

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**ANÁLISIS DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA
TIERRA CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE LOS
BAÑOS DEL INCA PERIODO 1990 – 2018**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JOHN YOBER CAMPOS HERRERA

ASESOR:

Ing. M. Sc. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA – PERÚ

-2018-

DEDICATORIA

A mis padres Juan y Ofelia por el ejemplo de trabajo y sacrificio y mi eterna gratitud quienes con sus consejos, comprensión y apoyo me dan fuerzas para seguir adelante, a cada uno de los integrantes de mi familia les doy las gracias por seguir creyendo en mí a su apoyo brindado cuando lo necesitaba.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. M. Sc. Wilfredo Poma Rojas, por haberme asesorado y apoyado en esta investigación.

A mi amigo Dennis Albarino Cieza Tarrillo quien me apoyo y guio en la siguiente investigación.

A Alicia Cabrera por apoyarme en todo momento.

A mis amigos por su apoyo incondicionales.

ÍNDICE

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1. Problemática de la investigación	1
A. Formulación del problema	3
B. Justificación de la investigación	3
1.2 Objetivos de la investigación.....	3
a. General	3
b. Específicos	4
1.3 Hipótesis	4
CAPÍTULO II.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Antecedentes	5
A. Internacional.....	5
B. Nacional.....	7
C. Regional.....	8
2.2 Marco teórico	10
2.2.1 Cobertura Vegetal.....	10
2.2.2 Cambio de la cobertura vegetal	10
2.2.3 Usos de la tierra.....	10
2.2.4 Suelo.....	11
2.2.5 Sistema de Información Geográfica	11
2.2.6 Teledetección	12
2.2.8 Factores que inciden en el cambio de uso actual de la tierra	12
a. Económicos y tecnológicos.	13
b. Demográficos.....	13

c. Institucionales.....	13
d. Culturales.....	13
e. Globalización.....	13
2.2.9 Satélite Landsat.....	13
A. Lansat 4 y 5.....	14
A. Landsat8.....	16
2.2.10 Imágenes Satelitales.....	17
a. Resolución espacial.....	18
b. Resolución espectral.....	18
c. Resolución radiométrica.....	19
d. Resolución Temporal.....	19
e. Resolución Angular.....	19
2.2.11 Realce y mejoramiento visual de imagen satelital.....	20
A. Pre procesamiento de imágenes satelitales.....	20
B. Correcciones geométricas – georreferenciación.....	21
C. Correcciones radiométricas.....	21
D. Correcciones atmosféricas.....	21
2.2.12 Análisis de las imágenes.....	22
a. Combinación de bandas.....	22
b. Bandas espectrales adecuadas.....	23
2.2.13 Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra.....	24
2.2.14 Validación de la clasificación.....	24
a. Índice de vegetación de diferencia normalizada.....	25
b. Índice Kappa.....	25
c. Clasificaciones Supervisadas.....	26
d. Clasificaciones no Supervisadas.....	26
2.2.15 Modelos Digitales de Elevación (DEM).....	27
2.2.16 Sistema de clasificación de uso de la tierra a nivel nacional.....	27

CAPÍTULO III	31
MATERIALES Y MÉTODOS	31
Unidad de análisis universo de muestra	31
3.1 Descripción general de la zona de estudio	31
3.1.1 Región Quechua	32
3.1.2 Región Jalca o Suni	33
3.2 Historia y Creación del Distrito.	33
3.2.1 Ubicación	34
3.2.2 Hidrografía	37
3.3 MATERIALES Y EQUIPOS	39
a. Materiales de campo	39
b. Equipos de campo	39
c. Materiales y equipos de gabinete	39
d. Equipos	39
e. Material cartográfico	39
f. Software	39
3.4 Metodología	40
3.4.1 Fase inicial de gabinete	40
1° Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 1990 - 2018	40
2° Descarga del modelo de elevación digital DEM	40
3° Selección y descarga de imágenes Landsat	40
4° Instituciones consultadas	41
5° Corrección atmosférica de las imágenes descargadas	41
a. Etapa I	43
b. Etapa II	44
c. Etapa III	45
d. Etapa IV	45

e. Etapa V	46
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
4.1 Categorías identificadas de cobertura y uso de la tierra bajo la clasificación Corine Land Cover.	47
A.- 1. Áreas artificializadas.....	48
1.1. Áreas urbanizadas.....	48
1.1.1 Tejido urbano continuo (Tu)	48
1.1.2 Tejido urbano discontinuo (Tud)	49
1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	50
1.3.1 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos (EM).....	50
B.- 2. Áreas agrícolas	51
2.3. Pastos (Pa)	51
2.4 Areas agrícolas heterogéneas	52
2.4.2 mosaico de pastos y cultivos (Mpc)	52
C.- 3. Bosques y áreas mayormente naturales	53
3.2. Bosques plantados.....	53
3.2.1. Plantación forestal (Pf).....	54
3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	54
3.3.1. Herbazal (He)	54
3.3.5. Arbustal / área intervenida (Aai)	55
3.4. Áreas sin o con poca vegetación.....	56
3.4.2. Afloramientos rocosos.....	56
3.4.3. Tierras desnudas (Td)	56
D.- 5. Superficies de agua.....	57
5.1. Aguas continentales	57
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes (LI)	57
5.1.5. Cuerpos de agua artificiales (Caa)	58

4.2 Análisis de los cambios de cobertura y uso de las tierras ocurridas en los periodos 1990– 2018.....	59
4.2.1 Cobertura y uso de la tierra año 1990.....	59
a. Matriz de confusión	59
b. Interpretación:	60
c. En la columna se muestra el acierto de la clasificación en el terreno por categoría:.....	62
d. Índice kappa	63
e. Porcentaje correctamente clasificado	63
f. Categorías encontradas en el año 1990	63
4.2.2 Cobertura y uso de la tierra año 2018	68
a. Matriz de confusión	68
b. Interpretación:	68
c. En la columna se muestra el acierto de la clasificación en el terreno por categoría:.....	70
d. Índice kappa	72
e. Porcentaje correctamente clasificado	72
f. Categorías encontradas en el año 2018	72
4.3 Análisis de cambio y no cambio del uso de la tierra	77
a. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990 – 2018	77
4.3.1 Análisis de cambios por cobertura	81
4.3.2 Cambios de cobertura del periodo 1990 - 2018.....	81
CAPÍTULO V	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1 CONCLUSIONES	86
5.2 RECOMENDACIONES	87
CAPÍTULO VI	88
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS.....	94

RESUMEN

La presente investigación tuvo como principal propósito: analizar y cuantificar los cambios de cobertura y usos del suelo en el Distrito de Los Baños del Inca en un periodo de 28 años (1990-2018). Con la ayuda de la fotointerpretación de imágenes LANDSAT. La clasificación fue con una metodología determinada por el MINAM, de carácter supervisado utilizando las clasificaciones de CORINE LAND COVER (CLC), que es para la construcción de Mapas de Cobertura y Uso de la Tierra que emplea distintos niveles de detalle temático.

Los resultados de la presente investigación son diferentes tipos de cobertura y usos del suelo. Según esta clasificación se encontró 12 categorías de nivel III: Tejido urbano continuo (Tu), Tejido urbano discontinuo (Tud), Áreas de extracción de minería e hidrocarburos (EM), Pastos (Pa), Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), Plantación forestal (Pf)", Herbazal (He)", Arbustal / área intervenida (Aai), Afloramientos rocosos(Ar), Tierras desnudas (Td), Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes (LI) y Cuerpos de agua artificiales (Caa).

Estos cambios de la cobertura y uso de la tierra están determinados por las actividades antrópicas, que son las principales y responsables del cambio.

Palabras clave: Fotointerpretación, Cambio de cobertura, Uso del suelo.

ABSTRACT

The main purpose of this research was: to analyze and quantify the changes of Coverage and uses of the Ground in Los Baños del Inca district by a period of 28 years (1990-2018). Using the photointerpretation of the LANDSAT image. The classification was with a certain methodology by the MINAM, of supervised character using the CORINE LAND COVER classifications (CLC) which is for the construction of Cover Maps and Use of the Soil that uses different levels of thematic detail.

The results of this present research are different kinds of Coverage and Uses of the Ground. According to this classification, 12 categories of level III were found: Continuous Urban Tissue (Tu), Discontinuous Urban Tissue (Tud), Mining and Hydrocarbons Extraction Areas (Em), Grass (P), Grass and Growing Mosaic (Mpc), Forest Planting (Pf), Herbazal (He), Bushland/ Intervened Area (Aai), Rocky Outcrops (Ar), Bare Ground (Td), Lagoons, Permanent Natural Lakes and Marshes (LI) and Artificial Water Bodies (Caa).

These changes of the Coverage and Uses of the Ground are determined by human activities, which are the main and responsible for the change.

Key words: Photointerpretation, Change of Coverage, Ground uses.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los cambios de cobertura y uso de la tierra son muy relevantes y visibles, los cuales en su gran mayoría son por la actividad antropológica sobre el medio que lo rodea, generando centros poblados en los cuales prosperan y modifican el entorno en favor de sí mismos, lo que conlleva la modificación de los diferentes tipos de cobertura naturales.

Los cambios de cobertura y en el suelo en conjunto ayudan a explicar la dinámica territorial; los cuales están asociados a factores biofísicos (suelo vegetación, clima, topografía). En Cajamarca, hace aproximadamente cincuenta años las sociedades humanas han prosperado utilizando la potencialidad de los recursos naturales, con suelos todavía fértiles, con una cubierta vegetal densa y diversa que cumplía funciones importantes en el ecosistema como el de regulación del clima, infiltración del agua de escorrentía a través del perfil del suelo propiciando la presencia de manantiales de agua limpia, protección del suelo, refugio de vida silvestre, etc.; sin embargo, con el transcurrir de los años, estas sociedades humanas en el afán de subsistir ocasionaron pérdidas de la calidad ecológica de los ecosistemas, básicamente destruyendo la cobertura vegetal para transformarlos en tierras agrícolas, ocasionando cambios inadecuados en el uso de la tierra; no existiendo actualmente estudios específicos relacionados con este tema, dificultando toda actividad vinculada con la gestión y planificación del uso de los recursos naturales **(Alcantara G 2014)**.

Los estudios de cambio de cobertura y usos de la tierra son importantes ya que nos permite saber las transformaciones entre las coberturas que existían en tiempos pasados y los tipos de cobertura que existen hoy en día, permitiendo que podamos tomar decisiones futuras en favor del medio ambiente y la sociedad.

1. Problemática de la investigación

La siguiente investigación es antecedida por la problemática producida por los factores antropológicos y naturales en un determinado Distrito. La

degradación, desequilibrio como resultado de las actividades como la agrícola, forestal, ganadera, agroquímicos, riego, crecimiento urbano no planificado o por acciones indirectas, como son las actividades industriales, mineras, eliminación de residuos, transporte, etc. Proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios. Se tomó la decisión de realizar la siguiente investigación: Análisis de Cambios de Cobertura y Uso de la Tierra con Imágenes Satelitales del Distrito de Los Baños Del Inca Periodo 1990 – 2018.

Es indispensable realizar estudios de la cobertura y uso de la tierra para identificar los cambios principales, analizar los efectos positivos y/o negativos que se hayan generado; puesto que estos cambios deben ser reconocidos como una de las principales causas del deterioro ambiental; su análisis permitirá tomar razonablemente decisiones para el uso adecuado del territorio y así poder realizar una óptima regulación del uso de los recursos y garantizar sus disponibilidad para las futuras generaciones, que permita determinar el estado general del mismo lo cual está asociado a factores biofísicos (suelo, vegetación, clima, topografía) y a factores humanos, constituye también un insumo para diseñar acciones como el ordenamiento territorial-OT.

Los componentes de la cobertura de la tierra, tales como: vegetación natural, cultivos, cuerpos de agua, afloramientos rocosos, humedales, centros poblados y en general todos los tipos de infraestructuras que el hombre ha construido sobre la superficie terrestre, son sometidos a procesos de cambios por la incidencia de factores de diversa índole, que provocan la transformación de un tipo de cobertura a otra categoría **(Di Gregorio y Jansen 1996)**.

A nivel nacional, existe la conversión a otros usos de suelo diferentes al original, tales como la conversión de los bosques a cultivos, la conversión de los bosques a pasturas, conversión a otros usos, como minería, asentamientos humanos, y la pérdida de bosques. Además, se incluye la quema de vegetación previa a la conversión hacia pasturas y cultivos. Este subsector representa principalmente

la dinámica de las prácticas agropecuarias en nuestro país, caracterizada por una ocupación y uso rotatorio de la tierra (**Vásquez Jara et al. 2015**).

Esta información será fundamental para analizar los cambios en el territorio y poder determinar algunas posibles soluciones según al campo de estudio

A. Formulación del problema

¿Cuáles son los cambios de cobertura y usos de la tierra en el Distrito de Los Baños del Inca en los años 1990 - 2018?

B. Justificación de la investigación

Las diferentes formas de deterioro y alteración ambiental, como los cambios de cobertura y tipos de uso de la tierra, lo que conlleva a la gran pérdida de biodiversidad, cambios de microclimas, depredación y erosión de coberturas nativas, alteraciones en la escorrentía superficial dando lugar a los derrumbes, huaycos, deslizamientos y la modificación según las necesidades requeridas por el hombre sobre el suelo.

La fotointerpretación de imágenes satélites fue necesario para dar soporte informático a los procesos de transformación y cambio cuantitativos y cualitativos en campo permitiendo la toma de decisiones en el uso y mejoramiento de los recursos existentes, proyectándonos en la sostenibilidad a corto y largo plazo del Distrito.

1.2 Objetivos de la investigación

a. General

Analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del Distrito de Los Baños del Inca años 1990 – 2018.

b. Específicos

- Generar el mapa de cobertura y uso actual de la tierra del Distrito de Los Baños del Inca periodos 1990 – 2018, utilizando el algoritmo de máxima verosimilitud.
- Elaborar el mapa temático de cobertura y uso actual de la tierra del Distrito de Los Baños del Inca años 1990 – 2018, utilizando la metodología Corine Land Cover.

1.3 Hipótesis

Cuáles son los cambios de cobertura y uso de suelo, y se podrán cualificar y cuantificar.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

En esta investigación se consultó a fuentes bibliográficas, las cuales se relacionan con el tema de cobertura y cambios en el suelo, usos del suelo, a nivel regional, nacional e internacional

2.1 Antecedentes

A. Internacional

La investigación, sobre métodos de clasificación de imágenes satelitales para la determinación de usos del suelo agrícola, demostraron que se puede desarrollar diferentes metodologías de clasificación digital de imágenes del satélite Landsat para campañas agrícolas, como la discriminación de las superficies en seis clases: cultivos de Invierno, de verano, Pasturas Implantadas y Pastizales Naturales, Uso mixto agrícola - ganadero, doble cultivo invierno - verano, y Sin Cultivo, a fin de evaluar cuáles son los usos de suelo en Tandil (Argentina) y analizar la superficie que cubre cada cultivo; también la obtención de esta información fue clave a la hora de analizar los cambios producidos en los usos de suelo, permitiendo conocer la evolución multitemporal (avances y retrocesos) de cada tipo de cultivo en el área de estudio, teniendo como aporte el desarrollo de nuevas búsquedas de metodologías que permitan analizar grandes extensiones de superficie de manera relativamente rápida y a bajo costo, esto es lo que transforma a los sistemas de información geográfica y la teledetección en las herramientas fundamentales al momento de tener conocimiento sobre las transformaciones del territorio a los fines de poder realizar un aporte a las futuras planificaciones territoriales ajustando la toma de decisión hacia una utilización del recurso suelo de una manera sustentable y eficiente **Nazareno Orradre (2014)**.

El análisis de cambio en la cobertura y uso del suelo con énfasis en los procesos de deforestación en dos regiones contrastantes de Colombia: Andes y Guyana, entre 1985 y 2000. Se aplicó un enfoque espacial y temporal a partir de modelos de LULCC (**Land Use Land Cover Change**), para evaluar y predecir los procesos de cambios asociándolos a variables explicativas y junto con métricas

del paisaje y sistemas de información geográfica se analizaron patrones de deforestación. La información de cobertura del suelo se basó en la interpretación de imágenes satelitales y las variables explicativas incluyeron datos biofísicos y socioeconómicos provenientes de una amplia gama de fuentes de información. A nivel de la región de la Guayana, se estudiaron los patrones de deforestación en los modelos de ocupación típicos de la región, comparando tasas de cambio, patrones del paisaje y efectividad de figuras de conservación. Finalmente se modelizó el potencial de cambio futuro en ambas regiones prediciendo su evolución e identificando zonas de alto riesgo de deforestación y sus implicaciones frente a la conservación de la biodiversidad. Finalmente concluye diciendo que la variable explicativa que mayor incide en los procesos de cambio de uso del suelo y deforestación es la distancia de las carreteras, pero existen variables como la actividad económica, pendiente, distancia a pastos y precipitación que impulsan procesos de cambio y el peso de estas variables depende del tipo de bosques y la región **Rodríguez Eraso (2011)**.

Según **Amna y Sheikh (2015)**, la evaluación de las cuencas hidrográficas y el desarrollo de una estrategia de gestión, requiere una medición precisa de los parámetros / uso de la tierra cubierta del pasado y presente de la tierra como los cambios observados determinan los procesos hidrológicos y ecológicos que tienen lugar en una cuenca hidrográfica. En este estudio se aplicó el algoritmo de máxima verosimilitud de clasificación supervisada en ERDAS Imagine para detectar cambios / uso de la tierra cubierta de la tierra observadas en Simly cuencas hidrográficas, Pakistán utilizando datos satelitales multiespectrales obtenidas de Landsat y SPOT 5 para los años 1992 y 2012, respectivamente. La cuenca se clasificó en cinco grandes clases de cobertura terrestre / uso a saber. La agricultura, el suelo de tierra / piedras, asentamientos, vegetación y el agua. La superposición de mapas generados en ArcGIS 10, indica un cambio significativo de la cobertura vegetal y agua para la agricultura, la roca y los asentamientos cubiertos. Estas transformaciones cobertura y uso de la tierra representara una amenaza grave para recursos de la cuenca. Por lo tanto, los autores proponen un manejo adecuado de la cuenca o de lo contrario se perderá pronto estos recursos.

B. Nacional

Se realizó un 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. Los resultados se compararon con el mapa de bosques secos elaborado por INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) 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 desatélite permite agilizar el proceso y ser más precisos que la interpretación visual utilizada en el estudio de línea de base del INRENA, asimismo existen actualmente imágenes de satélite a muy bajo costo o de libre disposición en la Internet, que permitiría mantener un seguimiento de la dinámica del ecosistema de bosque seco en la región Piura (**Zorogastúa et al. 2011**).

Cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac. Los objetivos de la presente investigación fueron determinar los cambios en la cobertura y uso de los suelos y el paisaje en la región Apurímac. Según el estudio de la caracterización de cobertura de uso de suelos en la subcuenca para los años 1986, 1994, 2002 y 2009, el autor llegó a la conclusión que, el análisis de la cobertura de suelos muestra tendencias de cambio, principalmente en la parte baja y media de la subcuenca en el período considerado, ligada a la actividad agropecuaria. En el caso de la parte alta la reducción drástica del área de nevados es evidente. Estos procesos de cambio estarían ligados a 4 factores o impulsores de cambio: la degradación de la cobertura vegetal, la reducción de las fuentes de agua, la actividad minera y los eventos climáticos extremos. A nivel de escenarios territoriales al 2016, calculados con el modelo de Markov, se aprecia que las tendencias en el período 2002 y 2009 se mantendrán, considerando que las condiciones del modelo también mantienen sus tendencias Según **Ibáñez y Damman (2014)**.

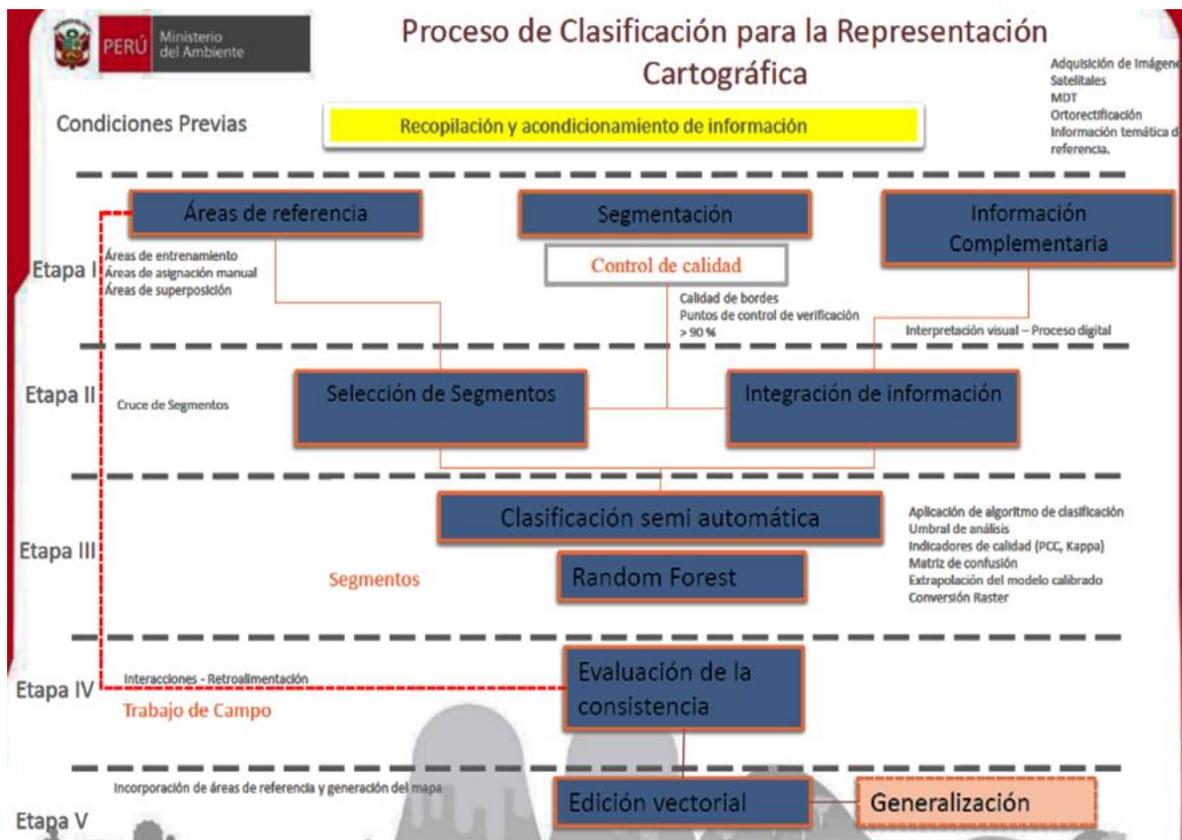
C. Regional

Según el Estudio especializado: “Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra”, realizado en el Departamento de Cajamarca, por **Alcántara Boñón (2014)**, específica que, para la elaboración del presente estudio, se recibió asistencia técnica de especialistas de la Dirección General de Ordenamiento TerritorialDGOT del Ministerio del Ambiente-MINAM; además recoge e incorpora aportes de la Comisión Técnica Regional – CTR.

La metodología según lo dispuesto por el Ministerio del Ambiente (R.M. N° 135-2013-MINAM), se basó en el procesamiento digital de imágenes satelitales utilizando los softwares ENVI y ArcGIS que permitieron generar cartografía temática de cobertura y uso de la tierra para los periodos 2001 – 2013, cuyas unidades fueron clasificadas de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover–CLC.

En términos generales, las etapas y procesos de la metodología para la generación del mapa de Cobertura y uso de la Tierra, se presenta de manera resumida en el siguiente esquema

Fig.1: Sinopsis del proceso de clasificación para la representación cartográfica



Fuente: (MINAN 2013)

Los resultados indicaron que, el cambio total de la cobertura y uso de la tierra en Cajamarca corresponde a un área de 599,236.15 hectáreas que representa el 18.18%, mientras que la permanencia del paisaje a una superficie de 2'696,027.69 hectáreas que representa el 81.82% del área departamental, lo cual significa la fragmentación paulatina del paisaje en perjuicio de la superficie de hábitats naturales y en el aislamiento de los mismos.

Además, revela la identificación de cuarenta y siete cambios por cobertura de los cuales, el cambio de Vegetación herbácea y/o arbustiva a Áreas agrícolas heterogéneas es el que más impactos ha generado, debido a que estos espacios han sido transformados a terrenos agrícolas destruyendo la cubierta vegetal en perjuicio de la oferta de importantes Servicios Ecosistémicos; razón por la cual constituyen zonas de tratamiento especial que permitieron proponer medidas de gestión para promover dinámicas convenientes de cobertura y uso sostenible de la tierra.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Cobertura Vegetal

Según **López y Bocco (2000)**, la cobertura vegetal son aquellos cuerpos naturales o artificiales que cubren la superficie del suelo, por lo tanto, pueden originarse de ambientes naturales como resultado de la evolución ecológica (bosques, sabanas, lagunas, etc.) o a partir de ambientes artificiales creados o mantenidos por el hombre (cultivos, presas, ciudades, etc.)

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**).

2.2.2 Cambio de la cobertura vegetal

Malleux (2002), indica que el uso de tierra es caracterizado por los arreglos o acomodaciones, actividades y contribuciones hechas por la población en un cierto tipo de cobertura de la tierra, para producir, cambiar o mantenerlo, por lo tanto, el uso de la tierra en esta forma establece una vinculación directa entre cobertura y entre acciones del hombre en su medioambiente.

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**).

2.2.3 Usos de la tierra

Con frecuencia se dice que el uso de la tierra ocurre solo cuando esta se manipula físicamente el área sin intervención física tiene así su cobertura natural y el área intervenida, su cobertura artificial. Entre ambas áreas se visualiza la frontera agrícola. Este enfoque “desde la cuidad” significa un entendimiento parcial y estático del uso de la tierra. Se ha visto que los problemas más graves

con respecto al uso de la tierra (que debe ser sostenible) ocurre alrededor de la frontera agrícola en las áreas marginales con pendientes fuertes, suelos no profundos, lluvias muy erosivas, agricultura marginal con poca atención, apoyo técnico – financiero por parte del estado y otros **(Richters 1995)**.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 1995), afirma 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 poco profundos, ríos, humedales y pantanos, las capas sedimentarias cercanas a la superficie y las reservas de aguas subterráneas asociadas a las mismas, las poblaciones de la flora y la fauna, las formas de colonización de la población humana y los resultados físicos de la actividad humana anterior y actual, terrazas, estructuras para reserva o drenaje de aguas, caminos, construcciones, etc."

2.2.4 Suelo

El suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrimentos y agua. Desde una perspectiva ambiental, tiene un rol fundamental en todos los procesos Ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza, tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes. Por ello, el hombre en su tendencia natural de seleccionar y clasificar los objetos de su entorno, consideran al suelo como un objeto común útil que satisface las necesidades humanas (alimentos, fibras, maderas, construcciones, etc.). **(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT, 2012)**.

2.2.5 Sistema de Información Geográfica

Sistema de Información Geográfica (SIG) Estos se definen como “el conjunto de procesamientos, equipos y programas de computación utilizados para la recolección, pre- procesamiento, almacenamiento, y análisis de datos geográficamente referenciados” **(Ortiz 2001)**. 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**).

2.2.6 Teledetección

Alonso (2005), define que la Teledetección es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material. Para que ello sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos observados; situados sobre la superficie terrestre, marina o en la atmósfera; y un sensor situado en una plataforma (satélite, avión, etc.). En el caso la teledetección la interacción que se produce va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

- Radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado)
 - Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico)
 - Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar)
- Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa. La radiación (solar reflejada, terrestre o emitida por el sensor y reflejada) que llega de la superficie terrestre y que ha atravesado la atmósfera, es almacenada en formato digital. Una vez recuperados los datos en el centro de control del satélite, permitirán obtener información acerca de la superficie terrestre y de la atmósfera. El tipo de información que se obtiene dependerá de la longitud de onda en la que el sensor capte radiación. El análisis de esta información permite el reconocimiento de las características de los objetos observados y de los fenómenos que se producen en la superficie terrestre y oceánica y en la atmósfera. Por tanto, son muchas las ciencias, tanto naturales como sociales, interesadas en su uso (Geografía, Geología, Meteorología, Agronomía, etc.).

2.2.8 Factores que inciden en el cambio de uso actual de la tierra

(Lambin et al. 2001), indican que a nivel mundial existen cinco factores que inciden fuertemente en los cambios que se experimentan en la cobertura vegetal:

a. 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.

b. 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.

c. 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.

d. 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.

e. 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

2.2.9 Satélite Landsat

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° 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. Los Landsat están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multiespectral.

El primer satélite Landsat (en principio denominado ERTS-1) fue lanzado el 23 de julio de 1972. El último de la serie es el Landsat 8, puesto en órbita el 11 de febrero de 2013.

Con el lanzamiento del satélite LANDSAT-1 el 07 de marzo de 1972 se abrió una nueva percepción del planeta con una resolución tanto temporal como espectral desconocida hasta entonces. Este satélite, dotado de sensores empleados en teledetección, fue diseñado con el fin de obtener datos de los recursos terrestres. En base a este objetivo se diseñaron las resoluciones para adaptarse a este fin. Este sensor es el más empleado en aplicaciones agrícolas, forestal, usos del suelo, hidrología, recursos costeros y monitorización medioambiental. Sobre todo, está ligado a estudios territoriales en los que el parámetro fundamental es el medio ambiente **(Fernández y Herrero 2001)**.

A. Lansat 4 y 5

Estos dos satélites sufrieron algunas modificaciones tanto en la forma de la plataforma como en sus características orbitales. La altitud fue modificada de 920 Km a 705 Km; el tiempo de revisita pasó de 18 a 16 días y el período orbital pasó de 103 minutos a 98,9 minutos. El horario de pase por el Ecuador continuó siendo a las 9:30 A.M. horario local.

El sensor MSS fue colocado a bordo de LANDSAT4 por insistencia de los investigadores del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, quienes querían un sistema multiespectral para estudios agrícolas.

- ◆ Se trata de un barredor óptico electrónico, que opera en cuatro canales del espectro electromagnético, dos en el visible (4 y 5) y dos en el infrarrojo cercano (6 y 7).

- ◆ Una escena terrestre observada por este sensor representaba un área de 185 Km y la resolución SENSOR MSS espacial era de 80 x 80 m.

Tabla 1: Características Landsat 4

MODO ESPECTRAL	ESPACIAL (metros)	ESPECTRAL (micras)		RADIOMÉTRICA	TEMPORAL
Multiespectral	79	Banda 4 azul:	0.50 - 0.60	8 BITS	18 Días
		Banda 5 verde:	0.60 - 0.70		
		Banda 6 roja:	0.70 - 0.80		
		Banda 7 Infrarrojo cercano ¹	0.80 - 1.1		

Fuente: (Wikipedia - Landsat)

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 km.

Tabla 2: Características Landsat 5

MODO ESPECTRAL	ESPACIAL (metros)	ESPECTRAL (micras)		RADIOMÉTRICA	TEMPORAL
Multiespectral	30	Banda 1 azul:	0.45 - 0.52	8 BITS	16 Días
		Banda 2 verde:	0.52 - 0.60		
		Banda 3 roja:	0.63 - 0.69		
		Banda 4 Infrarrojo cercano1:	0.76 - 0.90		
		Banda 5 Infrarrojo cercano2:	1.55 - 1.75		
		Banda 7 Infrarrojo medio:	2.08 - 2.35		
Termal	120	Banda 6 Infrarrojo térmico:	10.4 - 12.5		

Fuente: (Wikipedia - Landsat)

A. Landsat8

Las imágenes Landsat8 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).

Tabla 3: Características de Landsat8

Banda	Nombre	Longitud de onda (µm)	Resolución (m)
1	Costera - Aerosoles	0.435 - 0.451	30
2	Azul	0.452 - 0.512	30
3	Verde	0.533 - 0.590	30
4	Rojo	0.636 - 0.673	30
5	Infrarrojo cercano (NIR)	0.851 - 0.879	30
6	Infrarrojo de onda corta 1 (SWIR 1)	1.566 - 1.651	30
10	(TIR 1)	10.60 - 11.19	100
11	(TIR 2)	11.50 - 12.51	100
7	Infrarrojo de onda corta 2 (SWIR 2)	2.107 - 2.294	30
8	Pancromática	0.503 - 0.676	15
9	<i>Cirrus</i>	1.363 - 1.384	30

Fuente: (es.wikipedia.org/wiki/Landsat_8)

Tabla 4: Comparación entre las bandas espectrales Landsat 5TM y Landsat 8 OLI TIRS

Landsat 5 TM			Landsat 8 OLI TIRS		
<i>Banda</i>	<i>Ancho (µm)</i>	<i>Resolución</i>	<i>Banda</i>	<i>Ancho (µm)</i>	<i>Resolución</i>
			Banda 1 - aerosol costero	0,43 - 0,45	30
Banda 1-Azul	0,45-0,52	30	Band 2 - Azul	Desde 0,45 hasta 0,51	30
Banda 2-Verde	0,52-0,60	30	Banda 3 - Verde	0,53-0,59	30
Banda 3-Rojo	0,63-0,69	30	Banda 4 - Rojo	0,64 - 0,67	30
Banda 4-IR cercano	0,76 a 0,90	30	Banda 5 - Infrarrojo Cercano	0,85-,88	30
Banda 5- 1 Infrarrojo de onda corta	1,55-1,75	30	Banda 6 - 1 Infrarrojo de onda corta	1,57-1,65	30
Banda 7- 2 Infrarrojo de onda corta	2,08-2,35	120	Band 7 - 2 Infrarrojo de onda corta	02,11 a 02,29	30
		30	Banda 8 - Pancromática	0,50-0,68	15
			Banda 9 - Cirrus	1,36 - 1,38	30
Banda 6-IR- Infrarrojo térmico	10,40-12,50		Banda 10 - Infrarrojo térmico 1	10,60 - 11,19	100
			Banda 11 - Infrarrojo térmico 2	11,50 - 12,51	100

Fuente: (Servicio Geológico de los Estados Unidos-USGS, 2015)

2.2.10 Imágenes Satelitales

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. (SRGIS 2005).

Una imagen satelital es una matriz digital de puntos (igual a una fotografía digital) capturada por un sensor montado a bordo de un satélite que orbita alrededor de la tierra. A medida que el satélite avanza en su órbita, “barre” la superficie con un conjunto de detectores que registran la energía reflejada **(Martínez y Díaz 2005)**.

Las imágenes de satélite, se encuentran en formato raster, el cual consiste en una matriz de miles de píxeles, en donde cada píxel tiene un valor digital o de reflectancia; ejemplificando, si la resolución de la imagen es de 30 metros, cada píxel muestra un área en la superficie terrestre de 30x30 metros (900m), con esto, la firma espectral o reflectancia de todos los objetos existentes en una superficie de 900 m para darle su valor digital al píxel **(Martínez y Díaz 2005)**.

a. Resolución espacial

Es una medida de la distancia angular o lineal más pequeña que puede captar un sensor remoto de la superficie de la Tierra, y viene representada por un píxel. Un píxel es la unidad mínima que conforma una imagen digital. El píxel es generalmente de forma cuadrada, por lo que la longitud medida sobre el terreno de un lado del píxel define la resolución espacial del sensor. La resolución espacial de un sensor se suele expresar en metros o metros/píxel. Cuanto mayor sea la resolución espacial, es decir, menor superficie represente un píxel de la imagen, más pequeños serán los objetos que se pueden distinguir en la superficie y viceversa.

b. Resolución espectral

Se denomina resolución espectral a la capacidad del sensor para discriminar la radiancia detectada en distintas longitudes de onda del espectro electromagnético. La resolución espectral está determinada por el número de bandas que el sensor puede captar y por la anchura espectral de éstas. En términos generales, el sensor será de mayor utilidad cuanto mayor sea el número de bandas que proporcione, ya que algunas cubiertas requieren estudios multispectrales. Por otro lado, conviene que el ancho de cada banda sea lo más reducida posible, con el objeto de no obtener valores medios de regiones espectrales de diferente significación física. Algunos sensores discriminan el

espectro en 3 bandas mientras que los Hiperespectrales oscilan alrededor del centenar (**Saldaña 2015**).

c. Resolución radiométrica

Es la capacidad que tiene un sensor de poder discriminar, albedos con diferencias de radiación reflejada o emitida (cantidad de niveles de grises). Cuanto mayor es el número de niveles de grises, mayor es la resolución. Una imagen con dos niveles (blanco y negro) tendrá menos resolución que otra imagen con 32 niveles de grises entre el blanco y el negro.

El número de niveles de grises que el sensor puede detectar depende de su sistema de grabación y se expresa en función de números binarios "bits". El valor en bits se expresa en potencia de 2^n , siendo n el número de bits usados en la grabación. Por ejemplo, un sensor con 8-bits de resolución (Landsat TM) tiene un rango de $2^8 = 256$ niveles de grises. Por otro lado, un sensor con 6 bits (p.e. Landsat Multispectral Scanner, MSS) implica un rango de $2^6 = 64$ niveles de resolución. Esto significa que el primero tiene una mejor resolución y pueden distinguirse mejor las pequeñas diferencias de radiación.

d. Resolución Temporal

Es la frecuencia en el tiempo con la cual el sensor obtiene imágenes de una misma área. Por ejemplo, el satélite Landsat puede ver la misma área del globo cada 16 días; SPOT cada 26 días. La resolución temporal es un elemento importante cuando se estudian cambios en la superficie de la tierra o del océano. Mientras en la superficie de la tierra los cambios se producen en días o años, en la atmósfera o en la superficie del mar se producen en horas. Por esa razón se necesita mayor frecuencia de observación en el mar que en la tierra. También interesa la hora del día, pues a mediodía se eliminan las sombras que son un elemento perturbador para el estudio de vegetación, pero, acentúan el relieve, lo cual favorece los estudios geológicos.

e. Resolución Angular

Por ella se entiende la capacidad que tiene un sensor para tomar imágenes oblicuas. Esta propiedad permite no solamente cortar los ciclos temporales de

recubrimiento, sino que posibilita la generación de imágenes estereoscópicas y por tanto la reconstrucción del relieve **(Pérez Gutiérrez y Muñoz Nieto 2006)**.

2.2.11 Realce y mejoramiento visual de imagen satelital

Las primeras manipulaciones que han de llevarse a cabo tienen como finalidad restaurar la imagen reestableciendo, en la medida de lo posible, las condiciones de la toma. Ello implica el desarrollo de dos tipos de correcciones: unas de índole geométrica y otras de carácter radiométrico **(Pérez C et al. 2006)**.

Las correcciones geométricas tienen como finalidad reconstruir la geometría de la imagen, adaptándola a una determinada Proyección cartográfica y a su sistema de coordenadas asociado. Para denominar este tipo de operaciones se ha consolidado el nombre de georreferenciación. Los procedimientos matemáticos que resuelven este problema y las metodologías usadas para su implementación mediante algoritmos en las aplicaciones informáticas de Teledetección son muy variados **(Pérez C et al. 2006)**.

Las correcciones radiométricas, pretenden reestablecer los valores de los niveles digitales de la imagen depurando cualquier anomalía en su registro achacable, bien a defectos en el sistema sensor, bien a las condiciones ambientales de la toma.

A. Pre procesamiento de imágenes satelitales.

El pre procesamiento de las imágenes, consiste en hacer las correcciones de las imágenes, con el fin de eliminar cualquier anomalía detectada en la imagen, ya sea en su localización o radiometría de los píxeles que la componen. Cualquier imagen adquirida por un sensor remoto, presenta una serie de alteraciones radiométricas y geométricas debidas a muy variados factores, en el caso concreto de las imágenes espaciales **(Chuvienco 2008)**.

Estas distorsiones, deben ser comprendidas para procesar los datos adecuadamente para posteriores análisis e interpretaciones. Consecuentemente la radiancia registrada por el sensor no es una representación exacta de la radiancia efectivamente reflejada por las coberturas. Esto significa que la imagen adquirida en formato numérico presenta una serie de anomalías con respecto a

la escena real detectada. Estas anomalías están en la localización de los píxeles que componen la matriz de datos. Las operaciones de corrección pretenden minimizar estas alteraciones. Como producto se obtiene una imagen corregida que es lo más próximo posible, geométrica y radiométricamente, a la verdadera energía radiante y características espaciales del área de estudio **(APN 2005)**.

B. Correcciones geométricas – georreferenciación

La corrección geométrica es la modificación de la geometría de la imagen respecto de la geometría de la superficie terrestre. La georreferenciación es su adaptación a un sistema geodésico de referencia (por ejemplo, ED50 o ETRF 89) y una proyección geográfica determinada (ejemplo la UTM Universal Transversal Mercator). Los procedimientos matemáticos que resuelven este problema y las metodologías usadas para su implementación, mediante algoritmos en las aplicaciones informáticas de teledetección son muy variados **(Pérez 2006)**.

C. Correcciones radiométricas

Una vez que la radiación electromagnética es generada y se propaga, interactúa con la atmósfera afectando a la radiación en su longitud de onda, intensidad, distribución espectral y/o su dirección. Hay dos tipos de efectos que produce la atmósfera: absorción y dispersión. El objetivo general de las correcciones atmosféricas es convertir los valores obtenidos por el sensor remoto en valores de reflectancia en superficie, que es la magnitud física de interés. Estos valores son necesarios cuando se utilizan datos satelitales para el análisis cuantitativo de las propiedades biofísicas de los elementos de la superficie terrestre, identificar y evaluar los procesos que en ella ocurren mediante la comparación de diferentes escenas en estudios temporales **(APN 2005)** y cuando se deriven índices a partir de bandas ubicadas en diferentes regiones del espectro electromagnético.

D. Correcciones atmosféricas.

El cálculo del valor de la reflectancia en superficie implica introducir algún tipo de corrección sobre el efecto que imprime la atmósfera sobre la señal recibida por el sensor **(APN 2005)**.

Los procedimientos para abordar las correcciones atmosféricas con exactitud son muy laboriosos y requieren datos sobre las condiciones de la atmósfera en el momento de tomar la imagen, que no suelen estar disponibles. Además, el efecto de la atmósfera no es constante en la imagen, algunas zonas pueden estar afectadas más que otras, en función de la diversa presencia de aerosoles o vapor de agua **(Chuvienco 2002)**.

2.2.12 Análisis de las imágenes.

El análisis visual de imágenes se realiza empleando tres bandas del sensor, coincidiendo con la capacidad de los monitores, empleados en informática, monitores RGB. Los monitores poseen en total tres cañones, RGB, red, Green y blue - Rojo/Verde/Azul, con los que, por combinación de estos tres colores básicos, se construyen el resto de los colores.

Empleando estos tres Cañones tenemos la posibilidad de enviar en cada uno de ellos una de las bandas del sensor, combinándose en nuestra pantalla y dando distintos colores y tonos. Estos colores y tonos se emplean para analizar visualmente la imagen, combinando las bandas, de manera que se da un primer acercamiento al contenido de la imagen. Las combinaciones de colores se emplean para discriminar Geología de la imagen, Usos del suelo de la imagen, Morfología Urbana, etc. **(Pérez C et al. 2006)**.

a. Combinación de bandas

Las imágenes de satélite se distribuyen en bandas espectrales separadas, las cuales se pueden combinar para crear otras imágenes. Para realizar este procedimiento, los programas de interpretación de imágenes traen comandos especiales que permiten combinar bandas y asignar a cada una un color de visualización específico. La combinación de las bandas espectrales correspondientes al azul, verde y rojo permiten preparar una imagen en color verdadero, la cual es semejante a una fotografía aérea en colores. En el caso de las imágenes Landsat para construir esta imagen se combinan las bandas 1-2-3 y se asigna a cada banda su correspondiente color; esto es, azul, verde y rojo, respectivamente **(Orozco L et al. 2002)**.

En una imagen de falso color no se sigue este patrón, sino que los colores azul, verde y rojo se asignan a diferentes bandas espectrales. Una imagen de falso color muy utilizada en interpretación de imágenes de satélite se obtiene al combinar las bandas Landsat 2-3-4. y asignando a cada una un color. El color azul se asigna a la banda 2 (la que registra la radiación verde), el color verde a la banda 3 (la que registra la radiación roja), y el color rojo a la banda espectral 4 (la que registra la radiación infrarroja cercana). El resultado es una imagen de falso color, en donde la vegetación en áreas boscosas se verá de color rojo intenso, dado que la vegetación activa refleja una gran proporción de la radiación infrarroja cercana incidente, y en donde la vegetación bajo estrés (por enfermedad o sequía) se verá de color amarillo claro. Asimismo, los ríos de agua limpia se verán negros, y los ríos con alto contenido de sedimentos se verán de color azul. Finalmente, en esta imagen los terrenos sin cobertura vegetal se verán de color gris-azulado, mientras que los pastos y terrenos con cultivos agrícolas se mostrarán de color rojo claro (**Orozco L et al. 2002**).

b. Bandas espectrales adecuadas

A partir de datos multiespectrales se generan composiciones a color RGB (Red, Green, Blue) donde las bandas individuales o combinaciones específicas de ellas son adecuadas para observar ciertos objetos (firmas espectrales). Cuando se trata de combinar, la selección de bandas más adecuada depende del tipo de sensor usado y la aplicación del proyecto. Entre las combinaciones más comunes tenemos la 321 (color verdadero, RGB), 432 (falso color infrarrojo), la 543 (falso color, NRG), la 453 (falso color, NSR) y la 753; entre otras (**Guerrero 2011**).

No obstante, hay que tener en cuenta que las bandas rara vez se utilizan en solitario, normalmente se usan en combinaciones de tres bandas (**SRGIS 2010**).

SRGIS (2010), clasifica las distintas longitudes de ondas:

Azul visible: Cartografía de aguas someras. Diferenciación de suelo y vegetación.

Verde visible: Diferenciación de la vegetación por su salud.

Rojo visible: Diferenciación de la vegetación por especies.

Infrarrojo cercano: Cartografía de la vegetación Cartografía del vigor/salud de la vegetación. Diferenciación de la vegetación por especies.

Infrarrojo medio: Diferenciación de los tipos de rocas por composición. Detección de humedad en la vegetación y suelo Cartografía de la estructura geológica Trazado de límites tierra/agua.

2.2.13 Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra

Los resultados obtenidos de la clasificación supervisada permiten generar el análisis correspondiente a las variaciones en el tiempo de las coberturas o categorías definidas. Es decir, a partir de las clasificaciones generadas para cada periodo se calcula la diferencia píxel a píxel, para evaluar los cambios significativos en el tiempo **(Mendoza 2000)**.

2.2.14 Validación de la clasificación

En un sentido estricto ninguna clasificación puede considerarse completa hasta que su grado de exactitud sea evaluado. Este puede definirse como el grado de concordancia entre las clases asignadas por el clasificador y sus ubicaciones correctas según datos de tierra recolectados por el usuario y considerados como datos de referencia a tomar como el conjunto de datos de entrenamiento. El instrumento más usual para evaluar la exactitud de una clasificación es la matriz de confusión, también llamada matriz de error o de contingencia. Esta es una matriz cuadrada de $n \times n$, donde n es el número de clases **(Bense 2007)**.

Conforme a los datos existentes de los diferentes tipos de coberturas reales y la deducida por la clasificación, se puede formar una matriz, denominada confusión, puesto que recoge los conflictos que se presentan entre categorías. Se trata de una matriz bidimensional, en donde las filas se ocupan por las clases de referencia, y las columnas por las categorías deducidas de la clasificación **(Chuvieco 2002)**.

El interés de estas tablas de confusión procede de su capacidad para plasmar los conflictos entre categorías, de esta manera, no solo conoceremos si nuestra clasificación asignó correctamente los puntos muestreados, sino también la fiabilidad para cada una de las clases y las principales confusiones entre ellas.

Las filas, las marginales indican el número de píxeles que, perteneciendo a una categoría y no fueron incluidos en ella. Estos se denominan errores de omisión. De igual forma, las celdillas no diagonales de las columnas expresan errores de comisión, esto es, píxeles que se incluyeron a otra categoría perteneciendo realmente a otra (**Olaya 2011**).

a. Índice de vegetación de diferencia normalizada

El Índice de vegetación de diferencia normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja

b. Índice Kappa

El coeficiente kappa refleja la concordancia inter-observador y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión. El coeficiente Kappa puede tomar valores entre -1 y +1. Mientras más cercano a +1, mayor es el grado de concordancia inter-observador, por el contrario, mientras más cercano a -1, mayor es el grado de discordancia inter-observador (**Cerda y Villarroel 2008**).

La índice kappa (k) se define como:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

Dónde:

- R** : Número de la fila
- xii** : Número de combinaciones a lo largo de la diagonal
- xi** : Observaciones totales de la fila i
- x+i** : Total de observaciones en la columna i
- N** : Número total de celda en la esquina inferior derecha

A partir de los datos arrojados de la matriz, se va a obtener el coeficiente kappa que es un valor que va de -1 a 1 (Tabla N° 2), explicando que los valores más

cercanos a 1 representan una mayor concordancia de la realidad con el mapa de clasificación (**Aronoff 1982, citado por Chuvieco 2002**).

Tabla 5: valoración de coeficiente Kappa

ESTADÍSTICA KAPPA	FUERZA DE CONCORDANCIA
< 0.00	Mala
0.00 – 0.20	Pobre
0.21-0.40	Débil
0.41-0.60	Aceptable
0.61-0.80	Bueno
0.81-1	Excelente

Fuente: Landis y Koch, 1977; citado por Cerda, 2008

c. Clasificaciones Supervisadas

En las clasificaciones supervisadas se requiere la participación activa del analista que esté realizando la clasificación de la imagen de satélite, en este caso, el técnico que está llevando a cabo la tarea debe indicar a software que debe realizar en cada momento (como debe clasificar cada uno de los pixeles existentes en la imagen), a partir de la definición de unas áreas de entrenamiento de las cuales se conoce a priori la naturaleza de su superficie.

d. Clasificaciones no Supervisadas

Las clasificaciones no supervisadas guardan relación con el valor relativo al color, al tono o al grupo, para identificar entidades. En este caso concreto, el analista deberá validar el resultado de la clasificación una vez esta haya sido llevada a cabo. En el caso anterior, el operador puede influir en gran medida en el proceso de clasificación mientras esta se está desarrollando, y controlando. En esta segunda técnica de clasificación, la influencia que puede ejercer el operador es prácticamente nula, más allá de seleccionar el algoritmo de clasificación que va a utilizarse. Normalmente esta clasificación, deberá llevarse a cabo varias veces para obtener diferentes resultados, que acabaran agregándose para obtener un resultado final considerado valido. En virtud de lo anterior expuesto, el proceso de clasificación de imágenes ya sea supervisado o no supervisado se puede hacer utilizando una sola banda, en un proceso llamado density silicing, o usando muchas bandas (multi-espectral de clasificación).

2.2.15 Modelos Digitales de Elevación (DEM)

Llamados también modelos digitales del terreno, estos conjuntos de datos contienen medidas de la elevación del terreno obtenidas aplicando procedimientos fotogramétricos a pares de imágenes estereoscópicas solapadas. Los DEM se usan con frecuencia para crear modelos tridimensionales y en los programas informáticos de visualización comúnmente usados en ingeniería civil, cartografía geológica y simulación de vuelo. Actualmente existen dos conocidos satélites que toman imágenes con un par estereoscópico: Ikonos y Aster de los cuales se pueden obtener modelos de elevación digital a 1 y 15 metros respectivamente **(SRGIS 2010)**.

2.2.16 Sistema de clasificación de uso de la tierra a nivel nacional

La metodología Corine Land Cover se engloba dentro del Programa CORINE (Coordination of Information of the Environment), el cual inicia el 27 de junio de 1985, y en virtud de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea, pasa a ser responsabilidad de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) en el año 1995 con el objetivo fundamental de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo a escala 1:100.000, útil para el análisis territorial y la gestión de políticas europeas **(Valencia y Anaya 2009)**.

La base de datos de Corine Land Cover (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas **(Mello y Camacho 2007)**.

El proyecto “Corine Land Cover” 1990 (CLC90), define una metodología específica elaborada para realizar el inventario de la cobertura de la tierra, cuya base de datos constituye un soporte a la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medioambiente y el ordenamiento territorial. **(Alcántara Boñón 2014)**. Fue adaptada para los países que conforman la Comunidad Andina de Naciones (CAN) que viene a ser una organización subregional con personalidad jurídica internacional. Está formada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela y por los órganos e instituciones del Sistema Andino de Integración (SAI).

Sus antecedentes se remontan a 1969 cuando se firmó el Acuerdo de Cartagena, también conocido como Pacto Andino. La CAN inició sus funciones en agosto de 1997. **(Comunidad Andina De Naciones, 2012).**

En Perú, actualmente el MINAM a través de la Dirección General de Ordenamiento Territorial - DGOT, viene dando asistencia técnica a los gobiernos regionales en la aplicación de la propuesta de leyenda de coberturas, logrados a través del proyecto: Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la Tierra en la Cobertura Andina.

El cuadro de la propuesta de la leyenda de Cobertura de la Tierra se detalla en el tabla 6. La cual se observa en el siguiente cuadro:

Tabla 6: Corine Land Cover adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III	
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales	
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	
		1.2.3. Áreas portuarias	
		1.2.4. Aeropuertos	
		1.2.5. Obras hidráulicas	
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos	
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas	
1.4.2. Instalaciones recreativas			
2. Áreas Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		
	2.2. Cultivos permanentes		
	2.3. Pastos		
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de Cultivos	2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales

Nivel I	Nivel II	Nivel III
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto
		3.1.4. Bosque abierto alto
		3.1.5. Bosque fragmentado
	3.2 Bosques plantados	
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal
		3.3.2 Arbustal
		3.3.3 Vegetación secundaria o en transición
		3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea
		3.3.5 Arbustal / área intervenida
		3.3.6 Herbazal / área intervenida
		3.3.7 Arbustal-Herbazal/área intervenida
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2 Afloramientos rocosos
		3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4 Áreas quemadas
		3.4.5 Glaciares
		3.4.6 Salares

Nivel I	Nivel II	Nivel III
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas
		4.1.2. Turberas y bofedales
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros
		4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
		5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
		5.1.4. Canales
		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).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es descriptiva, ya que los resultados han sido obtenidos gracia a la descripción e interpretación de imágenes satelitales Landsat y la corroboración de los datos en campo. Los resultados obtenidos fueron de gran fiabilidad generada en gabinete y su posterior comprobación y descripción en el análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo, encontrados en el área de estudios: Los Baños del Inca.

➤ Variables : Independiente. cambios de la cobertura y usos del suelo.

Dependiente. ¿Pérdida de la cobertura y usos del suelo?

➤ Técnica : Fotointerpretación

Observación

Descripción

➤ Instrumentos: Imágenes satelitales

Mapa de cambios

Unidad de análisis universo de muestra

Cobertura y uso del suelo Distrito de los Baños Del Inca.

La forma del estudio fue principalmente atreves de la observación e interpretación de las imágenes satelitales para conocer el tipo de cobertura que existieron y la que hay hoy en el área de estudios

3.1 Descripción general de la zona de estudio

El Distrito de Los Baños del Inca se ubica en la zona sur del Departamento de Cajamarca, situada a una altitud de 2667 m.s.n.m., entre los paralelos 07°09'30" de latitud sur y los 78°27'48" de latitud oeste del meridiano de Greenwich. Es uno de los 16 Distritos de la provincia de Cajamarca, creado por

Ley N° 13251 del 07 de Setiembre de 1959. La superficie territorial del Distrito es de 28162.31 ha. con una densidad poblacional de 98.44 habitantes por Km² (2015). La principal vía de acceso a la capital del Distrito es una doble vía asfaltada que une con la Ciudad de Cajamarca, ubicada a 6 km. de la capital departamental. Siguiendo esta misma vía Los Baños del Inca se comunica con sus Comunidades de la parte alta colindante con el Distrito de la Encañada y en la parte baja con la Ciudad de Cajamarca y el Distrito de Llacanora y Namora.

En el Distrito se observan dos microclimas diferenciados que corresponden a dos ecorregiones Quechua y Jalca . Presentan un clima frío, mayor precipitación pluvial, relieve quebrado y escasas tierras de aptitud agrícola.

El límite inferior de altitud del Distrito es de 2 620 m.s.n.m., mientras que en el límite superior llega hasta los 4 160 m.s.n.m. La temperatura durante el día sobrepasa los 20° C y en las noches puede descender a los 0° C a partir de los 3 000 m.s.n.m., especialmente en invierno (mayo –agosto.)

3.1.1 Región Quechua

La región quechua está situada entre los 2 300 y 3 500 msnm de altitud, aproximadamente, sobre ambos flancos andinos. Su nombre significa en quechua «tierras de climas templados».

a. El Clima: En el norte la región quechua presenta un clima más húmedo y con mayor número de precipitaciones. La zona sur presenta un clima más seco con mucha diferencia de temperatura entre el día y la noche. Los Baños del Inca presentan temperaturas que fluctúan entre los 7 y 22° C, durante los meses de lluvias comprendidos entre diciembre y marzo. Durante los meses de abril a noviembre la temperatura varía entre los 3° y 22° C, presentándose templado durante el día y frío durante la noche. La temperatura máxima media anual es de 22° C y la temperatura mínima anual es de 3° C. La humedad relativa varía entre el 58% al 78% aproximadamente, con un promedio anual de 65%. Los meses de menor humedad son julio, agosto y setiembre, siendo, el resto del año, meses de mayor humedad.

b. Fauna: Vizcachas, halcones, ovinos, auquénidos, entre otros.

c. Flora: Otras especies son: la arracacha, el yacón, el maíz (más de cien variedades), la calabaza, la granadilla, el tomatillo y la tuna.

3.1.2 Región Jalca o Suni

La región Suni (del quechua, "ancho, amplio") es, según Javier Pulgar Vidal, una región de los Andes que se ubica entre los 3 500 - 4 100 msnm. En esta zona el índice de pluviosidad es muy alto, las temperaturas son más rigurosas, con grandes oscilaciones térmicas entre el día y la noche.

a. El clima: es templado frío con temperatura anual de 12 °C, seco durante los meses de mayo a octubre, precipitaciones desde octubre a abril. Puede producirse algunas heladas entre junio, julio y agosto.

b. La flora: crecen el saúco, la cantuta, cola de zorro, wiñayayna (quechua, "juventud eterna", una variedad de orquídea), quinua, oca y olluco. Abunda una gramínea que se cultiva y que permitió la domesticación del cuy en grandes proporciones.

c. Fauna: en cuanto a la fauna típica, encontramos ejemplares tales como el zorzal negro, allagay y el cuy.

3.2 Historia y Creación del Distrito.

Los Baños del Inca, tiene una presencia en la historia que data desde hace muchos siglos anteriores a la llegada de los españoles y de los mismos Incas del Tahuantinsuyo. Fue uno de los lugares más importantes de la cultura Caxamarca y de su más poderoso curacazgo, el de Cuismanco; el mismo que hacia finales de la segunda mitad del siglo XV se encontraba en uno de sus periodos de mayor apogeo. El lugar en ese entonces constaba de algunas edificaciones que constituían una de las principales residencias de los curacas en las inmediaciones de las fuentes de agua termal, las mismas que eran usadas como un lugar de sanación y culto al agua". La llegada de los Incas, en el año 1462, encontró una tenaz resistencia de los Caxamarca, la misma que culminaría en un pacto entre ambos reinos que daba cierta entrada a la dominación Inca y al culto del dios sol, pero que mantenía la casta y rango de los Cuismanco, de

esta manera el lugar denominado, en ese entonces, Pulltumarka pasa a ser un preferente lugar de visita y descanso para los últimos incas del Tahuantinsuyo, siendo Atahualpa su más asiduo visitante, época en que a sus manantiales se les conocieron como Nina Yaku y al pozo que éste usaba se lo llamó Inti Puquio (manantial del sol). A la llegada de los españoles en el año 1532 tuvieron su primer encuentro con el gobernador inca en este lugar. De sitio de curacas e incas, pasó a ser parte de la encomienda de Melchor Verdugo, posteriormente un fundo privado, luego adquiere la categoría de Villa hacia lo finales de la colonia. Las cartas, crónicas y apuntes que hacen los españoles y estudiosos europeos de la talla de Antonio Raimondi y Alexander Von Humboldt acrecentaron la fama de estos baños termales, dando cuenta de las bondades de estas aguas, es así que empiezan a denominar al lugar como Baños del Inca.

Finalmente, el 7 de setiembre de 1959 el Congreso de la República le da categoría de Distrito a Los Baños del Inca, mediante la Ley N° 13251.

El primero de noviembre de 1989 se crea el Complejo Turístico de Baños del Inca, y partir de ese entonces se escribe una nueva historia que nos sitúa en la actualidad consolidados como uno de los principales atractivos del norte del Perú, de Cajamarca y del Distrito de Baños del Inca que en la actualidad es la Primera Maravilla del Perú, por su historia, tradiciones, riqueza termal, belleza de la campiña y calidez de su gente”

3.2.1 Ubicación.

El Distrito de Los Baños del Inca está enmarcado por las siguientes coordenadas UTM:

- 775242 ESTE 9227845 NORTE; al norte (septentrional)
- 780427 ESTE 9204954 NORTE; al sur (meridional)
- 795800 ESTE 9208978 NORTE; al este (oriental)
- 770702 ESTE 9219728 NORTE; al oeste (occidental)

El Distrito de Los Baños del Inca cuenta con 59 centros poblados: Alto Otuzco, Alto Puylucana, Apalin Alto, Bajo Otuzco, Baños Punta, Barrojo, Carahuanga I, Carahuanga II, Carhuaquero, Cerrillo, Chaquil Pampa, Chicospata, Chimchin Otuzco, Chinchin Chuquipuquio, Chinchin Tres Cruces, Chupicaloma,

Chuquilin, Colcapampa, Collorpunta, El Calvario, El Capulí, Hornuyoc, Huayrapongo, La Colpa Otuzco, La Esperanza, La Retama, La Shilla (Santa Barbara Alta), La Victoria De Otuzco, Laparpampa, Licligonga, Llagamarca, Los Baños Del Inca, Luychupucro Alto, Luychupucro Bajo, Manzanamayo, Miraflores Alto, Miraflores Bajo (Cristo Rey), Moyococha Shilla, Muyoc, Puyllucana, Quinray Quero Bajo, Quinrayquero Alto, Quinuapata, Rinconada De Otuzco, Rosapampa, Rumipampa Alto, San Jose De Las Madres, Santa Barbara, Santa Barbara Alta (La Cante), Santa Rosa De Chaquil, Santa Ursula, Shahuarpampa, Shaullo Chico, Shinshilpampa, Shitaloma, Shultin, Tartar Chico, Tartar Grande, Tres Molinos, Venecia. **(Shp del ZEE – GORECAJ - 2007).**

3.2.2 Hidrografía

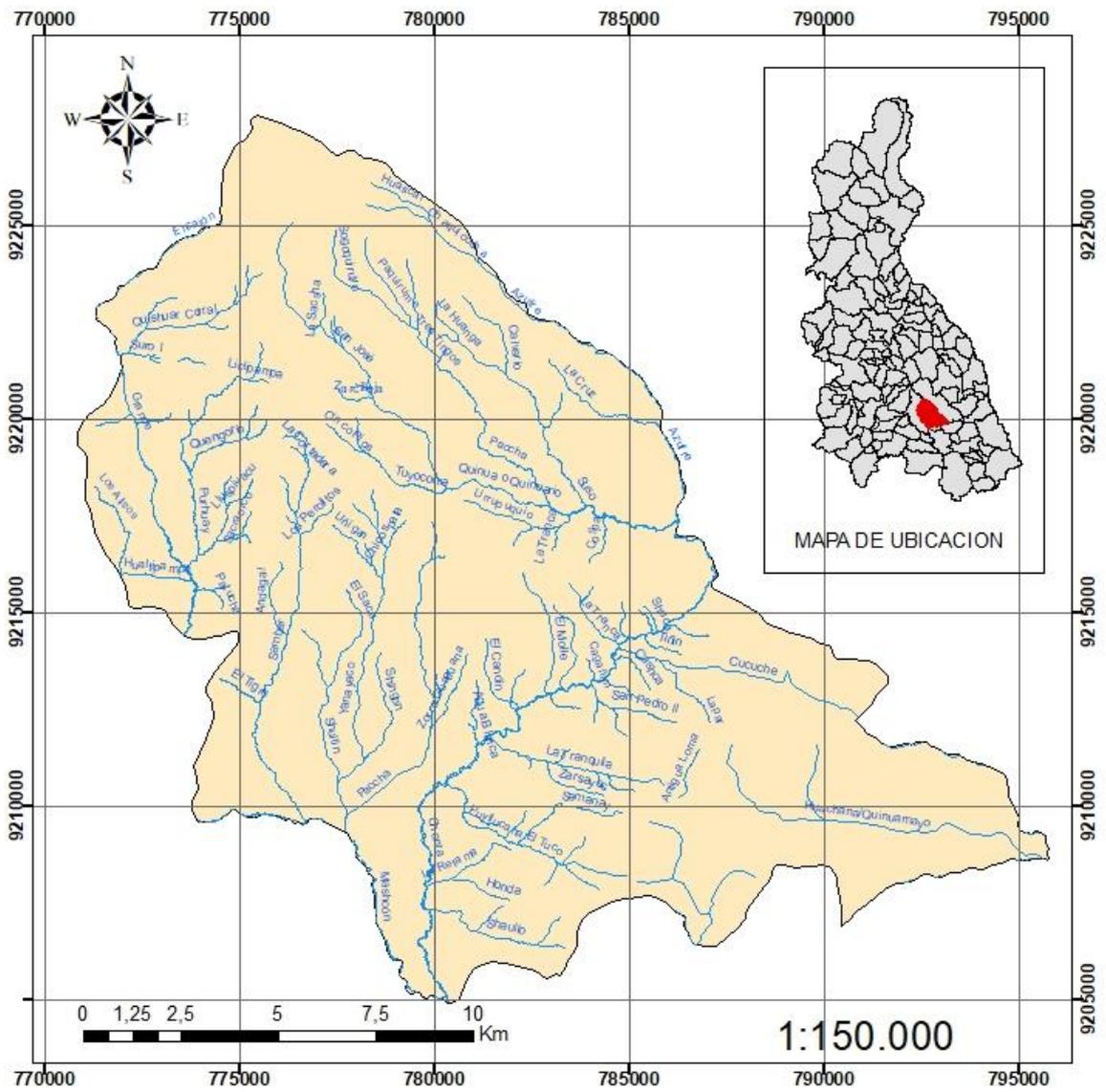
Los Baños del Inca tienen una vasta cantidad de quebradas ríos los cuales son mencionados en el siguiente cuadro.

Tabla 7: Principales ríos del Distrito de Los Baños del inca

Nombre	Longitud en km
Chonta	41,46
Mashcón	41.62
Grande	35.91
Quinuario	8.37
Azufre	5,71
Paccha	4.83
Purhuay	4.60
Ocuchamachay o Arnacocha	1,82

Fuente: Shp del ZEE – GORECAJ (2007)

MAPA HIDROGRÁFICO DE LOS DISTRITOS DE LOS BAÑOS DEL INCA



Leyenda

- HIDROGRÁFICO
- LOS BAÑOS DEL INCA

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ciencia Agrarias Escuela Profesional de Agronomía	
ANÁLISIS DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE LOS BAÑOS DEL INCA PERIODO 1990 - 2018		
MAPA HIDROGRÁFICO DE LOS DISTRITOS DE LOS BAÑOS DEL INCA		
FUENTE:	PROYECCIÓN Y DATUM:	
ASTER GDEM (Aster Global Digital Elevation Model) - geo servidor, MINAN	Sistema de coordenadas: proy: sids; UTM	
John, Agronomía - UNC - Cajamarca	Datum Horizontal: WGS1984	
Baborado Por: John Yóber Campos Herrera		
Fecha: Cajamarca, marzo de 2018	Escala numérica: 1:150.000	

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

a. Materiales de campo

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

b. Equipos de campo

- Sistema de posicionamiento global-GPS
- Binoculares de largo alcance
- Cámara fotográfica semi profesional (objetivos de paisaje)

c. Materiales y equipos de gabinete

- Papel bond A4 de 80 gramos, lapiceros y lápices

d. Equipos

- Laptop
- Impresora
- Escáner

e. Material cartográfico

- Carta Nacional del Perú a escala 1: 100 000.
- Mapa de cambios: para determinar e identificar los cambios de cobertura y usos del suelo.
- Shapefile del Distrito obtenido del gobierno regional de Cajamarca y Base de datos ZEE Cajamarca.
- Imágenes satelitales: para determinar e identificar las coberturas en fase de gabinete

f. Software

- Microsoft Windows 10
- Microsoft office 2016
- ArcGis 10.4.1
- Erdas 5.2,
- Envi 4.8, Código_Fuente_SLC_Off_Proyect_7_07 y P C I Geomática.

3.4 Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodos 1990 – 2018 en el ámbito del Distrito de Los Baños del Inca, Provincia y Departamento de Cajamarca. La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales de landsat5 y landsat8, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación como se describe en fig 1. la clasificación se realizó 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

1° Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 1990 – 2018

Consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con el uso de las tierras en el Distrito de Los baños del Inca

2° Descarga del modelo de elevación digital DEM

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

3° Selección y descarga de imágenes Landsat

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

Tabla 8: Datos de las imágenes descargadas

ID	Satélite	Fecha
LT05_L1TP_009065_19901111	Landsat5	11/11/1990
LC08_L1TP_009065_20180103	Landsat8	03/01/2018

Elaboración propia

4° Instituciones consultadas

Gobierno regional de Cajamarca – Sub gerencia de acondicionamiento territorial (ZEE – OT)

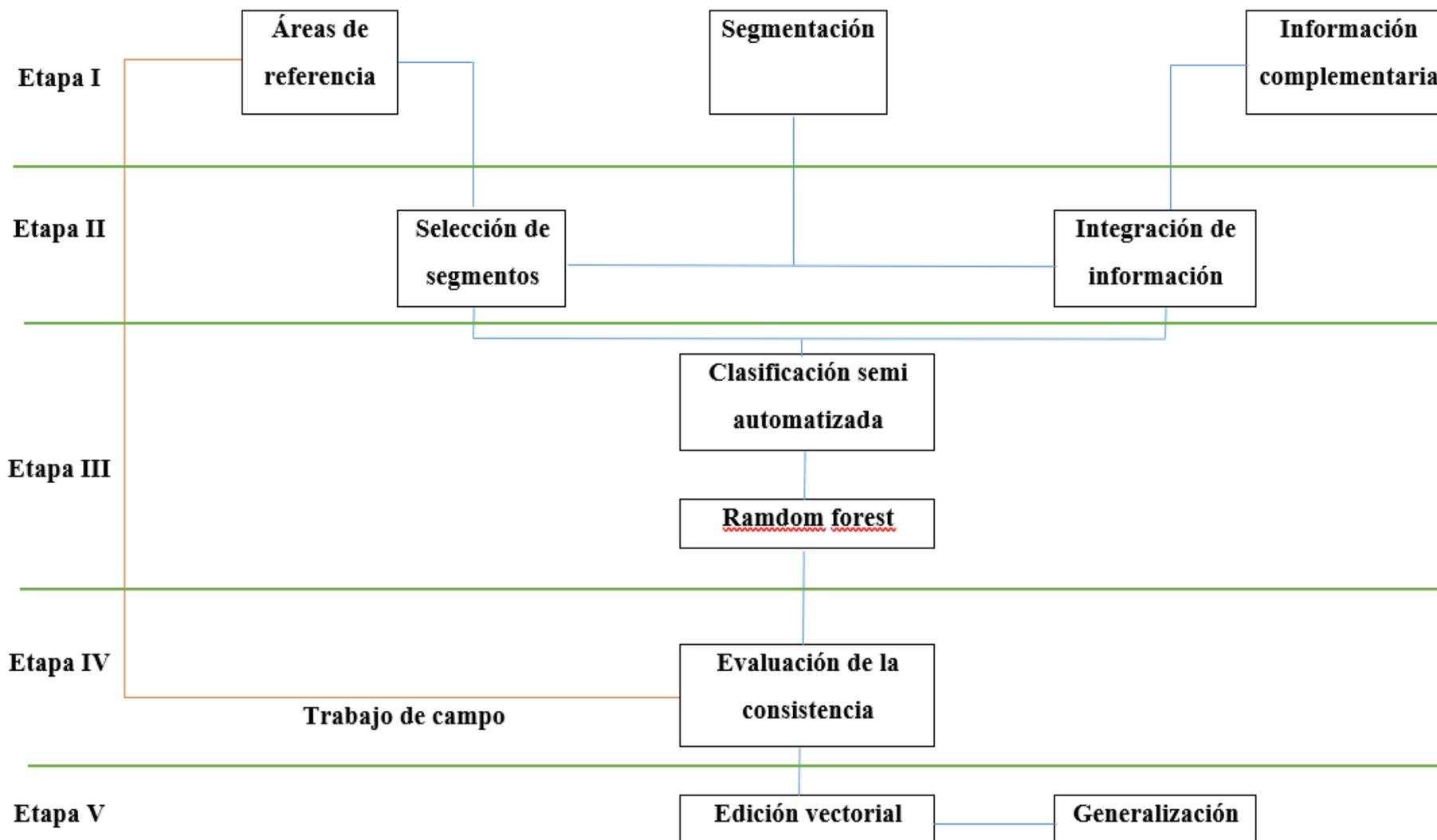
El Ministerio del Ambiente – MINAM, del cual se obtuvo la información temática y cartográfica.

5° Corrección atmosférica de las imágenes descargadas

La corrección atmosférica se realizó con el software Erdas 2014, en donde se corrigió el ángulo de toma de imagen.

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

Fig. 4: 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 Landsat5 y Landsat8 obteniendo como resultado un archivo con formato raster.

Segmentación

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

- **Escale:**

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

- **Merge:**

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

Tabla 9: Valores obtenidos de la segmentación

Segmentación	Landsat5	Landsat8
Escale	40	30
Merge	40	30

Elaboración propia

Información complementaria

Se utilizó el ModelBuilder “Coberturas_tablas para R” obtenido del Ministerio del Ambiente (MINAM), que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados como análisis en el proceso de clasificación, proceso mediante el cual se selecciona los segmentos que se interceptan con las áreas de entrenamiento haciendo una interrelación entre ambos asignando así las clases ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas.

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.

Integración de información

La información complementaria se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del Ministerio del Ambiente, consiste en unir la información obtenida del Modelo de Elevación Digital (DEM) y las imágenes satelitales como son:

- **Brightness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5 y 8.

- **Greenness**

Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5 y 8.

- **Slope**

Archivo en formato ráster que contiene datos sobre altitud, generados a partir del Modelo de Elevación digital (DEM).

- **Curvatura**

Describe las características físicas de una cuenca de drenaje para intentar entender los procesos de erosión y escorrentía. La pendiente afecta la tasa general de movimiento descendente. La orientación define la dirección del flujo. La curvatura del perfil afecta la aceleración y desaceleración del flujo y, por lo tanto, influye en la erosión y la sedimentación. La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo.

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

- 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", en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster.

Random forest

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

- d. **Etapa IV**

Fase de campo

Se trabajó según la fig. 4

Evaluación de la consistencia

Los mapas obtenidos en la fase inicial fueron contrastados y validados In Situ y con una distribución al azar de puntos GPS, con los actores directos; es decir, sobre el mapa y la imagen satelital se realizaron las correcciones que eran necesarias, paralelamente se hizo anotaciones sobre el tipo de vegetación más importante, altitud, erosión, y datos referentes al uso actual de la tierra como cultivos, herbazales, arbustal, afloramientos rocosos, tierra desnuda, etc.

e. Etapa V

Fase Final de gabinete

En esta fase se trabajó la etapa IV Fig. 4

Edición vectorial

Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.4 sobre las imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo.

Generalización

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

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

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

Del análisis de las dos imágenes utilizadas para la presente investigación, se obtuvieron 12 categorías, las cuales han sido clasificadas en el Nivel III de Corine Land Cover (ver tabla 6) adaptada para Perú. Cada una de estas categorías sirvió para el análisis cuantitativo y cualitativo (análisis multi temporal) en el Distrito de Los Baños del Inca. A continuación, se muestra las categorías obtenidas de la clasificación:

Tabla 10: Categorías del uso actual de la tierra identificadas en el Distrito de Los Baños del Inca periodo 1990 - 2018.

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	Tud
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	Em
2. Áreas Agrícolas	2.3. Pastos		Pa
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos	Mpc
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Bosques plantados	3.2.1. Plantación forestal	Pf
		3.3.1. Herbazal	He
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.5. Arbustal / área intervenida	Aai
		3.4.2. Afloramientos rocosos	Ar
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas	Td
5.1. Aguas continentales		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	LI
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales	Caa

Elaboración propia

A.- 1. Áreas artificializadas

Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos.

1.1. Áreas urbanizadas

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.

1.1.1 Tejido urbano continuo (Tu)

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. La superficie de la unidad debe ser superior a 5 ha.

Incluye:

- Centro de aglomeraciones y centros históricos.
- Zonas de habitación periféricas.
- Parqueaderos y áreas cubiertas por asfalto o cemento;
- Casas individuales y de jardín.
- Red de carreteras, con ancho de la vía inferior a 50 metros.
- Áreas deportivas, pequeños parques y zonas peatonales con tamaño inferior a 5 ha.
- Áreas verdes urbanas (parques y prados) cuando representan menos del 20% del área de la unidad.
- Edificaciones de servicios públicos (escuelas, hospitales), mercados o industrias, con sus infraestructuras asociadas (parqueaderos, infraestructuras de comunicación, áreas asfaltadas y verdes) con tamaño inferior a 5 ha.
- Escombreras y vertederos con área inferior a 5 ha.

- Cementerios con vegetación o sin vegetación con un área inferior a 5 ha.
- Infraestructura vacacional y recreativa con su red vial, edificios y áreas de recreación, si el tamaño es inferior a 5 ha y si está conectado al “tejido urbano continuo”.



Fig. 5: Casco urbano del Distrito de Los Baños del Inca

1.1.2 Tejido urbano discontinuo (Tud)

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren artificialmente la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierto por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.

Incluye:

- Casas individuales, con jardín y espacios verdes.
- Manzanas menos densas con espacios verdes al interior.
- Parqueaderos y áreas cubiertos por asfalto o cemento.
- Red de carreteras, con ancho menor de la vía menor a 50 m.
- Áreas deportivas, pequeños parques y zonas peatonales menores a 5 ha.
- Áreas verdes urbanas (parques y prados) cuando representan hasta el 20% del área de la unidad delimitada.

- Instalaciones de servicios públicos (escuelas, hospitales), mercados o industrias, con sus infraestructuras asociadas (parqueaderos, infraestructuras de comunicación, áreas asfaltadas y verdes) con área menor a 5 ha.
- Escombreras y vertederos con área menor a 5 ha.
- Cementerios con vegetación o sin vegetación con área menor a 5 ha.
- Infraestructuras vacacionales y recreativas con sus redes viales, edificios y áreas de recreación, con área menor a 5 ha y si está conectada al centro poblado.



Fig. 6: Centro poblado Puyllucana

1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras

Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con las actividades mineras hidrocarburíferas, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen. (incluyen colas y desmonte).

1.3.1 Áreas de extracción de minería e hidrocarburos (EM)

Son áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales a cielo abierto.

Incluye:

- Arenales
- Canteras
- Gravilleras

- Edificios e infraestructuras industriales asociadas (fábricas de cemento, por ejemplo).
- Superficies de agua con área inferior a 5 ha, creadas por efecto de la extracción;
- Los sitios en actividad o abandonados desde hace poco tiempo, sin huella de vegetación.



Fig. 7: Minería Yanacocha

B.- 2. Áreas agrícolas

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Para su diferenciación de las áreas naturales.

2.3. Pastos (Pa)

Comprende las tierras con hierba densa de composición florísticas principalmente por las familias Poaceae y Fabaceae, dedicadas al pastoreo permanente por un periodo de dos a más años. Algunas categorías pueden presentar anegamientos temporales cuando están ubicadas en zonas bajas en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje de su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la

introducción de especies no nativas principalmente y el manejo posterior que se le hace.



Fig. 8: Zona de pastaje en el valle del Distrito, *Lolium perenne*, *L. multiflorum* o ray Grass, *Trifolium repens* o trébol, *Agrotis* sp o grama

2.4 Areas agrícolas heterogéneas

Son unidades que reúnen dos o más clases de cobertura agrícola y natural. Están dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de tenencia de tierra.

2.4.2 mosaico de pastos y cultivos (Mpc)

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 2.5 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos con un patrón espacial intrincado con área mayor a 0.25 ha.
- Pastos y cultivos bordeados con setos de árboles o arbustos (frutales o no).
- Mezcla de parcelas de pastos y cultivos, donde ninguno de los cultivos representa más del 70% del área total del mosaico.

- Infraestructuras asociadas a los mosaicos de pastos y cultivos (viviendas rurales, setos, vía) con área menor a 5 ha.
- Mezcla de pastos y árboles frutales.



Fig. 9: Mosaico de patos y cultivos en el centro poblado Chinchín, *Avena sativa* o avena forrajera, *Medicago sativa* o alfalfa, *Solanum tuberosum* o papa, *Zea mays* o maíz

C.- 3. Bosques y áreas mayormente naturales

Está comprendido por un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrollado sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica, y por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación.

3.2. Bosques plantados

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

3.2.1. Plantación forestal (Pf)

Vegetación forestal establecida de manera artificial en terrenos de aptitud preferentemente forestal, con propósitos de conservación, restauración o producción forestal.



Fig 10: plantaciones de *Eucalyptus globulus* o eucalipto, *Pinus sp* o pino con fines madereros (Llagamarca)

3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo

Comprende los territorios cubiertos por vegetación herbácea y arbustiva desarrollados en forma natural sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales.

3.3.1. Herbazal (He)

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa o abierta. se encontró la especie de herbazal como *Stipa sp.*



Fig. 11: Pajonales *Stipa ichu*, *Panicum prionitis* o paja (La Shacsha)

3.3.5. Arbustal / área intervenida (Aai)

Corresponde a las coberturas constituidas por vegetación natural de porte bajo, con un dosel irregular en donde predominan los elementos arbustivos, pero que puede presentar elementos arbóreos dispersos. Esta vegetación puede ser producto de las condiciones naturales o de la acción antrópica. Un campo caracterizado por una vegetación dominada por arbustos y matas, y que a menudo incluye céspedes, plantas de porte herbáceo y plantas geófitas(*Baccharis sp.*).



Fig. 12: *Baccharis salicifolia* o chilca acompañado de *Cortaderia selloana* o cortadera

3.4. Áreas sin o con poca vegetación

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.

3.4.2. Afloramientos rocosos

Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados; así como zonas de rocas desnudas relacionadas con la actividad volcánica o glacial. Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos, de bloques o de cenizas. Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas, volcanes y glaciares de montaña.



Fig. 13: Montaña de afloramientos rocosos en su mayoría arenisca ubicado en Baños Punta

3.4.3. Tierras desnudas (Td)

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación

extrema. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación, o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas



Fig. 14: Tierras desnudas en el centro poblado Chinchin Otuzco

D.- 5. Superficies de agua

Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa.

5.1. Aguas continentales

Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (o sea no salino), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.

5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes (LI)

Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos. En las planicies aluviales se forman cuerpos de agua denominados ciénagas, que están asociadas a las áreas de desborde de los grandes ríos. Las

ciénagas pueden contener pequeños islotes arenosos y lodosos, de formas irregulares alargadas y fragmentadas, de pequeña área, los cuales quedan incluidos en el cuerpo de agua siempre que no representen más del 30% del área del cuerpo de agua.



Fig. 15: Lagunas Yanacocha en 1992

5.1.5. Cuerpos de agua artificiales (Caa)

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos.



Fig. 16 Cuerpos de agua artificial (Activo Ambiental: Reservoirio San José)

4.2 Análisis de los cambios de cobertura y uso de las tierras ocurridas en los periodos 1990– 2018.

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

4.2.1 Cobertura y uso de la tierra año 1990.

a. Matriz de confusión

Se elaboró la matriz de confusión para el año 1990 en dicha matriz se obtuvo la Fiabilidad del productor y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Tabla 11: Matriz de confusión del año 1990

Categorías	111	131	23	242	321	331	335	342	343	512	total	Exactitud usuario
111	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	100
131	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	14	100
23	0	0	27	1	0	0	0	0	0	0	28	96,4
242	0	0	1	30	0	1	0	0	1	0	33	90,9
321	0	0	0	0	20	0	0	0	0	1	21	95,2
331	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	17	100
335	0	0	0	0	0	0	15	2	0	0	17	88,2
342	0	0	0	2	0	0	3	14	0	0	19	73,7
343	1	0	0	2	0	0	0	0	23	0	26	88,5
512	0	0	0	0	1	0	0	0	0	21	22	95,5
Total	20	14	28	35	21	18	18	16	24	22	216	92,6
Exactitud productor	95	100	96,4	85,7	95,2	94,4	83,3	87,5	95,83	95,5		Exactitud total

Elaboración propia

b. Interpretación:

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

En la primera fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano continuo (1.1.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.0%.

En la segunda fila se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que pertenecen a Área de extracción minera e hidrocarburos (1.3.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.0%.

En la tercera fila se digitalizaron 28 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (2.3), de las cuales 27 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 96.4 %.

En la cuarta fila se digitalizaron 33 áreas de entrenamiento que pertenecen a mosaico de pastos y cultivos (2.4.2), de las cuales 30 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido con pastos (2.3), 1 con herbazal (3.3.1) y 1 con Tierras desnudas (3.4.3) Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.9 %.

En la quinta fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a Plantaciones forestales (3.2.1), de las cuales 20 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido con lagos, lagunas y ciénagas naturales (5.1.2). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.2 %.

En la sexta fila se digitalizaron 17 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (3.3.1) de los cuales todos fueron correctamente digitalizados con un equivalente a 100.0 % de fiabilidad

En la séptima fila se digitalizaron 17 áreas de entrenamiento de Arbustal (3.3.5) de las cuales 2 se confundió con Afloramiento rocoso (3.4.2) que hace un equivalente de fiabilidad del 88.2%

En la octava fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen Afloramiento rocoso (3.4.2), de las cuales 14 fueron correctamente digitalizadas y 3 fue confundida con Abástaes/ área intervenida (3.3.5) y 2 con mosaico de pastos y cultivos. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 73.6%

En la novena fila se digitalizaron 26 áreas de entrenamiento que pertenecen Tierras desnudas (3.4.3), de las cuales 23 fueron correctamente digitalizadas y 2 fue confundida con Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2) y 1 con plantaciones forestales (3.2.1). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 85.5%

En la décima fila se digitalizaron 22 áreas de entrenamiento que pertenecen a Lagos y lagunas ciénagas naturales permanentes (5.1.2) de las cuales 21 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Plantación forestal (3.2.1). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.4%

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

- En la primera columna se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido Urbano (1.1.1), de las cuales 1 fue confundido con Tierra desnudas (3.4.3). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.0%
- En la segunda columna se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento que pertenecen a Áreas de extracción de minería e hidrocarburos (1.3.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del productor de 100.0%
- En la tercera columna se digitalizaron 28 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (2.3), de las cuales 27 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con mosaico de pastos y cultivos (2.4.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 96.0 %
- En la cuarta columna se digitalizaron 35 áreas de entrenamiento que pertenecen a Mosaico de pastos y cultivos (3.4.2), de las cuales 3 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Pastos (2.3), 2 con Afloramiento rocoso (3.4.2), 2 con Tierra desnudas (3.4.3). Equivalente a una fiabilidad del productor de 85.7%
- En la quinta columna se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a Plantaciones forestales (3.2.1), de las cuales 1 fue confundido con lagunas. Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.2%
- En la sexta columna se digitalizaron 18 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (3.3.1) de los cuales 1 fue confundido con Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2.) con un equivalente a 94.4 % de fiabilidad
- En la séptima columna se digitalizaron 18 áreas de entrenamiento de Arbustal (3.3.5) de las cuales 3 se confundió con Afloramiento rocoso (3.4.2) que hace un equivalente de fiabilidad del 83.3%
- En la octava columna se digitalizaron 16 áreas de entrenamiento que pertenecen Afloramiento rocoso (3.4.2), de las cuales 14 fueron correctamente digitalizadas y 2 fue confundida con Arbustal (3.3.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 87.5%

- En la novena columna se digitalizaron 24 áreas de entrenamiento que pertenecen a tierras desnudas (3.4.3), de las cuales 23 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.8%
- En la décima columna se digitalizaron 22 áreas de entrenamiento que pertenecen a Lagos y lagunas ciénagas naturales permanentes (5.1.2) de las cuales 21 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Plantación forestal (3.2.1). Equivalente a una fiabilidad del productor de 95.4%

d. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 1990

$$P_o = \frac{19 + 14 + 27 + 30 + 20 + 17 + 15 + 14 + 23 + 21}{216} = 0.92$$

$$P_e = \frac{(20 * 19) + (14 * 14) + (28 * 28) + (35 * 33) + (21 * 21) + (18 * 17) + (18 * 17) + (16 * 19) + (24 * 26) + (22 * 22)}{216} = 0.23$$

$$k = \frac{0.92 - 0.23}{1 - 0.23} = 0.85$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.85 que según la regla de concordancia tiene validez.

e. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 1990 es 92.5 %

f. Categorías encontradas en el año 1990

Las principales categorías de cobertura vegetal encontradas en noviembre de 1990 fueron:

Tabla 12: Clasificación de la cobertura y uso de la tierra, año 1990 de acuerdo a la metodología CORINE LAND COVER

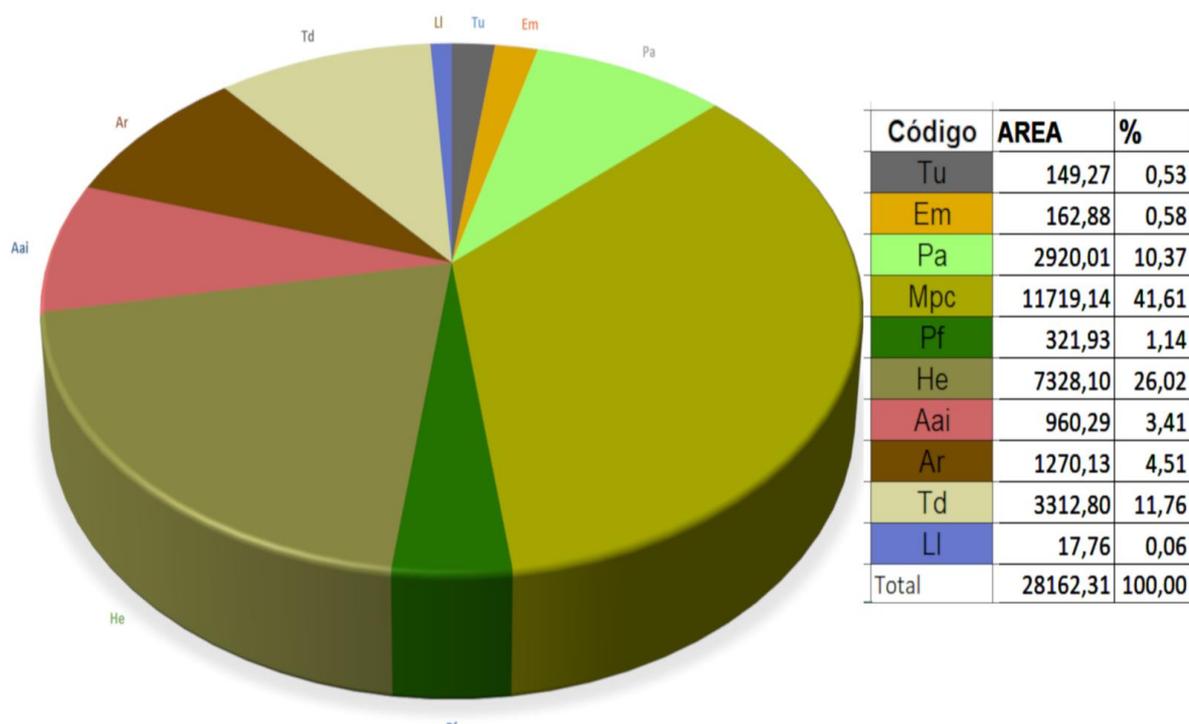
Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área (ha)	%
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	149,27	0,53
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	Em	162,88	0,58
2. Áreas Agrícolas	2.3. Pastos		Pa	2920,01	10,37
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos	Mpc	11719,14	41,61
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Bosques plantados	3.2.1. Plantación forestal	Pf	321,93	1,14
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	7328,10	26,02
		3.3.5. Arbustal / área intervenida	Aai	960,29	3,41
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Ar	1270,13	4,51
		3.4.3. Tierras desnudas	Td	3312,80	11,76
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	LI	17,76	0,06
Total				28162,31	100,00

Elaboración propia

En el tabal 12

Observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del Distrito

Fig. 17: Distribución porcentual de cobertura año 1990



Elaboración propia

g. Según el Fig. 17

El 0.53 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierta por Tejido urbano continuo (Tu = 149.27 ha.)

El 0.58 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Áreas de extracción minera e hidrocarburos (Em = 149.27 ha.)

El 10.37 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Pastos (Pa = 2920.01 ha.)

El 41.61 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Mosaico de pastos y cultivos (Mpc 11719.15 ha.)

El 1.14 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Plantaciones forestales (Pf = 321.92 ha.)

El 26.02 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Herbazal (He = 7328.10 ha.)

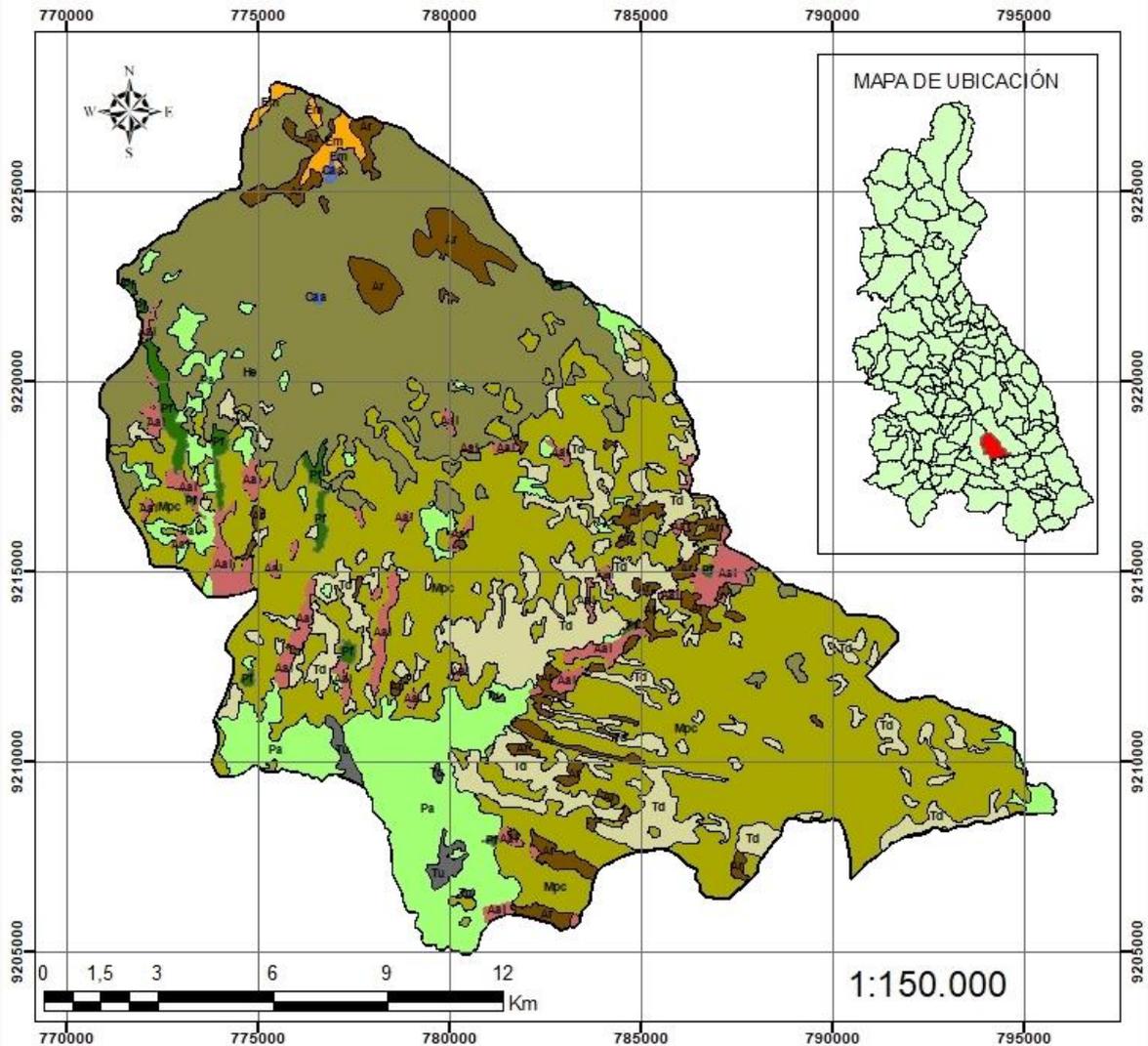
El 3.41 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Arbustal/ área intervenida (Aai = 960.29 ha.)

El 4.51 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Afloramiento rocoso (Ar = 1270.13 ha.)

El 11.76 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por tierras desnudas (Td = 3312.80 ha.)

El 0.06 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por lagunas y ciénagas naturales permanentes (LI = 17.76 ha.) chaupicocha, quechillacocho y Yanacochoa.

MAPA DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO 1990



Código	Área ha	%
Tu	149,27	0,53
Em	162,88	0,58
Pa	2920,01	10,37
Mpc	11719,14	41,61
Pf	321,93	1,14
He	7328,10	26,02
Aai	960,29	3,41
Ar	1270,13	4,51
Td	3312,80	11,76
Li	17,76	0,06
Total	28162,31	100,00

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ciencia Agrarias Escuela Profesional de Agronomía	
MAPA DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO 1990		
PROYECCIÓN Y DATUM:		
Sistema de coordenadas proyectadas UTM		
Datum Horizontal: WGS1984		
Zona Huso Horario: 17 Sur		
Elaborado Por: John Yober Campos Herrera		
Escala numérica: 1: 150 000		

4.2.2 Cobertura y uso de la tierra año 2018

a. Matriz de confusión

Se realizó la matriz de confusión para el año 2018 en dicha matriz se obtuvo la Fiabilidad del productor y la Fiabilidad del usuario como se muestra a continuación:

Tabla 13: Matriz de confusión del año 2018

Categorías	111	112	131	23	242	321	331	335	342	343	515	total	Exactitud usuario
111	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	100,0
112	1	18	0	0	0	0	0	1	0	0	0	20	90,0
131	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	18	100,0
23	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18	100,0
242	0	0	0	0	28	0	1	0	1	0	0	30	93,3
321	0	0	0	1	1	17	0	0	0	0	1	20	85,0
331	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	18	100,0
335	0	0	0	0	3	2	1	15	0	0	0	21	71,4
342	0	0	0	0	0	0	0	1	18	1	0	20	90,0
343	0	3	0	0	0	0	0	0	0	19	0	22	86,4
515	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	21	23	91,3
total	15	21	20	19	32	19	20	17	19	20	22	224	91,6
Exactitud productor	93,3	85,7	90,0	94,7	87,5	89,5	90,0	88,2	94,7	95,0	95,5		Exactitud total

b. Interpretación:

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 (1.1.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.0%.

En la segunda fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano discontinuo (1.1.2), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido con tejido urbano (1.1.1), 1 con Arbustal/ área intervenida (3.3.5). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.0%.

En la tercera fila se digitalizaron 18 áreas de entrenamiento que pertenecen a Área de extracción miera e hidrocarburos (1.3.1), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.0%.

En la cuarta fila se digitalizaron 18 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (2.3), de las cuales todas fueron correctamente digitalizadas. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 100.0 %.

En la quinta fila se digitalizaron 30 áreas de entrenamiento que pertenecen a mosaico de pastos y cultivos (2.4.2), de las cuales 28 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido con herbazal (3.3.1) y 1 con afloramiento rocoso (3.4.2) Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.3 %.

En la sexta fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Plantaciones forestales (3.2.1), de las cuales 17 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido pastos (2.3), 1 con Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2), 1 con cuerpo de agua artificiales (5.1.2). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 85.0 %.

En la séptima fila se digitalizaron 18 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (3.3.1) de los cuales todos fueron correctamente digitalizados con un equivalente a 100.0 % de fiabilidad

En la octava fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento de Arbustal (3.3.5) de los cuales 15 fueron correctamente digitalizados, 3 se confundió con mosaico de pastos y cultivos (2.4.2), 2 con plantaciones forestales y 1 con herbazal (3.1.1) que hace un equivalente de fiabilidad del 71.4%

En la novena fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen Afloramiento rocoso (3.4.2), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Herbazal (3.3.1) y 1 con de tierra desnudas (3.4.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 90.0%

En la décima fila se digitalizaron 22 áreas de entrenamiento que pertenecen Tierras desnudas (3.4.3), de las cuales 19 fueron correctamente digitalizadas y 3 fue confundida con Tejido urbano discontinuo (1.1.2) Equivalente a una fiabilidad del usuario de 86.4%

En la onceava fila se digitalizaron 23 áreas de entrenamiento que pertenecen a cuerpos de agua artificiales (5.1.2) de las cuales 21 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con Área de extracción minera e hidrocarburos (1.3.1). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 91.3%

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

En la primera fila se digitalizaron 15 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano continuo (1.1.1), de las cuales 14 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido con Tejido urbano discontinuo. Equivalente a una fiabilidad del usuario de 93.3%.

En la segunda fila se digitalizaron 21 áreas de entrenamiento que pertenecen a Tejido urbano discontinuo (1.1.2), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 3 fue confundido con Tierras denudas (3.4.3). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 85.7%.

En la tercera fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Área de extracción miera e hidrocarburos (1.3.1), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 2 fueron confundidas con Cuerpos de agua artificiales (5.1.5). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 90.0%.

En la cuarta fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a Pastos (2.3), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue

confundido con Plantaciones forestales (3.2.1). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 94.7 %.

En la quinta fila se digitalizaron 32 áreas de entrenamiento que pertenecen a mosaico de pastos y cultivos (2.4.2), de las cuales 28 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido con Plantaciones forestales (3.2.1) y 3 con Arbustal/ área intervenida (3.3.5) Equivalente a una fiabilidad del usuario de 87.5 %.

En la sexta fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen a Plantaciones forestales (3.2.1), de las cuales 17 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundido con Arbustal/ área intervenida (3.3.5). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 89.5 %.

En la séptima fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen a Herbazal (3.3.1) de los cuales 18 fueron correctamente digitalizados y 1 fue confundido con Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2.), 1 con Arbustal/ área intervenida (3.3.5) con un equivalente a 90.0 % de fiabilidad productor

En la octava fila se digitalizaron 17 áreas de entrenamiento de Arbustal (3.3.5) de los cuales 15 fueron correctamente digitalizados, 1 se confundió con Tejido urbano discontinuo (1.1.2), 1 con Afloramiento rocoso (3.4.2) que hace un equivalente de fiabilidad del 88.2%

En la novena fila se digitalizaron 19 áreas de entrenamiento que pertenecen Afloramiento rocoso (3.4.2), de las cuales 18 fueron correctamente digitalizadas y 1 fue confundida con mosaico de pastos y cultivos (2.4.2). Equivalente a una fiabilidad del productor de 94.7%

En la décima fila se digitalizaron 20 áreas de entrenamiento que pertenecen Tierras desnudas (3.4.3), de las cuales 19 fueron correctamente digitalizadas y fue confundida con Afloramiento rocoso (3.4.2) Equivalente a una fiabilidad del usuario de 95.0%

En la onceava fila se digitalizaron 22 áreas de entrenamiento que pertenecen a cuerpos de agua artificiales (5.1.2) de las cuales 21 fueron correctamente

digitalizadas y 1 fue confundida con Plantaciones forestales (3.2.1). Equivalente a una fiabilidad del usuario de 91.3%

d. Índice kappa

Cálculo del índice kappa para el año 2018

$$P_o = \frac{14 + 18 + 18 + 18 + 28 + 17 + 18 + 15 + 18 + 19 + 21}{224} = 0.91$$

$$P_e = \frac{(14 \cdot 15) + (20 \cdot 21) + (18 \cdot 20) + (18 \cdot 19) + (30 \cdot 32) + (20 \cdot 19) + (18 \cdot 20) + (21 \cdot 17) + (20 \cdot 19) + (22 \cdot 20) + (23 \cdot 22)}{224} = 0.21$$

$$k = \frac{0.91 - 0.21}{1 - 0.21} = 0.88$$

Se obtuvo como resultado del cálculo de índice kappa 0.88 que según la regla de concordancia tiene valides.

e. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2018 es 91.6 %

f. Categorías encontradas en el año 2018

Las principales categorías de cobertura vegetal encontrados en enero de 2018 fueron.

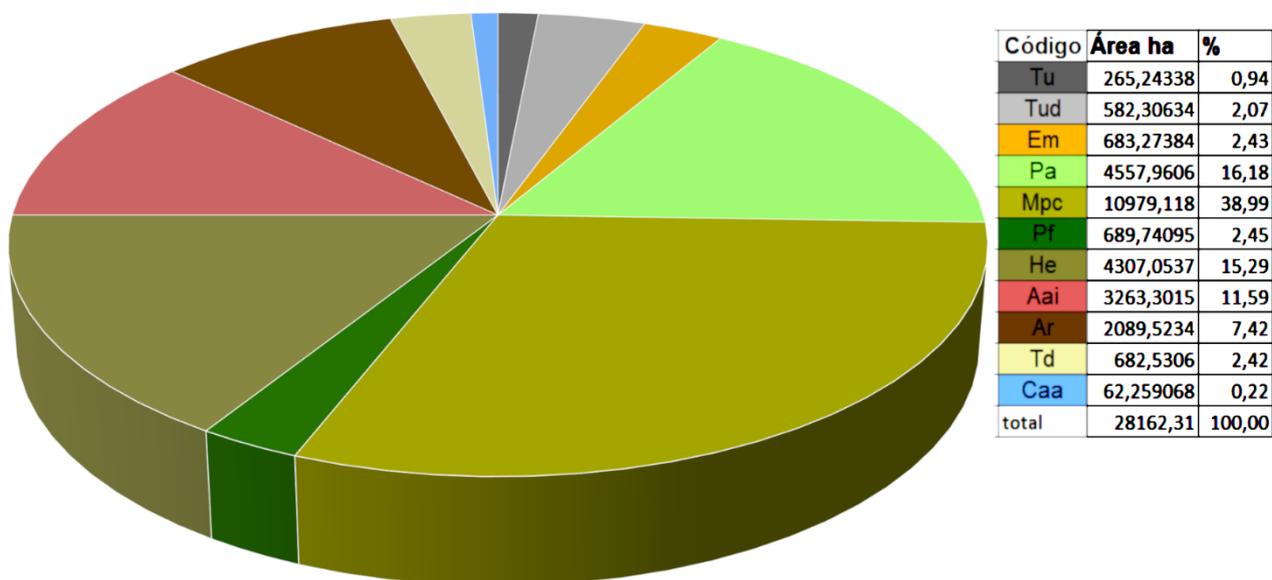
Tabla 14: Clasificación de la cobertura y uso de la tierra, año 2018 de acuerdo a la metodología CORINE LAND COVER

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Código	Área ha	%
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	265,24	0,94
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	Tud	582,31	2,07
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	Em	683,27	2,43
2. Áreas Agrícolas	2.3. Pastos		Pa	4457,96	16,18
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos	Mpc	10979,12	38,99
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Bosques plantados	3.2.1. Plantacion forestal	Pf	689,74	2,45
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He	4307,05	15,29
		3.3.5. Arbustal / área intervenida	Aai	3263,30	11,59
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.2. Afloramientos rocosos	Ar	2089,52	7,42
		3.4.3. Tierras desnudas	Td	682,53	2,42
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.5. Cuerpos de agua artificiales	Caa	62,26	0,22
Total				28162,31	100,00

Elaboración propia

En la tabla 14 Observamos la superficie en hectáreas y porcentaje de las diferentes categorías en un nivel III del Distrito

Fig. 19: Distribución porcentual de cobertura año 2018



Fuente: Elaboración propia

g. Según el Fig. 19

El 0.94 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierta por Tejido urbano continuo (Tu =265.24 ha.)

El 2.07 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Tejido urbano discontinuo (Tud = 582.31 ha.)

El 2.43 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Áreas de extracción minera e hidrocarburos (Em = 683.27 ha.)

El 16.18 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierta por Pastos (Pa = 4557.96 ha.)

El 38.99 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Mosaico de pastos y cultivos (Mpc = 10979.12 ha.)

El 2.45 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Plantaciones forestales (Pf = 689.74 ha.)

El 15.29 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Herbazal (He = 4307.05 ha.)

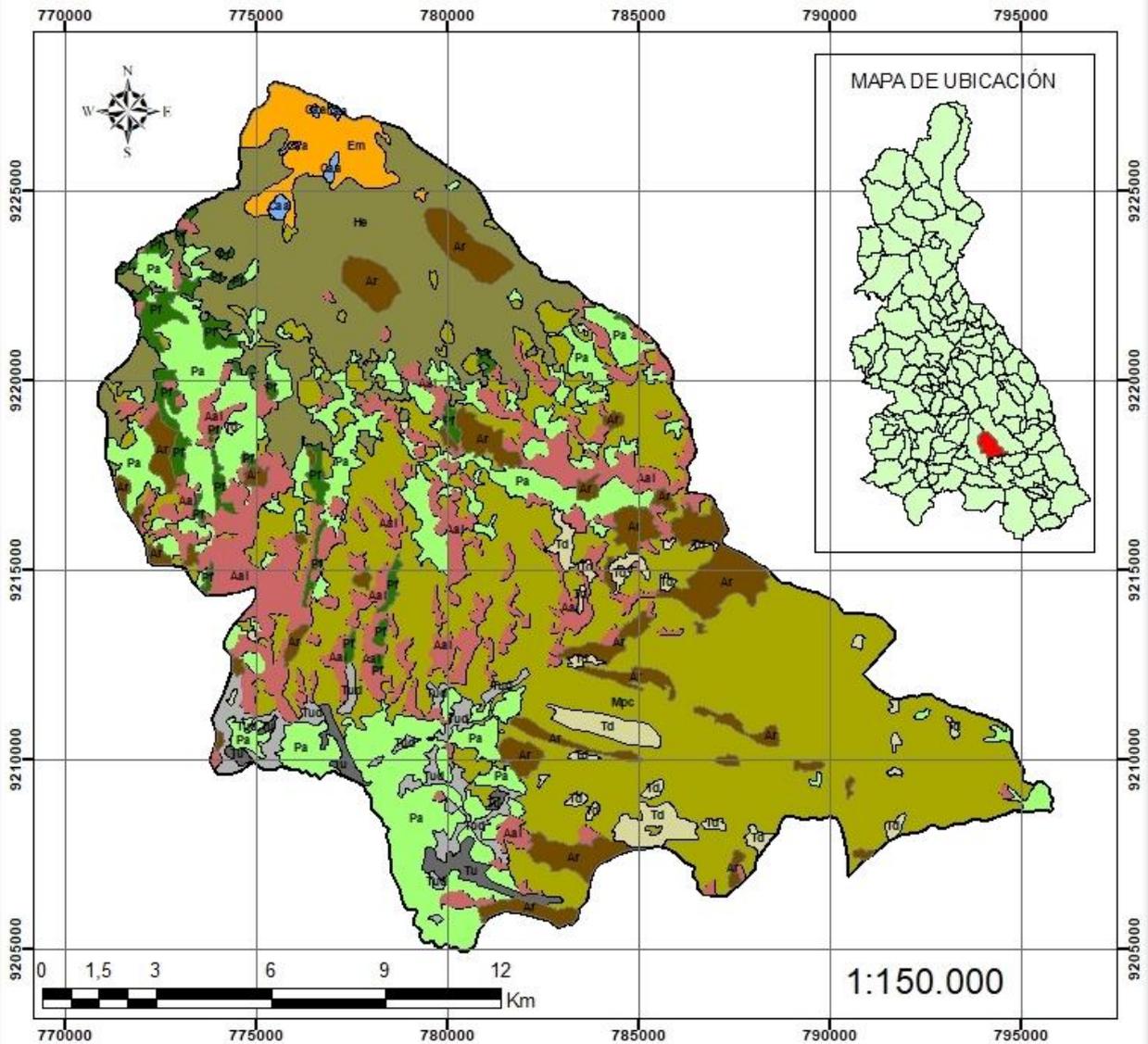
El 11.59 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Arbustal/ área intervenida (Aai = 3263.30 ha.)

El 7.42 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Afloramiento rocoso (Ar = 2089.52.13 ha.)

El 2.42 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por tierras desnudas (Td = 682.53 ha.)

El 0.22 % de la superficie de Los Baños del Inca está cubierto por Cuerpo de agua artificiales (Caa = 62.26 ha.) lagunas, Yanacocha, Quechillacocha, Chaupicocha, Parpampa, Ingacorral y reservorio San José.

MAPA DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO 2018



Código	Área ha	%
Tu	265,243381	0,94
Tud	582,306339	2,07
Em	683,273839	2,43
Pa	4557,96057	16,18
Mpc	10979,1175	38,99
Pf	689,74095	2,45
He	4307,05372	15,29
Aai	3263,30153	11,59
Ar	2089,52342	7,42
Td	682,530603	2,42
Caa	62,259068	0,22
total	28162,31	100,00

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ciencia Agrarias Escuela Profesional de Agronomía	
	MAPA DE CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO 2018	
PROYECCIÓN Y DATUM:		
Sistema de coordenadas proyectadas UTM		
Datum Horizontal: WGS1984		
Zona Huso Horario: 17 Sur		
Elaborado Por: John Yober Campos Herrera		
Escala numérica: 1: 150 000		

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

Para la evaluación del cambio y no cambio de cobertura del Distrito de Los Baños del Inca se evaluaron los polígonos de forma general y global entre cada periodo de evaluación: 1990 a 2018. A continuación, se muestra los resultados del análisis.

a. Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990 – 2018

En el periodo transcurrido se puede observar ganancias y pérdidas en las diferentes categorías las cuales serán descritas a continuación:

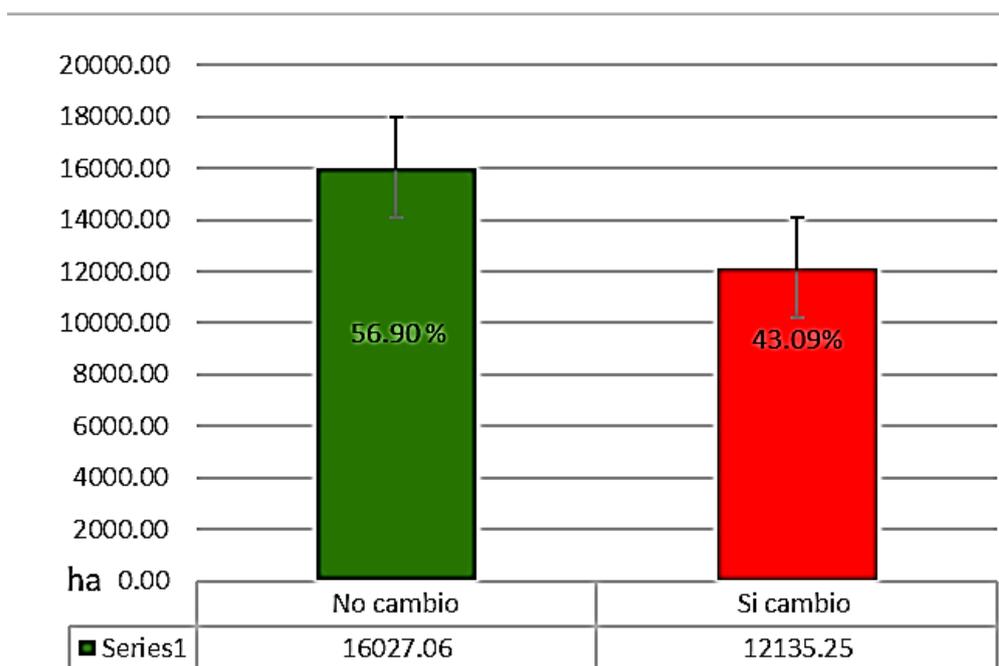
- El área de Tejido urbano (Tu) aumento en un 0.41% con un área de 115.98 ha.
- Tejido urbano discontinuo (Tud) aumento en un 2.07 % con un área de 582.31 ha.
- Las áreas de extracción minera e hidrocarburos (Em) aumentaron en 1.85% con un área de 520.39 ha.
- Las áreas de Pastos aumentaron en 5.82% con una extensión de 1637.95 ha.
- las áreas de Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) disminuyeron en un -2.63 % con una extensión de 740.03 ha.
- las áreas de plantaciones forestales amento en 1.31 % con una extensión de 367.81 ha.
- Las áreas de herbazal (He) disminuyeron en -10.73 % con un área de 3021.04 ha. las áreas de
- Las áreas Arbustal/área intervenida (Aai) aumento en 8.18 % con una extensión de 2303.01 ha.
- Los Afloramientos rocosos (Ar) aumentaron en 2.91%, con una área de 918.39 ha.
- Las áreas de Tierras desnudas (Td) disminuyeron en -9.34 %, con un área de 2630.27 ha.
- Las Lagunas, lagos y ciénagas naturales disminuyeron (LI) en 0.06 % con un área de 17.76 ha.
- Los Cuerpos de agua artificiales aumentaron en 0.22% con una rea de 62.26 ha.

Tabla 15: Perdida o ganancia de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990 -2018

Nivel III	Código	1990		2018		1990-2018	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1.1.1. Tejido urbano continuo	Tu	149,27	0,53	265,243	0,94	115,98	0,41
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	Tud			582,306	2,07	582,31	2,07
1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	Em	162,88	0,58	683,274	2,43	520,39	1,85
	Pa	2920,01	10,37	4557,96	16,18	1637,95	5,82
2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos	Mpc	11719,14	41,61	10979,1	38,99	-740,03	-2,63
3.2.1. Plantacion forestal	Pf	321,93	1,14	689,741	2,45	367,81	1,31
3.3.1. Herbazal	He	7328,10	26,02	4307,05	15,29	-3021,04	-10,73
3.3.5. Arbustal / área intervenida	Aai	960,29	3,41	3263,3	11,59	2303,01	8,18
3.4.2. Afloramientos rocosos	Ar	1270,13	4,51	2089,52	7,42	819,39	2,91
3.4.3. Tierras desnudas	Td	3312,80	11,76	682,531	2,42	-2630,27	-9,34
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	LI	17,76	0,06			-17,76	-0,06
5.1.5. Cuerpos de agua artificiales	Caa			62,2591	0,22	62,26	0,22
	total	28162,31	100,00	28162,31	100,00	0,00	0,00

Elaboración propia

Fig. 15 : Cambio y no cambio del uso de la tierra periodo 1990 – 2018



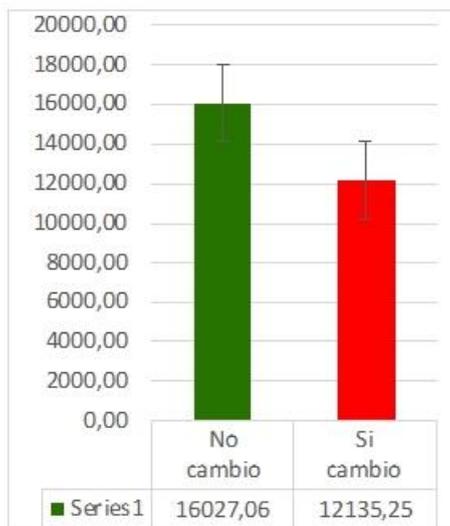
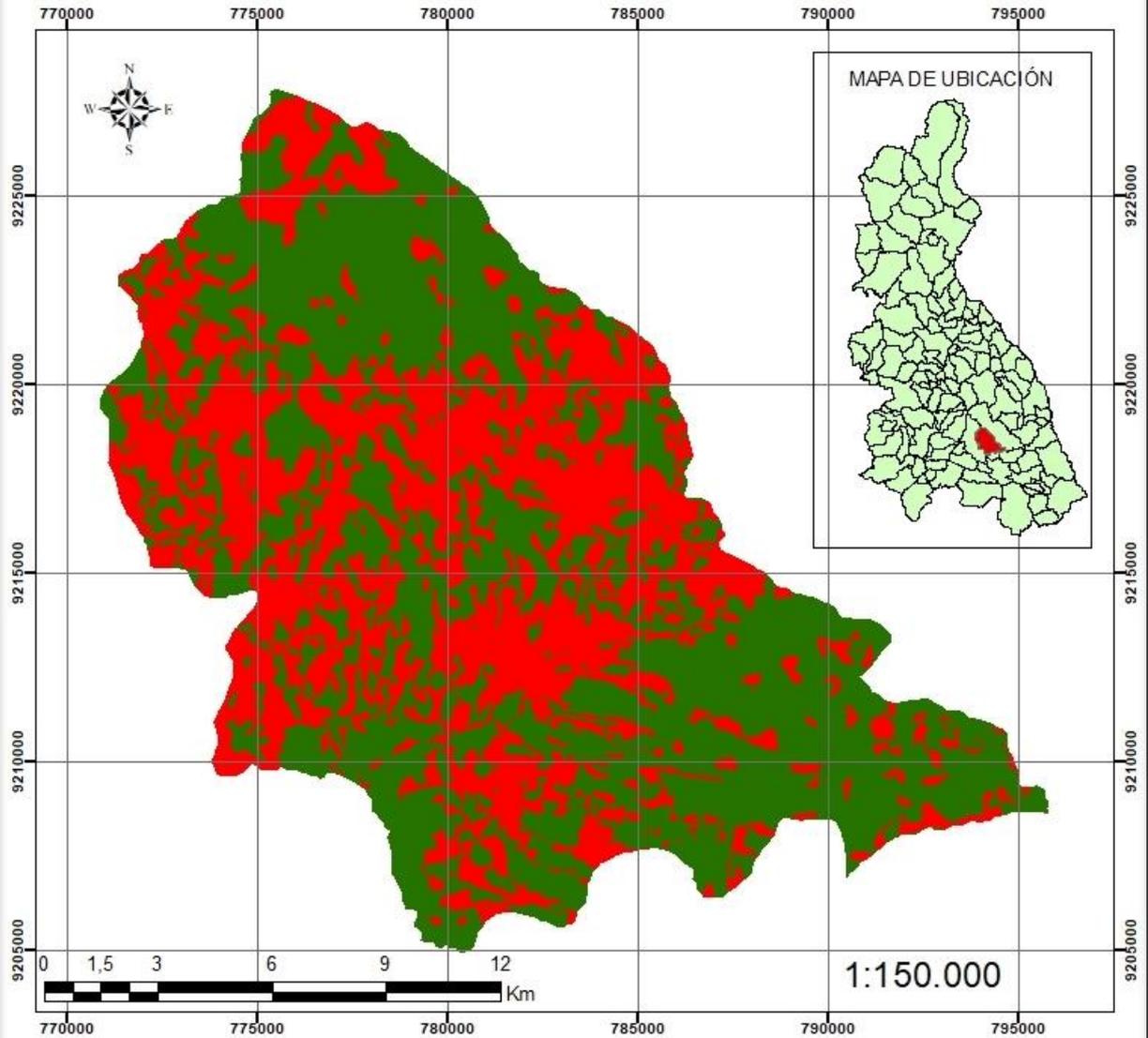
Elaboración propia

c. En Fig. 15

En el Distrito de los Baños del Inca se puede apreciar y cuantificar los cambios como **si cambio** en un 43.09 % con una extensión de 12135.25 ha lo cual está representado de color rojo en la gráfica.

Lo que representa el color verde es que **no cambio** el 56.90 % con una extensión de un área de 16027.06 ha, haciendo un total de la sumatoria de 28162.31 ha que es el total del área del Distrito de Los Baños del Inca.

MAPA DE CAMBIOS EN COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO 1990 - 2018



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Facultad de Ciencia Agrarias Escuela Profesional de Agronomía	
MAPA DE CAMBIOS EN COBERTURA Y USO DE LA TIERRA AÑO 1990 - 2018		
PROYECCIÓN Y DATUM:		
Sistema de coordenadas proyectadas UTM		
Datum Horizontal: WGS1984		
Zona Huso Horario: 17 Sur		
Elaborado Por: John Yober Campos Herrera		
Escala numérica: 1:150 000		

4.3.1 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 el 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:

4.3.2 Cambios de cobertura del periodo 1990 - 2018.

Los principales cambios de cobertura en el Distrito de Los Baños del Inca

- La categoría de Área de extracción minera e Hidrocarburos (Em) fue reemplazada por Herbazal (he) con un área de 4.45 ha, Cuerpos de agua artificiales (Caa) con un área de 10.36 ha.

- La categoría de Pastos (Pa) fue reemplazada por Tejido urbano (Tu) con una área de 133.60 Ha, Tejido urbano discontinuo (Tud) con un área de 322.96 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 150.02 ha, Plantaciones forestales (Pf) con un área de 35.45 ha, Herbazal (He) con un área de 13.67 ha, Arbustal / área intervenida (Aai) con un área de 149.45 ha, Afloramiento rocoso en 5.92ha.

- La categoría de Mosaico de pastos y cultivos(Mpc) fue reemplazado por Pastos(Pa) con un área de 1164.78 ha, Tejido urbano (Tu) con un área de 39.08 ha, Tejido urbano discontinuo (Tud) con u área de 149.22 ha, Plantaciones forestales (Pf) con un área de 63.71 ha, Herbazal (He) con un área de 14.22 ha, Arbustal / área intervenida (Aai) con un área de 1696.58 ha, Afloramiento rocoso (Ar) con un área de 603.38 ha, Tierras desnudas (Td) con un área de 182.1 ha.

- La categoría de Plantaciones forestales (Pf) fue reemplazado por Pastos en 43.53 ha, tejido urbano discontinuo (Tud) con 3.10 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con 20.14 ha, Herbazal (he) con 40.06 ha, Arbustal / área intervenida (Aai) con 502.55 ha, Afloramiento rocoso (Ar) con 23.73 ha.

- La categoría de herbazal (He) fue reemplazado por Pastos en 967.79 ha, Área de extracción minera (Em) con 387.98 ha, Plantaciones forestales (Pf) con un área de 314.24 ha, Arbustal / área intervenida (Aai) con un área de 502.55 ha, Afloramiento rocoso (Ar) con un área de 198.14 ha, Tierras desnudas (Td) con un área de 3.16 ha y con Cuerpos de agua artificiales (Caa) con un área de 43.31 ha.
- La categoría de Arbustal / área intervenida (Aai) fue reemplazado por Pastos(Pa) con un área de 19.05 ha, Tejido urbano discontinuo (Tud) con u área de 0.33 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 70.23 ha, Plantaciones forestales (Pf) con un área de 112.59 ha, Herbazal (He) con un área de 8.07 ha, Afloramiento rocoso (Ar) con un área de 352.94 ha, Tierras desnudas (Td) con un área de 4.19 ha.
- La categoría de Afloramiento rocoso (Ar) fue reemplazado por Pastos(Pa) con un área de 6.38 ha, Tejido urbano (Tu) con u área de 0.87 ha, Área de extracción minera (Em) con 174.71 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 246.70ha, Herbazal (He) con un área de 98.15ha, Arbustal / área intervenida (Aai) con un área de 66.62 ha, Tierras desnudas (Td) con un área de 12.71 ha y Cuerpos de agua artificial (Caa) con un área de 0.17 Ha
- La categoría de Tierras desnudas(Td) fue reemplazado por Pastos(Pa) con un área de 236.28 ha, Tejido urbano (Tu) con u área de 8.38 ha Tejido urbano discontinuo (Tud) con u área de 70.38 ha, Mosaico de pastos y cultivos (Mpc) con un área de 1890.07 ha, Plantaciones forestales (Pf) con un área de 4.08 ha, Herbazal (He) con un área de 1.28 ha, Arbustal / área intervenida (Aai) con un área de 417.53 ha y Afloramiento rocoso (Ar) con un área de 219.01 ha.
- La categoría Cuerpos de agua artificiales (Caa) fue reemplazado por Área de extracción minera (Em) con 2.32 ha, Herbazal (He) con un área de 6.78 ha y con Cuerpos de agua artificiales (Caa) con un área de 8.75 ha.

- En conclusión las categorías que ganaron áreas son: Tejido urbano gano 115.98 ha, Tejido urbano discontinuo gano 582.31 ha, Áreas de extracción minera e hidrocarburos gano 520.39 ha, Pastos gano 1637.95 ha, Plantaciones forestales gano 367.81 ha, Arbustal / área intervenida 2303.01 ha, afloramiento rocoso 819.39 ha, Cuerpos de agua artificiales gano 62.26 ha y las categorías que perdieron área son Mosaico de pastos y cultivos perdio 740.06 ha, herbazal perdió 3021.04 ha, Tierras desnudas perdió 2630.27 ha, Cuerpos de agua naturales perdió 17.76 ha.

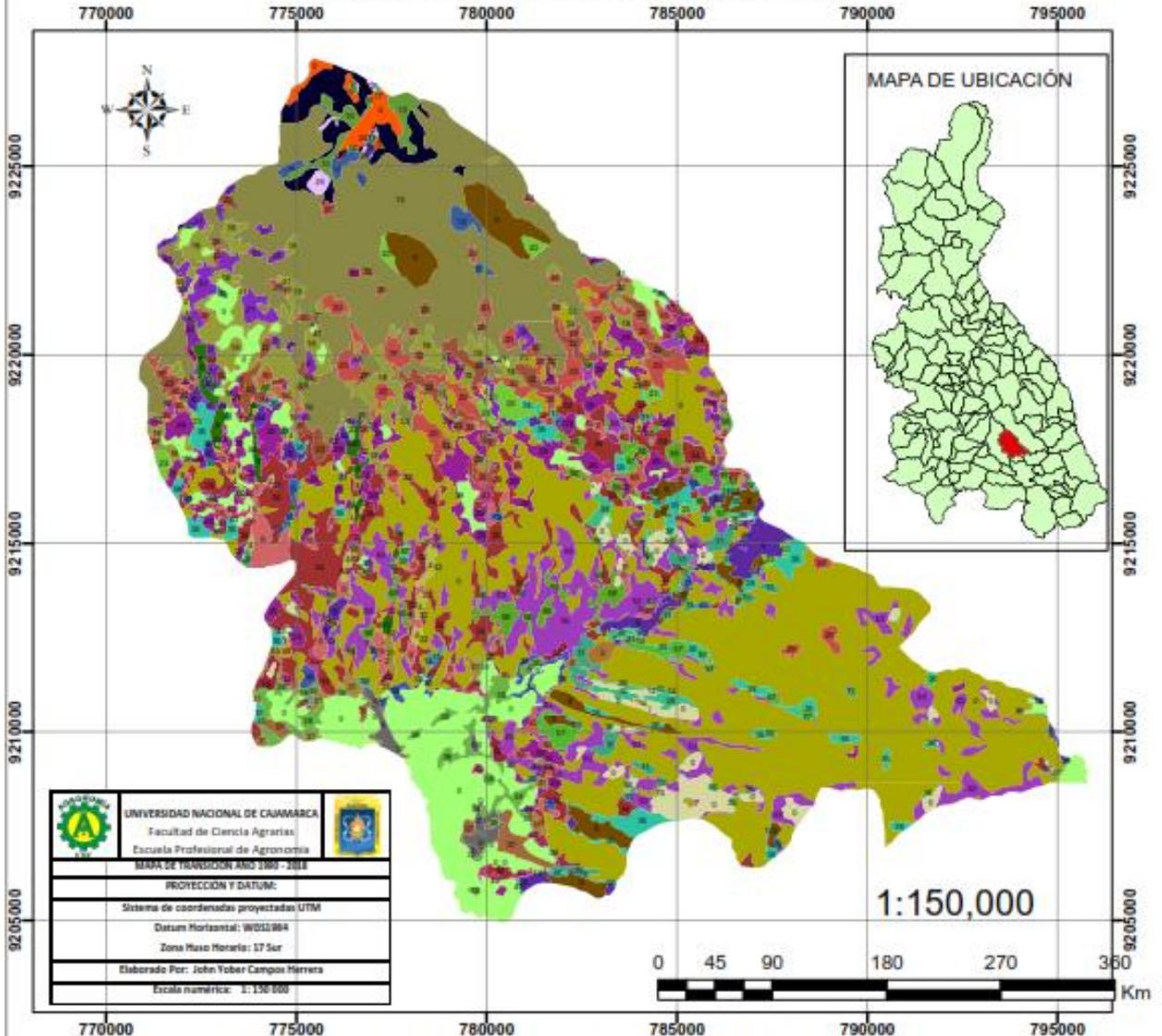
Tabla 16: Transición de la cobertura y uso de la tierra, periodo 1990 – 2018.

Cambios	Símbolo	Color	Símbolo	Color	Símbolo	Color	Área (ha)	%
SI CAMBIO	Em		He		Em-He		4,45	0,016
			Caa		Em-Caa		10,36	0,037
	Pa		Tu		Pa-Tu		133,60	0,474
			Tud		Pa-Tud		322,96	1,147
			Mpc		Pa-Mpc		150,02	0,533
			Pf		Pa-Pf		35,45	0,126
			He		Pa-He		13,67	0,049
			Aai		Pa-Aai		149,45	0,531
			Ar		Pa-Ar		5,92	0,021
	Mpc		Pa		Mpc-Pa		1164,78	4,136
			Tu		Mpc-Tu		39,08	0,139
			Tud		Mpc-Tud		149,22	0,530
			Pf		Mpc-Pf		63,71	0,226
			He		Mpc-He		14,22	0,051
			Aai		Mpc-Aai		1696,58	6,024
			Ar		Mpc-Ar		603,38	2,142
			Td		Mpc-Td		182,51	0,648
	Pf		Pa		Pf-Pa		43,53	0,155
			Tud		Pf-Tud		3,10	0,011
			Mpc		Pf-Mpc		2,14	0,008
			He		Pf-He		40,06	0,142
			Aai		Pf-Aai		47,72	0,169
			Ar		Pf-Ar		23,73	0,084
	He		Pa		He-Pa		967,79	3,436
			Em		He-Em		387,98	1,378
			Mpc		He-Mpc		806,83	2,865
			Pf		He-Pf		314,24	1,116
Aai				He-Aai		502,55	1,784	

SI CAMBIO		Ar	He-Ar	198,14	0,704			
		Td	He-Td	3,16	0,011			
		Caa	He-Caa	43,31	0,154			
	Aai		Pa	Aai-Pa	19,05	0,068		
			Tud	Aai-Tud	0,33	0,001		
			Mpc	Aai-Mpc	70,23	0,249		
			Pf	Aai-Pf	112,59	0,400		
			He	Aai-He	8,07	0,029		
			Ar	Aai-Ar	352,94	1,253		
			Td	Aai-Td	4,19	0,015		
			Ar		Pa	Ar-Pa	6,38	0,023
					Tu	Ar-Tu	0,87	0,003
	Em	Ar-Em			147,71	0,524		
	Mpc	Ar-Mpc			246,70	0,876		
	He	Ar-He			98,15	0,349		
	Aai	Ar-Aai			66,62	0,237		
	Td	Ar-Td			12,71	0,045		
	Caa	Ar-Caa			0,17	0,001		
	Td		Pa	Td-Pa	236,28	0,839		
			Tu	Td-Tu	8,38	0,030		
			Tud	Td-Tud	70,38	0,250		
			Mpc	Td-Mpc	1890,07	6,711		
			Pf	Td-Pf	4,08	0,014		
			He	Td-He	1,28	0,005		
			Aai	Td-Aai	417,53	1,483		
			Ar	Td-Ar	219,01	0,778		
	LI		Em	LI-Em	2,32	0,008		
			He	LI-He	6,78	0,024		
			Caa	LI-Caa	8,75	0,031		
						0,000		
	NO CAMBIO	Aai	Aai	Aai-Aai	395,91	1,406		
		Ar	Ar	Ar-Ar	693,93	2,464		
		Em	Em	Em-Em	148,14	0,526		
He		He	He-He	4121,36	14,634			
Mpc		Mpc	Mpc-Mpc	7826,62	27,791			
Pa		Pa	Pa-Pa	2113,28	7,504			
Pf		Pf	Pf-Pf	162,50	0,577			
Td		Td	Td-Td	481,04	1,708			
Tu		Tu	Tu-Tu	84,27	0,299			
Total				28162,31	100,000			

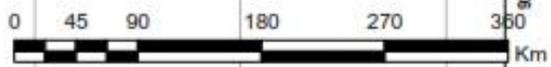
Elaboración propia

MAPA DE TRANSICIÓN AÑO 1990 - 2018




UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAIMARCA
 Facultad de Ciencia Agrarias
 Escuela Profesional de Agronomía
 MAPA DE TRANSICIÓN AÑO 1990 - 2018

PROYECCION Y DATUM:
 Sistema de coordenadas proyectadas UTM
 Datum Horizontal: WGS1984
 Zona Hacia Meridiano: 17 Sur
 Elaborado Por: John Yober Campos Herrera
 Escala numérica: 1:150.000



Cambios	Símbolo	Color	Símbolo	Color	Símbolo	Color	Área Ha	%	Cambios	Símbolo	Color	Símbolo	Color	Símbolo	Color	Área Ha	%	
S I C A M B I O	Em	Pa	Em-Pa	Pa-Em	Em-Pa	Pa-Em	4.42	0.023	S I C A M B I O	Ar	Pa	Ar-Pa	Pa-Ar	Ar-Pa	Pa-Ar	8.38	0.046	
			Em-Cas	Cas-Em	Em-Cas	Cas-Em	20.73	0.107				Ar-Cas	Cas-Ar	Ar-Cas	Cas-Ar	0.39	0.002	
			Em-Tu	Tu-Em	Em-Tu	Tu-Em	233.85	1.214				Ar-Em	Em-Ar	Ar-Em	Em-Ar	147.77	0.821	
			Em-Tuad	Tuad-Em	Em-Tuad	Tuad-Em	502.98	2.612				Ar-Mac	Mac-Ar	Ar-Mac	Mac-Ar	246.70	1.358	
			Em-Mac	Mac-Em	Em-Mac	Mac-Em	558.15	2.930				Ar-He	He-Ar	Ar-He	He-Ar	88.10	0.471	
			Em-Pl	Pl-Em	Em-Pl	Pl-Em	91.47	0.481				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	89.60	0.480	
	S I C A M B I O	Pa	Mpc	Pa-He	He-Pa	Pa-He	He-Pa	13.83	0.073	C A M B I O	Tu	Pa	Tu-Pa	Pa-Tu	Tu-Pa	Pa-Tu	299.20	1.629
				Pa-Kal	Kal-Pa	Pa-Kal	Kal-Pa	240.47	1.275				Pa-He	He-Pa	Pa-He	He-Pa	0.12	0.001
				Pa-Pl	Pl-Pa	Pa-Pl	Pl-Pa	3.87	0.021				Pa-Tu	Tu-Pa	Pa-Tu	Tu-Pa	299.20	1.629
				Pa-Mpc	Mpc-Pa	Pa-Mpc	Mpc-Pa	1284.26	6.788				Pa-Pl	Pl-Pa	Pa-Pl	Pl-Pa	8.50	0.045
				Pa-Tu	Tu-Pa	Pa-Tu	Tu-Pa	76.70	0.414				Pa-Mac	Mac-Pa	Pa-Mac	Mac-Pa	70.70	0.380
				Pa-Mac	Mac-Pa	Pa-Mac	Mac-Pa	240.23	1.274				Pa-Mpc	Mpc-Pa	Pa-Mpc	Mpc-Pa	100.13	0.537
S I C A M B I O		Mpc	Pl	Mpc-Pl	Pl-Mpc	Mpc-Pl	Pl-Mpc	63.72	0.340	N O C A M B I O	Ar	Pl	Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.08	0.022
				Mpc-He	He-Mpc	Mpc-He	He-Mpc	24.22	0.128				Ar-He	He-Ar	Ar-He	He-Ar	1.30	0.007
				Mpc-Kal	Kal-Mpc	Mpc-Kal	Kal-Mpc	1686.10	8.988				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	407.12	2.202
				Mpc-Pl	Pl-Mpc	Mpc-Pl	Pl-Mpc	693.30	3.707				Ar-Tu	Tu-Ar	Ar-Tu	Tu-Ar	202.87	1.097
				Mpc-Tu	Tu-Mpc	Mpc-Tu	Tu-Mpc	281.31	1.510				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	2.50	0.013
				Mpc-Pl	Pl-Mpc	Mpc-Pl	Pl-Mpc	43.31	0.232				Ar-He	He-Ar	Ar-He	He-Ar	6.76	0.036
	S I C A M B I O	Pl	He	Pl-He	He-Pl	Pl-He	He-Pl	3.22	0.017	C A M B I O	Ar	Pl	Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	297.87	1.629
				Pl-Mac	Mac-Pl	Pl-Mac	Mac-Pl	2.22	0.012				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	297.87	1.629
				Pl-Kal	Kal-Pl	Pl-Kal	Kal-Pl	47.20	0.250				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	148.20	0.792
				Pl-Pl	Pl-Pl	Pl-Pl	Pl-Pl	21.72	0.115				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	421.10	2.212
				Pl-He	He-Pl	Pl-He	He-Pl	307.80	1.631				Ar-Mac	Mac-Ar	Ar-Mac	Mac-Ar	7026.60	46.834
				Pl-Mpc	Mpc-Pl	Pl-Mpc	Mpc-Pl	883.30	4.734				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	2117.20	11.287
S I C A M B I O		He	Kal	He-Kal	Kal-He	He-Kal	Kal-He	324.24	1.741	S I C A M B I O	Ar	Pl	Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	184.50	1.024
				He-Pl	Pl-He	He-Pl	Pl-He	309.20	1.642				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	281.60	1.509
				He-Tu	Tu-He	He-Tu	Tu-He	1.10	0.006				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	84.20	0.452
				He-Kal	Kal-He	He-Kal	Kal-He	43.31	0.230				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	84.20	0.452
				He-Pl	Pl-He	He-Pl	Pl-He	20.00	0.107				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	281.60	1.509
				He-Mac	Mac-He	He-Mac	Mac-He	66.20	0.351				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	84.20	0.452
	Ar	Pl	Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	303.24	1.615	S I C A M B I O	Ar	Pl	Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021	
			Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021	
			Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021	
			Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021	
			Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021	
			Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021				Ar-Pl	Pl-Ar	Ar-Pl	Pl-Ar	4.00	0.021	
Total																		
3861.00 24.22%																		

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se lograron determinar diferentes tipos de cobertura y usos del suelo y cuantificar y cualificar en el Distrito de Los Baños del Inca, a través de la fotointerpretación de las imágenes satelitales LANSATD para los años 1990 y 2018, mediante el sistema de clasificación CORINE LAND COVER (CLC) determinado por el MINAN. Según esta clasificación se clasificó 12 categorías de nivel III: Tejido urbano continuo (Tu), Tejido urbano discontinuo (Tud), Áreas de extracción de minería e hidrocarburos (EM), Pastos (Pa), Mosaico de pastos y cultivos (Mpc), Plantación forestal (Pf), Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo”, Herbazal (He)”, Arbustal / área intervenida (Aai), Afloramientos rocosos(Ar), Tierras desnudas (Td), Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes (LI) y Cuerpos de agua artificiales (Caa).
- Se generó los mapas temáticos con el algoritmo de máxima verosimilitud de cobertura y uso del suelo para el año 1990 y año 2018, además el mapa de cambios de cobertura y uso del suelo encontró 57 tipos de cambios por cobertura, siendo los más resaltantes: Mosaico de pastos y cultivos a pastos, Mosaico de pastos y cultivos a Arbustal / área intervenida. Herbazal a Mosaico de pastos y cultivos y el mayoritario que es de tierras desnudas a Mosaico de pastos y cultivos.
- El mapa de Cobertura Vegetal y Usos del suelo, es semidetallado, en el cual se presenta las distintas unidades de cobertura vegetal y de usos del suelo utilizando la clasificación de la utilizando la metodología Corine Land Cover. (los mapas de esta tesis están impresos en 1:150000 escala grande)
- El 43.09 % del Distrito de Los Baños del Inca tuvieron un cambio ya que se encuentra muy cercano a la gran ciudad de Cajamarca lo que conlleva al crecimiento urbano y la modificación constante de las diferentes categorías.

5.2 RECOMENDACIONES

- Formular alternativas de uso del territorio, a fin de evitar pérdidas de biodiversidad de flora y fauna en tiempo
- La minería tiene alternativas en las tierras de protección, pero ésta debe ser con responsabilidad ambiental, llevando a cabo programas de fitorremediación y/o revegetación, de preferencia con especies nativas que prosperen en estas condiciones climáticas las cuales pertenecían antes de su destrucción.
- Es necesario la implementación de prácticas de manejo e inventariado de la biodiversidad existente.
- Tener en cuenta los resultados y ciertas consideraciones del presente estudio, para efectos de la Zonificación Ecológica, Económica y Ordenamiento Territorial de la Región Cajamarca.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Ariza, A. 2013. Descripción y corrección de productos Landsat 8. Bogotá. Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) .46 p. Consultado 4 may. 2018. Disponible en <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- Alcántara Boñón, G. 2014. Estudio especializado: Análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra. Cajamarca: Gobierno Regional Cajamarca. Cajamarca. Perú. 255 p.
- Amna, B; Sheikh, S. 2015. Uso de la tierra mapeo de cambio y el análisis mediante teledetección y SIG: Un estudio de caso de la cuenca Simly, Islamabad, Pakistán. 70 p. Consultado 10 jun. 2018. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110982315000332>
- Alonso, F. 2005. Sistema de Información Geográfica. Murcia, España. 239p. Consultado 4 may. 2018. Disponible en <http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- APN – SIB (Administración de Parques Nacionales - Sistema de Información de Biodiversidad). 2005. Protocolo para el pre procesamiento de imágenes satelitales Landsat para aplicaciones de la administración de parques nacionales. Buenos Aires – Argentina. (En línea). Consultad el 12 de jun. 2018. Disponible en https://sib.gob.ar/archivos/Protocolo_img_Landsat.pdf
- Camacho, J; Juan, J; Pineda, N; Cadena, E; Bravo, L; Sánchez, M. 2015. Cambios de Cobertura/Usos del Suelo en una Porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. México. Consultado el 12 jun. 2018 (en línea). Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000100008

- Cerda, J. Villarroel, L. 2008. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica. Coeficiente de Kappa. Scielo, 54-58p. Bense, T. 2007. Teledet. 1 p. Consultado 10 de jun. 2018. Disponible en <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/imagenes-satelitales-tutorial.htm>
- Chuvieco, E. 1995. Fundamentos de Teledetección espacial. 2da edición Madrid España. Editorial Rialp S.A. 457 p. En línea). Consultad el 12 de jun. 2018. Disponible en <https://es.slideshare.net/noldinn/fundamentos-deteledeteccionemiliochuvieco>
- Chuvieco, E. 2002. Teledetección Ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona España: Editorial Ariel S.A. 586 p. Consultado 9 de jun. 2018. Disponible en <http://entornogeografico.com/index.php/EntornoGeografico/article/view/27/28>
- Dalence, S.; J. GUTIERREZ; G. GUZMAN & G. SEGOVIA. 1999. Levantamiento semidetallado de suelos en el valle alto. Zona Punata –Arani. Informe de trabajo de campo. CLAS. Cochabamba-Bolivia. 56 p.
- Di Gregorio, A. Jansen, L. 2000. Sistema de clasificación de cubierta terrestre (LCCS): conceptos de clasificación y manual del usuario. Servicio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Roma 2002 179 p. Consultado 15 de may. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/X0596e01.htm#TopOfPage>
- Fernández Coppel, I. 2001. El Satélite LANDSAT. Análisis Visual de Imágenes Obtenidas del Sensor ETM+ Satélite LANDSAT. Universidad de Valladolid, España. 37p. Consultado 15 de may. 2018. disponible en <http://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>

- Guerrero, J. 2011. Combinación de Bandas Landsat con ERDAS (en línea). Consultado 15 de may. 2018. Disponible en <https://joseguerreroa.wordpress.com/2011/08/30/2404/>
- Ibáñez, N; Damman, G. 2014. Cambios de la cobertura de los suelos para la elaboración de escenarios territoriales en la región Apurímac (en línea). Apurímac, Perú. Consultado 14 may. 2018. Disponible en <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rza/article/viewFile/108/107>
- Lambin, EF, Turner, BL, Geist, HJ, Agbola, SB, Angelsen, A., Bruce, JW, Xu, J. (2001). Las causas del uso de la tierra y el cambio de la cubierta vegetal: ir más allá de los mitos. *Global Environmental Change*, 11 Consultado el 8 may. 2018. Disponible en: <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/the-causes-of-land-use-and-land-cover-change-moving-beyond-the-my>
- López, E; Bocco, G; Mendoza; M. 2000. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. México (en línea). Consultado el 8 may. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n45/n45a5.pdf>
- Malleux Jorge. 2000. Evaluación integral de los recursos forestales. Universidad Nacional Agraria la Molina- UNALM. Perú. 98 p.
- Martínez, J; Diaz, A. 2005. Percepción Remota. Fundamentos de la Teledetección Espacial (en línea). Pg 62 México. Consultado 5 may. 2018. Disponible en <http://siga.cna.gob.mx/SIGA/Percepcion/Fundamentos%20de%20teledetecci%C3%B3n%20espacial.PDF>
- Mello y Camacho.2005. Metodología Corine Land Cover. Colombia. Ideam. 4p. Consultado 5 May.2018. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>
- 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 10 may. 2018. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp->

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

- Nazareno Orradre, M. 2014. Métodos de clasificación de imágenes satelitales para la determinación de usos del suelo agrícola en el partido de Tandil. Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Consultado 10 may. 2018. Disponible en <http://www.formagro.com/recursos/descargas/Metodos-de-clasificacion-digital-de-imagenes-satelitales-para-clasificacion-de-uso-de-suelos.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.
- Ortiz, E. 2001. Sistemas de Información Geográfica. In: Informe de Proyecto: Aplicación de los sistemas de información geográfica al manejo de recursos naturales (ASIGMARN). Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, CR. 34-37p.
- Orozco, L y Brumér, C. 2002. Inventario forestal para bosques Latifolia dos en América Central. Costa Rica. Cosude. 263 p Consultado 10 may. 2018. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=_JjZgHmxn5cC&pg=PA79&lpg=PA79&dq=Inventario+forestal+para+bosques+Latifoliados+en+Am%C3%A9rica+Central&source=bl&ots=LHmNwkdPNH&sig=eksWIYGooiljX-QxsgwqESQK6vM&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjao7-t5e3bAhVQt1MKHVRWD-4Q6AEISjAG#v=onepage&q=Inventario%20forestal%20para%20bosques%20Latifoliados%20en%20Am%C3%A9rica%20Central&f=false
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1995). Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. Italia. 219 p.

- Olaya, V. 2011. Sistemas de Información Geográfica. España: Sextante publicaciones. 911 p. Consultado 10 may. 2018. Disponible en ftp://ftp.asturias.es/iaap/formacion/cursos/cartografia_digital_II/documentos/Libro%20GIS.pdf

- Pérez Gomes, U. 1997. Principios de los sistemas de información geográfica y su aplicación dentro de la planificación y manejo ambiental de las cuencas hidrográficas. Planificación y manejo ambiental de cuencas hidrográficas. Universidad de Tolima. Ibagué, CO. 109 p. Consultado 5 may. 2018. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=025156>

- Pérez, C. Muñoz, A L. 2006. Teledetección: nociones y aplicaciones. España: Universidad de Salamanca. 360 p. Consultado 5 may. 2018. Disponible en <https://mundocartogeo.files.wordpress.com/2015/03/teledeteccion-nocionesaplicaciones-2006publico.pdf>

- Richters, E J. 1995. Manejo del Uso de la Tierra en América Central: hacia el aprovechamiento Sostenible del recurso tierra. San José. Costa Rica. ed IICA. 434p. Consultado 5 may. 2018. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=jP8zb7CICMUC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=1995.+Manejo+del+Uso+de+la+Tierra+en+Am%C3%A9rica+Central&source=bl&ots=nXQbZyJogt&sig=NBL-6qDrOtaY2-YL1mIJMP28NHc&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjh8tiwoe_bAhWB2IMKHV8_DMoQ6AEILzAD#v=onepage&q=1995.%20Manejo%20del%20Uso%20de%20la%20Tierra%20en%20Am%C3%A9rica%20Central&f=false

- Rodríguez Eraso, N. 2011. Deforestación y cambio en la cobertura del suelo en colombia: dinámica espacial, Factores de cambio y modelamiento. Colombia. Creaf.127 p. Consultado 20 may. 2018. Disponible en https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2011/hdl_10803_84004/nre1de1.pdf

- SRGIS – Sensores Remotos y Gis. Guía Básica sobre Imágenes Satelitales y sus Productos. SRGIS (SENSORES REMOTOS GIS).. Guía básica sobre Imágenes Satelitales y sus Productos (en línea). Consultado 20 may. 2018. Disponible en <http://www.cartografia.cl/download/srgis.pdf>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2012). Suelos. Consultado 10 Jun.2018 Disponible en http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf
- Saldaña, M. 2015. Tesis. Determinación del Cambio de Cobertura Vegetal en el Área de conservación Municipal “Bosques de Huamantanga”, Utilizando Imágenes de Satélite. Jaén, Perú. 12p.
- Vásquez Jara, R. Adriana Palma, P. Regal Gastelumendi, F. 2015. Nota Metodológica del sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS). Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 66 p.
- Valencia, G. Anaya, J. 2009. Implementación de la metodología Corine Land Cover con imágenes Ikonos. Colombia. Revista Ingenierías Universidades de Medellín. 14 p. Consultado 26 May. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15/v8n15a04.pdf>
- Zorogastúa, P; Quiroz, R; Garatuza, J. 2011. Evaluación de Cambios en la Cobertura y Uso de la Tierra con Imágenes de Satélite en Piura – Perú (en línea). Consultado el 14 jun. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v10n1/a02v10n1>
<https://es.wikipedia.org/wiki/Landsat>

ANEXOS

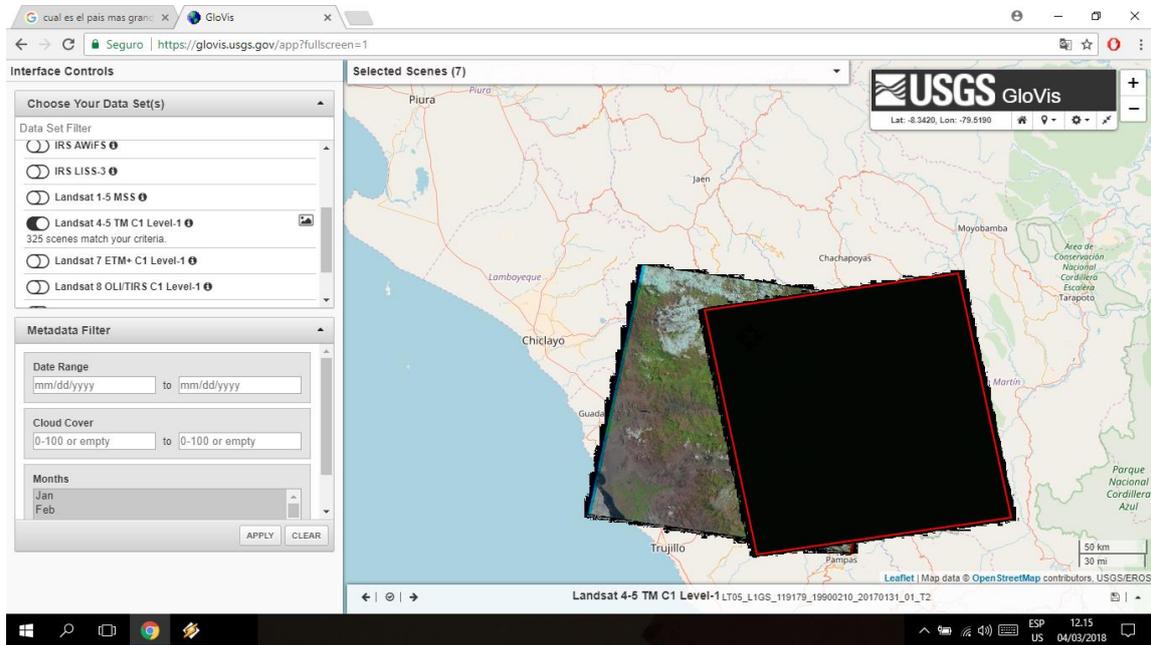


Fig.23: Descargando las imágenes satelitales Landsat

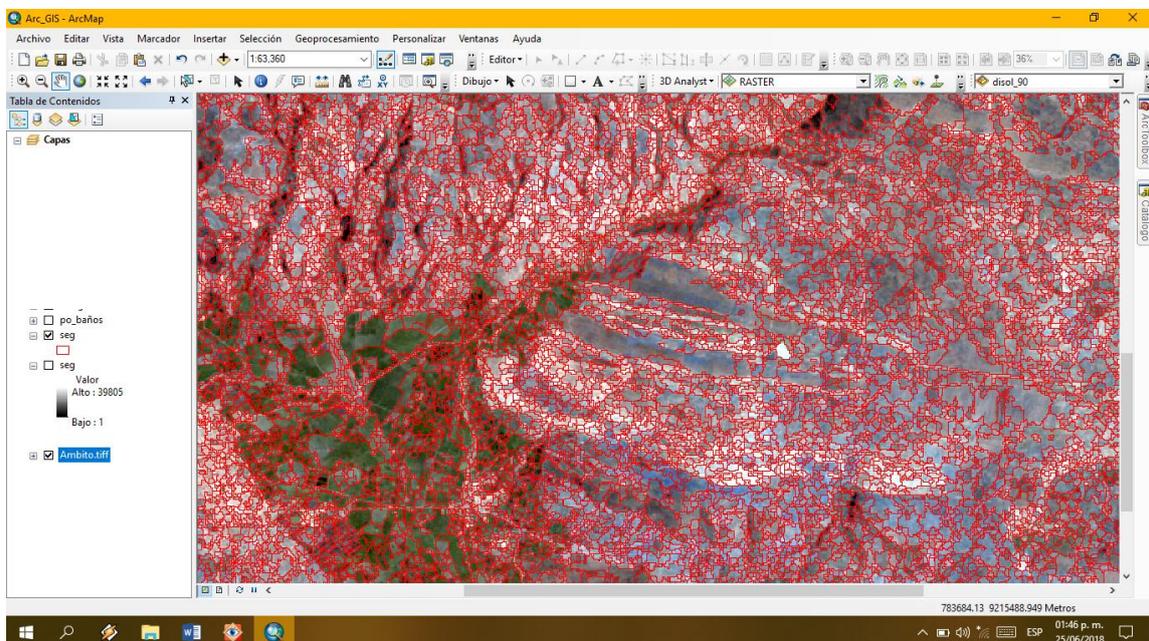


Fig. 24: Segmentación con el Software

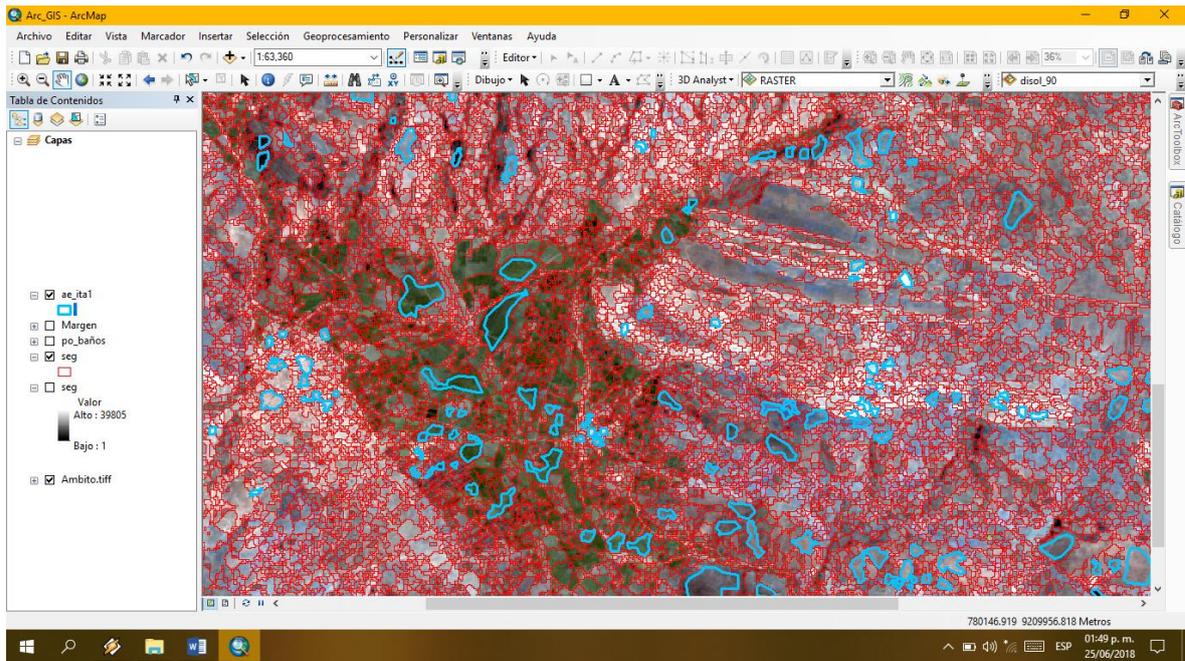


Fig.25: Áreas de entrenamiento con Software ArcGIS 10.4.1

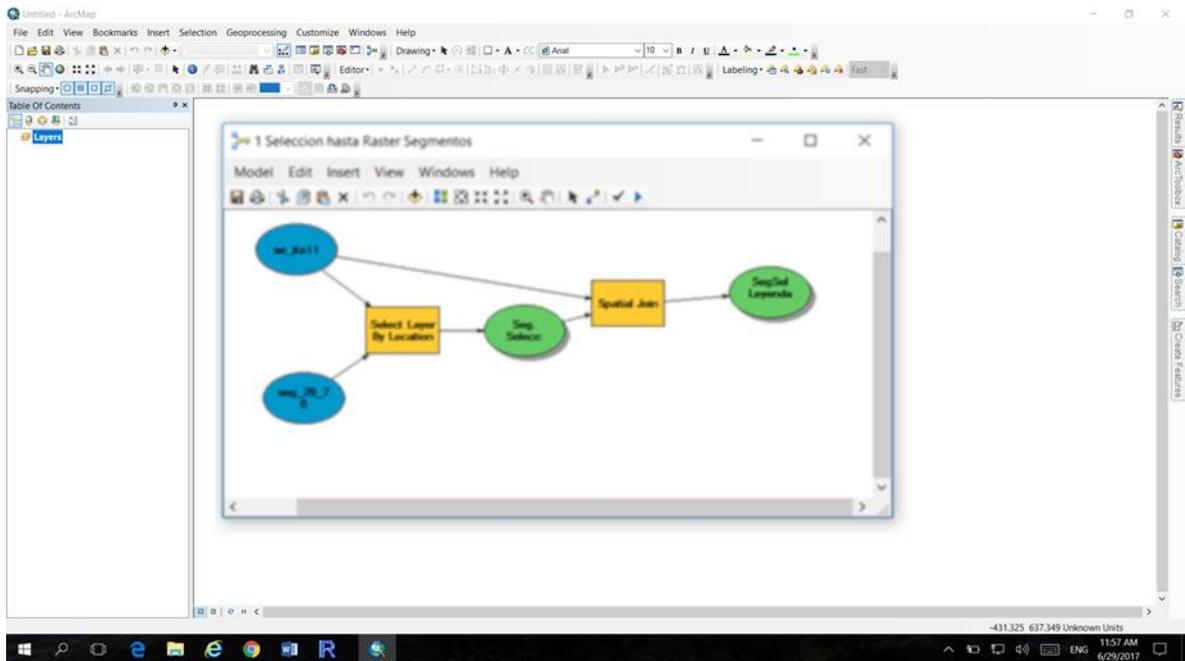


Fig.26 Aplicación de ModelBuilder para generar la información complementaria.

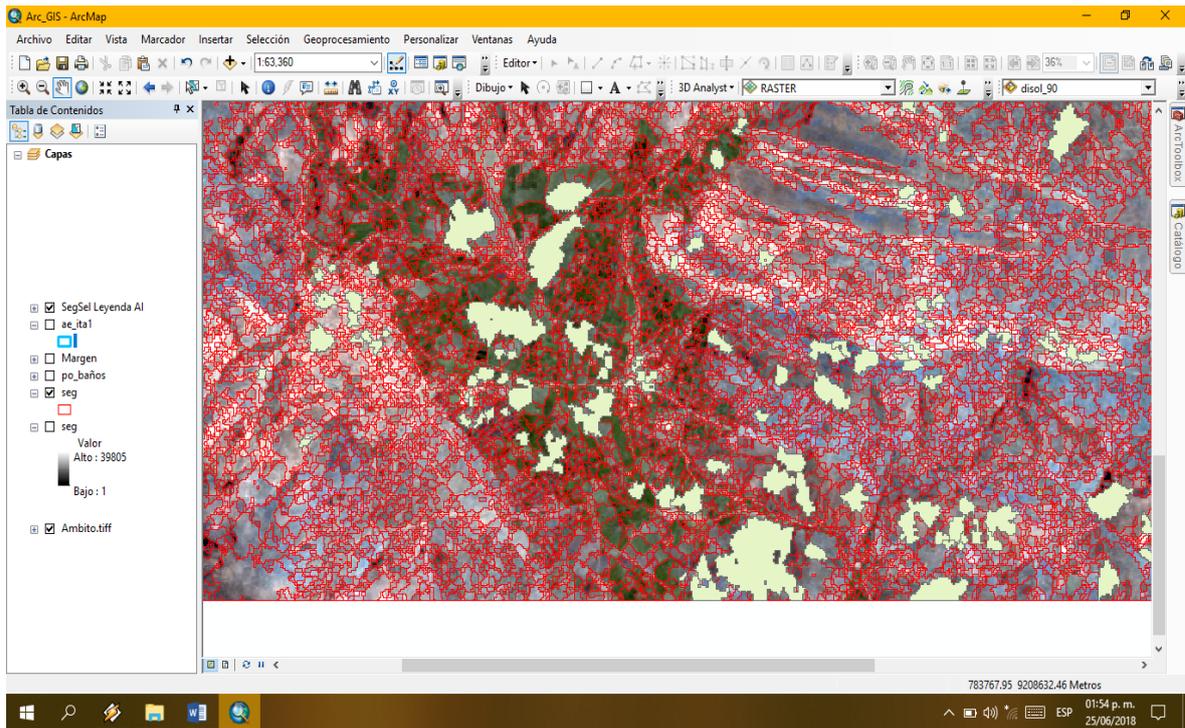


Fig.27 Resultados de la ejecución del ModelBuilder.

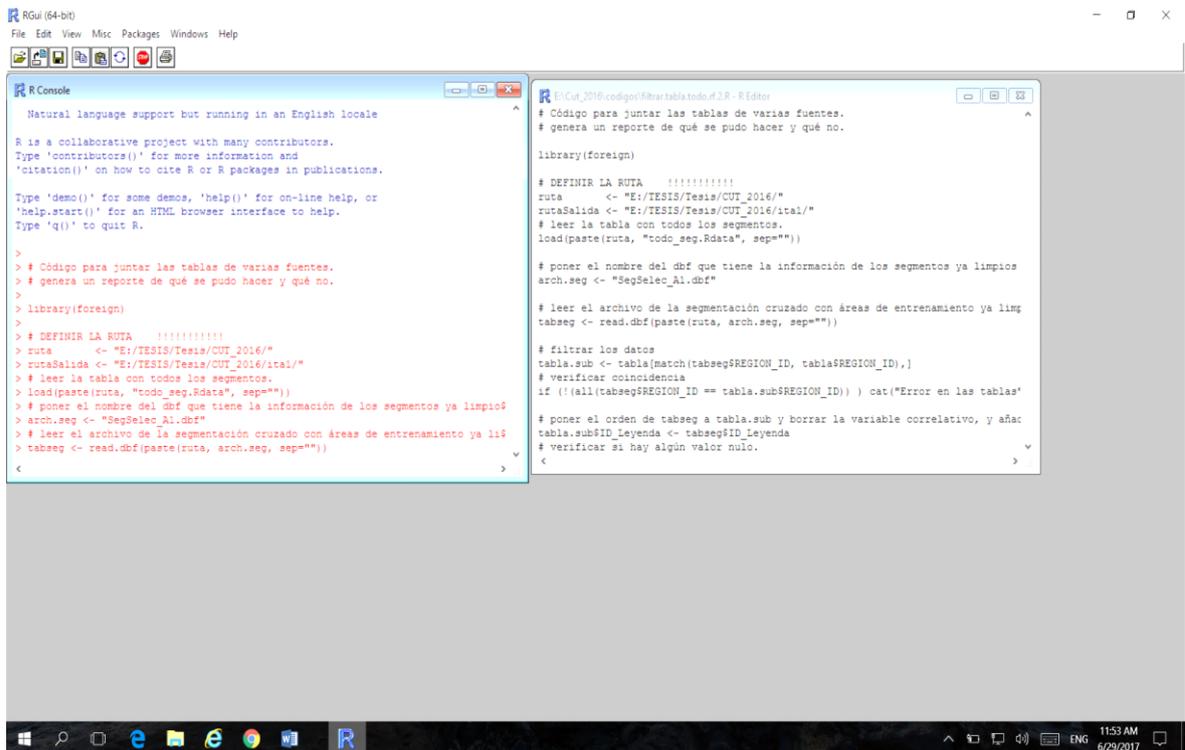


Fig.28 Ejecución del script Random Forest.



Fig.29 salida de campo y comprobación



Fig.30 salida de campo y comprobación



Fig.31 salida de campo y comprobación mosaico de pastos y cultivos



Fig.32 salida de campo y comprobación pastos



Longitud 78° 21' 43.315" W
Latitud 3316 e
UTM
N (m): 9214011.153
E (m): 791402.291

Fig.33 salida de campo y comprobación afloramiento rocoso



Fig.34 salida de campo y comprobación



Fig.35 salida de campo y comprobación del valle Otuzco



Fig.36 salida de campo y comprobación reducción de tierras desnudas



Fig.37 salida de campo y comprobación herbazal



Fig.38 agricultores cegando pasto cultivado para cuyes



Fig.39 mosaico de pasto y cultivos



Fig.40 salida de campo y comprobación plantaciones forestales



Fig.41 salida de campo y comprobación, río Chonta



Fig.42 salida de campo y comprobación, Tejido Urbano