



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE MEDIO AMBIENTE**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN MEDIO AMBIENTE**

**TEMA:**

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA TASA DE  
DEFORESTACIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA (SIG) EN LA MICROCUENCA CAÑAS**

**AUTOR:**

**TOALA BAILÓN JOSÉ ANTONIO**

**TUTOR:**

**ING. ÁNGEL FROWEN CEDEÑO SACÓN, M.Sc.**

**CALCETA, NOVIEMBRE 2018**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

**JOSÉ ANTONIO TOALA BAILÓN**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de propiedad Intelectual y su reglamento.

.....  
**JOSÉ ANTONIO TOALA BAILÓN**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Ángel Frowen Cedeño Sacón certifica haber tutelado la tesis **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA TASA DE DEFORESTACIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA MICROCUENCA CAÑAS**, que ha sido desarrollada por José Antonio Tóala Bailón, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....  
**ING. ÁNGEL FROWEN CEDEÑO SACÓN, M.Sc.**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA TASA DE DEFORESTACIÓN MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA MICROCUENCA CAÑAS**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **JOSÉ ANTONIO TOALA BAILÓN**, previo la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí  
Manuel Félix López

.....  
BLGO. ENRIQUE RICHARD, PHD.

**MIEMBRO**

.....  
ECO. ROBERTO ZAMBRANO FARÍAS, M.Sc.

**MIEMBRO**

.....  
ING. LAURA MENDOZA CEDEÑO, M.Sc.

**PRESIDENTE**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y calidez en la cual forjé mis conocimientos profesionales día a día, a todas las personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo, dado que cada una de ellas aportó un poco de su conocimiento; es por ello les ofrezco todo el esfuerzo, sacrificio y tiempo que entregué a esta tesis.

A Dios, por haberme permitido convivir estos cinco años de mi trayectoria estudiantil y darme fortaleza para llegar a cumplir uno de mis objetivos que hoy se refleja en este trabajo de investigación, producto del esfuerzo, sacrificio y perseverancia.

A mis familiares por el incondicional apoyo en especial a mis padres, José Toala y Azucena Bailón, tanto desde los inicios de mi carrera hasta el final de esta etapa; por estar pendientes de mí en cada momento, prestos para brindarme su apoyo de forma incondicional. Gracias por darme su ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida.

Una investigación siempre se lleva a cabo con diversas ideas, proyectos y con la ayuda de otras personas. En esta ocasión doy mi más sincero agradecimiento al Tutor Ing. Frowen Cedeño Sacón por ser el puente para llegar a este logro e incondicional apoyo y a todos los Ingenieros de la Carrera de Ingeniería Ambiental, gracias por sus enseñanzas, por su tiempo y apoyo; así como por el conocimiento que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional. En especial quiero agradecer a los Ing. Fabian Peñarrieta, Francisco Velásquez y Geoconda López, por apoyarme de una u otra forma en el desarrollo de esta tesis. A los miembros del tribunal por sus virtudes profesionales y humanas.

.....  
**JOSÉ A. TOALA BAILÓN**

## DEDICATORIA

A Dios, principalmente por ser vuestro creador, por darme salud, vida, llenarme de fortaleza, protección, amparo; cuando más se necesita por mostrarse evidente su amor a través de los maravillosos seres humanos que nos rodean.

A mis padres, José Toala y Azucena Bailón, por mostrarme el camino hacia la meta, enseñarme que en la vida no es fácil pero que con esfuerzo y dedicación se llega lejos a aceptar las derrotas, enfrentar mis miedos de la forma más idónea; que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de vida.

A mis hermanos; María, Tatiana, Crithian y Darwin Jesús Toala Bailón por estar siempre presente, apoyándome. A mi familia en general porque de una u otra forma, con su apoyo moral me han incentivado a seguir adelante, a lo largo de toda mi vida.

Son varias a las personas que me gustaría agradecer por su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas de ellas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos. Sin importar en donde estén o si alguna vez consiguen leer esta dedicatoria quiero darles las gracias por formar parte de mi formación profesional, por todo lo que me brindaron, por todas sus bendiciones.

.....  
**JOSÉ A. TOALA BAILÓN**

## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
CONTENIDO GENERAL .....	vii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	ix
CONTENIDO DE CUADROS.....	ix
CONTENIDO DE GRÁFICOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA .....	5
2.2. IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE LAS CUENCAS .....	5
HIDROGRÁFICAS.....	5
2.2.1. SUBCUENCA HIDROGRÁFICA .....	5
2.2.2. MICROCUENCA HIDROGRÁFICA .....	5
2.2.3. RÍO.....	6
2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS CUENCAS .....	6

2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	6
2.3.1. CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	6
2.3.2. IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	7
2.3.3. RESEÑA DE LANDSTAT 7 ETM+ .....	8
2.3.4. IMÁGENES DE SATÉLITE LANDSTAD .....	8
2.3.5. MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DIGITAL.....	9
2.3.5.1. MÉTODO NO SUPERVISADO .....	10
2.3.5.2. MÉTODO SUPERVISADO .....	11
2.3.6. IMPORTANCIA DEL SUPERVISIÓM DIGITAL.....	11
2.3.7. ANÁLISIS MULTITEMPORAL .....	11
2.3.8. MATRIZ DE COFUSIÓN .....	12
2.4. USO DE SUELO.....	13
2.5. CAPACIDAD DE USO DEL SUELO. ....	13
2.6. USO DE SUELOS EN ECUADOR.....	13
2.7. COBERTURA VEGETAL.....	14
2.7.1. IMPORTANCIA DE LA COBERTURA VEGETAL.....	14
2.7.2. LAS TENDENCIAS DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO (CCUS) .....	14
2.8. DEFORESTACIÓN.....	15
2.8.1. TASA DE DEFORESTACIÓN.....	15
2.8.2. TASA DE DEFORESTACIÓN DEL ECUADOR .....	17
2.9. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	18
2.9.1 LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	18
CAPÍTULO III. DESARALLO METODOLÓGICO .....	21
3.1. UBICACIÓN.....	21



3.2. DURACIÓN .....	21
3.3. FASE I. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE ..... LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS DE LA MICROCUENCA CAÑAS.....	22
3.4. FASE II. ESTABLECIMIENTO DE LA COBERTURA VEGETAL ..... Y USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA CAÑAS, MEDIANTE UNA CLASIFICACIÓN SUPERVISADA.....	23
3.5. FASE III. CÁLCULO DE LA TASA DE DEFORESTACIÓN DEL ÁREA .... DE ESTUDIO.....	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DE ..... LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS DE LA MICROCUENCA CAÑAS.....	26
4.2. ESTABLECIMIENTO LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL ..... SUELO DE LA MICROCUENCA CAÑAS, MEDIANTE UNA CLASIFICACIÓN SUPERVISADA.....	26
4.2.1. VARIACIÓN DE USOS DE SUELO (1990 – 2016).....	27
4.2.2. VALIDACIÓN DE CLASIFICACIÓN PARA EL AÑO 2016 .....	29
4.2.3. ESTABLECIMIENTO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	30
4.3. ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DEFORESTACIÓN.....	31
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	36
CONCLUSIONES .....	36
RECOMENDACIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38

## **CONTENIDO DE FIGURAS**

FIGURA 1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN LA ÓRBITA DE ..... VUELO DEL SATÉLITE LANDSAT.....	22
---	----

## **CONTENIDO DE CUADROS**

CUADRO 3. 1 DATOS DE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT SELECCIONADAS.....	23
---	----

CUADRO 3. 2 CLASIFICACIÓN DE COBERTURA VEGETAL UTILIZADA .....	24
CUADRO 4. 1 MATRIZ DE CONFUSIÓN.....	29
CUADRO 4. 2 BASE DE DATOS DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA MICRO CUENCA CAÑAS PERÍODO 1990 - 2016.....	30
CUADRO 4. 3 DEFORESTACIÓN TOTAL ANUAL PROMEDIO PARA UN PERÍODO DETERMINADO .....	31
CUADRO 4. 4 CAMBIO QUE REPRESENTAN LAS CATEGORÍAS VEGETACIÓN ARBÓREA, ÁREA AGROPECUARIA ENTRE LOS DIFERENTES AÑOS .....	32
CUADRO 4. 5 TASA DE DEFORESTACIÓN DE LA..... MICROCUENCA CAÑAS EN EL PERÍODO 1990-2016 .....	33

### **CONTENIDO DE GRÁFICOS**

GRÁFICO 4. 1 ÁREAS AGROPECUARIAS.....	27
GRÁFICO 4. 2 VEGETACIÓN ARBÓREA .....	27
GRÁFICO 4. 3 CUERPOS DE AGUA .....	28
GRÁFICO 4. 4 NUBOSIDAD .....	28
GRÁFICO 4 5 R: DESFORESTACIÓN TOTAL ANUAL .....	
PROMEDIO PARA UN PERÍODO DETERMINADO .....	32
GRÁFICO 4 6 % DE TASA DE DEFORESTACIÓN TOTAL ANUAL.....	34

## RESUMEN

El estudio se basa en un análisis multitemporal para la determinación de la tasa de deforestación de la microcuenca Cañas mediante sistema de información geográfica (SIG), tiene una superficie de 23,93 km<sup>2</sup> que corresponde a una cuenca muy pequeña de acuerdo con la clasificación de Campos (1998), con un relieve ondulado, suelos ganaderos, agrícolas y forestales, se subdivide en tres áreas Caña Grande, Caña Media y Caña Chica, las especies arbóreas más representativas son el guasmo (*Guazuma ulmifolia*), guachapelí (*Albizia guachapele*) y samán (*Samanea saman*). Se obtuvieron cuatro imágenes satelitales del sistema nacional de información concernientes a los años 1990, 2000, 2008 y 2016. Las características de estas imágenes satelitales son WGS 1984 UTM Zone 17S, escala 1:26.000. La clasificación supervisada permitió determinar tres usos de suelo en la microcuenca Cañas para los diferentes períodos. El 67,86% corresponde a áreas agropecuarias, el 26,36% vegetación arbórea y el 5,78% a cuerpos de agua en el año 2016. La aplicación de la matriz de confusión determinó que los datos obtenidos de ocupación de uso suelo tiene el 81, 25% de confiabilidad lo que indica un valor óptimo para el estudio. Se calculó una tasa de deforestación de 4,19% de la microcuenca en los últimos 20 años (1990 – 2016; resultando en un índice alto de deforestación debido al cambio de uso de suelo; de bosques a cultivos en la expansión de frontera agrícola y pecuaria, donde las áreas agropecuarias incrementaron 1240,85 ha.

### PALABRAS CLAVES:

Análisis multitemporal, tasa de deforestación, imágenes satelitales LANSDTAT, microcuenca Cañas.

## ABSTRACT

The study is based on a multi-temporal analysis for the determination of the deforestation rate at the micro-watershed of the Cañas river by geographic information system (GIS). It has an area of 23.93 km<sup>2</sup> that corresponds to a very small basin according to the classification of Campos (1998), with an undulating relief, cattle, agricultural and forestry soils, is subdivided into three areas Caña Grande, Caña Media and Caña Chica, the most representative tree species are the guasmo (*Guazuma ulmifolia*), guachapelí (*Albizia guachapele*) and samán (*Samanea saman*). Four satellite images of the national information system concerning the years 1990, 2000, 2008 and 2016 were obtained. The characteristics of these satellite images are WGS 1984 UTM Zone 17S, scale 1: 26,000. The supervised classification allowed the determination of three land uses in the Cañas micro-watershed for the different periods. 67.86% corresponds to agricultural areas, 26.36% arboreal vegetation and 5.78% to bodies of water in 2016. The application of the confusion matrix determined that the data obtained from land use occupation has 81, 25% confidence indicating an optimal value for the study. A deforestation rate of 4.19% of the micro basin was calculated in the last 20 years (1990 - 2016), resulting in a high rate of deforestation due to the change in land use, from forests to crops in the expansion of the agricultural frontier and livestock, where agricultural areas increased 1240.85 ha.

## KEYWORDS:

Multitemporal analysis, deforestation rate, LANSDTAT satellite images, micro river basin Cañas.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 4.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La deforestación extensiva es la principal amenaza para la biodiversidad. Está estrechamente vinculada con el uso del ecosistema, en relación con la tecnología disponible para cortar la selva y aprovechar el suelo en función del grado de transformación y el tiempo de aprovechamiento (Guevera, *et al.*, 2004). El cambio en el uso del suelo y cobertura vegetal asociados a la fragmentación del hábitat es uno de los más severos efectos de las actividades antrópicas en la faz de la tierra (Soulé y Orians., 2001); siendo factores importantes para que las microcuencas abastecedoras de agua a la sociedad se encuentren en mal estado (Ludeña, 2011), generando además de un agravamiento de los problemas de erosión, crecidas e inundaciones, así lo menciona el Ministerio de Planificación (MIDEPLAN, 1998), un descenso en la disponibilidad de agua de buena calidad para cubrir las necesidades agrícolas, urbanas e industriales, y un descenso en la diversidad biológica (Pla, 2006) ocasionando el incremento de las tasas de extinción de especies en las décadas recientes (Henle *et al.*, 1996) citado por (Soulé y Orians, 2001).

Según Geist y Lambin (2001) las causas actuales de la deforestación tienen que ver con la explotación forestal, la apertura de campos de cultivo y potreros, el desarrollo de infraestructura urbana y de comunicaciones, como la construcción de carreteras, de presas, caminos, explotación petrolera, viviendas, y desde luego los fenómenos naturales entre los cuales destacan los incendios, las inundaciones, los deslizamiento de tierra y los huracanes, entre otros; siendo uno de los principales procesos de afectación a la biodiversidad y el funcionamiento de dichos ecosistemas mencionado por el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE, 2001) además de provocar grandes cambios importantes en la composición de la atmósfera (Baethgen y Martino, 2000).

Ecuador es considerado como uno de los países megadiversos del mundo (Mittermeier, 1997) y en la región amazónica incluye grandes extensiones de bosques naturales intactos de importancia para la conservación mundial (Bass, 2010). Según datos de 2000, se estima que 198.000 hectáreas de bosque se

pierden cada año, lo que equivale a una tasa de deforestación anual del 1,5% (Clirsen, 2003) y de acuerdo a datos recientes del MAE indica una variación anual de la cubierta forestal en Ecuador continental de 0,68% (74.300 ha / año) para el período entre 1990 a 2000 y un poco más baja, 0,63% (61.800 ha / año), entre 2000 y 2008 (MAE, 2011). A nivel regional, la deforestación genera la reducción de la cubierta vegetal, el detrimento de los recursos forestales y el deterioro físico y químico del suelo (Meli, 2003; Lund, 2006).

Con los antecedentes propuestos se genera la siguiente interrogante:

¿Cuál es la tasa de deforestación de la microcuenca Cañas, para los diferentes períodos (1990 - 2000; 2000 - 2008; 2008 - 2016)?

## **4.2. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente, estudios relacionados a los cambios en la cobertura vegetal están teniendo una mayor atención debido esencialmente a las implicaciones de la deforestación (Lund, 2000; Brown y Lugo, 1994; Schlamadinger y Karjalainen, 2000) y las herramientas usadas para este tipo de estudios emplean sistemas de información geográfica (SIG), que permiten el manejo de grandes volúmenes de datos. Lo que antes sólo se presentaba en mapas, se transformó a un formato digital para su análisis electrónico (Aranoff, 1989).

Según la Asociación Mundial para el Agua, para que se logre una gestión integrada del recurso hídrico, debe equilibrarse el uso de los recursos con la conservación de los mismos mediante la adopción de roles institucionales e instrumentos de manejo (Ludeña, 2011). La deforestación es uno de los factores que inciden de manera importante en la calidad del suelo y en su capacidad para resistir a la acción del viento y del agua, de acuerdo a lo establecido por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (SEMARNAP, 2000), por lo que es importante realizar la utilización eficiente de este recurso para asegurar su existencia y distribución justa en el futuro (Azqueta, 1999) pues, además de proporcionar ingresos económicos a la sociedad (Ludeña, 2011), sirve para realizar la captación y regulación del agua (Rojas, 2004).

Según Pava (2011) el sobrepastoreo, la deforestación y explotación de bosques, el manejo inadecuado de suelos, la sobreexplotación de la cobertura vegetal para usos domésticos son las actividades que más problemas han generado. En lo que concierne a degradación del suelo que reducen la capacidad actual y potencial del suelo para sustentar la vida humana (Ordóñez y Mendivelso, 2006).

De acuerdo con en el artículo 411 de la Constitución del Ecuador “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga” en concordancia además con el Objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir que busca “Mejorar la calidad de vida de la población y Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global”.

Así mismo el Art.26 y 39 de la ley orgánica de ordenamiento territorial establece el Contenido del componente urbanístico del plan de uso y gestión de suelo y los tratamientos de conservación, consolidación, desarrollo, mejoramiento integral, mitigación, promoción, recuperación, redesarrollo y sostenimiento usos de suelo.

El estudio señalado se justifica pues, el uso de SIG permite generar datos que permitieron calcular el índice de deforestación e identificar los cambios producidos en las cuencas, específicamente la microcuenca Cañas, pues servirá de base para el ordenamiento territorial de la zona, establece políticas de desarrollo orientadas a la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

### **4.3. OBJETIVOS**

#### **4.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la tasa de deforestación en la microcuenca Cañas mediante la utilización de sistemas de información geográfica (SIG).

### **4.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar información cartográfica de los últimos 20 años de la microcuenca Cañas.
- Establecer la cobertura vegetal y uso del suelo de la microcuenca Cañas, mediante una clasificación supervisada.
- Estimar el índice de deforestación en la microcuenca Cañas de los últimos 20 años.

### **4.4. HIPÓTESIS**

Existe un incremento significativo en la tasa deforestación, en los últimos 20 años de la microcuenca Cañas.



## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA**

Las cuencas hidrográficas son una zona geográfica drenada por una corriente de agua de acuerdo a lo establecido por Food and Agriculture Organization. (FAO, 2009), conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar (Carrie, 2001). La cual incluye ecosistemas terrestres (selvas, bosques, matorrales, pastizales, manglares, entre otros) y ecosistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, etc.), y es delimitada por las divisorias de aguas o divortium aquarum que es una línea imaginaria (Gálvez, 2011). Estas cuencas hidrográficas también se pueden dividir en subcuencas.

### **2.2. IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

Gestionar el agua y el suelo ha sido importante en el transcurso de la historia de la humanidad, y en la actualidad esa importancia se remarca porque estos recursos se encuentran sometidos a fuertes presiones climáticas y/o antropogénicas. En América del Sur, la tasa más alta de deforestación la tiene Ecuador lo que puede estar afectando directamente al suelo y a la condición ecológica de las fuentes de agua (Chamba, 2009).

#### **2.2.1. SUBCUENCA HIDROGRÁFICA**

Una Subcuenca es toda área en la que su drenaje va a directamente al río principal de la cuenca. También se puede definir como una subdivisión de la cuenca. Es decir que en una cuenca puede haber varias Subcuencas (Esteli, 2002).

#### **2.2.2. MICROCUENCA HIDROGRÁFICA**

Área de escurrimiento superficial que desemboca al río de una subcuenca; ejemplo el Río Talgua, Río Catacamas en Catacamas, Olancho (Barahona, 2006).

### 2.2.3. RÍO

El río es un ecosistema fluvial en el que aparece el biotopo con tres elementos fundamentales: el cauce, la ribera y la llanura de inundación, junto al biotopo, acuática y terrestre (Fernández, 2003).

### 2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS CUENCAS

**Cuadro 2. 1** Clasificación propuesta para las Cuencas

TAMAÑO DE LA CUENCA (Km)	DESCRIPCIÓN
< 25	MUY PEQUEÑA
25 a 250	PEQUEÑA
250 a 500	INTERMEDIA-PEQUEÑA
500 a 2.500	INTERMEDIA-GRANDE
2.500 a 5.000	GRANDE
> 5.000	MUY GRANDE

Fuente: Campos, 1998

Caracterización de la cuenca parámetros físicos-morfometría. Área de la cuenca tamaño de la descripción, tamaño de la cuenca (km<sup>2</sup>) descripción < 25 muy pequeña 25 a 250 pequeña 250 a 500 intermedia-pequeña 500 a 2.500 intermedia-grande 2.500 a 5.000 grande >5.000 muy grande (Campos, 1998).

## 2.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos (Campos, 1998).

### 2.3.1. CARTOGRAFÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La cartografía, en tanto disciplina técnica ligada a la geografía, es capaz de representar en mapas la distribución espacial de los recursos naturales en

territorios y tiempos específicos. La cartografía de los recursos naturales ha estado estrechamente ligada al desarrollo de las tecnologías de prospección e inventario mediante la percepción remota o teledetección y de posicionamiento global satelital. Ambas permiten a los especialistas detectar, localizar y representar de manera eficiente y con alto grado de exactitud los recursos naturales en sentido amplio (Bocco, 2015).

En el caso de las cuencas, los SIG se han utilizado en forma sistemática desde hace por lo menos 20 años. Las aplicaciones más frecuentes han sido en temas tales como modelamiento hidrológico (predicción del gasto, cálculo de probabilidad de avenidas), estimación del balance hídrico, análisis integrado y planes de manejo de cuencas, y definición de zonas prioritarias para la conservación del recurso (Bocco, 2015).

### **2.3.2. IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

El uso de información geográfica en la caracterización del entorno de los asentamientos plantea el problema del actualismo, esto es, la extrapolación de información del presente al pasado a escala global, tanto a nivel espacial (estudios regionales) como temporal (largo plazo); el mapa recoge la variabilidad de los usos potenciales del suelo a nivel general y es útil sólo para estudios de tipo comparativo, que busquen las diferencias estructurales básicas en la lógica locacional de los asentamientos (González, *et al.*, 2008).

Dentro de los estudios de arqueología del paisaje existe una serie de trabajos que, inspirados en el método del análisis de captación económica, tienen como objetivo analizar la lógica económica del poblamiento a partir del estudio de las características geográficas del entorno de los asentamientos. Esta metodología requiere la utilización de cartografía que recoja variables geográficas relevantes para las hipótesis planteadas acerca de las características tecnoeconómicas y socioeconómicas de las comunidades investigadas. En esta línea, se presenta la elaboración de un mapa de usos potenciales del suelo a partir de datos de teledetección e información geográfica auxiliar mediante la aplicación de

tecnologías de información geográfica (TIG), como el proceso digital de imagen y los sistemas de información geográfica (SIG) (González, et al., 2008) .

Para evaluar el manejo de recursos naturales se recomienda el uso de herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG), en estudios que den a conocer la ubicación y cuantificación de áreas que definan las tendencias de posibles procesos de deforestación, degradación y pérdida de biodiversidad (Caciano, *et al.*, 2013).

La fundamentación teórica y metodológica del análisis del cambio en el uso del suelo se basó en la identificación y evaluación del proceso por medio de un sistema de información geográfico, las definiciones tradicionales de los procesos de cambio se basan en factores causales de cambio, mientras que las definiciones estadísticas están sustentadas en el análisis de funciones matemáticas. El análisis del proceso de cambio, permitió observar la transformación del paisaje de una manera metódica (García, *et al.*, 2011).

### **2.3.3. RESEÑA DE LANDSTAT 7 ETM+**

El Landsat es el programa civil de observación de la tierra más antiguo. Comenzó el año 1972 con el Satélite Landsat-1. Hasta ahora, al último Landsat (el 7) se ha incorporado un nuevo sensor, el ETM+, que mejora las características del TM, añadiéndole una banda pancromática de 15 m de resolución, y aumentando la resolución de la banda térmica a 60 m. Existe muchas aplicaciones de los datos Landsat TM, ETM en el mapeo de la cobertura de la tierra, uso de la tierra, mapeo del suelo, mapeo geológico, etc (Portilla, 2013).

### **2.3.4. IMÁGENES DE SATÉLITE LANDSTAD**

Una imagen LANDSAT 7 ETM+ está compuesta por 7 bandas espectrales que pueden ser combinadas de distintas formas para obtener variadas composiciones de color u opciones de procesamiento. Una imagen de satélite se encuentra compuesta por bandas las mismas que representan (Gómez, 2006):

- Banda 1: (0,45 a 0,52 micrones – azul) Diseñada para penetración en cuerpos de agua, es útil para el mapeo de costas, para diferenciar entre suelo y vegetación y para clasificar distintos cubrimientos boscosos, por ejemplo, coníferos y latí foliadas. También es útil para diferenciar los diferentes tipos de rocas presentes en la superficie terrestre.
- Banda 2: (0,52 a 0,60 micrones – verde) Especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia (o radiancia) verde. También es útil para diferenciar tipos de rocas y, al igual que la banda 1, para detectar la presencia o no de limonita.
- Banda 3: (0,63 a 0,69 micrones - rojo) Es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. También sirve en la diferenciación de las distintas rocas y para detectar limonita.
- Banda 4: (0,76 a 0,90 micrones - infrarrojo cercano) Es útil para determinar el contenido de biomasa, para la delimitación de cuerpos de agua y para la clasificación de las rocas.
- Banda 5: (1,55 a 1,75 micrones - infrarrojo medio) Indicativa del contenido de humedad de la vegetación y del suelo. También sirve para discriminar entre nieve y nubes.
- Banda 6: (10,40 a 12,50 micrones - infrarrojo termal) El infrarrojo termal es útil en el análisis del stress de la vegetación, en la determinación de la humedad del suelo y en el mapeo termal.
- Banda 7: (2,08 a 2,35 micrones - infrarrojo medio) Especialmente seleccionada por su potencial para la discriminación de rocas y para el mapeo hidrotermal. Mide la cantidad de hidroxilos (OH) y la absorción de agua.

### **2.3.5. MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DIGITAL**

Es el proceso de ordenar los píxeles de una imagen en un número definido de clases o categorías de datos, basado en los valores de un conjunto de

variables o de píxeles. Si el valor satisface un conjunto de condiciones se asigna a una clase que responde a esas condiciones. Expresado más rigurosamente, el objetivo de la clasificación es, dado un conjunto de objetos presentes en la imagen, cada uno de los cuales viene descrito por un conjunto de variables, asignar cada uno de ellos a la clase con la que mejor se identifica (Gil, *et al.*, 2003).

La clasificación digital comprende el proceso de conversión de una imagen continua a otra categorizada temáticamente, a partir de agrupación de los niveles digitales espectralmente similares. Existen dos métodos de clasificación: supervisado y no supervisado se han dividido los métodos de clasificación en dos grupos: supervisado y no supervisado, de acuerdo a la forma en que son obtenidas los datos estadísticos de entrenamiento (Gómez y Sotos, 2013).

#### **2.3.5.1. MÉTODO NO SUPERVISADO**

El método no supervisado procede a una búsqueda automática de grupos de valores homogéneos dentro de la imagen (Chuvieco, 2002).

En este método es el propio algoritmo quien define las clases de acuerdo a los datos. Para llevar esto a cabo es necesario suministrar algunos valores tales como el número de clases que se desea crear los tamaños mínimos y máximos de cada una, o ciertas tolerancias para la distinción entre clases. Estos parámetros (guían) al algoritmo en la definición de clases, que se produce en estos métodos de forma simultánea a la asignación de los elementos a una u otra de dichas clases. En general, se trata de procedimientos iterativos en los que una clasificación inicial va convergiendo hacia una final en la cual se cumplen las características buscadas de homogeneidad, número de clases, etc (Daza, 2013).

Los métodos de clasificación no supervisado entrega una capa ráster con los píxeles clasificados, sin embargo, no se tiene conocimiento acerca de las clases de cobertura suministrados por el algoritmo, y será necesario estudiarlas después para saber que representa cada una de ella. Si en un método de

clasificación supervisada se definió las zonas de entrenamiento con distintas clases de suelo, el resultado será una capa con clases de suelo. Si diferenciamos según otro criterio, será ese criterio el que quede reflejado en la capa resultante. En el caso de la clasificación no supervisada no existe tal criterio, ya que simplemente se aplican operaciones estadísticas con los datos, pero no se trabaja con el significado de los datos. Al utilizar una zona de entrenamiento sí se empleó este significado, ya que se le envió la información al algoritmo que los valores de dicha zona representan una clase dada clase (Daza, 2013).

#### **2.3.5.2. MÉTODO SUPERVISADO**

El método supervisado parte de un conocimiento previo del terreno, a partir del cual se seleccionan las muestras para cada una de las categorías. La clasificación supervisada es un procedimiento utilizado para identificar áreas espectralmente similares (muestras de entrenamiento) dentro de una imagen. El usuario identifica varias regiones conocidas de interés en el área terrestre, y el algoritmo elegido extrapola estas características espectrales para clasificar las otras partes de la imagen (Daza, 2013).

#### **2.3.6. IMPORTANCIA DEL SUPERVISIÓM DIGITAL**

La integración de la información aportada por los sensores remotos, los sistemas de información de campo (socio – económica o ecológica) permiten un acercamiento a las características de la superficie terrestre, los procesos y patrones espaciales. El uso de las imágenes observa y diferencia por medio de los procesos realce, las coberturas más representadas de una región (Cárcamo y Rejas, s.f.).

#### **2.3.7. ANÁLISIS MULTITEMPORAL**

El análisis e interpretación de fotografías aéreas se emplea desde hace más de 50 años para cartografiar las comunidades vegetales y estudiar los cambios ocurridos en el paisaje debido al proceso natural de sucesión o a la influencia de diversos disturbios como el fuego, las plagas forestales y las actividades

humanas (Cárcamo y Rejas, s.f.), entonces el análisis multitemporal de acuerdo con Chuvieco, 2002, correspondiente a un análisis multitemporal de manera supervisada y no supervisada (Bezanilla, *et al.*, 2008).

Esto implica asegurar que estemos situados en la misma zona para ambas fechas, y que la variable que estamos comparando se refiera a la misma escala de medida (Chuvieco, 2002), la fotografía aérea ha sido muy efectiva para el mapeo de tipos y especies forestales, especialmente con la creciente utilización de materiales fotográficos en blanco y negro, a color e infrarrojo color. Así como por técnicas de análisis de productos en formato digital, apoyadas por el uso de mapas temáticos que representan condiciones del medio físico como clima, geología, geomorfología y suelos, para estudios de la cubierta forestal que integran procesos especializados de análisis espacial citado por (Bezanilla, *et al.*, 2008).

### **2.3.8. MATRIZ DE COFUSIÓN**

Se denomina matriz de error p tabla de contingencia. La matriz de confusión se construye a partir de una imagen de satélite con N celdas clasificadas en M clases. Sobre las columnas se ordena las clases reales (verdad – terreno), y sobre las filas las unidades cartográficas (unidades o clases del mapa). los elementos que aparecen en la diagonal nos indican el número de clasificación realizadas correctamente, y aquellos que aparecen fueran suponen migraciones o fugas. Desde el punto de vista de la interpretación de la matriz de confusión existen dos tipos de errores (Sánchez, 2016):

- Errores de omisión (riesgos del usuario): Son los elementos que perteneciendo a esa clase no aparecen en ella por estar erróneamente incluidos en otra (datos por debajo de la diagonal principal de la matriz de confusión).
- Errores de comisión (riesgo del productor): son los elementos que no perteneciendo a una clase aparecen en ella (datos por encima de la diagonal principal de la matriz de confusión).



## **2.4. USO DE SUELO**

El uso del suelo, se refiere a la categoría de utilización de las tierras en el sector rural del país. Así, encontramos las siguientes posibilidades: cultivos permanentes, cultivos transitorios y barbecho, descanso, pastos cultivados, pastos naturales, montes y bosques, páramos y otros usos, mencionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2012), y hace referencia a cada una de las actividades que el hombre efectúa para aprovechar los recursos naturales con el propósito de satisfacer las necesidades de alimento, fibras, vivienda y trabajo (Morales, 2002).

## **2.5. CAPACIDAD DE USO DEL SUELO**

Es la determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo (Klingebiel y Montgomery, 1961) citado por (Morales, 2002).

## **2.6. USO DE SUELOS EN ECUADOR**

Los productos que estudia la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (ESPAC) corresponden a los cultivos permanentes y transitorios, por ello se prioriza su descripción; así, para permanentes la tasa de crecimiento anual es de 0,25% en referencia al 2011, representando además el 11,62% del uso total de país en el 2012; los cultivos transitorios por su parte tuvieron una participación del 8,58% en el mismo año y presentaron una variación anual de 3,93 %. A nivel regional, se observa que la Costa cuenta con mayor presencia de cultivos permanentes con 70,04%, seguido por la Sierra con 20,94% y el Oriente con 9,02%. Para el caso de los cultivos transitorio la tendencia es igual, así la región Costa con un 61,36%, la Sierra con el 34,43% y la región Oriental 4,20% (INEC, 2012).

## **2.7. COBERTURA VEGETAL**

Dentro de las cuencas hidrográficas es de mucha importancia la cobertura del suelo la cual está representada por la vegetación, cuerpos de aguas, construcciones físicas que ha realizado el hombre y en general todo lo biótico y abiótico que cubre la superficie de la tierra (Morales, 2002).

### **2.7.1. IMPORTANCIA DE LA COBERTURA VEGETAL**

La cobertura vegetal en las cuencas hidrográficas es de gran importancia pues ocasionan la dispersión de contaminantes en disolución, y en consecuencia disminuyen el flujo total de escorrentía (Rodríguez, *et al.*, 2004). La deforestación y las inadecuadas prácticas del uso del terreno han acelerado la erosión de la tierra, incrementando las cargas de sedimentos en los ríos y arroyos. Las altas cargas de sedimentos inyectadas en los arroyos han disminuido considerablemente la capacidad de almacenamiento de muchas de las represas y han inducido importantes cambios geomórficos en la mayoría de los arroyos según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 1996) citado por (Hernández, *et al.*, 2013).

Independientemente del tipo de suelo, hay modificaciones en sus propiedades por el cambio de uso del suelo. Estos cambios se manifiestan principalmente en aquellas propiedades que cambian en un tiempo, relativamente corto, como son sus características morfológicas (espesor del suelo, color, estructura), y en otras propiedades físicas y químicas (en la densidad aparente o densidad de volumen, en el pH y contenido en materia orgánica y las reservas de carbono del suelo (Hernández, *et al.*, 2013).

### **2.7.2. LAS TENDENCIAS DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DE SUELO (CCUS)**

Las tendencias de cambio de cobertura y uso de suelo (CCUS) son procesos espaciales que siguen un comportamiento estocástico y son el resultado de interacciones complejas entre elementos físicos, biológicos y sociales (Chu *et al.*, 2010; Mendoza *et al.*, 2010), además, son un producto derivado de la

acción sinérgica de múltiples factores endógenos y exógenos que interactúan desde diferentes niveles de organización y se encuentran relacionados con cambios tecnológicos y ambientales, desarrollo económico, crecimiento poblacional y políticas públicas, que inducen cambios debido a programas de subsidio para actividades agropecuarias, (Lambin et al., 2003; Lenhart et al., 2003; Berlanga et al., 2011; Peña et al., 2011) citado por (Preciado, *et al.*, 2017).

## **2.8. DEFORESTACIÓN**

La deforestación o degradación de la cubierta vegetal se refiere a la remoción o destrucción de la vegetación existente en un área determinada por el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2003).

La palabra deforestación permite nombrar a la acción y efecto de deforestar (despojar un terreno de sus árboles y plantas). Este proceso de desaparición de las masas forestales suele producirse por el accionar humano mediante la tala y la quema (Gardey y Pérez, 2009).

Es importante considerar que habitualmente la deforestación se encuentra asociada con el cambio de uso del suelo forestal hacia otro uso, así como con la ampliación de áreas de cultivo o pastoreo, sin tomar en cuenta que, como resultado, el suelo generalmente se agota en dos o tres ciclos de cultivo. Entre las áreas recubiertas de vegetación que tienen los suelos más deteriorados se encuentran los bosques, muchos de los cuales se localizan en zonas montañosas en donde, además, están sujetos a la presión de la erosión hídrica. A su vez, la deforestación es uno de los factores que inciden de manera importante en la calidad del suelo y en su capacidad para resistir a la acción del viento y del agua de acuerdo a lo establecido por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2000).

### **2.8.1. TASA DE DEFORESTACIÓN**

Mide el cambio anual de cobertura boscosa debido a la conversión y transformación de ecosistemas naturales a usos y cobertura del suelo

antrópicos, en el Ecuador continental de acuerdo a lo expuesto por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES, 2013).

El análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre el medio (Herrera, *et al.*, 2013).

La tasa de deforestación de una determinada zona puede ser obtenida a partir de la formula descrita a continuación

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1} \quad [ 2.1 ]$$

$R$ : Deforestación total anual promedio para un período determinado

$A_1$ : Área de bosque inicial (ha)

$A_2$ : Área de bosque final (ha)

$t_1$ : Año inicial

$t_2$ : Año final

$$q = \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)} - 1 \quad [ 2.2 ]$$

$q$ : Tasa de deforestación (%)

$A_1$ : Área de bosque inicial (ha)

$A_2$ : Área de bosque final (ha)

$t_1$ : Año inicial

$t_2$ : Año final

## **2.8.2. TASA DE DEFORESTACIÓN DEL ECUADOR**

Ecuador es un país relativamente pequeño 283.561 km<sup>2</sup>, con un variado paisaje geográfico y la diversidad biológica extraordinaria debido a su ubicación ecuatorial, la presencia de las montañas andinas que recorren la longitud del país, y la influencia de la marina las corrientes de la costa (MAE, 2010) Ecuador es considerado como uno de los países megadiversos del mundo (Mittermeier, 1997) y en la región amazónica incluye grandes extensiones de bosques naturales intactos de importancia para la conservación mundial (Bass, 2010).

Ecuador está dividido en cuatro regiones biogeográficas distintas: la del Amazonas, los Andes, la llanura costera del Pacífico y las Islas Galápagos. La cifra más reciente de la superficie forestal total del Ecuador es 9.599.679 ha (MAE, 2011) y alrededor del 80% de los bosques se encuentra en la cuenca del Amazonas, que constituye el 47% del territorio nacional determinado por la Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada (RAISG. 2009). De la superficie forestal restante, alrededor del 13% se encuentra cerca de la costa y la final el 7% en el altiplano andino (Stern y Kernan, 2011). El porcentaje de bosques naturales vs plantaciones aún no se ha determinado, pero se encuentra actualmente bajo análisis.

La tasa de variación interanual de la cubierta forestal en Ecuador es variable entre períodos de tiempo y fuentes de información, debido a los diferentes métodos de análisis. Según datos de 2000, se estima que 198.000 hectáreas de bosque se pierden cada año, lo que equivale a una tasa de deforestación anual del 1,5% (Clirsen, 2003).

Según datos recientes del MAE, sin embargo, indica una variación anual de la cubierta forestal en Ecuador continental de 0,68% (74.300 ha / año) para el período entre 1990 a 2000 y un poco más baja, 0,63% (61.800 ha / año), entre 2000 y 2008 (MAE, 2011). El estudio MAE divide Ecuador continental en seis regiones: (1) Amazonas, (2) las laderas andinas orientales, (3) pendientes andinas occidentales, (4) valles interandinos, (5) planicie costera y (6) Andes del Sur. Los resultados, sin embargo tienen un error estimado de hasta un 30%

debido a la dificultad de encontrar imágenes libres de nubes para ciertas regiones del país, particularmente en la provincia de Esmeraldas al norte-oeste (llanura costera).

En Ecuador, las cuencas andinas se ven especialmente afectadas por un rápido cambio del uso de suelo lo que viene provocando la conversión de grandes áreas de bosque nativo en zonas con usos antrópicos. Desde la puesta en marcha de la Ley de Reforma Agraria en el Ecuador (1973), una considerable extensión del país ha sufrido pérdida de su cubierta vegetal nativa, principalmente por la ampliación de la frontera agropecuaria; y recientemente el desarrollo urbano se ha convertido en otro factor causante de la deforestación de varias zonas (Cueva, Armijos, Sinoga, y Ruiz, 2015).

En el sur del Ecuador la deforestación ha llegado a niveles preocupantes, entre el año 1989 y 2008 la tasa anual de deforestación fue de 2,86% y se estima que la vegetación nativa remanente cubre aproximadamente cerca del 49% de la región (Tapia-Armijos et al. Accepted in Plosone). Por este motivo, el estudiar la importancia que tiene la cubierta vegetal en las cuencas andinas es clave para determinar estrategias de gestión, conservación o restauración de las mismas, especialmente porque muchas de ellas abastecen de agua a varias poblaciones (Cueva, Armijos, Sinoga, y Ruiz, 2015).

## **2.9. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

### **2.9.1 LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

**Artículo 26 Contenido del componente urbanístico del plan de uso y gestión de suelo.** - El componente urbanístico del plan contendrá, al menos, las siguientes determinaciones:

- La delimitación de los polígonos de intervención territorial del suelo urbano y rural, así como la asignación de los tratamientos y aprovechamientos urbanísticos generales que les correspondan, incluyendo uso y edificabilidad general y básica.

- La identificación y cuantificación del suelo destinado a los equipamientos, infraestructuras y espacios públicos necesarios, atendiendo a las demandas de las instituciones sectoriales competentes y conforme a los estándares urbanísticos establecidos en las regulaciones nacionales que se dicten para el efecto.
- La identificación y localización del suelo necesario para generación de vivienda de interés social en función de la demanda existente en el territorio cantonal y distrital, de los estándares urbanísticos establecidos en la regulación nacional que se dicte para el efecto, y de conformidad con las directrices establecidas por el ente rector de hábitat y vivienda. Para el cumplimiento de esta determinación se deberá coordinar con el ente rector de hábitat y vivienda.
- La identificación y localización de los sectores sujetos a declaratorias de regularización prioritaria y a declaratorias de zonas especiales de interés social.

**Artículo 39. Tratamientos.** - Los tratamientos son las disposiciones que orientan las estrategias de planificación y gestión de suelo urbano y rural, dentro de un polígono de intervención territorial, a partir de sus características de tipo morfológico, físico-ambiental y socio-económico. Los tratamientos serán de: conservación, consolidación, desarrollo, mejoramiento integral, mitigación, promoción, recuperación, redesarrollo y sostenimiento.

El plan de uso y gestión de suelo considera que un suelo urbano no consolidado o rural de expansión urbana tiene como consecuencia el ser incluido en una o varias unidades de actuación urbanística para consolidar, mejorar o desarrollar su urbanización. El plan de uso y gestión de suelo asignará los tratamientos según la clasificación del suelo de la siguiente manera:

- Para suelo urbano consolidado se aplicarán los tratamientos de conservación, sostenimiento, renovación o redesarrollo.

- Para suelo urbano no consolidado se aplicará los tratamientos de mejoramiento integral, consolidación o desarrollo.
- Para el suelo rural de expansión urbana se aplicará el tratamiento de desarrollo.
- Para el suelo urbano y rural de protección se aplicarán los tratamientos previstos en la legislación patrimonial, ambiental y de gestión de riesgos.
- Para el suelo rural de producción y de aprovechamiento extractivo se aplicarán los tratamientos conforme a lo establecido por los entes rectores competentes.



# CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1. UBICACIÓN

La microcuenca del río Cañas de coordenada centroide 609490E y 9899889N, se encuentra ubicada en la zona sureste de la cuenca del río Chone en la provincia de Manabí. Tiene una superficie de 23,93 Km<sup>2</sup> por lo que se considera una cuenca muy pequeña de acuerdo a la tabla de clasificación según Campos (1998).

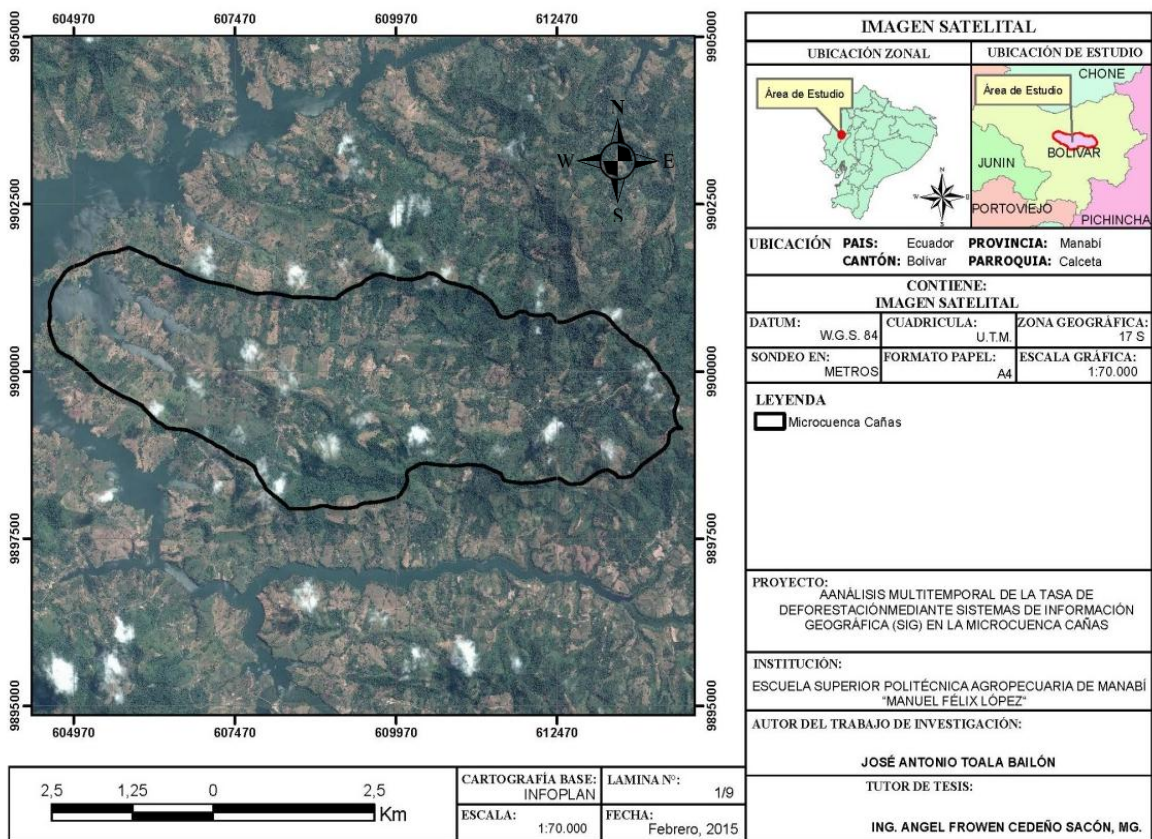


ILUSTRACIÓN.1. Ubicación de la microcuenca Cañas

## 3.2. DURACIÓN

El presente trabajo tuvo una duración de 9 meses.

### 3.3. FASE I. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS DE LA MICROCUENCA CAÑAS

**Actividad 1.-** La elaboración del presente trabajo se basó en una recopilación de antecedentes relacionados con las aplicaciones de técnicas del sistema de información geográfica (SIG), se hizo la descripción del área de estudio, que se seleccionó de la carta topográfica y las imágenes de satélite a utilizar, como también de instituciones que trabajen con información cartográfica física y digital, con páginas oficiales del Instituto Geográfico Militar (IGM), Sistema Nacional de Información (SNI) y el Instituto Espacial Ecuatoriano.

**Actividad 2.-** Se obtuvo imágenes satelitales Landsat de las fechas seleccionadas. El motivo por el cual se seleccionaron estas fechas fue por la menor presencia de nubosidad, problema recurrente en la zona de estudio. La información geográfica que se manipuló desde el Instituto Geográfico Militar (IGM) y del portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS). En el (Cuadro 3.1) se ilustran las características de las imágenes obtenidas.

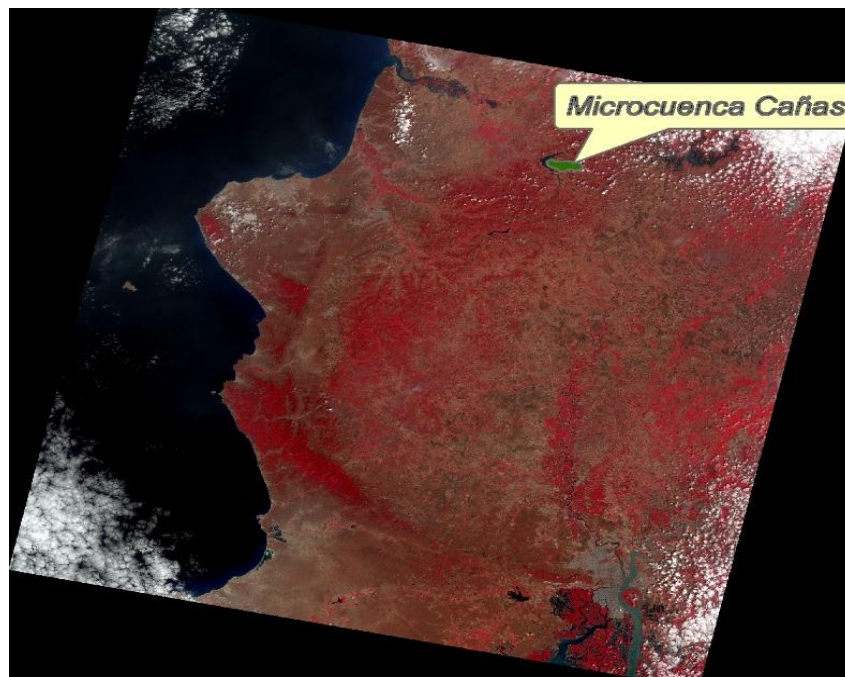


FIGURA 1 Ubicación del área de estudio en la órbita de vuelo del satélite Landsat.

**Cuadro 3. 1** Datos de imágenes satelitales Landsat seleccionadas

Path/Row	Bandas	Fecha de adquisición	Satélite
011_061	1,2,3,4,5,6,7	21/09/1990	Landsat TMM 5
011_061	1,2,3,4,5,6,7	20/09/2000	Landsat ETM 7
-----	1,2,3	2008*	Spot
011_061	1,2,3,4,5,6,7 ,8,9,10,11	27/11/2016	Landsat TP 8

\*Imagen spot se la selecciono por el año, no por fecha a diferencia de las imágenes Landsat

**Actividad 3.-** Georreferenciación de datos espaciales. Las imágenes seleccionadas fueron georreferenciadas con el fin de usar en el sistema de coordenadas con la proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (UTM), Datum: WGS 84, Zona 17 Sur, para su integración dentro del entorno SIG.

**Actividad 4.-** Combinación de bandas satelitales, se empleó un paquete informático para manipulación, sistema de información geográfica (SIG). Este procedimiento se lo realizó con el fin de visualizar los diferentes usos de suelo de la microcuenca Cañas; se procedió a realizar las combinaciones de bandas (432) para Landsat 4, 5 y 7, así mismo la combinación (543) para Landsat 8 que equivale a la (432) de Landsat 4, 5 y 7 de acuerdo al Protocolo Combinación de bandas (543 y 432) Infrarrojo para vegetación ver (Anexo 1 - A).

### **3.4. FASE II. ESTABLECIMIENTO DE LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA CAÑAS, MEDIANTE UNA CLASIFICACIÓN SUPERVISADA**

**Actividad 5.-** Las imágenes satélites obtenidas contemplan la zona 4 del Ecuador se procedió a extraer el objeto de estudio (microcuenca Cañas) empleando un paquete informático para manipulación, sistema de información geográfica (SIG).

**Actividad 6.-** El trabajo de campo consistió en visitar el área de estudio (microcuenca Cañas), con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para obtener puntos de control, así como para identificar áreas pilotos para la caracterización de áreas de modelo de la clasificación digital supervisada.

**Actividad 7.-** Se realizó la clasificación no supervisada (ANEXO 2-A,B,C y D.), para obtener algoritmos los cuales definen las clases de acuerdo a los datos obtenidos, se selecciona el número de clases donde se obtiene una capa ráster con los píxeles clasificados, estos sirven de complemento para la clasificación supervisada (Reclass). Se hizo un resamplero a las imágenes Landsat, tomando en cuenta el tamaño del píxel 30 x 30 m, dado que la imagen del 2008 (spot) poseía píxeles menores que las imágenes Landsat. La escala de trabajo que se definió fue a 1:26.000 y las coberturas que se identificaron fueron las siguientes:

**Cuadro 3. 2** Clasificación de cobertura vegetal utilizada

CLASES INFORMALES	CATEGORÍAS	CLASES FORMALES
Vegetación Arborea	<b>Bosque húmedo tropical intervenido</b>	Guasmo ( <i>Guazuma ulmifolia</i> )
		Samán ( <i>Samanea saman</i> )
		Laurel ( <i>Cordia alliodora</i> )
		Caucho ( <i>Hevea Brasiliensis</i> )
Áreas Agropecuarias	<b>Cultivos de ciclo perenne</b>	Naranja ( <i>Citrus aurantium</i> )
		Mandarina ( <i>Citrus reticulata</i> )
		Cacao ( <i>Theobroma cacao</i> )
	<b>Cultivos de ciclo corto</b>	Café ( <i>Coffea</i> )
		Maiz ( <i>Zea mays</i> )
		Arroz ( <i>Oryza sativa</i> )
		Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )
	<b>Pastizales</b>	Pastos
Cuerpos de Agua	<b>Ríos</b>	Lagos
		Vertientes

**Actividad 8.-** Evaluación de la confiabilidad de datos mediante la matriz de confusión con el fin de validar la información de los mapas obtenidos, se realizó un muestreo de sitios de verificación, mediante observaciones de campo. Se elaboró la matriz de confusión, en donde las filas representan generalmente las clases de referencia y las columnas las clases del mapa. La diagonal de la matriz expresa el número de sitios de verificación en los que hay concordancia entre el mapa y los datos de referencia, mientras los marginales indican errores de asignación (François, *et al.*, 2003).

### **Actividad 8.1. Índices Globales Exactitud Global**

Se calcula como el número de unidades clasificadas correctamente, sobre el número total de unidades consideradas. Se obtiene sumando los elementos de la diagonal divididos por el total de observaciones. Este índice tiende a sobrestimar la bondad de la clasificación. Sus valores se encuentran en el intervalo [0, 1], siendo la clasificación mejor cuanto más se acerque a la unidad. Según (Boca y Rodríguez, 2016) el valor de exactitud global es igual a la suma de los valores de la diagonal sobre el número de observaciones.

### 3.5. FASE III. CÁLCULO DE LA TASA DE DEFORESTACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

**Actividad 9.-** Para el cálculo de la tasa de deforestación total anual promedio (ha) y tasa de deforestación (%) de la microcuenca Caña, se utilizaron las fórmulas [2.1] y [2.2] (SENPLADES, 2013), detalladas en el marco teórico de la investigación.

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1} \quad [ 2.1 ]$$

*R*: Deforestación total anual promedio para un período determinado

*A*<sub>1</sub>: Área de bosque inicial (ha)

*A*<sub>2</sub>: Área de bosque final (ha)

*t*<sub>1</sub>: Año inicial

*t*<sub>2</sub>: Año final

$$q = \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)} - 1 \quad [ 2.2 ]$$

*q*: Tasa de deforestación (%)

*A*<sub>1</sub>: Área de bosque inicial (ha)

*A*<sub>2</sub>: Área de bosque final (ha)

*t*<sub>1</sub>: Año inicial

*t*<sub>2</sub>: Año final

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS DE LA MICROCUENCA CAÑAS**

Las imágenes concernientes a los años 1990, 2000, 2008 y 2016 del Instituto Geográfico Militar (IGM) y del portal del servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS), tiene características WGS 1984 UTM Zone 17S, Proyección: Transverse Mercator, Datum: WGS 1984 Unidades: Meter, escala gráfica 1:26.000. Se realizaron extracciones por cada año en estudios, y se obtuvieron las clasificaciones.

### **4.2. ESTABLECIMIENTO LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO DE LA MICROCUENCA CAÑAS, MEDIANTE UNA CLASIFICACIÓN SUPERVISADA**

En el año 1990, el uso de suelo de la microcuenca Cañas estaba distribuido un 80,38% por vegetación arbórea, el 15,96 % equivalente a áreas agropecuarias, el 3,66% por nubosidad ver (Anexo 3-A).

En el año 2000, el uso de suelo decreció donde se reflejó que el 59,15% era usada por vegetación arbórea, el 2,05 % estuvo ocupado por cuerpos de agua, el 31,27% por áreas agropecuarias y el 7,73 % por nubosidad ver (Anexo 3-B).

En el año 2008, la vegetación arbórea reflejo el 60,29% manteniendo valores constantes, el 37,07% áreas agropecuarias, y el 2,64 % estuvo ocupado por agua ver (Anexo 3-C).

En el año 2016, hubo un cambio significativo en donde la actividad agropecuaria ocupo en 67,86 % era usada por áreas agropecuarias, el 26,36% equivalente a 630,14 (ha) estuvo ocupado por vegetación arbórea, el 5,78 % equivalente a 138,14 (ha) es ocupado por agua ver (Anexo 3-D).

### 4.3. VARIACIÓN DE USOS DE SUELO (1990 – 2016)

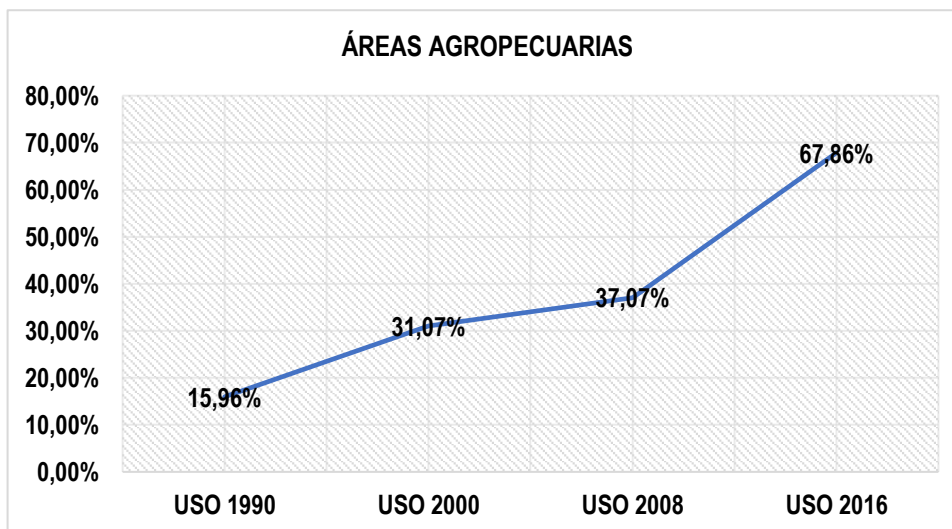


Gráfico 4.1 Áreas Agropecuarias

El gráfico 4.1 ilustra que en la época del 90 la microcuenca Cañas tenía un 15,96% del uso de suelo en cuanto a áreas agropecuarias, para el año 2000 este porcentaje disminuyó a 31,07%. El uso en el 2008 fue 37,07% y en el año 2016 el valor osciló 67,86%.

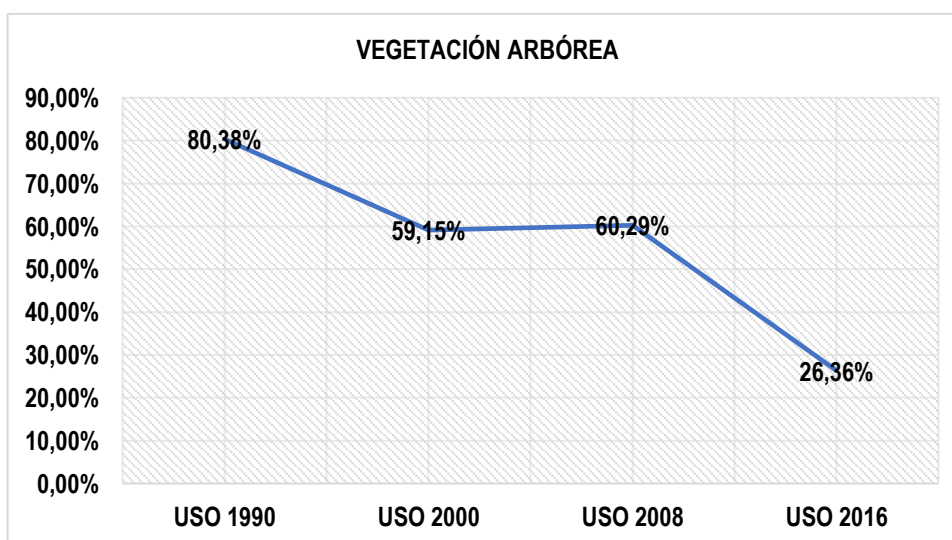
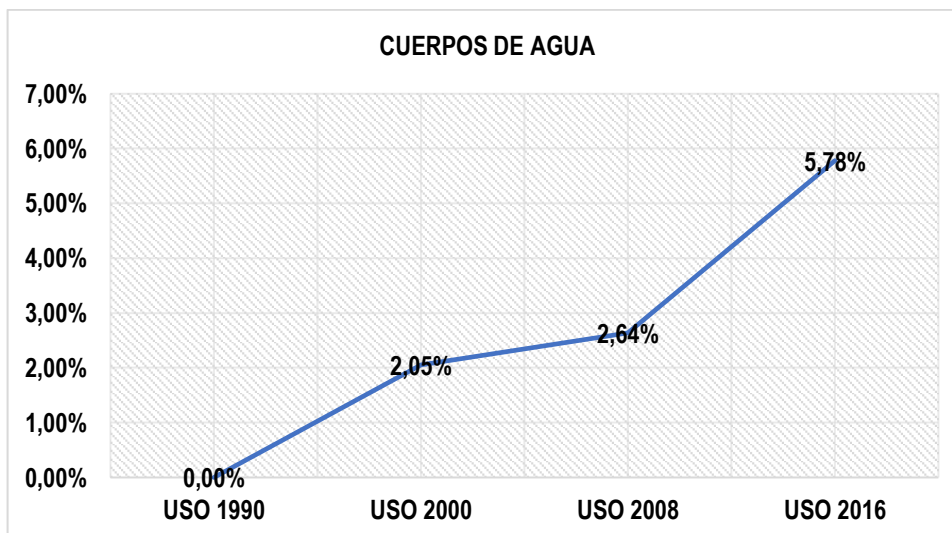


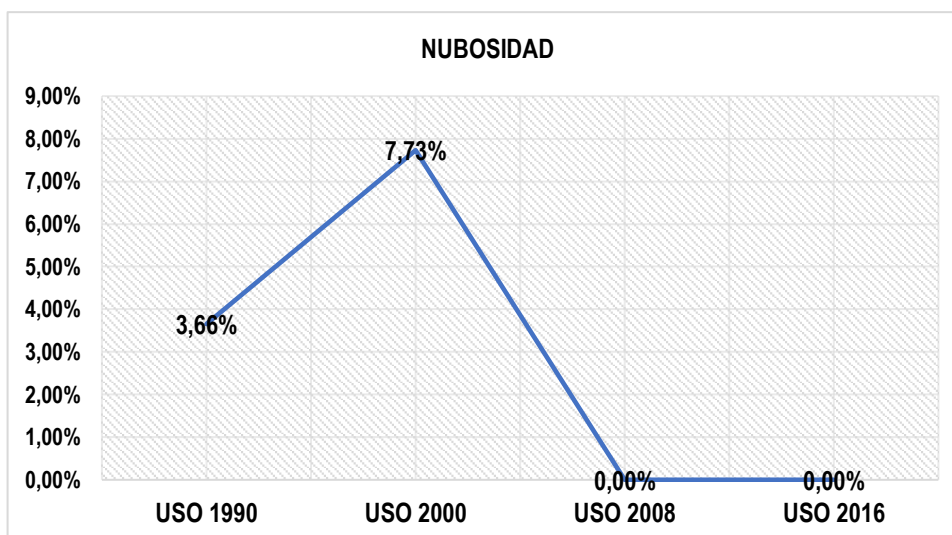
Gráfico 4.2 Vegetación arbórea

El gráfico 4.2 ilustra que en la época del 90 la microcuenca Cañas tenía un 80,38% del uso de suelo en cuanto a vegetación arbórea, en el año 2000 el valor descendió a 59,15%, en el 2008 se mantuvo en 60,29% y en el año 2016 el valor descendió a 26,36%.



**Gráfico 4. 3** Cuerpos de agua

El gráfico 4.3 ilustra que en la época del 90 la microcuenca Cañas tenía ocupada un 0,0 % del uso de suelo en cuanto a cuerpo agua, en el año 2000 el valor ascendió a 2,05%, en el 2008 se mantuvo en 2,64% y en el año 2016 el valor se acrecentó a 5,78%.



**Gráfico 4. 4** Nubosidad

El gráfico 4.4 ilustra que en la época del 90 de la microcuenca Cañas en las imágenes Landsat obtenidas se muestra un error de 3,66% dado por la nubosidad, en el año 2000 el valor ascendió a 7,73%, para el período del (2008 – 2016) no hubo presencia de nubosidad.



#### 4.3.1. VALIDACIÓN DE CLASIFICACIÓN PARA EL AÑO 2016

Evaluación de la confiabilidad de datos mediante la matriz de confusión. Se elaboró la matriz de confusión, en donde las filas representan generalmente las clases de referencia y las columnas las clases del mapa. La diagonal de la matriz expresa el número de sitios de verificación para los cuales hay concordancia entre el mapa y los datos de referencia, mientras los marginales indican errores de asignación. (François, *et al.*, 2003). Se obtuvo un 81,25% en el índice de Exactitud Global de acuerdo con Boca y Rodríguez (2016) el cual indican que un valor de clasificación es mejor cuanto más se acerque al 100%.

**Cuadro 4. 1** Matriz de Confusión

DATOS DE LA MICROCUENCA CAÑAS					
CLASIFICACIÓN	Vegetación Arbórea	Áreas Agropecuarias	Cuerpos de agua	Nubosidad	TOTAL
VEGETACIÓN ARBÓREA	7	4	0	0	11
ÁREAS AGROPECUARIAS	2	19	0	0	21
CUERPO DE AGUA	0	0	0	0	0
NUBOSIDAD	0	0	0	0	0
$((7+19) / 32) * 100 =$	81,25 %			TOTAL	32

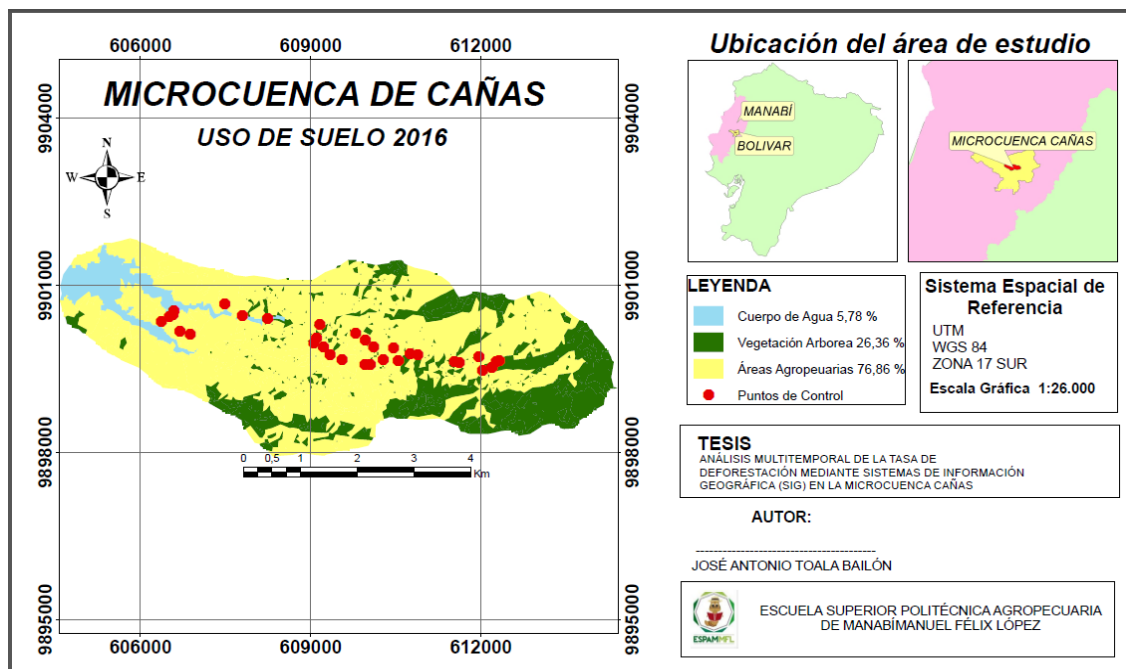


Figura 4. 1 Validación de puntos del año 2016

#### 4.3.2. ESTABLECIMIENTO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los estudios sobre el cambio de cobertura uso de suelo proporcionan una base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (García, *et al.*, 2012). Se obtuvo datos sobre la cobertura vegetal para los años 1990, 2000, 2008 y 2016, luego de un proceso de tratamiento de mapas.

Cuadro 4. 2 Base de datos de la cobertura vegetal de la microcuenca Cañas período 1990 - 2016

		Descripción			
Años		Vegetación arbórea	Áreas Agropecuarias	Cuerpos de agua	Nubosidad
1990	Área ha	1992,02	381,51	-	87,50
	%	80,38	15,96	-	3,66
2000	Área ha	1414,59	743,14	48,96	184,83
	%	59,15	31,07	2,05	7,73
2008	Área ha	1442,17	886,87	63,16	-
	%	60,29	37,07	2,64	-
2016	Área ha	630,14	1622,37	138,14	-
	%	26,36	67,86	5,78	-

En el cuadro 4.2. Se ilustra que el año 1990 el 80,38% del área total de la microcuenca era vegetación arbórea, el 15% por áreas agropecuarias. Para el

año 2000 la vegetación arbórea representó el 59,15% lo que indica que disminuyó un 21,23% con relación al año anterior, en lo que respecta a las áreas agropecuarias el 31,07% es decir que aumentó un 15,11% y un 2,05% es ocupado por agua. En el año 2008 el 60,29% representó la vegetación arbórea el 37,07 áreas agropecuaria y el 2,64% cuerpos de aguas, en el año 2016 el 26,36 % representa la vegetación arbórea, el 67,89 áreas agropecuarias y el 5,78 por cuerpos de agua, lo que indica la vegetación disminuyó un 33,93 % en comparación con el 2008 incrementado un 30,79% las áreas agropecuarias y un 3,14 de cuerpo de agua de acuerdo con (Gordillo, *et al.*, 2017), indican que el crecimiento de la población urbana y la agricultura comercial de exportación, se encuentran correlacionados de forma positiva con la deforestación. La acelerada urbanización amenaza los recursos forestales (Pandey y Seto 2015) citado por (Gordillo, *et al.*, 2017).

#### 4.4. ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DEFORESTACIÓN

Se obtuvo la tasa de deforestación total anual promedio en hectárea y porcentaje de los años (1990 - 2016). Los datos se representan en los siguientes cuadros.

**Cuadro 4. 3** Deforestación total anual promedio para un período determinado

<b>R: Deforestación total anual promedio para un período determinado</b>	
Área entre 1990 a 2000	50,74325559 ha
Área entre 2000 a 2008	-3,447925607 ha
Área entre 2008 a 2016	101,504203n ha
Área entre 1990 a 2016	49,68779912 ha

**R: Deforestación total anual promedio para un período determinado**

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1}$$

**Área entre 1990 a 2000 R= (1922,02-1414,59) / (2000-1990) = 50,74325559**

**Área entre 2000 a 2008 R= (1414,59- 1442,17) / (2008-2000) = -3,447925607**

**Área entre 2008 a 2016 R= (1442,17- 630,14) / (2016-2008) = 101,504203**

**Área entre 1990 a 2016  $R = (1922,02 - 630,14) / (2016 - 1990) = 49,68779912$**

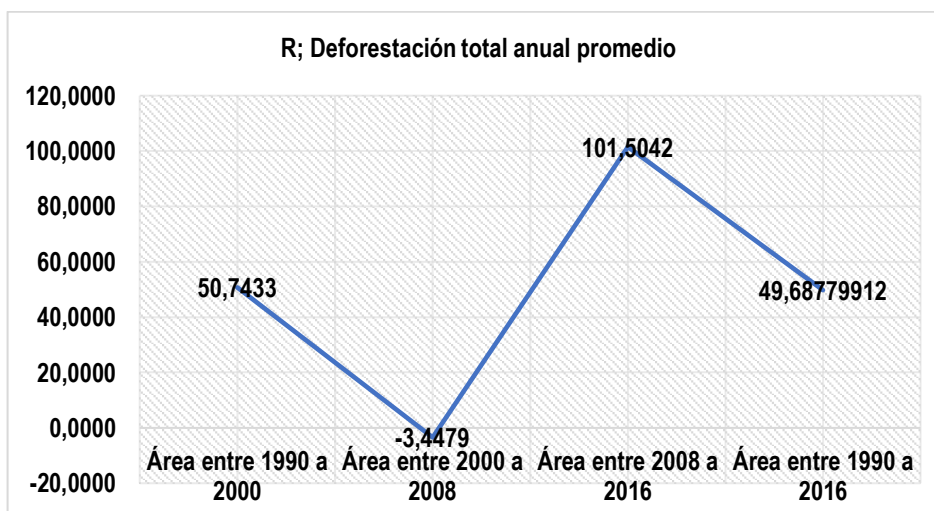


Gráfico 4.5 R: deforestación total anual promedio para un período determinado

En el gráfico 4.5 se observan las variaciones que se han suscitado en los períodos de estudio de la microcuenca Cañas, dado que para el período (1990 - 2000) hubo un cambio que refleja en 50,74 ha, así mismo en el período (2000 - 2008) se muestra un cambio positivo mínimo de 3,44 ha y el cambio más significativo se dió en el período de (2008 - 2016) con un cambio de 101,50 ha y como un dato general en el período de (1990 - 2016) refleja un valor de 49,68 ha.

**Cuadro 4. 4** Cambio que representan las categorías vegetación arbórea, área agropecuaria entre los diferentes años

Cobertura	Descripción				Total
	Vegetación Arborea	Área Agropecuaria	Cuerpos de Agua	Nubosidad	
1990 ha	1922,02	381,51	0	87,5	2391,04
2000 ha	1414,59	743,14	48,96	184,83	2391,52
Cambios ha	-507,43	361,63	48,96	97,33	
Cambio/año ha	50,74	36,163	4,896	9,733	
2008 ha	1414,59	743,14	48,96	184,83	2391,52
2008 ha	1442,17	886,87	63,16	0	2392,21
Cambios ha	27,58	143,73	14,2	-184,83	
Cambio/año ha	3,44	17,966	1,775	23,103	
2008 ha	1442,17	886,87	63,16	0	2392,21
2016 ha	630,14	1622,37	138,14	0	2390,64
Cambios ha	-812,03	735,5	74,98	0	
Cambio/año ha	101,5	91,93	9,372	0	

-: decrecimiento de cobertura.  
+: Incremento de cobertura.

El cuadro 4.4 ilustra el decrecimiento e incremento de la cobertura vegetal y áreas agropecuarias. En lo concerniente al período 1990 - 2000 hubo un decrecimiento de 507,43 ha, e incremento en las áreas agropecuarias 361,63 ha. Para el período 2000 - 2008 hubo un incremento de la vegetación arbórea 27,58 ha del área agropecuaria 143,73 ha. En lo respecta a el período 2008 - 2016 la cobertura vegetal decreció 812,03 y las áreas agropecuarias incrementaron 735,35 ha, que de acuerdo con SENPLADES (2013), en el sector agropecuario generalmente se ha desempeñado un rol protagónico en la pérdida de cobertura vegetal, se deforestan en promedio 70.000 ha/año; una alta proporción de éstas para uso en actividades agropecuarias. El 95% de los bosques de la costa ecuatoriana, ha sido talado para uso agropecuario; paralelamente, se registra una tasa nacional alrededor del 5% de incremento anual de la frontera agrícola.

**Cuadro 4. 5** Tasa de deforestación de la microcuenca Cañas en el período 1990-2016

<b>TASA DE DEFORESTACIÓN DE LA MICROCUENCA CAÑAS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>1990 ha</b>	<b>2000 ha</b>	<b>Cambio ha</b>	<b>Tasa Cambio</b>	<b>Tasa Deforestación %</b>
	1922,0 2	1414,59	<b>-507,43</b>	-0,0301	<b>-3,01</b>
	<b>2000 ha</b>	<b>2008 ha</b>	<b>Cambio ha</b>	<b>Tasa Cambio</b>	<b>Tasa Deforestación %</b>
<b>Vegetación Arborea</b>	1414,5 9	1442,17	<b>+27,58</b>	0,0024	<b>0,24</b>
	<b>2008 ha</b>	<b>2016 ha</b>	<b>Cambio ha</b>	<b>Tasa Cambio</b>	<b>Tasa Deforestación %</b>
	1442,1 7	630,14	<b>-812,03</b>	-0,0983	<b>-9,83</b>
				<b>total:</b>	<b>12,60</b>

**q : Tasa de deforestación (%)**

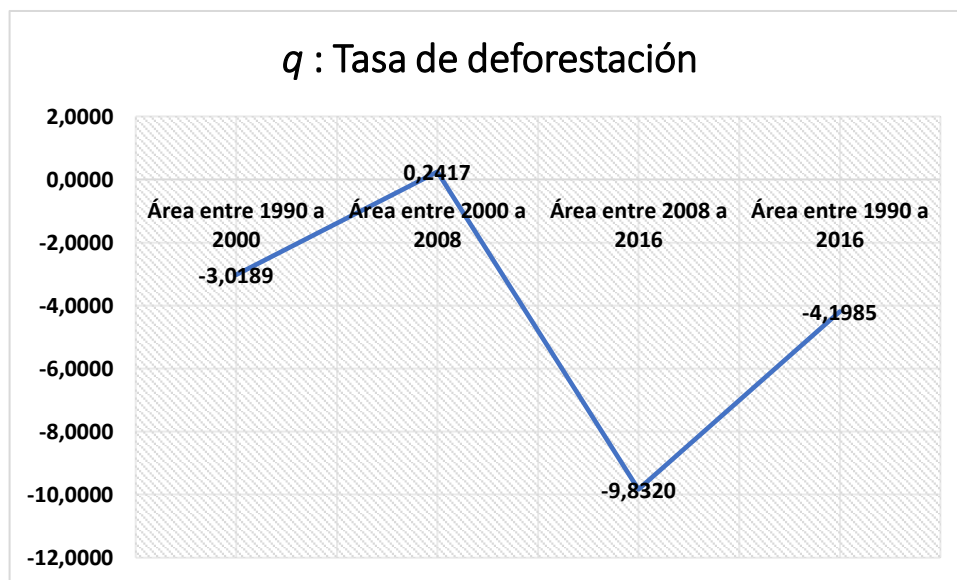
$$q = \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2-t_1)} - 1$$

**Área entre 1990 a 2000**  $q = (1414,59/1922,02)^{1/((2000-1990))} - 1 = -0,030188822 = -3,0188 (\%)$

**Área entre 2000 a 2008**  $q = (1442,17/1414,59)^{1/((2008-2000))} - 1 = 0,002416865 = 0,2416 (\%)$

**Área entre 2008 a 2016**  $q = (630,14/1442,17)^{1/((2016-2008))} - 1 = -9,83203276 = -9,8320 (\%)$

**Área entre 1990 a 2016**  $q = (630,14/1922,02)^{1/((2016-1990))} - 1 = -0,041985257 = -4,1985 (\%)$



**Gráfico 4.6** Porcentaje de tasa de deforestación total anual

El gráfico 4.6 ilustra el porcentaje de la tasa de deforestación en la microcuenca Cañas. Ecuador es reconocido como uno de los países más ricos en biodiversidad, pero lamentablemente también es considerado como uno de los que posee una de la tasa anual de deforestación alta en la región (1,2 - 1,5%), de acuerdo a la descripción de (Torrachi, 2015), lo que se evidencia en

la microcuenca Cañas que en la década del 1990 - 2000 existió una tasa de deforestación de 3%, en la década de 2000 - 2008 la tasa disminuyó a 0,24%, y en el período 2008 - 2016 reportó una tasa del 9,83%, sin embargo durante el período de estudio de 20 años la microcuenca Cañas sufrió una tasa de deforestación de 4,1985%, en concordancia con Bubb (2004) citado por (Torrachi, 2015) estos cambios extremos de tasa de deforestación se derivan principalmente de la conversión de bosques a cultivos en la frontera agrícola, explotación de madera, construcción de carreteras y finalmente por el crecimiento poblacional.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- La microcuenca Cañas tiene una superficie de 23,93 km<sup>2</sup> que corresponde a una cuenca muy pequeña de acuerdo con la clasificación de Campos (1998), con un relieve ondulado, suelos ganaderos, agrícolas y forestales, se subdivide en tres áreas Caña Grande, Caña Media y Caña Chica, las especies arbóreas más representativas son el guasmo, guachapelí y samán.
- La clasificación supervisada, permitió determinar tres usos de suelo en la microcuenca Cañas para los diferentes períodos de investigación. La misma que en el año 2016 tiene una ocupación de 67,86% en áreas agropecuarias, un 26,36% en vegetación arbórea y 5,78% en cuerpos de agua.
- La tasa de deforestación que sufrió la microcuenca en los últimos 20 años (1990 - 2016), fue de 4,19%, estos cambios bruscos se deben a la conversión de bosques a cultivos de pequeña escala.



## **RECOMENDACIONES**

- Utilizar imágenes satelitales de alta resolución para divisar con mayor precisión los problemas de deforestación.
- Usar la información obtenida en este trabajo para la contribución de planes de ordenamiento territorial y/o planes de conservación, debido a que la microcuenca Cañas tiene la mayor parte de su área en uso agropecuario y una alta tasa de deforestación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo Ministerial No. SNPD-0089, 2014. Lineamientos y directrices para la actualización y reporte de información de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados. En: Acuerdo Ministerial No. SNPD-0089-2014. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Campos, A. 1998. Procesos del ciclo hidrológico. tercera ed. Mexico: universitaria Posonia.
- Aranoff, S. 1989. geographic information system: A management perspective, Ottawa, Canada: WDL Publications.
- Azqueta, D. 1999. Valoración económica de la calidad ambiental. Madrid, España: Editorial Mc Graw Hill.
- Baethgen, W. y Martino, D., 2000. Cambio climático, gases de efecto invernadero e implicancias en los sectores agropecuario y forestal del Uruguay: INIA.
- Barahona, F. 2006. Caracterización paisajística y definición de lineamientos de manejo de "Montaña Grande": zona de recarga de las Microcuencas de La Soledad, Las Cañas y El Cobre, Valle de Ángeles y Santa Lucia, Honduras C.A.
- Bass, M. 2010. global conservation significance of Ecuador's Yasuní national park. plos one 5, s.l.
- Bezanilla, D., Ramírez, J. y Ávila, A., 2008. Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la sierra fría, aguascalientes, México. madera bosques, 14(1).
- Boca, T. y Rodriguez, G. (2016). Métodos estadísticos de la evaluación de la exactitud de productos derivados. [Online] Available at: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_mtodos\\_est\\_sensores.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_mtodos_est_sensores.pdf)
- Bocco, G., 2015. Cartografía y sistemas de información geográfica en el manejo integrado de cuencas. Untitled. [Online] Available at: [http://www.era-mx.org/biblio/politica/MjoCuencas\\_SIGs.pdf](http://www.era-mx.org/biblio/politica/MjoCuencas_SIGs.pdf) [Accessed 28 mayo 2018].
- Brenes, C. 2007. Sistemas de información geográfica. s.l.:SERIO-PREPAC.
- Brown, S. y Lugo, A., 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. Restorat. Ecol., Volume 2, p. 97–111.
- Caciano, R. et al., 2013. Análisis sobre cambio de uso de suelo en dos escalas de trabajo. Terra latinoamericana, octubre-diciembre, 31,(4), pp. 339-346.

- Cárcamo, A. y Rejas, A., n.d. Análisis multitemporal mediante teledetección espacial y SIG del cambio cobertura del suelo en el municipio. *Revista ciencias espaciales*, 8(2).
- Carrie, J. 2001. *Manual de cuencas hidrograficas*, Canadá: World vision.
- Constitucion de la Republica del Ecuador 2008. Artículo 411. El Ecuador garantizara la conservación y recuperación de recursos hídricos, decreto legislativo 0. registro oficial 449 de 20-oct-2008.
- Cueva, O., Armijos, I., Sinoga, A. C., y Ruiz. (2015). El papel de la cobertura vegetal en la generación de sedimentos y calidad de agua de los Andes Ecuatorianos. *Uco*, 8.
- Chamba, L. 2009. *Manual de cuencas hidrográficas*. El Salvador: Universidad del Salvador.
- Chuvieco E, 2002. *Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. 1era.Edición ed. España: Editorial Ariel S.A.
- Chuvieco, E. y otros, 2005. ¿Son las tecnologías de la Información geográfica (TIG) parte del núcleo de la Geografía?”, *Boletín de la asociación. boletín de la asociación de geógrafos españoles - AGE*, Issue 40, pp. 35-55.
- Clirsen, A. 2003. *Deforestación en Ecuador*. Quito: s.n.
- Daza, H. 2013. *Imágenes multiespectrales de sensores remotos*. [Online] Available at: [http://www.un-spider.org/sites/default/files/Practica\\_ImagenesMultiespectralesDeSensoresRemotos\\_3.pdf](http://www.un-spider.org/sites/default/files/Practica_ImagenesMultiespectralesDeSensoresRemotos_3.pdf)
- Esteli, N. 2002. *Manejo de cuencas hidrograficas y protección de fuentes de agua*, S.L. Una.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. *¿Por qué invertir en la ordenación de las cuencas hidrográficas?*, Roma: FAO.
- Fernández J, 2003. *a recuperación de ríos en entornos urbanos: el caso del Río Zadorra en Vitoria-Gasteiz*. Madrid: Escuela universitaria de Ingeniería técnica forestal de la universidad politécnica de Madrid.
- François, J., Díaz, J. y Pérez, A., 2003. Evaluación de la confiabilidad temática de mapas o de imágenes clasificadas: una revisión. *Revista de Investigaciones Geográficas*, Issue 51, pp. 53-72.
- Gálvez, J. 2011. *Cartilla técnica: ¿Qué es cuena hidrológica?*, Lima: sociedad geográfica de Lima.
- García, J., Cedillo, J. y Pérez, J., 2011. Cambio de uso de suelo en una microcuenca. *Universidad autónoma del estado de México*, Abril-Octubre, Issue 125-135, pp. 53-54.
- García, O. et al., 2012. Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el altiplano. *Redalyc*, Issue 55-56, pp. 63-73.

- Gardey, A., y Pérez, J. (2009). Definicion.de. Recuperado en julio 10, 2018, Disponible en: <http://definicion.de/deforestacion>.
- Geist, H. y Lambin, E., 2001. What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub national case study evidence.. LUCC report series No.4 ed. Bélgica: CIACO Printshop.
- Gil, J. et al., 2003. Enfoques para la clasificación digital de imágenes mono y multispectrales y su implementación en el software cubano TN Estudio V2.0. Revista de Teledetección, Volume 20, pp. 35-52.
- Gómez, Á. y Sotos, Á. 2013. Clasificación digital de imagen con satélite. [Online] Available at: <http://mural.uv.es/gislo/telemetida.pdf>
- Gómez, H. 2006. Clasificación de usos de suelo de imágenes satelitales Landstad por medio de redes neuronales supervisadas. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Gordillo, R., Concepción, M., Castillo, S. y Angel, M., 2017. Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México. Ecosistemas y Recursos Agroforestales, 4(10), pp. 39-49.
- González, A. et al., 2008. Elaboración de mapas de usos potenciales del suelo. VII CIA – S4: Prospección geofísica y teledetección, Pp. 26-28..
- Guevera, S., Laborde, J. y Sánchez, G., 2004. La deforestación. México: s.n.
- Hernández, A. et al., 2013. Impactos del cambio de uso de la tierra en la ESPAMCIENCIA, 4(2), pp. 59-66.
- Herrera, A., Ruiz, V. & Save, R., 2013. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el paisaje terrestre protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011. [Online] Available at: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/814/753> [Accessed 01 Septiembre 2016].
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2012. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua, s.l. s.n.
- Ludeña, G. 2011. Valoración económica-ambiental del recurso hídrico para Catamayo, Loja, Cuenca: Universidad del Azuay.
- Lund, H., 2000. Definitions of forest, deforestation, afforestation, and reforestation. <http://home.att.net/~gklund/>.
- Lund, H., 2006. National forest inventories and global resource assessments. In: Forest and Forest Plants, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).. Oxford, UK: EOLSS Publishers, Ltd., p. 29–65.

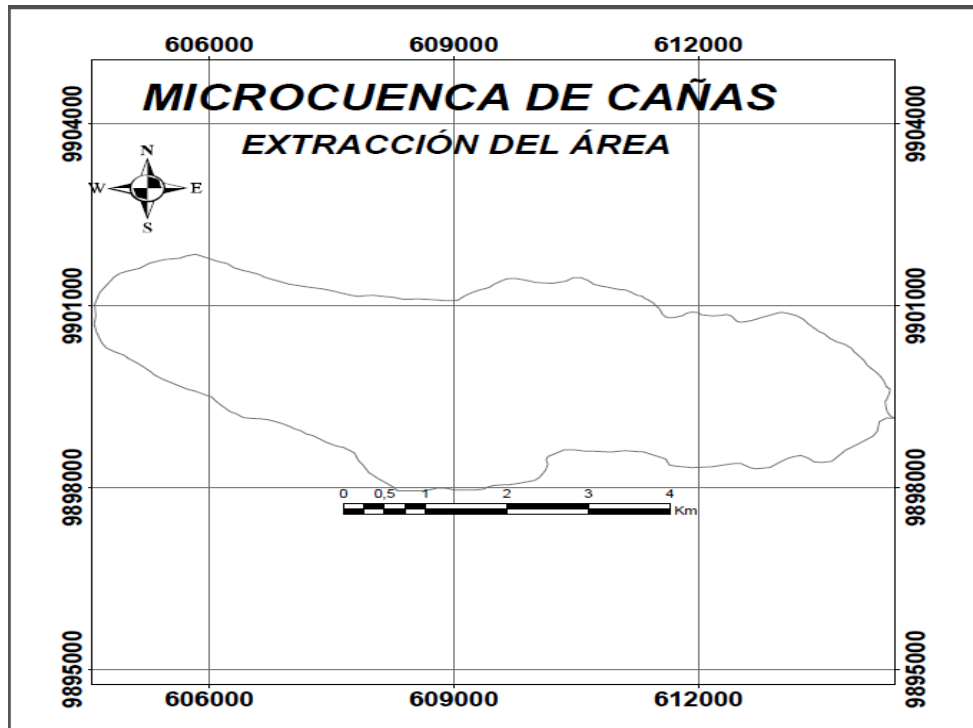
- MAE (Ministerio del ambiente del Ecuador). 2011. Estimación de la Tasa de Deforestación del Ecuador continental. socio bosque program., Quito: s.n.
2001. La biodiversidad del Ecuador: Informe 2000. EcoCiencia; Unión mundial para la naturaleza ed. Quito, Ecuador: EcoCiencia; UICN.
2010. Cuarto informe nacional para el convenio sobre la diversidad Biológica., Quito. s.n.
- Meli, P., 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. 010 ed. s.l. Interciencia.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación). 1998. Cuencas Hidrográficas en Chile: Diagnóstico y proyectos Santiago, Chile: s.n.
- Mittermeier, J. 1997. Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations. Mexico, D.F. CEMEX.
- Morales, J. 2002. Uso y cobertura actual del suelo, índice de protección hidrológica y flora, Ibagué: Alcaldía Municipal de Ataco.
- Ordóñez, N. y Mendivelso, D., 2006. La degradación de tierras y suelos, un problema mundial y una responsabilidad de todos. Revista análisis geográfico.
- Pava, I., 2011. Degradación del suelo: problemática mundial y local. El Caribe: Centro de estudios políticos y socioculturales del Caribe.
- Pla, I., 2006. Problemas de degradación de suelos en el mundo: causas y consecuencias. Lleida, España, Universidad de Lleida, pp. 1-9.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente). 2003. <http://www.rolac.unep.mx/deselac/esp/html/mapas.htm#severidad..> s.l.:s.n.
- Portilla. J, 2013. Estudio de variación de la cobertura vegetal y estado actual del cerro Imbabura aplicando herramientas GIS con fines de declaración de área protegida. [Online] Available at: [repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1726/1/106528.pdf](http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1726/1/106528.pdf)
- Preciado, A., González, S., Mendoza, M. y Silva, F., 2017. Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano. Science Direct, Volume 17, pp. 64-81.
- RAISG (Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada). 2009. Áreas protegidas y territorios. Red amazónica de información socioambiental georeferenciada, s.l. s.n.
- Rojas, T. 2004. Valoración económica del agua de uso doméstico en Quilanga, Loja. Sede Ibarra. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Rodríguez, A., Ordóñez, R. y González, E., 2004. Agricultura de Conservación en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Cualidades y tipos principales. Técnicas de Agricultura de Conservación. Madrid: MundiPrensa. Sánchez J, 2016. Analisis de calidad catografica mediante

- el estudio de matriz de confusion. Revista de investigación, Volume VI, p. 11.
- Schlamadinger, B. y Karjalainen, T., 2000. Afforestation, reforestation, and deforestation (ARD) activities. In: Land Use, Land Use Change, and Forestry – A Special Report for the IPCC. Chapter 3. In: New York, NY. USA: Cambridge Press, p. 127–180.
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 2000. Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental. In: Reporte 2000. México: Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP,.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental. Reporte 2000 ed. México: Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP.
- SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo). 2013. Tasa de deforestación , Ecuador: Subsecretaría de Información.
- Soulé, M. y Orians., G., 2001. Conservation biology: research priorities for the next decade. Sunderland, MA. USA: Island Press.
- Stern, M. y Kernan B., 2011. Report on Tropical Forests and Biodiversity in Ecuador., Quito. USAID.
- Torrachi, J. (2015). Deforestacion y perdida de habitates en bosques de montaña en la cuenca alta del río Zamora. tesis Doctoral. Universidad Politecnica de Madrid. Madrid-España, p 46.

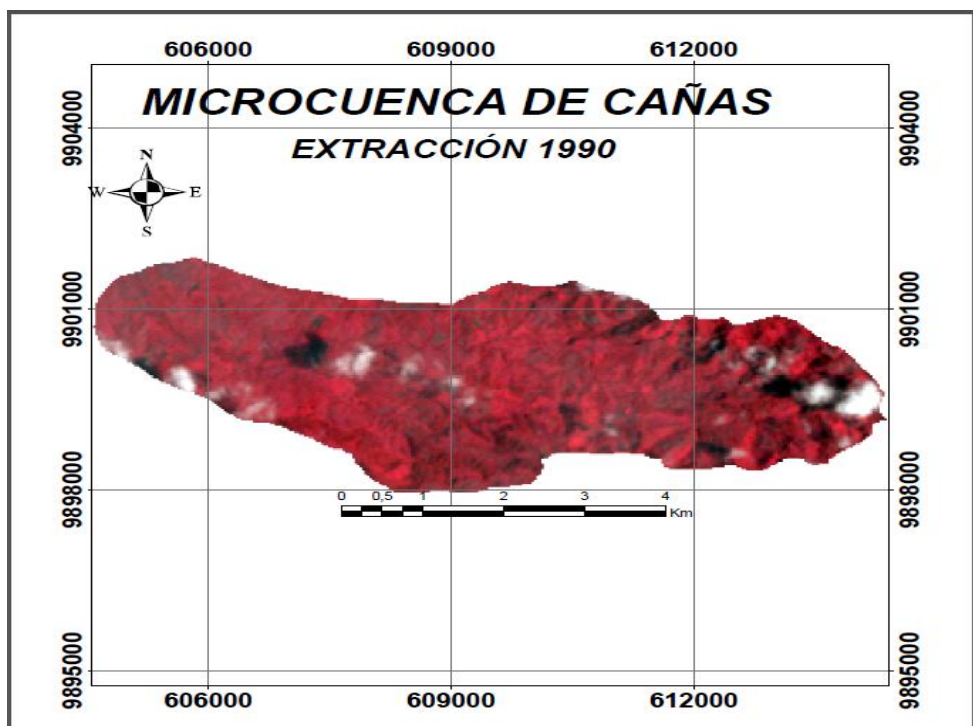
# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Extracción de las imágenes Landsat del área de estudio de los diferentes años analizados.

**Anexo 1-A.** Extracción del área de la microcuenca Cañas.

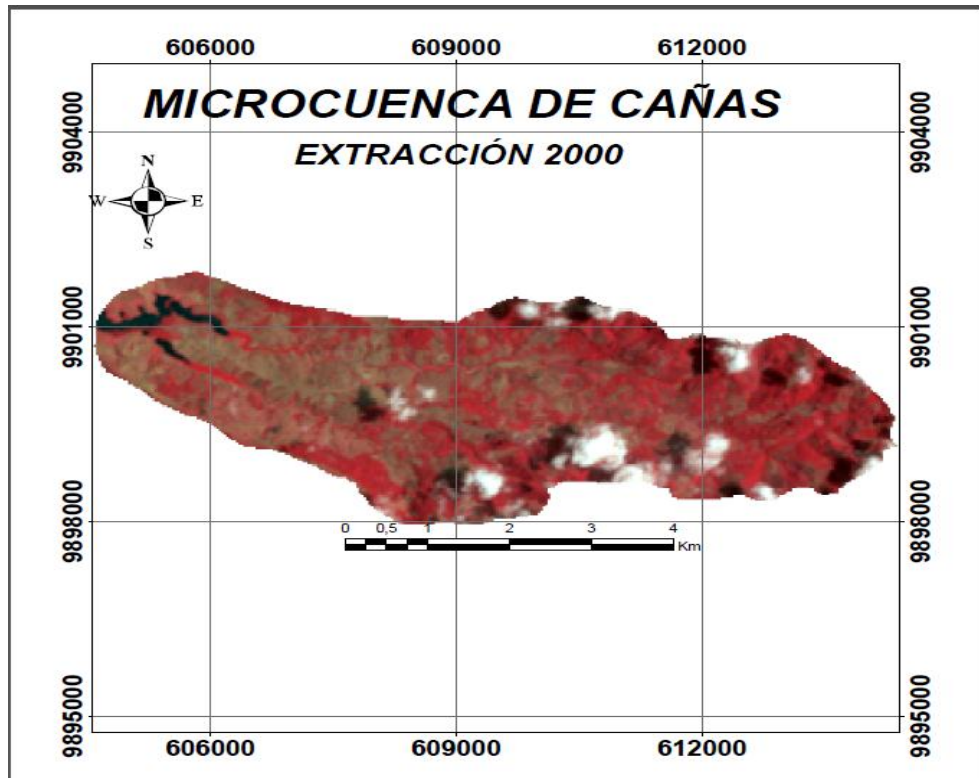


**Anexo 1-B.** Extracción del área de la microcuenca Cañas del año 1990.

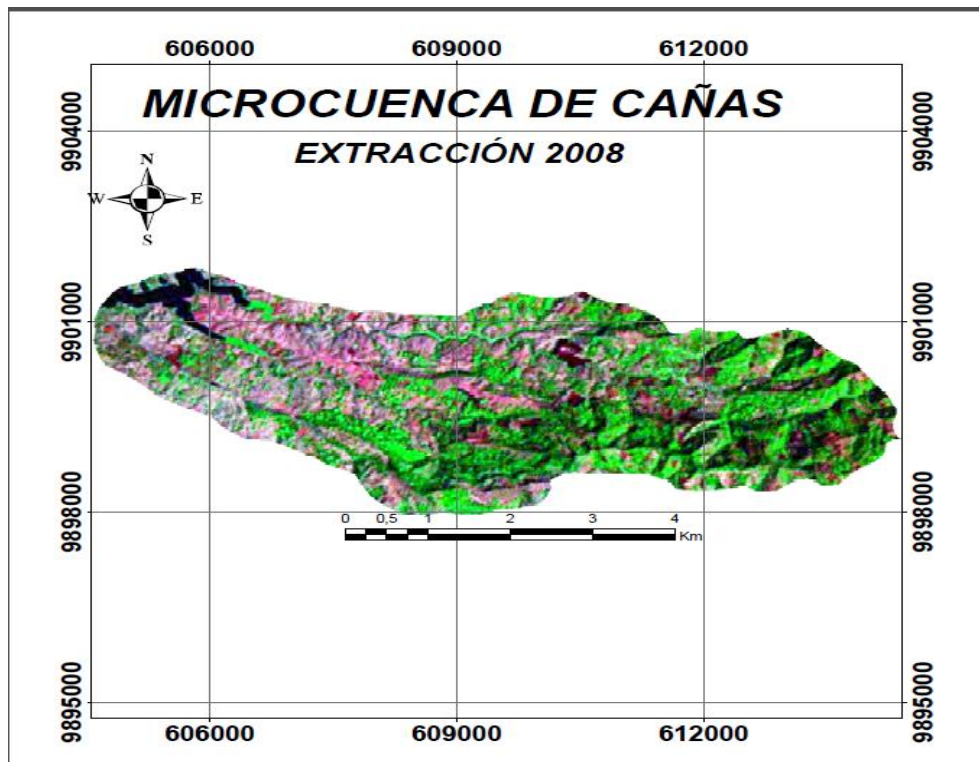




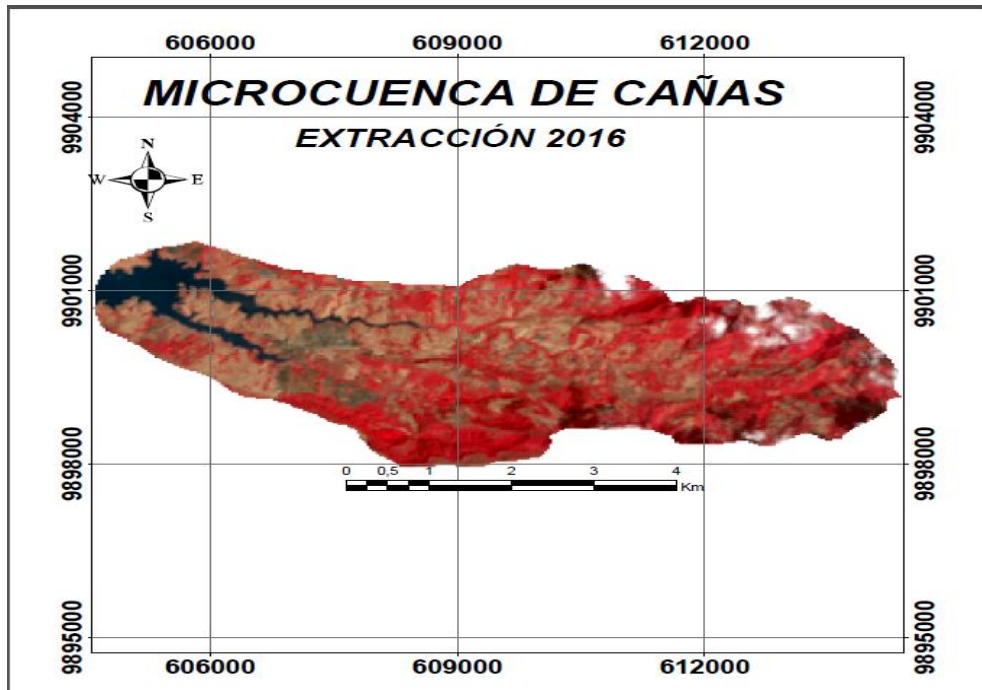
Anexo 1-C. Extracción del área de la microcuenca Cañas del año 2000.



Anexo 1-D. Extracción del área de la microcuenca Cañas del año 2008.

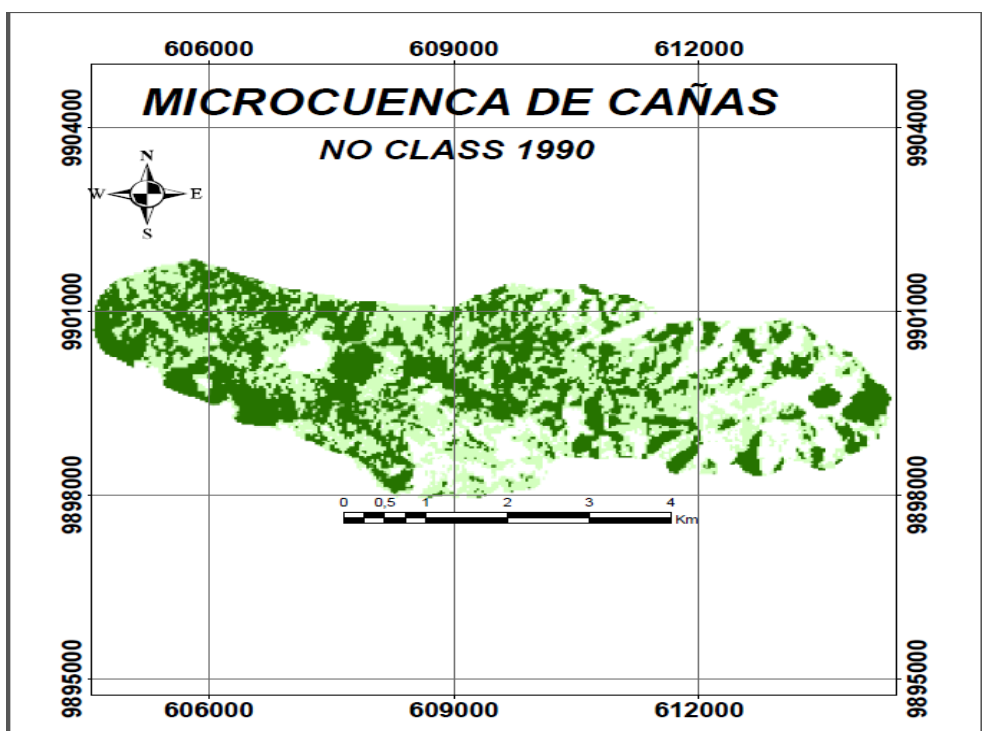


**Anexo 1-E.** Extracción del área de la microcuenca Cañas del año 2016.

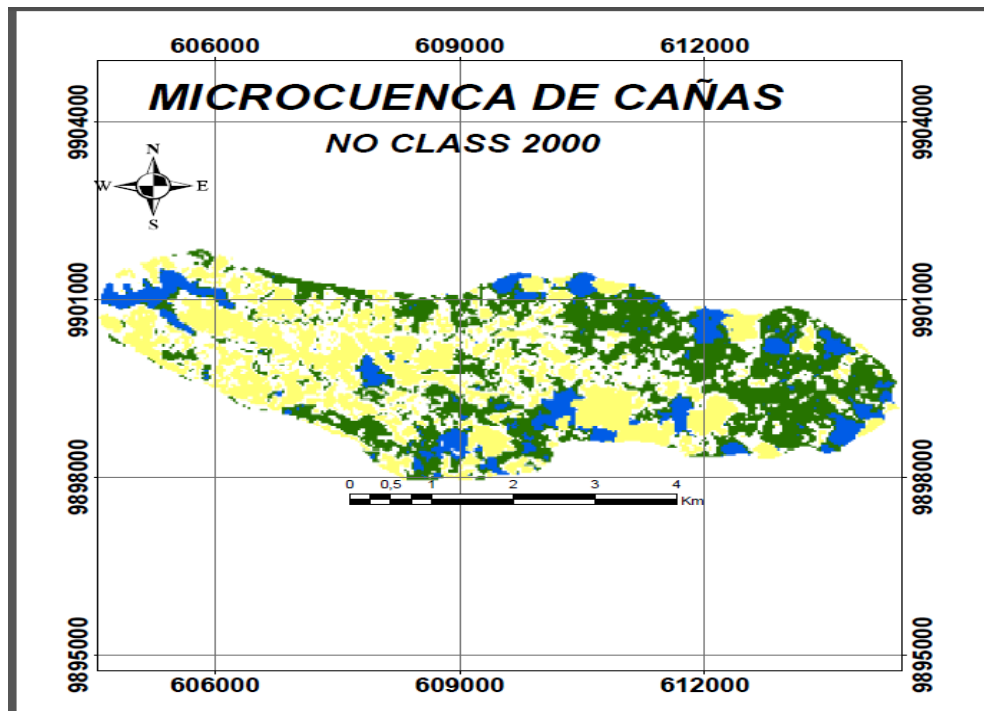


**Anexo 2.** Extracción del área de estudio de la clasificación no supervisada para los diferentes años analizados.

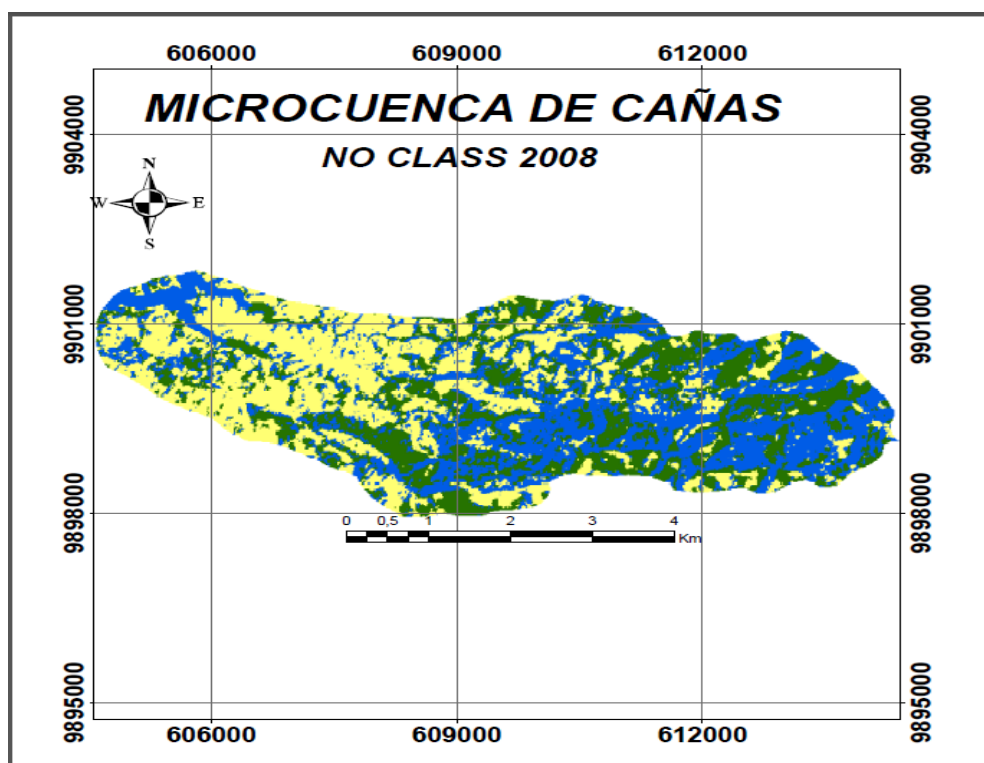
**Anexo 2-A.** Clasificación no supervisada de la microcuenca Cañas del año 1990.



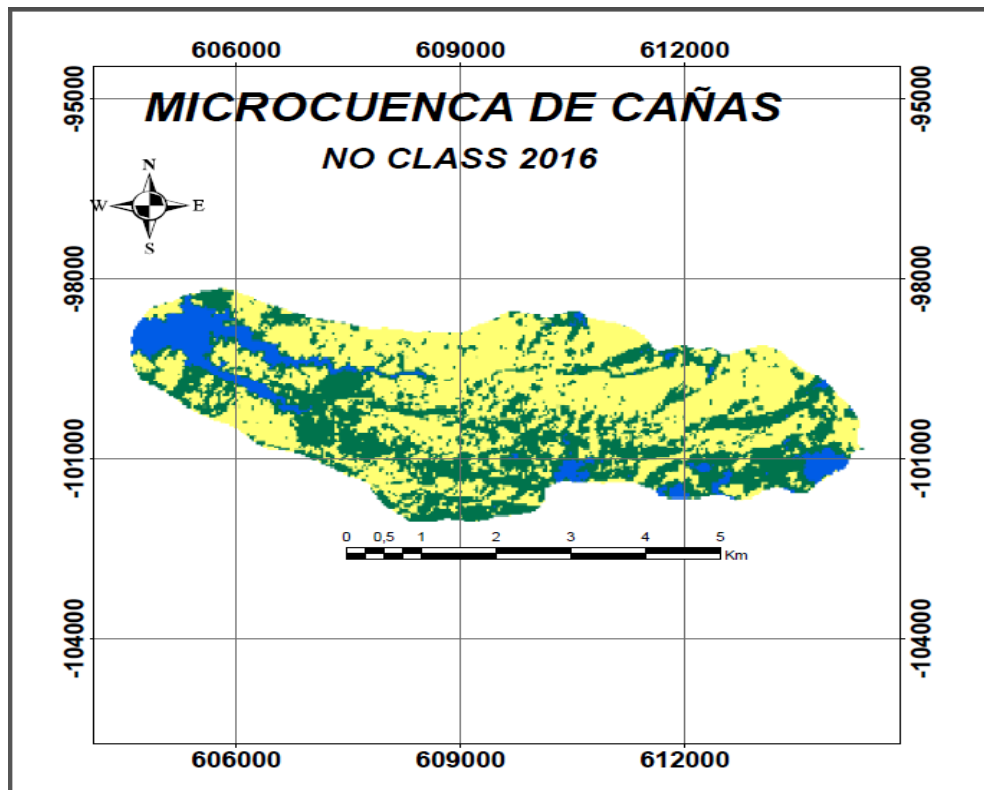
**Anexo 2-B.** Clasificación no supervisada de la microcuenca Cañas del año 2000.



**Anexo 2-C.** Clasificación no supervisada de la microcuenca Cañas del año 2008.

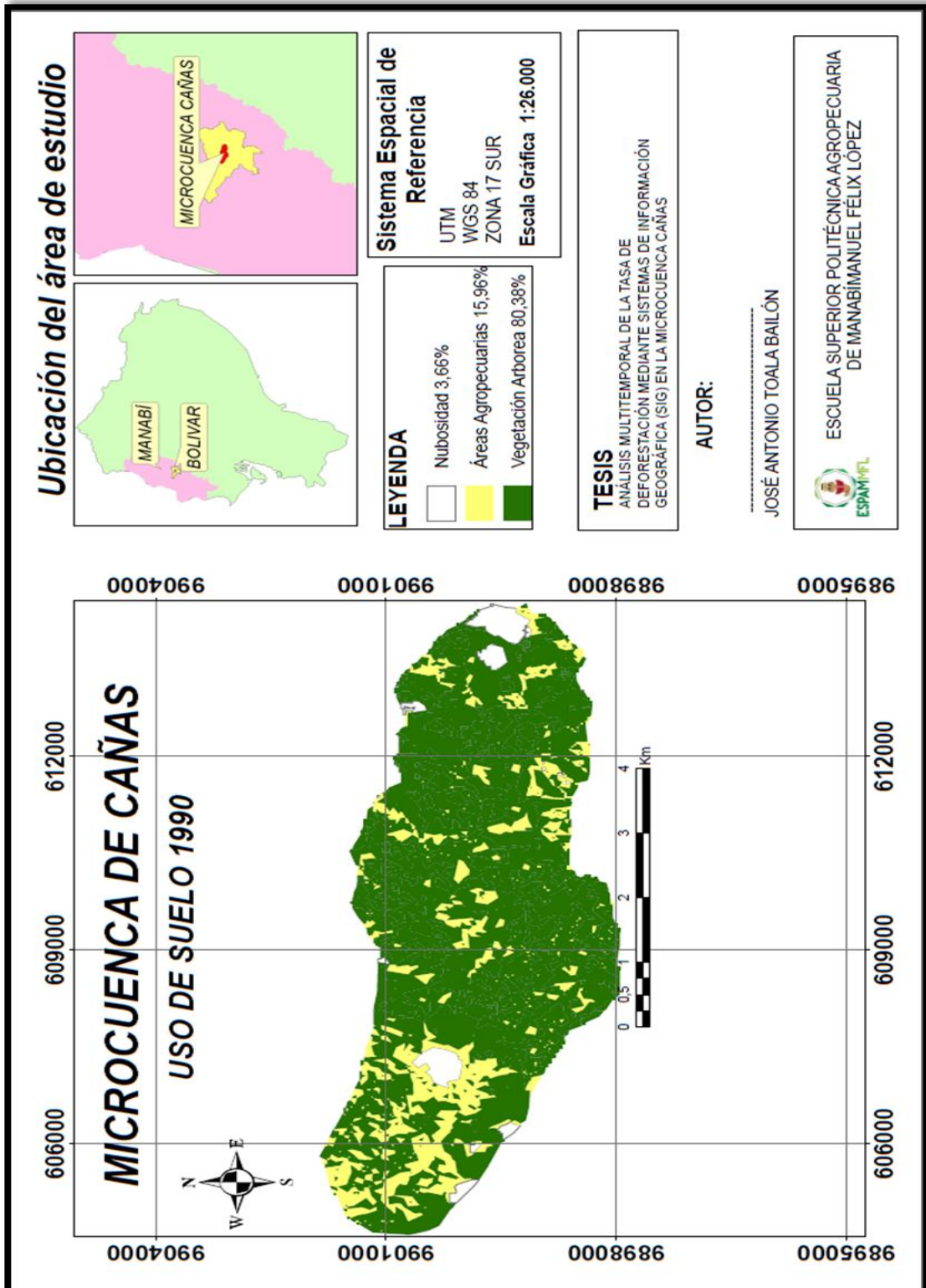


**Anexo 2-D.** Clasificación no supervisada de la microcuenca Cañas del año 2016.



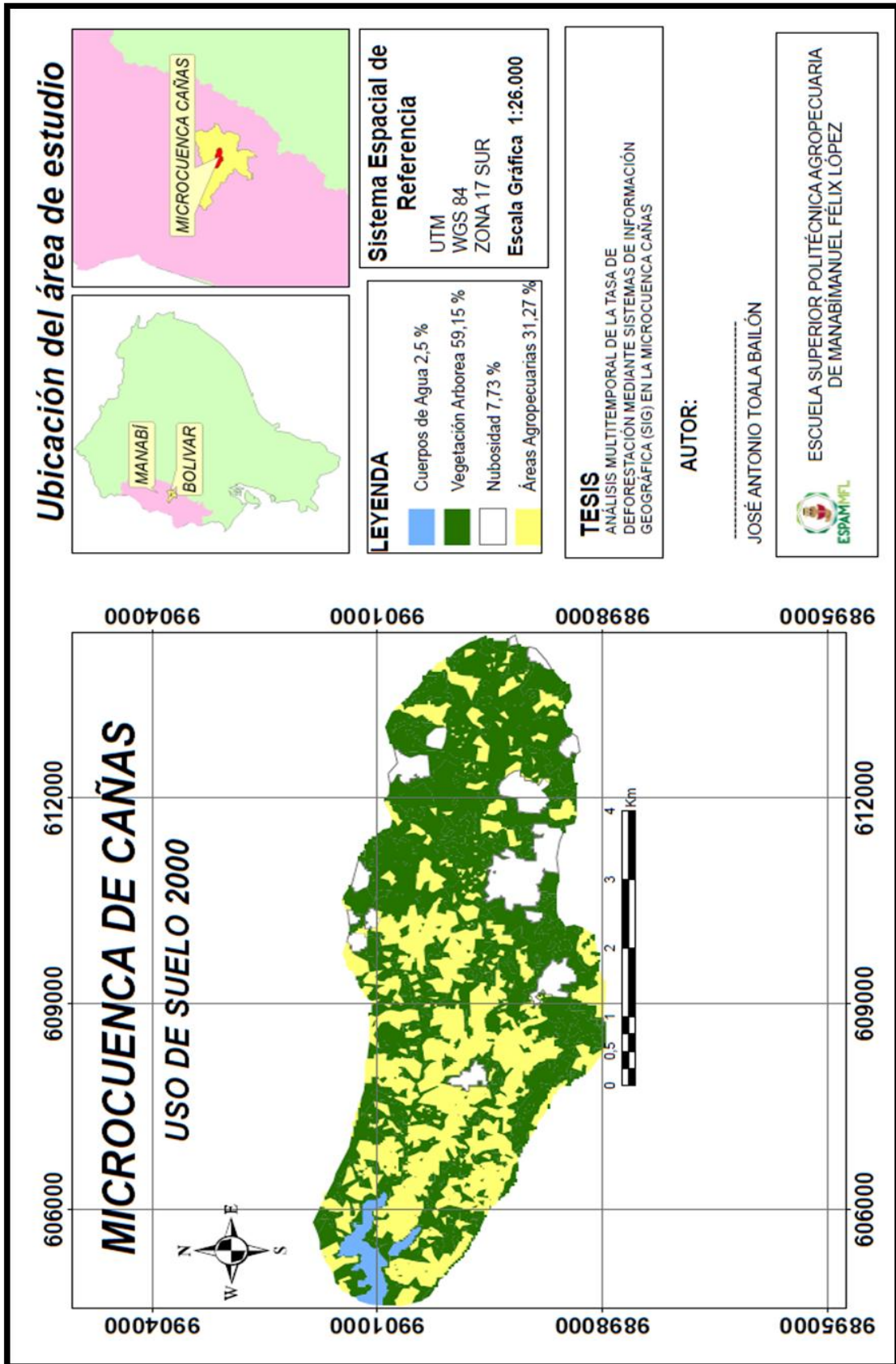
**Anexo 3.** Elaboración de los mapas temáticos mediante clasificación supervisada para los años analizados.

**Anexo 3-A.** Clasificación supervisada de la microcuenca Cañas del año 1990.

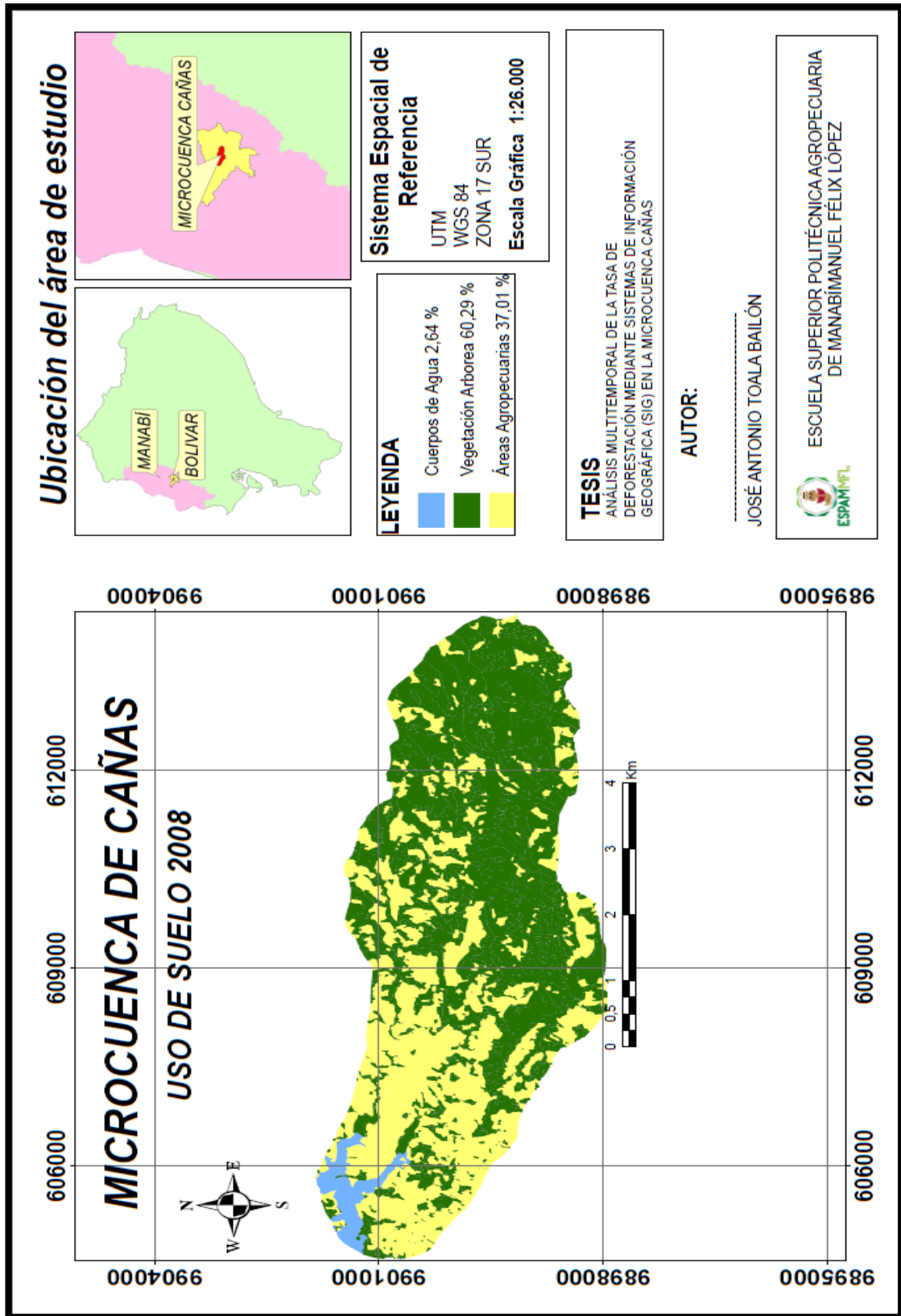




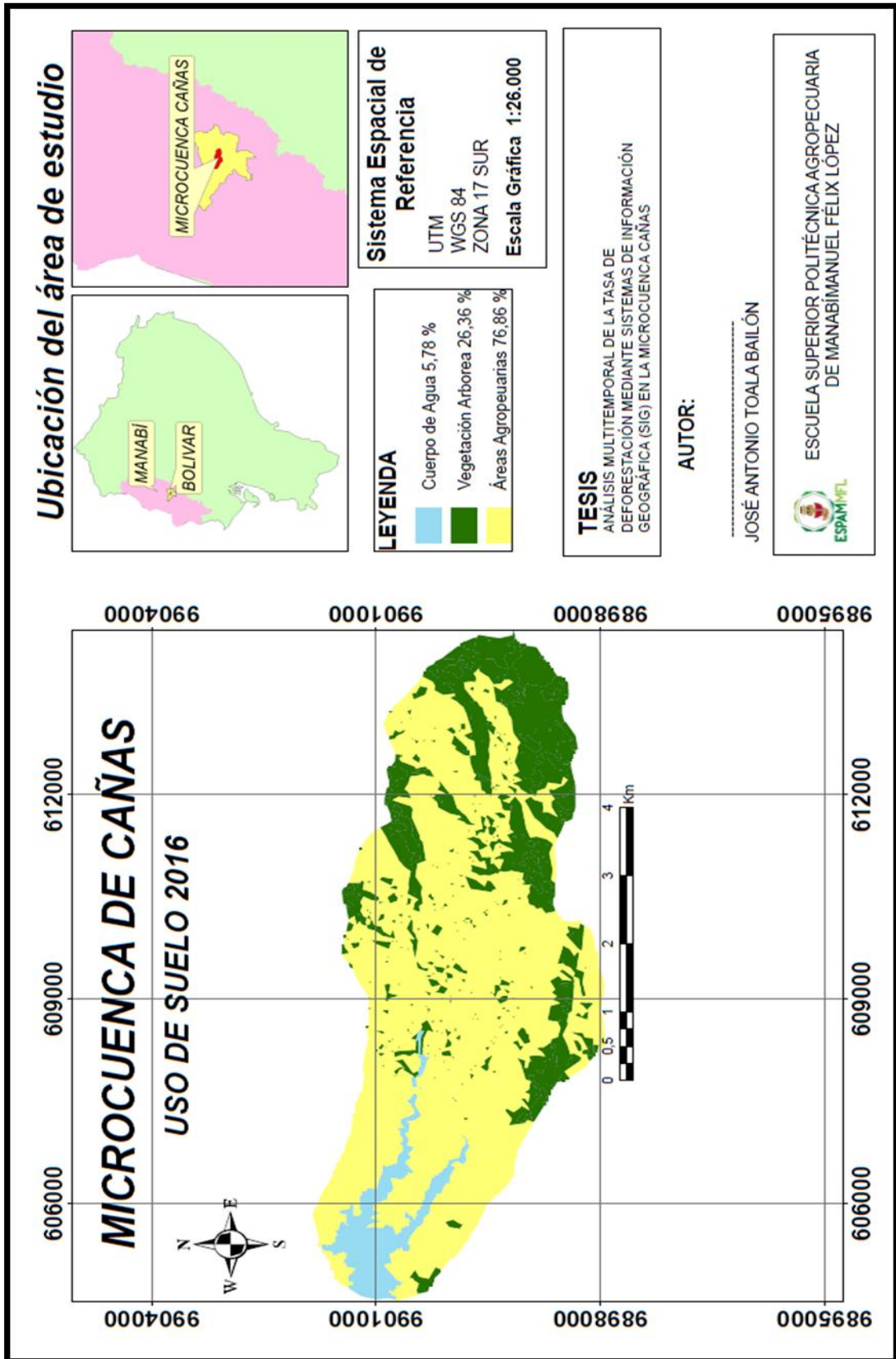
Anexo 3-B. Clasificación supervisada de la microcuenca Cañas del año 2000.



Anexo 3-C. Clasificación supervisada de la microcuenca Cañas del año 2008.



Anexo 3-D. Clasificación supervisada de la microcuenca Cañas del año 2016.





**Anexo 4.** Verificación de los puntos en el Campo.

**Anexo 4 -A.** Cultivo de maíz del sitio Cañas.



**Anexo 5 -B.** Cultivo de Arroz del sitio Caña en Medio.





**Anexo 5 -C.** La Y del sitio Caña chica, Caña en Medio.



**Anexo 5 -D.** Pastos del sitio Caña en Medio.





**Anexo 5 -E.** Cañaveral del sitio Caña Grande.



**Anexo 5 -F.** Vegetación Arbórea del sitio Caña Grande.





**Anexo 5 -G.** Cultivo de Plátano del sitio Caña en Medio.



**Anexo 5 -H.** Finca La Carmelita del sitio Caña Grande.





**Anexo 5 -I.** Cuerpos de agua del sitio Caña Chica.



**Anexo 5 -J.** Cultivo de arroz del sitio Caña Chica.



**Anexo 5 -K. Clasificación Supervisada (trabajo de oficina).**



**Anexo 5 -M. Georreferenciación de la zona de estudio.**

