

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



TESIS

**“ANÁLISIS DEL CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA DEL
DISTRITO DE PUCARÁ-PROVINCIA DE JAEN-DEPARTAMENTO
CAJAMARCA, UTILIZANDO IMÁGENES DE SATÉLITE PERIODO 2000-2017”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER
Alex Joel Vergara Anticona

JAÉN -PERÚ

2018

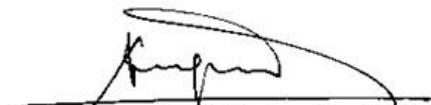


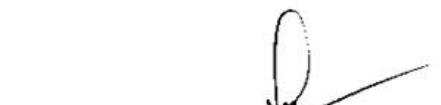
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

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° 453- 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 DEL DISTRITO DE PUCARA- PROVINCIA DE JAÉN- DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA, UTILIZANDO IMÁGENES DE SATÉLITE PERIODO 2000 - 2017"** ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales don **ALEX JOEL VERGARA ANTICONA**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las diez horas y seis 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 diez horas y cincuenta y cinco 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

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios por darme la oportunidad de vivir y la fortaleza para seguir adelante y nunca desmayar ante la presencia de los problemas.

A mi madre la Sra. Olivia Anticona Maldonado, a mi padre el Sr. Danid Vergara Peralta, por ser mi guía en el camino de la vida y mi ejemplo para ser una persona de bien, a mis hermanos Cristhiam, Sara y Fabiola por ser mis compañeros de vida y a mis abuelos Isabel Maldonado Rodríguez y Bartolomé Anticona Carranza por su cariño y amor que siempre me brindaron.

Alex Joel Vergara Anticona

AGRADECIMIENTO

A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Cajamarca - Filial Jaén, por haber contribuido con mi formación profesional.

Al M.Sc. Wilfredo Poma Rojas, por su interés y apoyo incondicional para llevar a cabo esta tesis y por sus consejos brindados.

A mi amigo el Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo por compartir sus conocimientos y apoyarme durante el desarrollo de este trabajo.

A Dios por iluminarme en esta etapa de mi vida, a las personas que estuvieron a mi lado durante el tiempo de desarrollo de mi tesis.

A todos mil gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE	
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes	13
2.2. Bases Teóricas	15
2.2.1. Teledetección	15
2.2.2. Elementos del proceso de teledetección	15
2.2.3. Satélite Landsat TM	16
2.2.3.1. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat	16
2.2.4. Sistemas de Información Geográfica	18
2.2.5. Imágenes de satélite	19
2.2.6. Clasificación de Imágenes de satélite	19
2.2.7. Validación de la clasificación de las imágenes de satélite	20
2.2.7.1. Matriz de confusión	20
2.2.7.2. Coeficiente de validación Kappa	21
2.2.8. La Cobertura y uso de suelo	21
2.2.9. Cambio de la cobertura vegetal	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	24
3.2. Materiales y equipos de campo	26
3.3. Materiales y equipo de gabinete	26
3.4. Metodología	27
3.4.1. Fase inicial de gabinete	29
3.4.2. Fase de campo	30
3.4.3. Fase final de gabinete	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Resultados	32

4.1.1. Categorías identificadas de cobertura y uso de la tierra bajo la categoría Corine Land Cover	32
4.1.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en el periodo 2000-2017.	36
4.1.2.1. Cobertura y uso de la tierra año 2000	36
4.1.2.2. Cobertura y uso de la tierra año 2017	42
4.1.2.3. Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra	48
4.1.2.4. Análisis de transición de cobertura y uso de la tierra	51
4.2. Discusión	53
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones	56
5.2. Recomendaciones	56
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXO	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descripción de la matriz de confusión	20
Figura 2. Mapa de ubicación del distrito de Pucará	25
Figura 3. Esquema de proceso de clasificación para la representación cartográfica	28
Figura 4. Foto de tejido urbano continuo distrito de Pucará	33
Figura 5. Foto de cultivo transitorio de arroz (<i>Oriza sativa</i>)	34
Figura 6. Foto de cultivo transitorio de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)	34
Figura 7. Foto de bosque abierto bajo	35
Figura 8. Foto de bosque denso alto	36
Figura 9. Foto de áreas erosionadas	36
Figura 10: Distribución porcentual de cobertura año 2000	40
Figura 11. Mapa de cambio y uso de la tierra del año 2000	41
Figura 12. Distribución porcentual de cobertura año 2017	45
Figura 13. Mapa de cambio de uso de la tierra año 2017	46
Figura 14. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000-2017	47
Figura 15. Mapa de cambio y no cambio periodo 2000-2017	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de las imágenes utilizadas para el estudio	30
Tabla 2: Categorías del uso de la tierra identificadas en el distrito de Pucará	32
Tabla 3: Matriz de confusión año 2000	37
Tabla 4: Categorías obtenidas para el año 2000	40
Tabla 5: Matriz de confusión año 2017	42
Tabla 6: Categorías obtenidas para el año 2017	45
Tabla 7: Cambio y no cambio del uso de la tierra 2000-2017	48
Tabla 8: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2000 – 2017	52

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Pucará, por medio de imágenes satelitales de los años 2000 y 2017. La ejecución fue realizada en tres fases: la fase inicial de gabinete, que consistió en obtener información temática y cartográfica del Gobierno Regional de Cajamarca, donde se seleccionó y descargó imágenes Landsat 5 y Landsat 8, seleccionando una imagen para el año 2000 y una imagen para el año 2017, procediendo luego a procesar las imágenes, identificando los tipos de cobertura que se encontraron presentes en el área de estudio y generar el mapa de cobertura del año 2000. La fase de campo que consistió en realizar una visita a campo y verificar la precisión cartográfica del mapa generado, utilizando una cámara fotográfica para registrar las coberturas existentes. La fase final de gabinete, que consistió en realizar una evaluación de exactitud, se crearon matrices de confusión y se analizó la índice kappa. Según el mapa de cobertura y uso del suelo se estableció las categorías correspondientes a Tejido urbano continuo, Cultivos transitorios, Bosque abierto bajo, Bosque denso alto y Tierras desnudas. La precisión del mapa 2000 fue de 95.72 % y del mapa del año 2017 fue de 96.55 %, lo cual indica que la clasificación de cobertura presenta muy bajo error; así mismo, con los resultados obtenidos se puede afirmar que la cobertura del distrito de Pucará cambió en 10 202.28 ha, equivalente al 45.72 %, siendo la categoría correspondiente a Tierra desnuda la que arrojó la mayor cifra de cambio con 5112.27 ha, equivalente al 50.11 %. Se concluye que el principal motivo de cambio de uso del suelo, se debió a las actividades antrópicas, entre ellas la expansión territorial urbana, la agricultura expansiva y la erosión.

Palabras claves: Cambio, uso de suelo, imágenes satelitales, Landsat.

ABSTRACT

The objective of the present work was to analyze the changes in coverage and land use of the district of Pucará, by means of satellite images of the years 2000 and 2017. The execution was carried out in three phases: the initial phase of the cabinet, which consisted of obtain thematic and cartographic information from the Regional Government of Cajamarca, where Landsat 5 and Landsat 8 images were selected and downloaded, selecting an image for the year 2000 and an image for the year 2017, proceeding to process the images, identifying the types of coverage that were present in the study area and generate the coverage map for the year 2000. The field phase consisted of conducting a field visit and verifying the map accuracy of the generated map, using a camera to record the existing coverage. The final phase of the cabinet, which consisted in carrying out an accuracy assessment, created confusion matrices and analyzed the kappa index. According to the map of coverage and land use, the categories corresponding to Continuous Urban Fabric, Transitory Crops, Low Open Forest, High Dense Forest and Naked Lands were established. The precision of the map 2000 was of 95.72% and of the map of the year 2017 it was of 96.55%, which indicates that the classification of coverage presents very low error; Likewise, with the results obtained it can be stated that the coverage of the district of Pucará changed in 10 202.28 ha, equivalent to 45.72%, being the category corresponding to bare earth the one that showed the highest figure of change with 5112.27 ha, equivalent to 50.11 %. It is concluded that the main reason for land use change was due to anthropic activities, including urban territorial expansion, expansive agriculture and erosion.

Key words: Change, land use, satellite images, Landsat.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre cambio y cobertura de uso de suelo, actualmente son el centro de atención de la investigación ambiental (Bocco et al. 2001), como tal permiten asentar las bases para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región específica (Velázquez et al. 2002). Los factores explicativos que inducen esta degradación son diversos. Algunos autores consideran que la modificación de la cobertura y uso del suelo se debe a la interacción de factores económicos, políticos y ecológicos (Meyer y Turner 1992; Walter y Steffen 1997; Geist y Lambin 2001).

Es importante hacer énfasis en el crecimiento acelerado de la población mundial, ya que a ello se le atribuyen una serie de elementos que contribuyen en gran medida al cambio de uso y/o cobertura de suelo, por citar algunas: el desmonte de áreas forestales para generar espacios donde sembrar cultivos o crear zonas habitacionales, la substracción excesiva del agua contenida por los mantos acuíferos, lo que propicia la alteración de los ecosistemas al agotar los recursos hídricos.

Generalmente los estudios del cambio de uso del suelo forestal evalúan la velocidad de la deforestación/reforestación, determinan su extensión geográfica y entienden cuáles son las causas sociales y económicas de los cambios, en las escalas global, regional y local (Skole et al. 1994; Ojima, et al. 1994). El análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio (Chuvienco 1996).

En los últimos años se han realizados estudios sobre cambio de uso de suelo y escenarios de cambio climático (Ticona 2011), evaluación de áreas afectadas, tras el paso del huracán Félix en el año 2007 (Mendoza 2010), análisis multitemporal para la detección de cambios en el uso del suelo en tres municipios afectados por el huracán Juana (Williamson 2006), evaluación de un paisaje fragmentado para la conservación y recuperación de la biodiversidad en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente (PTPMM) Estelí, Nicaragua (Correa 2000).

Por lo tanto, a través de los procesos anteriormente mencionados, se pretende evaluar el proceso de cambio de cobertura y uso de la tierra de los años 2000-2017 para el distrito de Pucará, provincia Jaén, región Cajamarca.

El objetivo general de esta investigación, fue analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Pucará, por medio de imágenes satelitales de los años 2000 y 2017, teniendo como objetivos específicos los siguientes:

- Generar el mapa de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Pucará periodo 2000 - 2017 utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud.
- Elaborar el mapa temático de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Pucará años 2000 - 2017 utilizando la metodología Corine Land Cover.
- Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurrida en el referido periodo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Hernández (2012), analizó los cambios ocurridos en la cobertura vegetal del Municipio del distrito Central en Honduras, mediante análisis multitemporal de las dinámicas de cambio sobre la cobertura de la tierra durante un intervalo de tiempo de 18.22 años. Utilizando dos imágenes satelitales TM y ETM+, años 1987 y 2006 obtenidas por los sensores Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+, para interpretación y clasificación digital no supervisada de la cobertura del suelo e identificar las principales coberturas del suelo existentes en ambos años, logrando clasificar en siete clases para dos bosques de coníferas, bosque mixto y matorrales. La cobertura no vegetal hace referencia a las clases: suelo desnudo, cuerpos de agua y urbano.

Ruíz et al. (2013), evaluó el cambio de uso del suelo en el Paisaje Terrestre Miraflores Moropotente, Nicaragua en el período 1993-2011, a través de imágenes satelitales, a fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje. Los cambios de usos de suelo fueron derivados de la clasificación de tres imágenes Landsat TM, con una resolución espacial de 30 metros tomadas en febrero de 1993, abril de 2000 y enero 2011. Se realizó una verificación en campo para la identificación de coberturas de suelo y la corroboración en las imágenes satelitales. La fragmentación se realizó con el cálculo de métricas e índices de fragmentación a nivel del paisaje. Los principales resultados muestran que los cambios de uso de suelo están determinados por la degradación antrópica, principalmente en la conversión de la vegetación nativa a espacios agrícolas y la expansión de la ganadería. El crecimiento demográfico y los monocultivos van ejerciendo presión sobre el bosque, transformando zonas de vocación forestal a cultivos agrícolas. Los cambios de cobertura han significado un paisaje fragmentado con diferentes grados de perturbación, que conllevan a una disminución de la superficie de hábitats naturales, reducción del tamaño de los fragmentos y aislamientos de los mismos.

Najera-Gonzales et al. (2010), analizaron el cambio de cobertura y uso del suelo, en el estado de Nayarit, la cuenca del río Mololoa en México, En este trabajo se analizan los cambios de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, entre 1995 y 2005, a partir de la interpretación de ortofotos digitales y manejo de la información en un SIG. Los resultados muestran que el paisaje de la cuenca está dominado en 83.01 % por la vegetación natural y tierras de cultivo. La dinámica de cambio está centrada en los tipos de cobertura “vegetación natural” y “construcciones”, la primera disminuye a una tasa de 41.67 ha/año, y la segunda, aumenta 74.86 ha/año. La tasa de deforestación de los bosques y selvas de la región fue de 0.1 y 0.36 %, menor a las reportadas por diferentes autores a nivel nacional y estatal.

Cabana (2016), analizó los cambios de la cobertura vegetal de la Municipalidad distrital de Paratia en la región Puno, por medio de imágenes satelitales LANDSAT 5 y LANDSAT 8 de los años 1988 y 2016, clasificando las imágenes satelitales Landsat 5 y 8 de 1988 y 2016 con énfasis en la cobertura vegetal del Municipio del Distrito Paratia, analizando la detección de cambios a partir de la clasificación de las imágenes satelitales, mediante análisis estadístico y multitemporal e identificar y cuantificar las zonas donde ocurrió la pérdida de cobertura vegetal y el crecimiento urbanístico.

Cieza (2017), analizó el cambio de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Matará de la región Cajamarca en el periodo 1991, 2003, 2016; para lo cual realizó el análisis cuantitativo y cualitativo de cambio y uso actual de la tierra en el distrito de Matará, la clasificación se realizó con la Metodología Corine Land Cover (CLC) obtenida del Ministerio del Ambiente (MINAM), se clasificó en un Nivel III de la Metodología Corine Land Cover en donde se obtuvieron las siguientes categorías: Tejido urbano continuo, Arbustal, Herbazal, Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes, cultivos transitorios y pastos. En donde para el año 1991 la categoría predominante fue Cultivos transitorios con una área de 2334.07 ha equivalente al 40.30 % del área total y con menor área la categoría Lagunas,

lagos y ciénagas naturales permanentes con una área de 2.88 ha equivalente al 0.05 %, en el año 2003 la categoría predominante fue Cultivos transitorios con una área de 2639.64 ha equivalente al 45.58 % y con menos área a la categoría Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes con una área de 3.14 ha equivalente al 0.05 %, para el año 2016 la categoría predominante fue Cultivos transitorios con una área de 3023.15 ha equivalente al 52.21 % y la categoría con menor área fue Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes con una área de 4.73 ha equivalente al 0.08 %.

Britos y Barchuk (2008), realizaron un estudio de investigación donde exploraron los cambios ocurridos en el uso de la tierra para los años 1987 y 2002 en dos sitios del Chaco Árido en el norte de Córdoba, Argentina, donde asumen que los cambios ocurridos desde una matriz de bosque nativo están directamente relacionados con estados de la dinámica sucesional de la vegetación, y se discuten las actividades productivas que los impulsaron. Se estudian dos sitios contrastantes: uno en la zona rural de Quilino y otro cercano al borde de Salinas Grandes. Se identificaron seis unidades de cobertura para ambos sitios, con características particulares para cada uno. Se valoran los cambios de cobertura más importantes, especialmente la desaparición del bosque con el correlativo aumento de matorrales y desmontes. Se analizan las tendencias de los cambios a nivel espacial. Finalmente, la información generada de la dinámica de la cobertura es interpretada a la luz de los cambios socioeconómicos regionales ocurridos en los últimos 15 años, datos sobre autorizaciones de desmontes y la estructura agraria local para el año 2002. Se discute acerca de las influencias exógenas en los cambios de uso de la tierra, y se observan estrategias diferentes para ambos sitios en cuanto a la capacidad de adaptación a fuerzas de cambio.

Zorogastúa et al. (2011), realizaron el estudio del bosque seco localizado en la región Piura, Perú con el objetivo de evaluar el cambio de la cobertura y el uso de la tierra. Se utilizó el procesamiento digital de imágenes del satélite LANDSAT 5 registradas entre 1999 y el 2001, a través de una clasificación supervisada, usando el algoritmo de máxima verosimilitud. Los resultados se

compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA con interpretación visual de imágenes LANDSAT 5 registradas entre 1986 y 1994. Las imágenes de 1999 y 2001 fueron clasificadas con un acierto del 89 % y al compararlas con la clasificación de INRENA, permitieron evaluar la dinámica espacio temporal de los bosques secos, cuantificando los retrocesos y mejoras de los mismos. El 38 % del área del bosque seco permaneció sin variación, mientras que 13 % mejoró su condición y el otro 23 % tiende a la reducción de su cobertura. El procesamiento digital de imágenes de satélite permite agilizar el proceso y ser más precisos que la interpretación visual utilizada en el estudio de línea de base del INRENA.

Pineda et al. (2009), realizaron una investigación donde tuvieron como objetivo describir los cambios en la cobertura y uso del suelo sucedidos en el Estado de México en el periodo 1993-2002. Se calculan los cambios, intercambios y transiciones sistemáticas que afectan la pérdida de la cobertura forestal, se aplican métodos de regresión multivariantes para explicar las posibles causas que provocan este proceso de deforestación regional. Una descripción detallada demuestra que las categorías de bosque tienen cambios netos bajos, pero valores de intercambio altos. Las transiciones sistemáticas entre categorías revelan una dinámica de perturbación–recuperación forestal. Los modelos de regresión lineal múltiple señalan que los factores demográficos a nivel municipal son los que más inciden en la pérdida del bosque. A nivel de píxel los modelos de regresión logística explican que la mayor pérdida ocurre en zonas boscosas más próximas a las zonas agrícolas. Asimismo, las zonas con alta fragilidad ecológica son las que presentan mayor susceptibilidad a ser deforestadas.

Franco et al. (2006), realizaron una investigación donde analizaron los cambios en el uso del suelo y vegetación ocurridos entre 1972 y el 2000. Para ello fue preciso obtener cartografía digital mediante procesos de digitalización y fotointerpretación. Los mapas obtenidos se basaron en el sistema de clasificación del INEGI, serie 1. La aplicación de un sistema de información geográfica (SIG) permitió obtener la densidad de la cobertura forestal y

analizar el cambio de uso de suelo y vegetación, identificando los procesos de disminución y/o incremento en la densidad de las zonas forestales. En el periodo estudiado, poco más de 9 700 ha de bosques de pino, latifoliadas u oyamel, sufrieron pérdidas de densidad, esto representó 20% de la superficie del área natural protegida. Las zonas boscosas que mostraron incrementos apenas alcanzaron 4 800 ha. El enfoque metodológico adoptado resultó especialmente válido para obtener información detallada y con un alto nivel de precisión. Dicha información constituye un punto de partida para estudios a profundidad del parque nacional.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Teledetección

La teledetección es la técnica de adquisición de información sobre un objeto a distancia, sin un contacto material entre el objeto observado y el observador. En nuestro caso el objeto observado es la superficie terrestre o marina y la atmósfera, el observador por su parte es un sensor situado en el aire o el espacio capaz de detectar y almacenar la información para su posterior análisis. Este análisis permite el reconocimiento de las características de la superficie terrestre y de los fenómenos que en ella se producen (Chuvieco 2000).

2.2.2. Elementos del proceso de teledetección

Los elementos involucrados en un proceso de teledetección son los siguientes: El primer requerimiento supone disponer de una fuente de energía que ilumine o provea energía al objeto de interés (cultivo, bosque, mar, ciudad, etc.). El caso más habitual consiste en que esa fuente sea el Sol. La radiación solar, en su “viaje” hacia la Tierra, atraviesa e interacciona con la atmósfera. Una vez que alcanza la superficie terrestre interactúa con los objetos que en ella se encuentran. La radiación reflejada dependerá de las características de esos objetos, permitiendo distinguir a unos de otros. Un sensor a bordo de un

satélite recoge y graba esa radiación reflejada por la superficie terrestre y la propia atmósfera (Labrador et al. 2012).

2.2.3. Satelite Landsat

Landsat es un conjunto de satélites desarrollados por la NASA (National Aeronautics and Space Administration of USA), para la observación en alta resolución de la superficie terrestre desde comienzos de los 1970's. Los Landsat orbitan alrededor de la Tierra en órbita circular heliosincrónica, a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° respecto del Ecuador y un período de 99 minutos. Las imágenes Landsat son muy utilizadas para la investigación ambiental. Las resoluciones de los sensores Landsat 4 y Landsat 5 se presentan en la siguiente tabla, además, la resolución temporal de Landsat es de 16 días (NASA 2013).

2.2.3.1. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat

a. Landsat5

Fue un satélite de órbita terrestre baja lanzado el 1 de marzo de 1984 para recopilar imágenes de la superficie de la Tierra. Opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es de 185 km. Como continuación del Programa Landsat , Landsat 5 fue administrado conjuntamente por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA,2013).

b. Landsat7

El Landsat7 es el satélite operacional más reciente del programa Landsat, financiado por el gobierno de los Estados Unidos. Este satélite dotado de sensores empleados en teledetección, fue diseñado con el fin de obtener datos de los recursos terrestres.

Landsat7 fue diseñado para una vida útil de 5 años y tiene la capacidad de recolectar, así como transmitir hasta 532 imágenes por día. Se encuentra en una órbita Heliosincrónica, que significa que pasa siempre a la misma hora por un determinado lugar. El peso del satélite es de 1973 Kilogramos, mide 4.04 metros de largo, y 2.74 metros en diámetro. A diferencia de sus antecesores, Landsat 7 posee una capacidad de almacenamiento de 378 gigabytes, equivalente alrededor a 100 imágenes. El instrumento esencial a bordo del satélite es el Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). (Fernández y Herrero 2001).

c. Landsat8

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

2.2.4. Sistemas de Información Geográfica

Tradicionalmente la utilización de Sensores Remotos en el área ambiental ha sido para la generación de mapas temáticos. Los cuales por lo general representan la fase final de un proyecto, ya que las cartografías obtenidas a

partir de Sensores Remotos representan variables que se incorporan a un SIG. Los sistemas de información geográfica son definidos como un conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permite la gestión de datos organizados en bases de datos georeferenciados, y permiten almacenar esa información espacial de forma eficiente, simplificando su actualización y acceso directo al usuario (Otero 1999).

Por otro lado, un sistema de información geográfica puede ser concebido como un modelo que representa el mundo real (Bouillé 1978).

2.2.5. Imágenes de satélite

Las imágenes obtenidas por los satélites de teledetección ofrecen una perspectiva única de la Tierra, sus recursos y el impacto que sobre ella ejercen los seres humanos. La teledetección por satélite ha demostrado ser una fuente rentable de valiosa información para numerosas aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, desarrollo de mercados, localización de bienes raíces y muchas otras. Ofrecen una visión global de objetos y detalles de la superficie terrestre y facilitan la comprensión de las relaciones entre ellos que pueden no verse claramente cuando se observan a ras de tierra. El carácter "remote" de la teledetección proporciona una visión parcial del globo desde un lugar específico. Las imágenes de satélite muestran, literalmente, mucho más de lo que el ojo humano puede observar, al desvelar detalles ocultos que de otra forma estarían fuera de su alcance (SRGIS 2005).

2.2.6. Clasificación de imágenes

La clasificación de imágenes satelitales ha sido utilizada para diferentes propósitos, con un único objetivo: agrupar o zonificar los píxeles de una imagen, para delimitar una clase temática de interés a priori (Gamanya et al. 2009).

En los últimos años se han utilizado distintas tecnologías computacionales para la clasificación de imágenes como las redes neurales, los sistemas expertos y la lógica difusa. Weng (2009), categoriza los sistemas de clasificación de imágenes en cinco clasificadores basados: en pixel, en subpixel, contextuales, por campo y los orientados a objetos.

2.2.7. Validación de la clasificación de imágenes

Para la validación de métodos de clasificación, Santos (2007) y Li et al. (2009) sugieren realizar el análisis de la exactitud o aciertos de las clasificaciones, comparándola con otra que el investigador declare como absoluta, proceso realizado utilizando una —Matriz de ConfusiónII y el —Coeficiente Kappa II.

2.2.7.1. Matriz de confusión

La matriz de confusión (C) o contingencia, permite comparar dos clasificaciones: una definida por el usuario como base y la otra, la que se desea evaluar. Se construye una comparación matricial de clases realizadas de la clasificación, ubicada generalmente en diferentes sectores o en la totalidad del mapa, confrontando las clases de cada clasificación (Li et al. 2009, Santos 2007) Con la matriz de confusión se generan tres tipos de exactitud: exactitud global, exactitud del usuario, exactitud del productor (Li et al. 2009).

Exactitud	Explicación
Global (EG)	Indica la exactitud del conjunto de las clases del método a evaluar. $EG = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N}$, X_{ii} : diagonal mayor de C, N: número total de puntos de muestreo, r: número de filas de la matriz
De Usuario (EU)	Es la acertamiento de una clase en particular, respecto a toda la clasificación $EU = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100$, X_{ii} : diagonal de dicha fila, X_{i+} : totales marginales de la fila i
De Productor (EP)	Es el acertamiento de una clase en particular, respecto a la clasificación a evaluar $EP = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100$, X_{ii} : diagonal de dicha columna, X_{+i} : totales marginales de la columna i

Figura 1. Descripción de la matriz de confusión (Li et al. 2009)

2.2.7.2. Coeficiente de Validación Kappa

Este coeficiente, propuesto por Jacob Cohen en 1960 (Dou et al. 2007), es un estadístico que mide la concordancia de dos metodologías. Es utilizado para ver la similitud de dos clasificaciones de imágenes, (Li et al. 2009, Dou et al. 2007), realizado por medio de la siguiente ecuación:

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

Dónde: r es el número de filas en la matriz; x_{ij}, número de píxeles de la fila i, columna j, es decir la diagonal mayor; x_i, fila i; x_j, columna j y N el total de píxeles de la matriz. El valor de coeficiente puede variar de 0 a 1, entre más cercano este a 1, quiere decir que la concordancia de los dos métodos es muy alta.

2.2.8. La cobertura y uso del suelo

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).

La cobertura está referida a aquellos cuerpos naturales o artificiales que cubren la superficie del suelo, por lo tanto, pueden originarse de ambientes naturales como resultado de la sucesión ecológica (bosques, sabanas, lagunas, etc.) o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre (cultivo, represas, ciudades, etc.) (FAO 1999).

Un estudio de la cobertura y uso del terreno supone analizar y clasificar los diferentes tipos de cobertura y usos asociados, que el hombre practica en una zona o región determinada Su importancia radica en que, a escala

global, regional y local, cambios en el uso del terreno están transformando la cobertura a un paso acelerado. No obstante, los datos cuantitativos: en dónde, cuándo y por qué cada cambio toma lugar globalmente, están aún incompletos y algunas veces, estos datos son inexactos (Bocco et al. 2001).

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)

2.2.9. Cambio de la cobertura vegetal

En el transcurso de la historia, el suelo ligado a la productividad agropecuaria, además del cambio de cobertura del suelo, se han constituido en factores importantes para el crecimiento y desarrollo de todas las culturas. En los últimos 20 años, ha resurgido la importancia verdadera y real que tiene la conservación de los recursos naturales, y como componente de éstos el recurso suelo como fuente de producción de alimento para la humanidad (Dalence et al. 1999).

La mayor parte de los cambios que ocurren en los ecosistemas terrestres se deben a la conversión en la cobertura del terreno, degradación de la tierra y intensificación en el uso del suelo (Lambin, 1994).

Los cambios en el uso del terreno (CUT) son resultado de una compleja interacción entre el ser humano y el medio biofísico. Y actúan sobre un amplio rango de escalas espaciales y temporales (Verburg et al.1999).

Entender las transformaciones en el uso de la tierra, y las fuerzas sociales que los manejan es de crucial importancia para comprender, modelar y predecir el cambio del ambiente a nivel local, regional, así como para manejar y responder a este cambio (Meyer y Turner II 1994).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el distrito de Pucará, localizada en la zona sur oeste de la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; tiene una superficie de 22 315.11 ha. Se encuentra a 903 msnm. Limita por el norte con el distrito de Pomahuaca; por el sur con el distrito de Querocotillo; por el este con el distrito de Colasay y, por el oeste con el distrito de Cañaris (provincia de Ferreñafe). Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM 707035 Este y Norte 9332141; Presenta un clima caluroso cuya temperatura oscila entre los 30 °C a 38 °C; en las partes altas el clima es templado y frío con una temperatura variable entre los 12 °C y 18 °C (Fuente: Municipalidad distrital de Pucará)

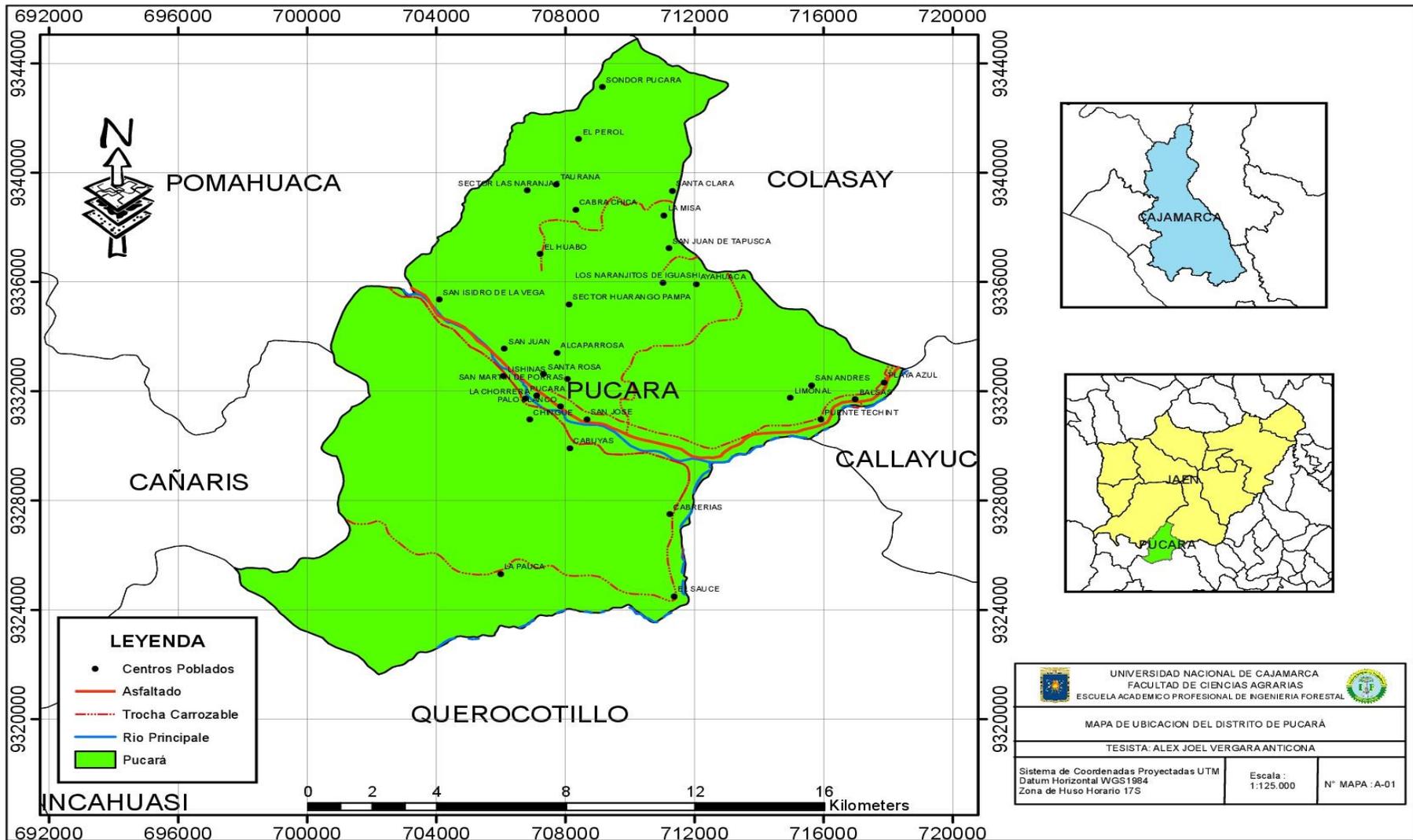


Figura 2. Mapa de ubicación del distrito de Pucará

3.2. Materiales y equipos de campo

3.2.1. Materiales

Lapiceros, libreta de apuntes, marcadores (brochas, esmaltes).

3.2.2. Herramientas

Machetes, linterna, botas de jebe, poncho impermeable, bolsa de dormir (Sleeping).

3.2.3. Instrumentos y equipos

Navegador GPS (Garmin Etrex 10), brújula, cámara fotográfica digital.

3.3. Materiales y equipos de gabinete

3.3.1. Materiales

Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros.

3.3.2. Equipos

Computadora, Impresora, Scanner.

3.3.3. Material cartográfico

Shapefile del distrito obtenido del gobierno regional de Cajamarca.

Base de datos ZEE Cajamarca.

Carta nacional. Escala 1:100 000

3.3.4. Software

Microsoft Windows 10 Profesional, Microsoft Office, Envi 4.8, RGui 2.15, ArcGIS 10.4, ERDAS Imagine 10.4.

3.4. Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodo 2000-2017 se realizó en el ámbito del distrito de Pucará, departamento de Cajamarca. La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales de Landsat 5 y Landsat 8, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación como se describe en Figura 2. La clasificación se hizo con la leyenda Corine Land Cover - CLC en un nivel III, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM 2014).

Para la generación de los mapas temáticos de cobertura y uso de la tierra, se utilizó la metodología del Ministerio del Ambiente (MINAM 2014).

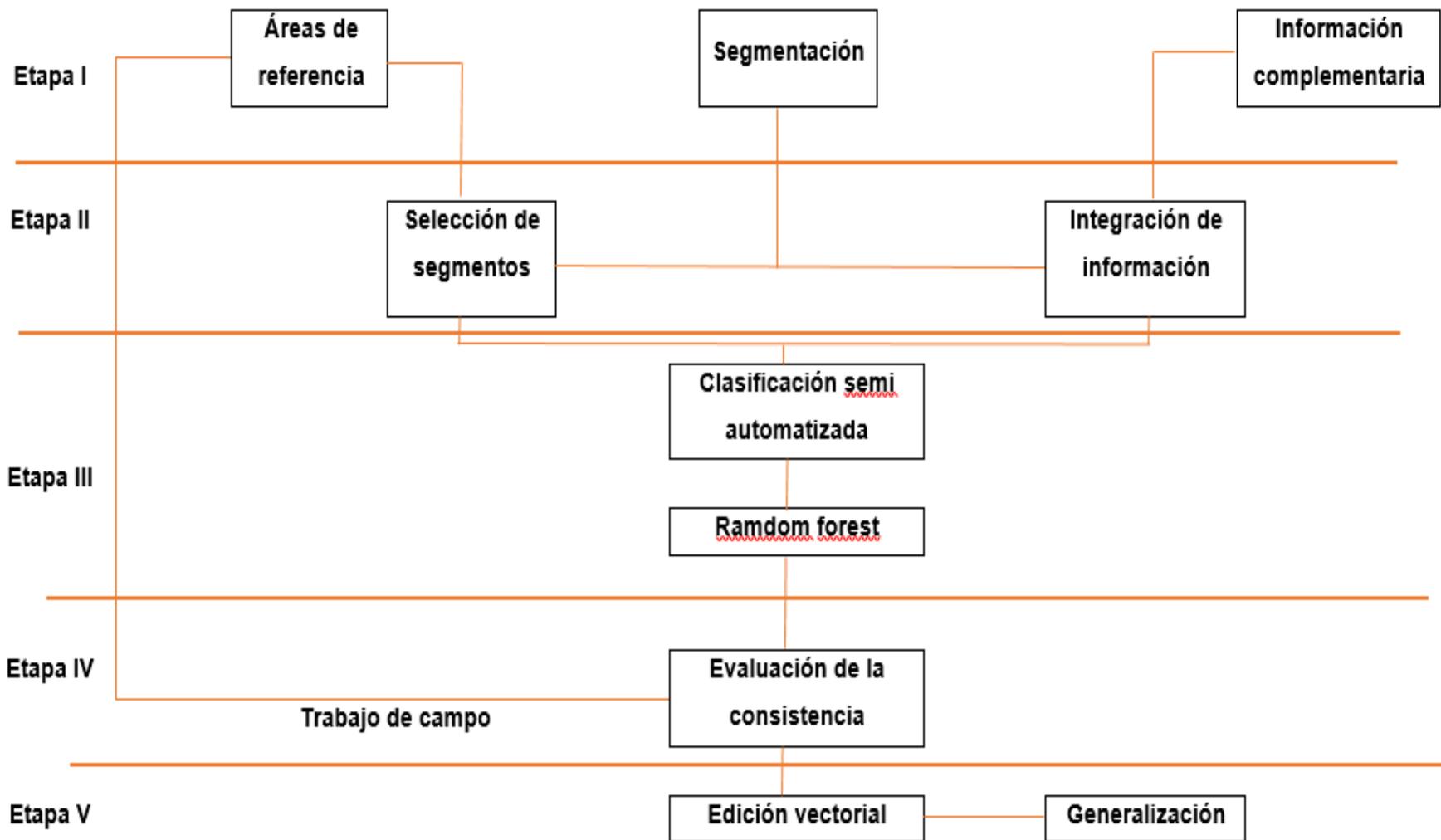


Figura 3. Esquema de proceso de clasificación para la representación cartográfica

3.4.1. Fase inicial de gabinete

a. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 2000 y 2017

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

Instituciones visitadas

Gobierno regional de Cajamarca – Sub gerencia de acondicionamiento territorial. Autoridad Nacional del Agua (ANA). El Ministerio del Ambiente – MINAM, del cual se obtuvo información temática y cartográfica.

Información bibliográfica

Documento especializado de cambios y usos de la tierra 2014 del Gobierno regional de Cajamarca.

Descarga del modelo de elevación digital DEM

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

Selección y descarga de imágenes Landsat

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

Tabla 1. Descripción de las imágenes utilizadas para el estudio

Imagen	Año	Bandas	Año	Fecha
LT5_010064_20001224	Landsat5	7	2000	24/12/2000
LC08_010064_20170819	Landsat8	11	2017	26/08/2017

3.4.2. Fase de campo

Validación de las clases de cobertura identificadas, luego del análisis de las imágenes satelitales realizado a nivel de gabinete, se procedió a:

- Se verificó la precisión cartográfica de las unidades del mapa en campo, con la ayuda de un navegador GPS, cámara fotográfica y binocular.
- Precisar los contactos entre las coberturas, a mano alzada sobre el mapa impreso llevado a campo.
- Se definió las zonas (Unidades de cobertura).
- Se determinó los límites de tratamiento de las unidades.
- Se determinó algunas otras observaciones existentes que no se tuvieron en cuenta.

3.4.3. Fase final de gabinete

Evaluación de la exactitud

En base al análisis de la información de estos puntos se construyeron métricas e instrumentos de evaluación, como matrices de confusión, para calificar los productos.

Creación de matrices de confusión

Para construir la matriz se empleó el algoritmo de clasificación. A partir de la matriz de confusión se calcularon otras medidas de interés desde el punto de vista de la exactitud, como:

Índice Kappa

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

Porcentaje Correctamente Clasificado (PCC)

Constituye el porcentaje de puntos correctamente clasificado.

Elaboración de los mapas finales de cobertura de los años 2000 y 2017

- Luego de la fase de campo se procedió a la digitalización definitiva de las unidades cartográficas del mapa de cobertura y uso actual.
- Seguidamente se realizó el control de la calidad de las unidades cartográficas mediante reglas topológicas, digitales y también se estructura la base de datos y se procedió a llenar los atributos a cada una de las unidades.
- Se clasificó cada una de las unidades mediante el sistema de clasificación de cobertura Corine Land Cover, las mismas que son detalladas en la leyenda final.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

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

Del análisis de las 2 imágenes empleadas en el presente trabajo de investigación, se obtuvieron 5 categorías (Tejido urbano continuo, Cultivos transitorios, Bosque abierto bajo, Bosque denso alto y Tierras desnudas), 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 multi temporal) en el distrito de Pucará. A continuación, se muestra las categorías obtenidas de la clasificación; según la tabla 2.

Tabla 2: Categorías del uso de la tierra identificadas en el distrito de Pucará

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas Urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	TU
2. Cultivos agrícolas	2.1. Cultivos Transitorios		CT
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.2. Bosque abierto Bajo	BAB
		3.1.3. Bosque denso Alto	BDA
	3.4. áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas	TD

a. Tejido urbano continuo (TU)

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



Figura 4. Tejido urbano continuo
Fuente: Alex J. Vergara Anticona

b. Cultivos transitorios (CT)

Los 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 en el distrito de Pucará se pueden encontrar como principal cultivo que se produce el arroz (*Oriza sativa*), también se encuentran plantaciones de plátano (*Musa paradisiaca*).



Figura 5. Cultivo transitorio de arroz (*Oriza sativa*)
Fuente: Alex Joel Vergara Anticona



Figura 6. Cultivo transitorio de plátano (*Musa paradisiaca*)
Fuente: Alex Joel Vergara Anticona

c. Bosque abierto bajo (BAB)

Tienen como característica que la vegetación que presenta tiene una altura menor a 5 m. En el distrito de Pucará en esta categoría se encuentran los bosques secos que presentan gran cantidad de especies de cactus y otras especies vegetales propios de este tipo de bosque.



Figura 7. Bosque abierto bajo
Fuente: Alex Joel Vergara Anticona

d. Bosque denso alto (BDA)

Tienen como característica vegetación con altura mayor a 5m. Cobertura mayor a 10 %; un umbral entre denso y abierto: con 70 % de cobertura. En pucará este tipo de bosque se encuentra en menor cantidad, siendo que predominan especies maderables como el roble, cedro, lalush entre otros.



Figura 8. Bosque denso alto
Fuente: Alex Joel Vergara Anticona

e. Tierras desnudas

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



Figura 9. Áreas erosionadas
Fuente: Alex Joel Vergara Anticona

4.1.2. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra ocurridos en el periodo 2000-2017

De las imágenes satelitales procesadas, se generaron los mapas de cobertura y uso actual de la tierra del periodo antes mencionado como se describe a continuación:

4.1.2.1. Cobertura y uso de la tierra año 2000

a. Matriz de confusión

Se generó la matriz de confusión para el mapa del año 2000, donde se obtuvo la fiabilidad del productor y la fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Tabla 3: Matriz de confusión año 2000.

Resultados de la Clasificación	Categorías	Código	111	21	312	313	343	Total	F. Producto %
	111	TUC	13	0	1	0	0	14	92.86
	21	CT	0	20	0	0	0	20	100.00
	312	BAB	0	0	77	1	1	79	97.47
	313	BDA	0	0	3	40	0	43	93.02
	343	TD	0	0	2	0	40	42	95.24
	Total		13	20	83	41	41	198	F. Global 95.72 %
	F. Usuario %		100.00	100.00	92.77	97.56	97.56		

En la tabla 3, se observa que en las filas se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario

En la primera fila se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que pertenecen a tejido urbano continuo (111), de las cuales 13 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con bosque abierto bajo (312), lo cual equivale a una fiabilidad del usuario de 92.86 %.

En la segunda fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento, que pertenecen a cultivo transitorio (21), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas lo cual equivale a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la tercera fila se digitalizaron 79 áreas de entrenamiento que pertenecen a bosque abierto bajo (312), de las cuales 77 fueron correctamente digitalizadas, 1 fue confundida con tierras desnudas (343) y 1 con Bosque denso alto (313). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 97.47 %.

En la cuarta fila de la tabla 3, se digitalizaron 43 áreas de entrenamiento que pertenecen a bosque alto denso (313) de las cuales 3 fueron confundidas con bosque abierto bajo (312), lo que equivale a una fiabilidad del usuario de 93.02 %.

En la quinta fila de la tabla 3, se digitalizaron 42 áreas de entrenamiento que pertenecen a tierras desnudas (343), de las cuales 40 fueron correctamente digitalizadas y 2 fueron confundidas con Bosque bajo abierto (312), lo que equivale a una fiabilidad del usuario de 95.24 %.

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

En la primera columna de la tabla 3, se obtuvieron 13 áreas de entrenamiento de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a Tejido urbano continuo (111), lo que equivale a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la segunda columna de la tabla 3 se obtuvieron 20 áreas de entrenamiento de las cuales todas fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (21), lo que equivale a una fiabilidad de usuario de 100 %.

En la tercera columna de la tabla 3, se obtuvieron 83 áreas de entrenamiento representando a bosque abierto bajo (312), de las cuales 77 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con el tejido

urbano continuo (111), 3 fueron confundidas con bosque denso alto (313) y 2 fueron confundidas con tierras desnudas (343), lo que equivale a una fiabilidad de usuario de 92.77 %.

En la cuarta columna se obtuvieron 41 áreas de entrenamiento representando a bosque denso alto (313), de las cuales 40 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con bosque denso bajo (312), lo cual equivale a una fiabilidad de usuario de 97.56 %.

En la quinta columna se obtuvieron 41 áreas de entrenamiento representando a tierras desnudas (343) de las cuales 40 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con bosque abierto bajo (312), lo que equivale a una fiabilidad de usuario de 97.56 %.

b. Índice Kappa

Cálculo del Índice Kappa para el año 2000

$$P_0 = \frac{13+20+77+40+40}{198} = 0.96$$

$$P_e = \frac{(13*14)+(20*20)+(83*79)+(41*43)+(41*42)}{(198*198)} = 0.44$$

$$K = \frac{0.96-0.44}{1-0.44} = 0.93$$

Se obtuvo como resultado el cálculo del Índice Kappa de 0.93 que según la fuerza de concordancia es casi perfecto

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2000 es 95.72 %.

d. Categorías encontradas en el año 2000

Se encontraron cinco categorías para el año 2000 las cuales son tejido urbano continuo (TU), Cultivos transitorios (CT), Bosque Abierto Bajo (BAB), Bosque denso alto (BDA), Tierras desnudas (TD), de los cuales la categoría Bosque abierto bajo abarca 14903.56 ha del distrito

representando el 64 % del distrito y la categoría Tejido urbano continuo es la que menor territorio abarca con un total de 61.89 ha representando un 0.279 % del distrito; los resultados se detallan en la tabla 4.

Tabla 4: Categorías obtenidas para el año 2000

Categoría	Código	Área (ha)	Porcentaje (%)
1.1.1. Tejido urbano continuo	TU	61.89	0.279
2.1. Cultivo Transitorio	CT	112.25	0.505
3.1.2. Bosque abierto Bajo	BAB	14903.56	67.070
3.1.3. Bosque denso Alto	BDA	1728.95	7.781
3.4.3. Tierras desnudas	TD	5414.23	24.366
Total		22 220.88	100

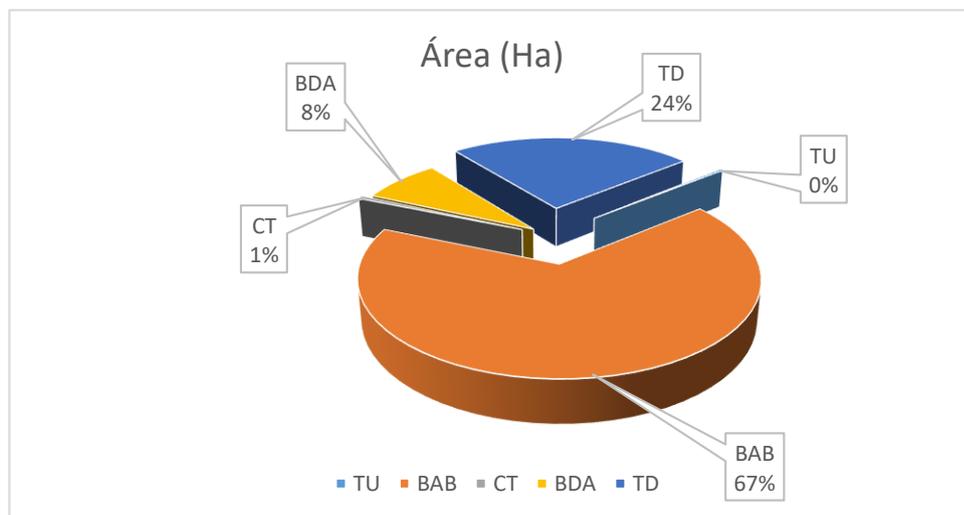


Figura 10: Distribución porcentual de cobertura año 2000

En la figura 10, se aprecia que el tipo de cobertura que predomina en el distrito de Pucará es el tipo Bosque Abierto Bajo (BAB) abarcando el 67 % del distrito, seguido del tipo Tierras Desnudas (TD) el cual abarca el 24 % del distrito, seguido de la categoría Bosque Denso Alto el cual abarca el 8 % del distrito y las dos categorías que menos predominan son Cultivos Transitorios abarcando el 1 % y finalmente la categoría Tejido Urbano con el 0.27 %.

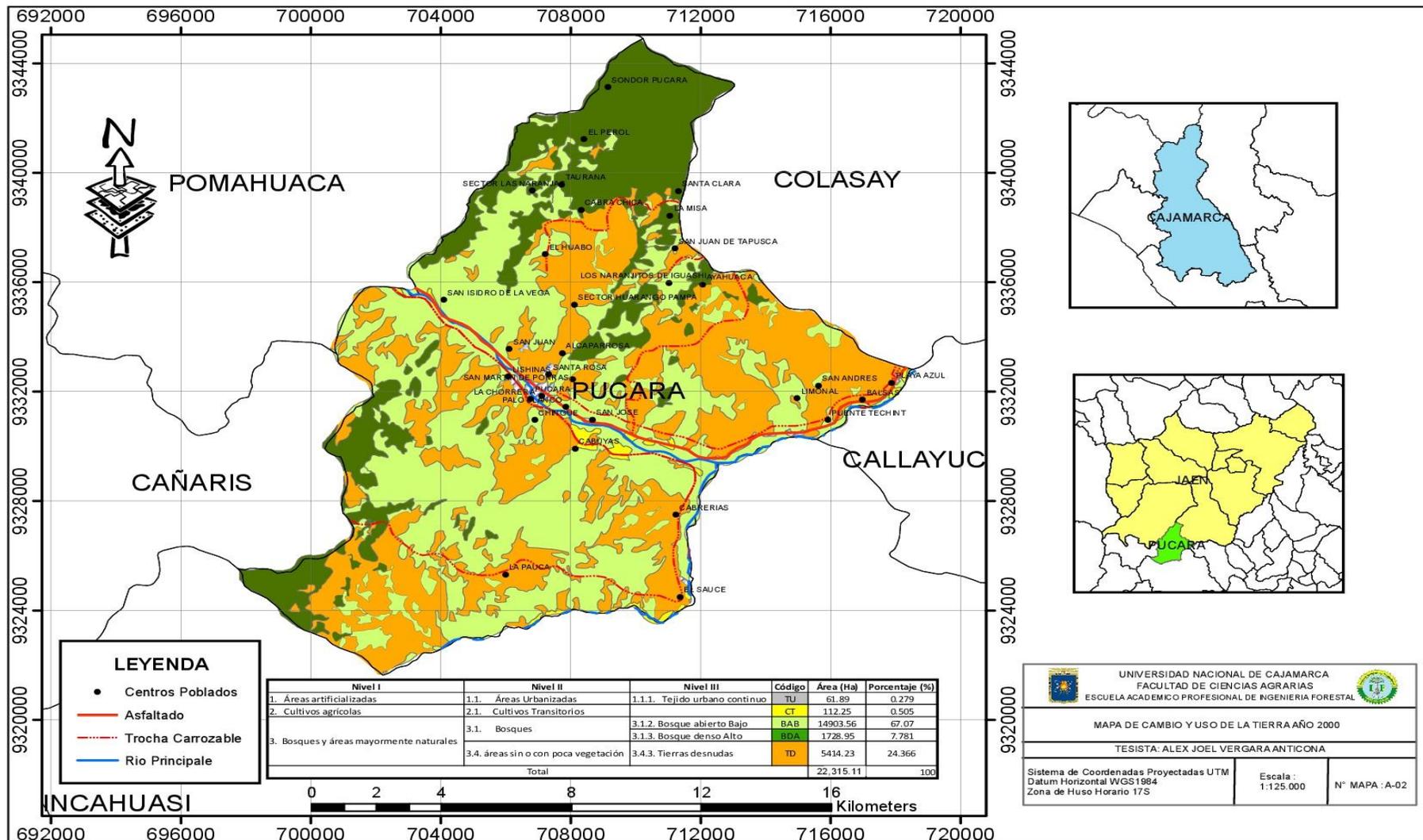


Figura 11. Mapa de cambio y uso de la tierra del año 2000.

4.1.2.2. Cobertura y uso de la tierra del año 2017

a. Matriz de confusión

Se generó la matriz de confusión para el mapa del año 2017, donde se obtuvo la Fiabilidad del productor y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Tabla 5: Matriz de confusión año 2017.

Resultados de la clasificación	Categorías	Código	111	21	312	313	343	Total	F. Producto (%)
	111	TUC	24	1	0	0	0	25	96.00
	21	CT	0	68	0	0	0	68	100
	312	BAB	1	0	52	1	0	54	96.30
	313	BDA	0	0	0	28	0	28	100
	343	TD	0	0	2	0	19	21	90.48
	Total		25	69	54	29	19	196	F. Global 96.55 %
	F. Usuario %		96.00	98.55	96.30	96.55	100.00		

En las filas de la tabla 5, se muestra la fiabilidad de las áreas de entrenamiento digitalizadas por el usuario.

En la primera fila se digitalizaron 25 áreas de entrenamiento que pertenecen a tejido urbano continuo (111) de las cuales 24 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con cultivos transitorios (21), lo cual equivale a una fiabilidad del usuario de 96 %.

En la segunda fila se digitalizaron 68 áreas de entrenamiento que pertenecen a cultivos transitorios (21), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.00 %.

En la tercera fila se digitalizaron 54 áreas de entrenamiento que pertenecen a bosque abierto bajo (312), de las cuales 52 fueron

correctamente digitalizadas, 1 fue confundida con tejido urbano continuo (111) y 1 con bosque denso alto (313). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.30 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 28 áreas de entrenamiento que pertenecen a bosque denso alto (313) donde todas las áreas fueron correctamente digitalizadas lo que equivale a una fiabilidad del usuario del 100 %.

En la quinta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a tierras desnudas (343), de las cuales 19 fueron correctamente digitalizadas y 2 fueron confundidas con bosque abierto bajo (312), lo que equivale a una fiabilidad del usuario de 90.84 %.

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

En la primera columna se obtuvieron 25 áreas de entrenamiento de las cuales 24 fueron clasificadas correctamente representando a tejido urbano continuo (111), y 1 área fue confundida con bosque abierto bajo (312) lo que equivale a una fiabilidad de usuario de 96 %.

En la segunda columna se obtuvieron 69 áreas de entrenamiento de las cuales 68 fueron clasificadas correctamente representando a cultivos transitorios (21) y 1 área fue confundida con tejido urbano continuo (111) lo que equivale a una fiabilidad de usuario de 98.55 %.

En la tercera columna se obtuvieron 54 áreas de entrenamiento representando a bosque abierto bajo (312), de las cuales 52 fueron clasificadas correctamente y 2 fueron confundidas con tierras desnudas (343), lo que equivale a una fiabilidad de usuario de 96.30%.

En la cuarta columna se obtuvieron 29 áreas de entrenamiento representando a bosque denso alto (313), de las cuales 28 fueron clasificadas correctamente y 1 fue confundida con bosque denso bajo (312), lo cual equivale a una fiabilidad de usuario de 96.55 %.

En la quinta columna se obtuvieron 19 áreas de entrenamiento representando a tierras desnudas (343) todas las áreas fueron clasificadas correctamente, lo que equivale a una fiabilidad de usuario de 100 %.

b. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2017

$$P_0 = \frac{24+68+52+28+19}{196} = 0.97$$

$$P_e = \frac{(25*25)+(69*68)+(54*54)+(28*29)+(19*21)}{(196*196)} = 0.46$$

$$K = \frac{0.97-0.46}{1-0.46} = 0.95$$

Se obtuvo como resultado el cálculo del Índice Kappa de 0.95 que según la fuerza de concordancia es casi perfecto.

c. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2017 es 96.55 %.

d. Categorías encontradas en el año 2017.

Se encontraron cinco categorías para el año 2017 las cuales se son Tejido urbano continuo (TU), Cultivos transitorios (CT), Bosque Abierto Bajo (BAB), Bosque denso alto (BDA), Tierras desnudas (TD), de los cuales la categoría Bosque abierto bajo abarca 14328.59 ha del distrito representando el 66.25 % del distrito y la categoría Tejido urbano continuo es la que menor territorio abarca con un total de 236 Ha representado un 1.09 % del distrito; los resultados se detallan en la tabla 6.

Tabla 6: Categorías obtenidas para el año 2017

Categoría	Código	Área (ha)	Porcentaje (%)
1.1.1. Tejido urbano continuo	TU	236.00	1.09
2.1. Cultivo transitorio	CT	389.47	1.80
3.1.2. Bosque abierto Bajo	BAB	14,328.59	66.25
3.1.3. Bosque denso Alto	BDA	1,876.89	8.68
3.4.3. Tierras desnudas	TD	4,798.64	22.19
Total		21 629.59	100

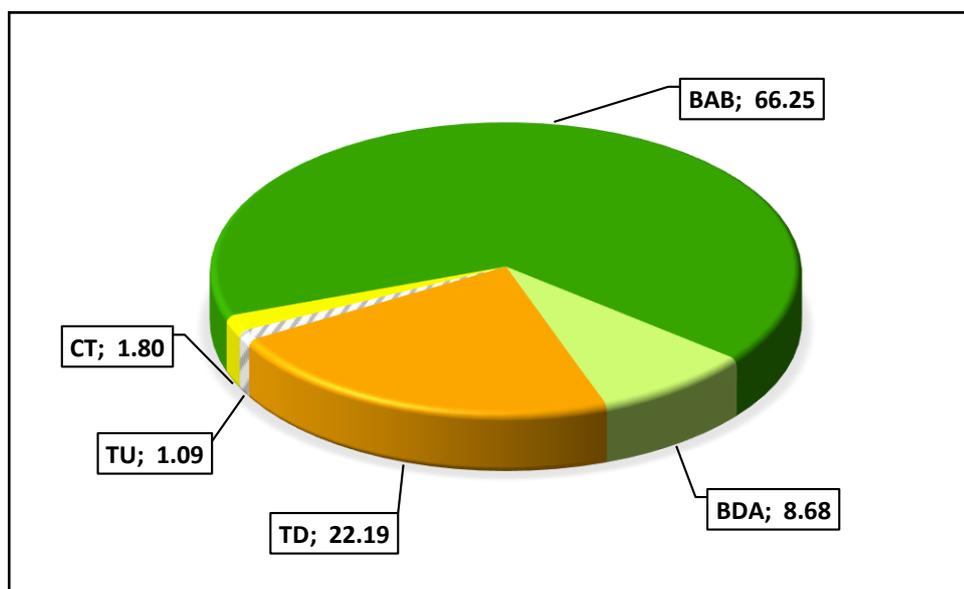


Figura 12. Distribución porcentual de cobertura año 2017

En el figura 12, se aprecia que el tipo de cobertura que predomina en el distrito de pucará es el tipo Bosque Abierto Bajo (BAB) abarcando el 66.25 % del distrito, seguido del tipo Tierras Desnudas (TD) el cual abarca el 22.19 % del distrito, seguido de la categoría Bosque Denso Alto el cual abarca el 8.68 % del distrito y las dos categorías que menos predominan son Cultivos Transitorios abarcando el 1.80 % y finalmente la categoría Tejido Urbano con el 1.09 %.

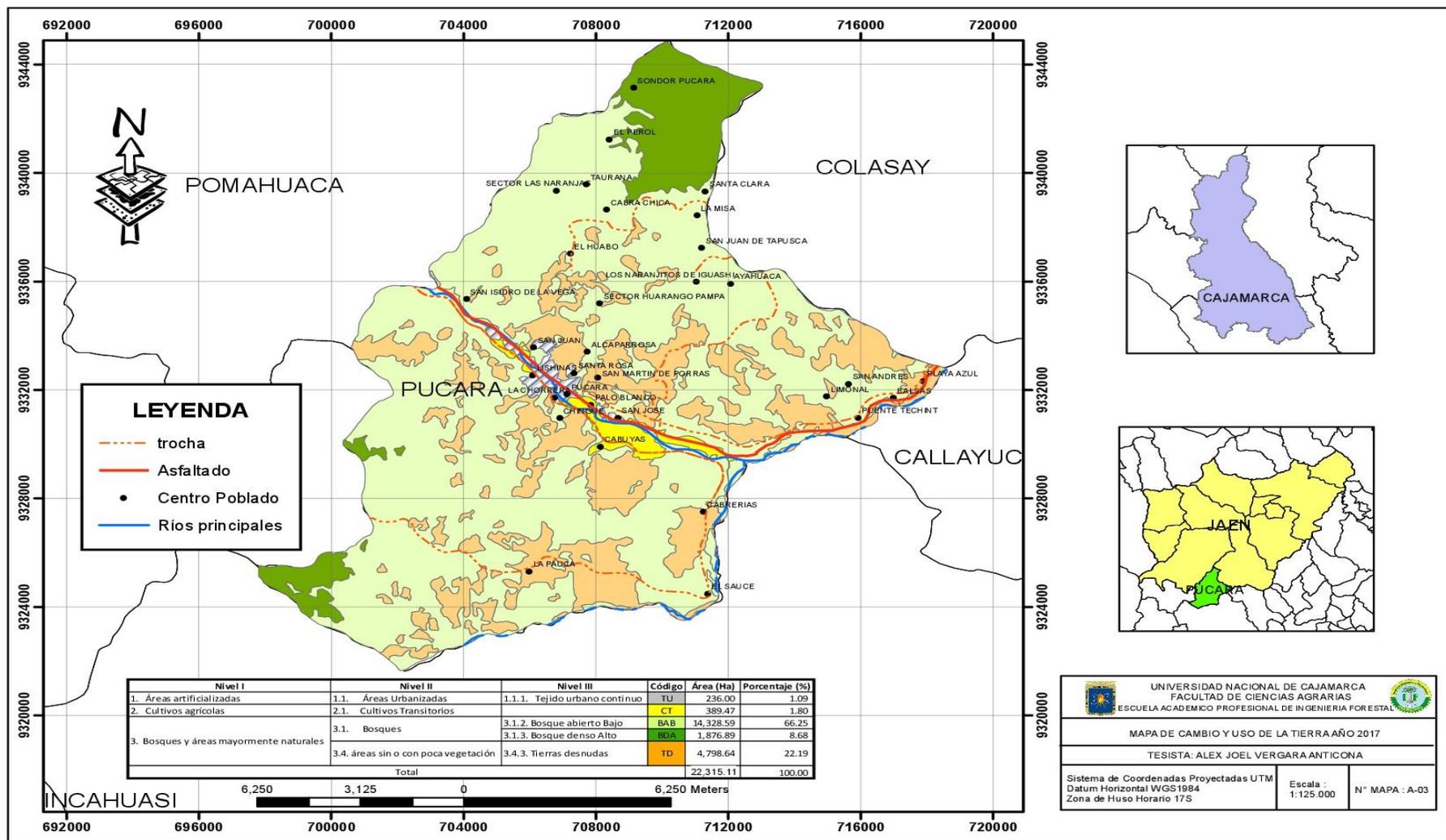


Figura 13. Mapa de cambio de uso de la tierra año 2017

4.1.2.3. 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 el periodo de evaluación 2000 - 2017, pudiéndose observar que la categoría Bosque Abierto Bajo (BAB) disminuyó un 0.82 %; sin embargo, la categoría Tierra Desnudas (TD) aumento un 2.17 %. A continuación, se muestra los resultados del análisis en la tabla 7:

Tabla 7: Cambio y no cambio del uso de la tierra 2000-2017

Categoría	Código	Superficie 2000		Superficie 2017	
		Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)
1.1.1. Tejido urbano continuo	TU	61.89	0.279	236.00	1.09
2.1. Cultivos transitorios	CT	112.25	0.505	389.47	1.80
3.1.2. Bosque abierto Bajo	BAB	14903.56	67.07	14,328.59	66.25
3.1.3. Bosque denso Alto	BDA	1728.95	7.781	1,876.89	8.68
3.4.3. Tierras desnudas	TD	5414.23	24.366	4,798.64	22.19
Total		22,220.88	100	21,629.59	100

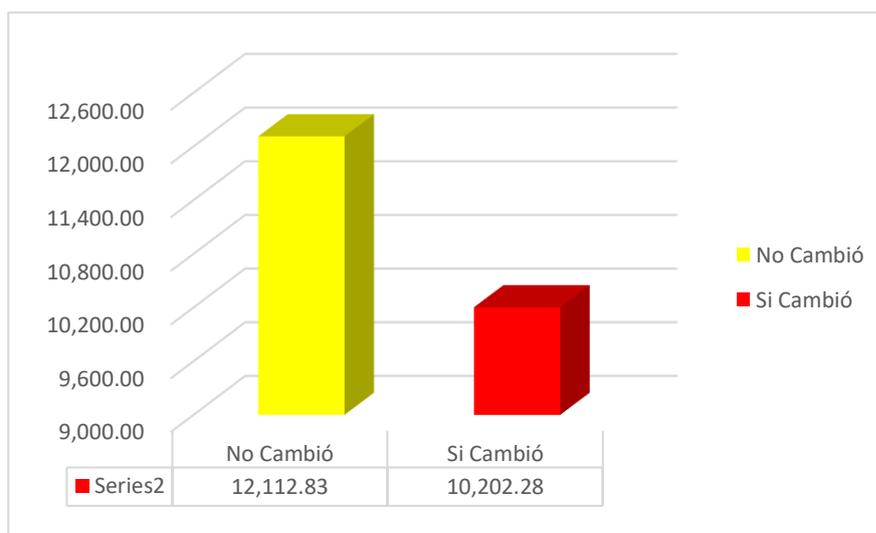


Figura 14. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 2000-2017

En la figura 14, se aprecia el cambio y no cambio de la superficie del distrito de Pucará en hectáreas, la superficie total del distrito de Pucará es de 22315.10 ha, de los cuales sufrieron cambios 10202.27 ha lo cual es equivalente al 45.72 %, por otro lado, la cantidad de superficie que no cambió fue de 12112.82 ha lo cual es equivalente al 54.28 %.

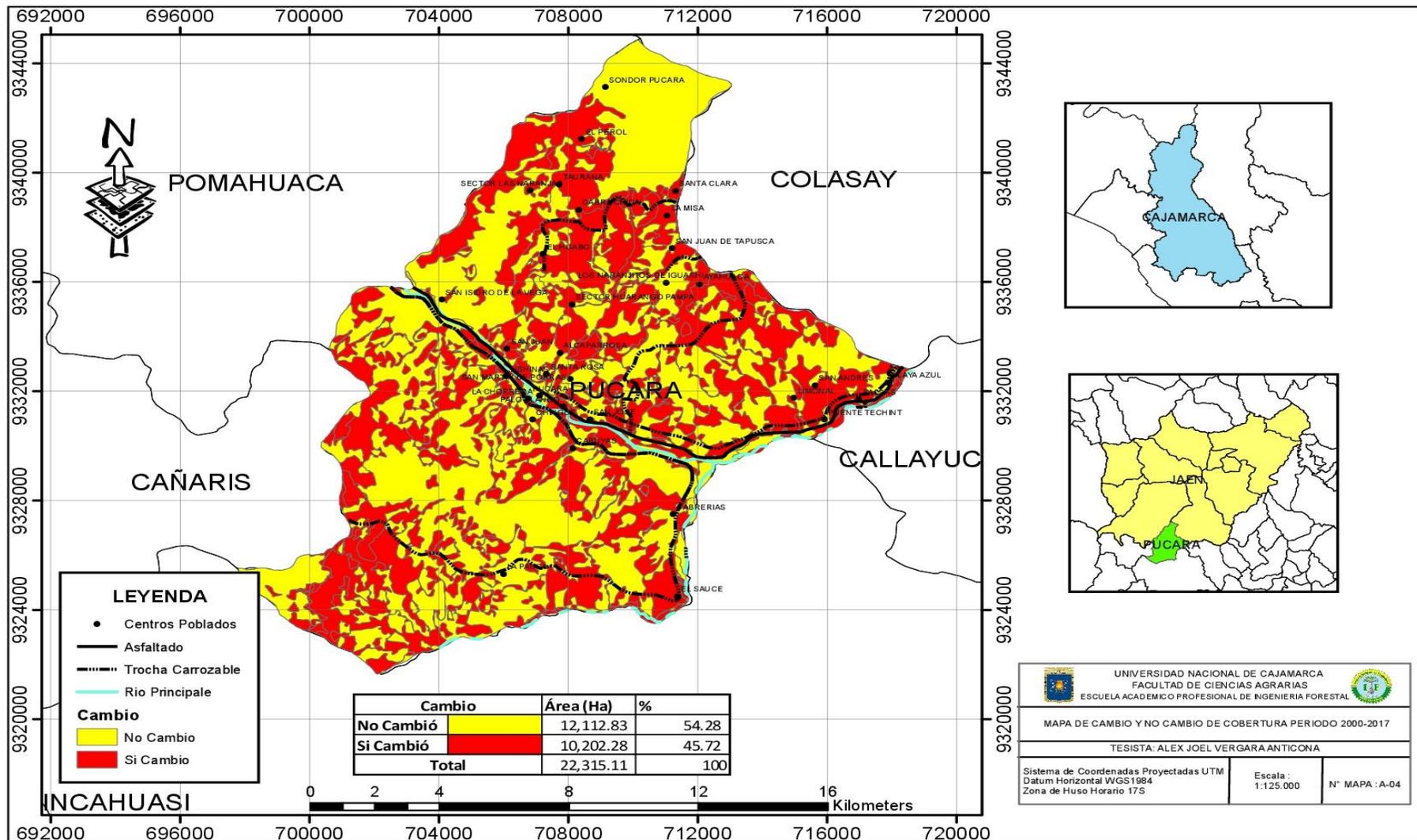


Figura 15. Mapa de cambio y no cambio periodo 2000-2017

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

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 2000 - 2017

- En cuanto a los cambios de cobertura del periodo 2000-2017 en el distrito de Pucará, se determinó que los principales cambios de cobertura son:
- La categoría Bosque abierto bajo, fue reemplazada por Bosque denso alto (BDA) con un área de 12.74 ha; con Cultivos transitorios (CT) con un área de 247.67; con Tierras desnudas (TD) 2014.14 ha; con Tejido urbano continuo (TUC) con un área de 77.48 ha.
- La categoría Bosque denso alto; fue reemplazada con Bosque abierto Bajo (BAB) con un área de 2500.73 ha; con Tierras desnudas (TD) con un área de 80.08 ha.
- La categoría Cultivo Transitorio (CT), fue reemplazado con Bosque abierto bajo (BAB) con un área de 55.87 ha; con Tierra desnudas (TD) con un área de 60.21 ha; con Tejido urbano continuo con un área de 4.94 ha.
- La categoría Tierras desnudas (TD) fue reemplazada con Bosque abierto bajo (BAB) con un área de 4980.87 ha; con Bosque denso alto (BDA) con un área de 31.30 ha; con Cultivos transitorios (CT) con un área de 30.22 ha; con Tejido Urbano continuo (TUC) con un área de 69.89 ha.

- La categoría Tejido Urbano Continuo (TUC) fue reemplazada con Bosque abierto bajo (BAB) con un área de 16.13 ha; con Cultivos transitorios (CT) con un área de 1.76 ha; con Tierras desnudas (TD) con un área de 18.26 ha.
- En conclusión, la categoría bosque abierto bajo (BAB) ganó un total de 7553.6 ha, la categoría Cultivo Transitorio (CT) ganó un total de 279.65 ha, la categoría Tierra desnuda (TD) ganó un total de 2172.69; la categoría Bosque denso alto (BDA) ganó un total de 44.04 ha; la categoría Tejido Urbano Continuo (TUC) ganó un total de 152.31 ha. A continuación, se presenta la tabla 8 con los resultados más a detalle.

Tabla 8: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 2000 y 2017

Código	Transición	2000	2017	Área (ha)	%
1	BAB-BDA	Bosque Abierto Bajo	Bosque Denso Alto	12.74	0.06
2	BAB-CT	Bosque Abierto Bajo	Cultivo Transitorio	247.67	1.11
3	BAB-TD	Bosque Abierto Bajo	Tierras Desnudas	2,014.14	9.03
4	BAB-TUC	Bosque Abierto Bajo	Tejido Urbano Continuo	77.48	0.35
5	BDA-BAB	Bosque Denso Alto	Bosque Abierto Bajo	2,500.73	11.21
6	BDA-TD	Bosque Denso Alto	Tierras Desnudas	80.08	0.36
7	CT-BAB	Cultivo Transitorio	Bosque Abierto Bajo	55.87	0.25
8	CT-TD	Cultivo Transitorio	Tierras Desnudas	60.21	0.27
9	CT-TUC	Cultivo Transitorio	Tejido Urbano Continuo	4.94	0.02
10	TD-BAB	Tierras Desnudas	Bosque Abierto Bajo	4,980.87	22.32
11	TD-BDA	Tierras Desnudas	Bosque Denso Alto	31.30	0.14
12	TD-CT	Tierras Desnudas	Cultivo Transitorio	30.22	0.14
13	TD-TUC	Tierras Desnudas	Tejido Urbano Continuo	69.89	0.31
14	TUC-BAB	Tejido Urbano Continuo	Bosque Abierto Bajo	16.13	0.07
15	TUC-CT	Tejido Urbano Continuo	Cultivo Transitorio	1.76	0.01
16	TUC-TD	Tejido Urbano Continuo	Tierras Desnudas	18.26	0.08
17	No Cambio			12,112.83	54.28
Total				22,315.11	100

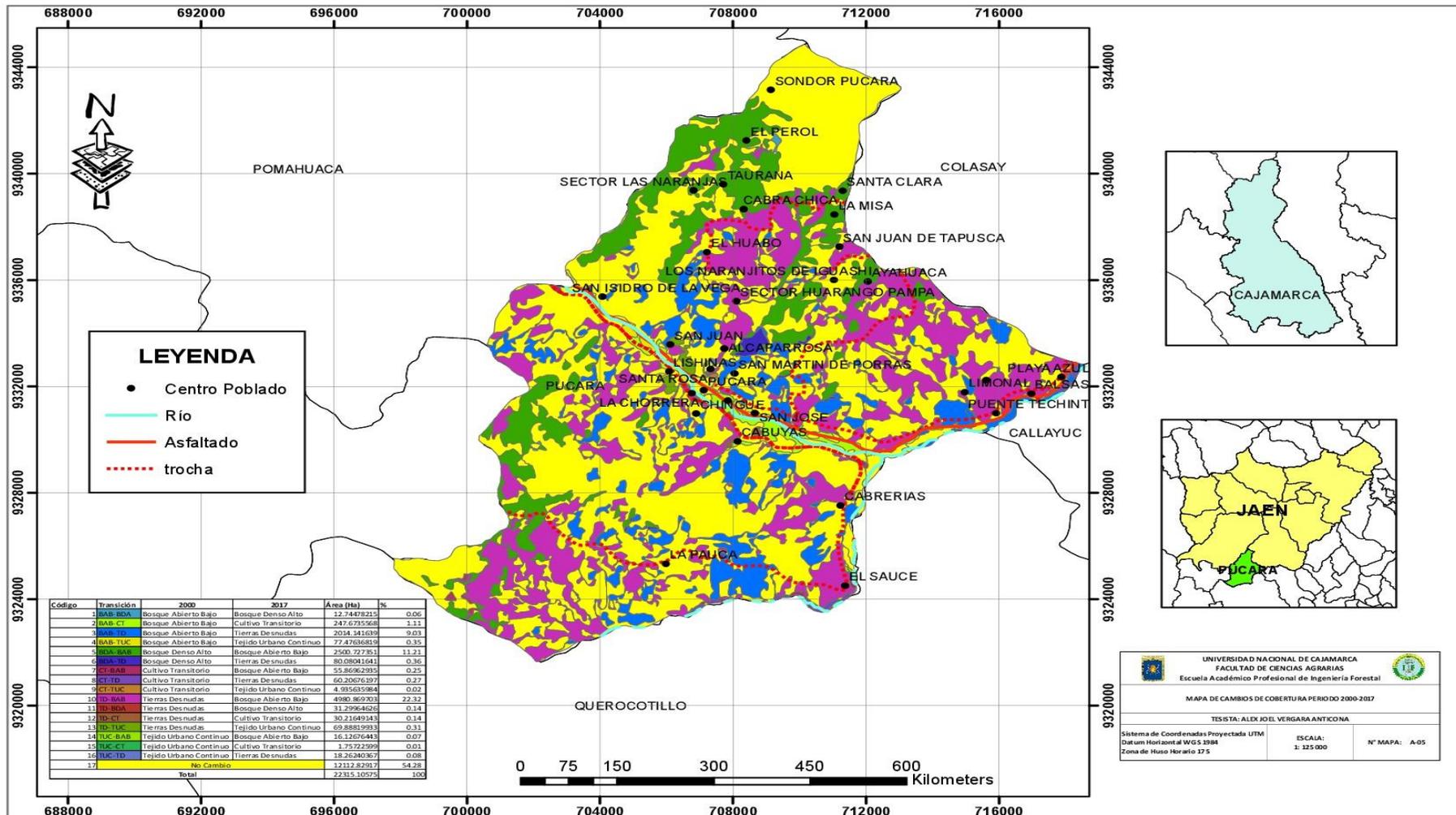


Figura 16. Mapa de cambio de cobertura del distrito de Pucará

4.2. Discusión

En el presente trabajo de investigación, se analizó el cambio de uso de tierras del distrito de Pucará, utilizando imágenes satelitales de los años 2000 y 2017; después de haber realizado el análisis multiespectral, se obtuvo como resultado que de las 22 315.11 ha del distrito, el 54.28 % (12 112.08 ha), no presentan ningún cambio en el uso del suelo y el 45.71 % (10 202.28 ha) presentó cambio; así mismo, en el análisis multiespectral realizado a la imagen satelital del año 2000, se pudo clasificar un 0.279 % (61.89 ha) de territorio clasificado como Tejido Urbano Continuo; sin embargo, en la imagen analizada en el año 2017 se clasificó el 1.09 % (236 ha) de ésta categoría, lo cual representa que el tejido urbano continuo (viviendas) creció en un 381.32 % (174.11 ha); por otra parte, la categoría cultivos transitorios para el año 2000 se obtuvo un total de 0.505 % (112.25 ha) y para el año 2017 se obtuvo un total 1.80 % (389.47 ha) lo cual representa que la categoría cultivos transitorios aumentó en un 346.96 % (277.22 ha); por su parte Cieza (2017), realizó un estudio de análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra en los años 1991, 2003, 2016; para lo cual analizó tres imágenes cada una correspondiente a: Landsat8, Landsat 7 y Landsat 5; obtuvo más categorías (8) del nivel III de la Metodología Corine Land Cover del MINAM las cuales fueron: tejido urbano continuo, arbustal, herbazal, lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes, cultivos transitorios y pastos, ésta diferencia se debe a que dicho autor analizó tres imágenes land sat y que el área evaluada presenta mayor diversidad ecológica que el distrito de Pucará el cual presenta menor diversidad ecológica.

En una investigación desarrollada por Aguayo et al. (2009), donde evaluó el Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX, entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje, para lo cual utilizaron dos imágenes satelitales una del año 1979 y otra del año 2000, significando esto un rango de 21 años entre cada una de las imágenes a procesar. Después de haber procesado las imágenes obtenidas, los resultados confirman que las principales transformaciones del paisaje son consecuencia del desarrollo forestal, la mantención de los rubros agropecuarios y el crecimiento urbano e industrial. Asimismo, determinaron que la pérdida del bosque nativo se debe, principalmente, a la expansión de las

plantaciones forestales hacia los cordones montañosos andinos y costeros; por su parte, Reyes et al. (2006), realizaron una investigación donde tuvieron como objetivo identificar los cambios en la cobertura y uso del suelo derivados de la puesta en marcha del proyecto de riego Pujal-Coy, en el oriente del estado de San Luis Potosí, México. El estudio se basó en la interpretación y análisis de imágenes de satélite Landsat MSS y ETM+, documentos oficiales e históricos del proyecto de riego y trabajo de campo; para lo cual los resultados indican que durante la etapa inicial del proyecto más de 73 000 ha de selva baja espinosa, selva baja caducifolia y selva mediana subperennifolia fueron desmontadas. La tasa de deforestación calculada para este período, fue del 11 % anual; la proporción del área ocupada por praderas pasó del 21 % en 1973 a más del 64 % en el 2000, mientras que las áreas cultivadas, mantienen prácticamente la misma superficie marginal que tenían al inicio del proyecto; sin embargo, en el presente estudio se procesaron dos imágenes satelitales, una del año 2000 y otra del año 2017 existiendo un rango de 17 años entre cada imagen y después de haber procesado las imágenes satelitales se pudo confirmar que el principal motivo de cambio en el uso de la tierra son la intervención antrópica debido a que las personas expanden sus territorios con lo cual ejerce un cambio en el uso de la tierra como se pudo observar que la categoría bosque denso bajo perdió un total de 2352.04 ha, las cuales han sido transformadas en cultivo transitorio, en tejido urbano continuo y en tierras desnudas.

Ruíz et al. (2013), realizó un análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Mirafior en Nicaragua, en el periodo 1993 – 2011, para lo cual procesó imágenes satelitales, a fin de determinar el estado de fragmentación del paisaje. Los cambios de usos de suelo fueron derivados de la clasificación de tres imágenes Landsat TM, con una resolución espacial de 30 metros tomadas en febrero de 1993, abril de 2000 y enero 2011, para lo cual verificación en campo para la identificación de coberturas de suelo y la corroboración en las imágenes satelitales. Los principales resultados muestran que los cambios de uso de suelo están determinados por la degradación antrópica, principalmente en la conversión de la vegetación nativa a espacios agrícolas y la expansión de la ganadería. El crecimiento demográfico y los monocultivos van ejerciendo presión sobre el bosque, transformando zonas de vocación forestal a

cultivos agrícolas. Los cambios de cobertura han significado un paisaje fragmentado con diferentes grados de perturbación, que conllevan a una disminución de la superficie de hábitats naturales, reducción del tamaño de los fragmentos y aislamientos de los mismos; así mismo, en el presente trabajo de investigación se evaluó el cambio de uso de tierras utilizando dos imágenes satelitales Landsat TM, de los años 2000 y 2017 para ambos se realizó una verificación en campo para la validación de las coberturas del suelo generadas en las imágenes satelitales, y los resultados muestran que la cobertura Bosque abierto bajo es la que tuvo más cambio al ser convertida en Cultivos transitorios y en tejido urbano continuo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se generó mapas de cobertura y uso actual de la tierra del distrito de Pucará del periodo 2000 y 2017 obteniendo las categorías de Tejido urbano continuo, Cultivos transitorios, Bosque abierto bajo, Bosque denso alto y Tierras desnudas.
- La categoría con mayor cambio fue la correspondiente a Tierras desnudas, con un cambio de 512.27 ha, transformadas a Bosque abierto bajo, Cultivo transitorios y Tejido urbano continuo.
- Se generó el mapa de cambio y no cambio obteniéndose periodo 2000 – 2017, donde el uso de la tierra de Pucará, cambio en un 45.72 % equivalente a 10 202.28 ha transformadas.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realicen estudios similares aplicando más de dos imágenes satelitales y además se utilicen otros softwares de teledetección multiespectral y de Sistemas de información geográfica.
- Se recomienda que se realicen otros trabajos de evaluación añadiendo factores como los factores climatológicos para poder comparar los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, M., Pauchard, A., Azócar, G., y Parra, O. 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX: Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista chilena de historia natural*, 82(3), 361-374.
- Ariza, A. 2013. Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM. Bogotá – Colombia. 46 p.
- Baules, Aguilar, A. 1997 Introducción en ERDAS Imagine. Aplicación de la Teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales. Parte I: Fundamentos Teóricos y Prácticos. Curso internacional de capacitación profesional 22 de julio al 19 de agosto. Zschortau, Alemania.
- Bocco G.; Mendoza, M. E. y Masera, O. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín N° 44*. Instituto de Geografía – UNAM. México. 18-38 p.
- Britos, A. H., & Barchuk, A. H. (2008). Cambios en la cobertura y en el uso de la tierra en dos sitios del Chaco Árido del noroeste de Córdoba, Argentina. *Agriscientia*, 25(2).
- Cabana, D. 2016. Determinación del cambio de cobertura vegetal en la municipalidad distrital de Paratia, Lampa, Puno utilizando imágenes de satélite años 1988.
- Chuvienco, E. 2000. Fundamentos de Teledetección espacial RIALP, 568 pp.
- Chuvienco, E. 2002, Teledetección Ambiental La observación de la Tierra desde el espacio. Ariel Ciencia. Barcelona – España.
- Chuvienco, E. 1996. Fundamentos de Teledetección. 3ª edición revisada. Ediciones RIALP, Madrid. España

- Cieza, D. 2017. Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Matara Periodos 1991 – 2003 – 2016. Cajamarca, Perú.
- Correa, A. 2000. Evaluación de un paisaje fragmentado para la conservación y recuperación de biodiversidad. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Dalence, S.; J. Gutierrez; G. Guzman y G. Segovia. 1999. Levantamiento semidetallado de suelos en el valle alto. Zona Punata –Arani. Informe de trabajo de campo. CLAS. Cochabamba-Bolivia. 56 p.
- Dou, W.; Ren, Y.; Wu, Q.; Ruan, S.; Chen, Y.; Bloyet, D.; Constans, J. 2007. Fuzzy kappa for the agreement measure of fuzzy classifications. *Neurocomputing*, v.70, n.4-6, p.726-734.
- UNeP, F. A. O. UNFF. 2009. Vital forest graphics.
- Fernández., I., Herrero., E. 2001. El Satélite Landsat. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ Satélite Landsat. Universidad de Valladolid.
- Geist, H. J. and E. F. Lambin (2001), *What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case study evidence*, Louvain-la-Neuve, LUC International Project Office: 116, Belgium
- Gutierrez, J. Y Gould, M. 1994. Sig: Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Editorial Síntesis.
- Hernández, O. 2012. Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del Municipio del Distrito Central años 1987 y 2006.
- Labrador M, Évora J.A, Arbelo M. 2012. Satélites de teledetección para la gestión de territorio.

- Lambin, E.F. 1994. Modelado de procesos de deforestación. Una revisión. Observaciones de ecosistemas del ecosistema tropical por satélites (ÁRBOLES). Serie TREES: Informe de investigación n. ° 1. Publicado por la Comisión Europea, Luxemburgo. 113 pp.
- Li Gaixiao; Peng Rencan; Zheng Yidong y Zhao Jidong 2009 "Spatial Data Mining and its application in Marine Geographical Information System," Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT), 2009 International Conference on , vol.1, no., pp.514,516, 17-18.
- Mendoza, F. 2010. Análisis Multitemporal del Cambio de Uso del Suelo en base a Imágenes Satelitales de los territorios indígenas de MayangnaSauni As, MayangnaSauni Bas, Sikilta, Matung Bak / Sauni Arungka, SIPBAA, Layasiksa y el área afectada por el Huracán Félix en 2007 para el período de tiempo 2005 – 2007/08 en los Departamentos de Jinotega y la RAAN, Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- Meyer, W.B. y B.L. Turner II 1994. «Cambio global de uso de la tierra y cubierta terrestre: informe del grupo de trabajo A». En: Meyer, W.B. y B.L. Turner II (eds.) 1994. Cambios en el uso interior y la cobertura del suelo: una perspectiva global. Prensa de la Universidad de Cambridge
- Nájera-González, O., Bojórquez-Serrano, J. I., Cifuentes-Lemus, J. L., y Marceleño-Flores, S. 2010. Cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Mololoa, Nayarit. Revista Bio Ciencias, 1(1).
- NASA (Ed.) 2011. Landsat 7 Science Data Users Handbook Landsat Project Science Office at NASA's Goddard Space Flight Center in Greenbelt.
- NASA, 2013. Landsat 7 Science Data User's Handbook. Available.
- Ñique A., M.; Gutiérrez G., R.; Vivar L., L.; Durand T., E. y Verastegui P., M. 2006 Experiencias de educación ambiental no formal en áreas adyacentes al Parque Nacional Tingo María.

- Ojima, D., Galvin, K., Turner, B. 1994. The Global Impact of Land-use Change. *BioScience* 44 (5):300-304.
- Otero, I. 1999. Paisaje, Teledetección y Sig. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Peña, J. 2006. Sistemas de información geográfica aplicadas a la gestión del territorio.
- Reyes Hernández, H., Aguilar Robledo, M., Aguirre Rivera, J. R., y Trejo Vázquez, I. 2006. Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. *Investigaciones geográficas*, (59), 26-42.
- Ruiz, V., Savé, R., y Herrera, A. 2013. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011.
- Santos, J.C. 2007. Extração de atributos de forma e seleção de atributos usando algoritmos genéticos para classificação de regiões. Tesis de maestría. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil, p.1-102.
- Skole, D., Chomentowski, W., Salas, W., Nobre A. 1994. Physical and Human Dimensions of Deforestation in Amazonia. *Bioscience* 44 (5):314-322.
- Ticona, W. 2011. Estudio de cambio de uso de suelo y escenarios de cambio climático en los municipios de Somoto y Macuelizo. En: presentación en la 3a. Feria Mesoamericana de postgrados Mexicanos de calidad, 29-30 septiembre 2011, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. CONACYT y CONICYT
- Velázquez, A., J. F. Mas, G. J. Díaz, S.R. Mayorga, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio (2002), "Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México", *Gaceta Ecológica*, núm. 62, INE, México, pp. 21-37.

- Verburg, P.H., G.H.J. Kok, K. Veldkamp, A Bouma y J.de Koning, 1999. «Un procedimiento espacial de asignación explícita para modelar el patrón de uso de la tierra basado en el uso real de la tierra». *Modelling ecológico* 116: 45–61.
- Walter, B. and W. Steffen (1997), “The terrestrial biosphere and global change: implications for natural and managed ecosystems”, A synthesis of GCTE and related research, IGBP Science 1, Int. Geosph.-Biosph. Program., Stockholm.
- Williamson, M. 2006. Análisis multitemporal para la detección de cambios en el uso del suelo en tres municipios afectados por el huracán Juana. CISA-URACCAN. Costa Caribe. Nicaragua.
- Zorogastúa Cruz, P., Quiroz Guerra, R., & Garatuza Payán, J. (2011). Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura-Perú. *Ecología aplicada*, 10(1), 13-22.

ANEXO

Anexo 1: Panel Fotográfico



Foto 1. Tejido Urbano continuo-Pucará



Foto 2: Tejido urbano continuo- Caserio Puente Techin



Foto 3. Cultivo Transitorio arroz (*Oriza sativa*)



Foto 4. Bosque abierto bajo (Bosque seco)



Foto 5. Tierras desnudas (tierras erosionadas por desertificación)



Foto 6. Bosque denso alto

Anexo 2. Tabla de propuesta de leyenda subregional de coberturas de la tierra – Perú, MINAM

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
		1.2.5. Obras hidráulicas
		1.2.6. Infraestructura petrolera
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas
		1.4.2. Instalaciones recreativas
	2. Areas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios
2.1.2 Cereales		
2.1.3 Olaginosas y leguminosas		
2.1.4 Hortalizas		
2.1.5 Tubérculos		
2.2 Cultivos permanentes	2.2.1 Cultivos permanentes herbáceos	
	2.2.2 Cultivos permanentes arbustivos	
	2.2.3 Cultivos permanentes arbóreos	
	2.2.4 Cultivos agroforestales	
	2.2.5 Cultivos confinados	
2.3 Pastos		
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de Cultivos	
	2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos	
	2.4.3. Mosaico de Cultivos, pastos y espacios naturales	
	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
		3.1.4. Bosque abierto alto
		3.1.5. Bosque fragmentado
		3.1.6 Bosque Ripario
	3.2 Bosques plantados	3.2.1 Plantación Forestal
	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 Vegetacion arbustiva / herbacea
		3.3.5 Arbustal / área intervenida
		3.3.6 Herbazal / área intervenida
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.3.7 Arbustal-Herbazal/área intervenida
		3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2 Afloramientos rocosos
		3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4 Áreas quemadas
3.4.5 Glaciares		
4. Areas humedas	4.1. Areas humedas continentales	3.4.6 Salares
		4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas y bofedales
	4.2 Areas humedas costeras	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
		4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
		5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

