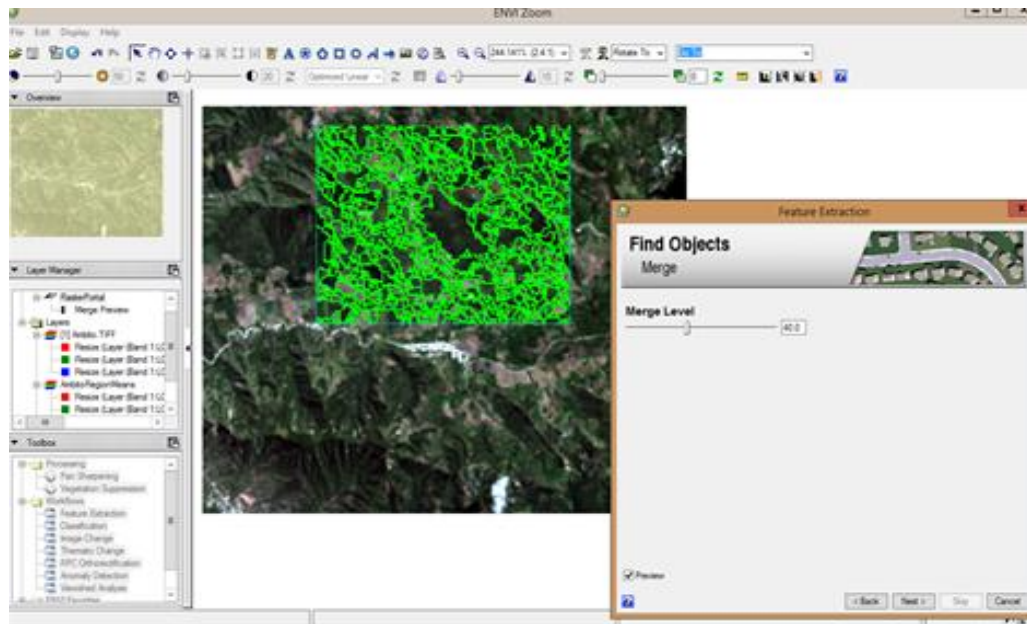


Figura 50. Aplicación del Modelbuilder en el programa ArcGIS, generando la información complementaria

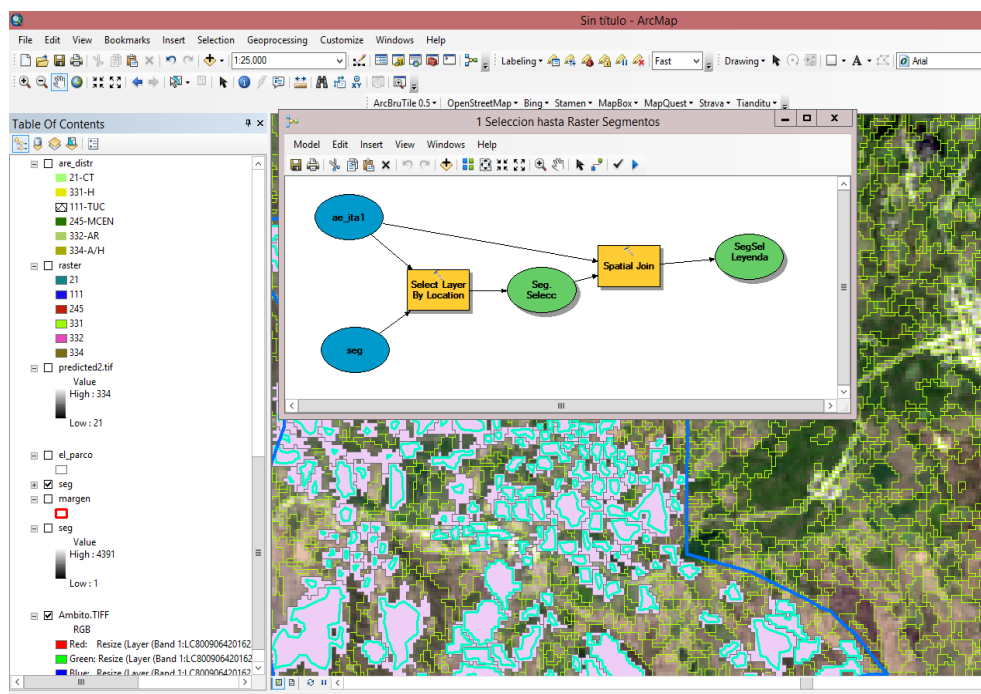


Figura 51. Ejecución del algoritmo Random forest

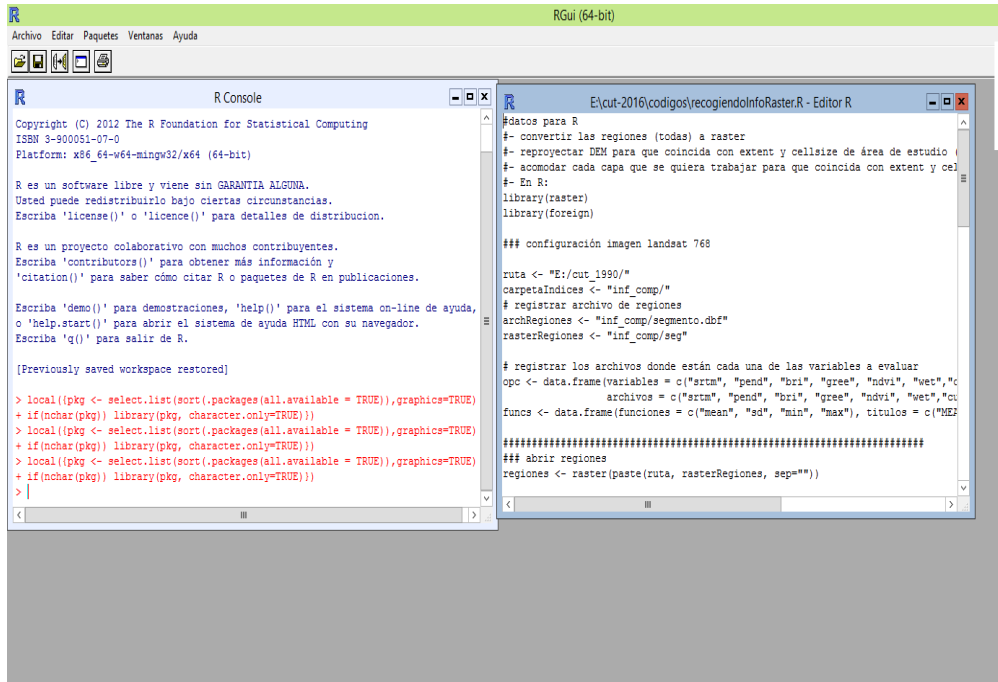
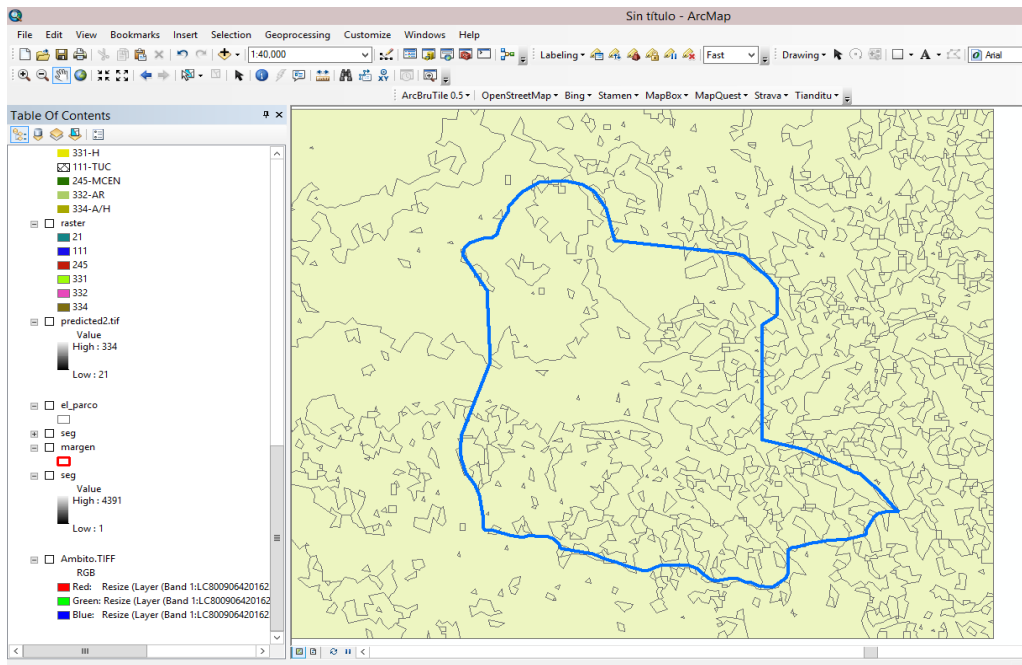


Figura 52. Obtención del mapa de coberturas en formato raster



Anexo 3. Lista de especies reportadas para el distrito de El Parco según categorías de cobertura vegetal

Tipo de cobertura vegetal	Familia	N. Común	N. Científico
2.1. Cultivos transitorios(CT)	Poaceae	Arroz	<i>Oryza sativa</i>
	Poaceae	Maiz	<i>Zea mays</i>
	Euphorbiaceae	Yuca	<i>Manihot esculenta</i>
2.3.Pastos	Poaceae	Paja para	<i>Brachiaria mutica</i>
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales(MCEN)	Malvaceae	cacao	<i>Theobroma cacao</i>
	Musaceae	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>
332 Arbustal (AR)	Fabaceae	Marlin	<i>Cyathostegia mathewsii</i>
	Fabaceae	Faique	<i>Acacia macracanta</i>
	Asteraceae	Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>
	Asteraceae	Chilco	<i>Baccharis salicifolca</i>