



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
**INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO
AMBIENTE**

TÍTULO:

**ANÁLISIS MULTI-TEMPORAL DEL CAMBIO DE
USO DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO,
PROVINCIA DE LOJA.**



*Tesis de Grado previa a la
obtención del Título de Ingeniero
en Manejo y Conservación del
Medio Ambiente.*

Autor: *Fredy S. Veliz Requena*

Directora: *Ing. Natalia Samaniego Rojas, Mg. Cs.*



Loja-Ecuador

2015

CERTIFICACIÓN

En calidad de Directora de la tesis titulada “ANÁLISIS MULTI-TEMPORAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA”, de autoría del señor Egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente **Fredy Salvador Veliz Requena**, certifico que la investigación se ha realizado dentro del cronograma aprobado, por lo que autorizo se continúe con el trámite de graduación.

Loja, 04 de Febrero de 2015

Atentamente,



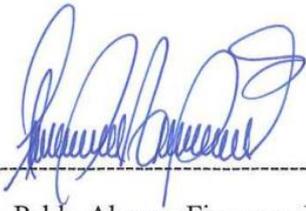
Ing. Natalia Samaniego R. Mg. Sc.

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICACIÓN

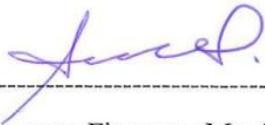
Los que al pie firmamos certificamos que, el Señor **Fredy Salvador Veliz Requena**, Egresado de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, ha incorporado todas las sugerencias efectuadas en su Tesis titulada “**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA**”, por lo tanto autorizamos su publicación, difusión y puede continuar con los tramites de graduación.

Loja, 25 Junio de 2015



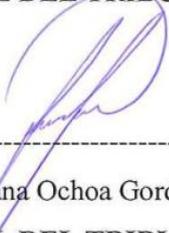
Ing. Pablo Alvarez Figueroa, Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Aurita Gonzaga Figueroa, Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL



Ing. Diana Ochoa Gordillo, Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo, **Fredy Salvador Veliz Requena**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.



Fredy Salvador Veliz Requena

C.I. 1105042038

Loja, 01 de Junio de 2015

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR
PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE TEXTO COMPLETO**

Yo, **Fredy Salvador Veliz Requena**, declaro ser autor de la Tesis Titulada “**ANÁLISIS MULTI-TEMPORAL DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PROVINCIA DE LOJA**”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, el 01 de Julio de 2015, firma el autor.



Fredy Salvador Veliz Requena

C.I. 1105042038

Dirección: Cdla. Manuel Gómez, Loja, Ecuador

Correo electrónico: fveliz_requena2000@hotmail.com

Teléfono móvil: 0981182480

Directora de Tesis: Ing. Natalia Samaniego, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Pablo Alvarez Figueroa, Mg. Sc.

Ing. Aurita Gonzaga Figueroa, Mg. Sc.

Ing. Diana Ochoa Gordillo, Mg. Sc.

DEDICATORIA

Una casa será fuerte e indestructible cuando esté sostenida por estas cuatro columnas: padre valiente, madre prudente, hijo obediente, hermano complaciente.

Confucio.

Con la humildad y sencillez que me caracteriza dedico esta tesis en primer lugar a Dios por haberme dado todas las herramientas para poder terminar mis estudios de tercer nivel. En segundo lugar le dedico a mi familia en especial a mi padre **Miguel Veliz P.**, que con su ejemplo de hombre trabajador, responsable, honesto, respetuoso, con una personalidad impecable cualidades que sin duda fueron mi modelo a seguir en la niñez, adolescencia y joven. A mi madre **María Requena C.**, que con su amabilidad, cariño y mujer correcta, también aprendí a realizar las cosas con amor, dedicación y excelencia. A mi hermano **Julio** y mis hermanas **Dalinda** y **Mirian Veliz Requena**, que con su apoyo incondicional en todas las etapas de mi formación fueron participes para que pudiera cumplir con esta meta. También este triunfo se lo dedico a mis sobrinas **Daira, Arelis, Jamileth, Abigail** y **Emily** que con sus juegos, travesuras y sus demostraciones de cariño sincero e inocente hacia mí se convirtieron en mi motor y motivación para no solo obtener un título sino también para ser un gran profesional y sin duda un mejor ser humano.

Fredy Veliz Requena

AGRADECIMIENTO

Si un hombre no está agradecido por lo que tiene, es probable que no sea agradecido por lo que tendrá. Frank A. Clark

A la Ing. Natalia Samaniego R. Mg. Sc., Directora de mi tesis, también a la Ing. Johana Muñoz C. Mg. Sc. Responsable del Proyecto “**Análisis funcional de la biodiversidad en los remanentes boscosos del ecosistema tropical estacionalmente seco de la Región Sur del Ecuador**”, por la confianza y brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado dentro del proyecto antes señalado, también mi gratitud al equipo investigador en especial al Ing. Diego Armijos Mg. Sc., al Biólogo Santiago Erazo y al Ing. Santiago García, Mg. Sc.

A los Administrativos, Docentes y Empleados de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, también a los Técnicos del CINFA del Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables, en especial al Ing. José Guido Merino Mg. Sc. y al Ing. Fabián Sotomayor Mg. Sc. de la gloriosa por siempre Universidad Nacional de Loja.

A los miembros del tribunal calificador, que con sus sugerencias, aportaron al perfeccionamiento del estudio.

A los compañeros que gracias a Dios nos dio la oportunidad de compartir en las aulas universitarias y sin duda con el convivir diario no solo se aprendió la teoría impartida por nuestros docentes sino que también grandes valores y sobretodo se forjaron grandes amistades.

Finalmente mi agradecimiento a los compañeros que no pudieron concluir sus estudios, pero; que entre nosotros quedo una gran amistad la cual podrá pasar todo el tiempo del mundo y este aprecio, consideración y estima no cambiará.

El Autor

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	1
2 MARCO TEÓRICO	3
2.1 IMAGEN SATELITAL	3
2.1.1 Sensores Remotos	4
2.1.2 Resolución de los Sensores Remotos.....	5
2.1.3 Sistema de Información Geográfica (SIG).....	7
2.1.4 Fotointerpretación	7
2.1.5 Cobertura del Suelo.....	8
2.2 ANÁLISIS MULTITEMPORAL	8
2.2.1 Herramientas para Realizar los Análisis Multitemporales.....	8
2.2.2 Técnicas Utilizadas para los Análisis Multitemporales	11
2.3 CAMBIO DE USO DEL SUELO.....	12
2.3.1 Efectos del Cambio de Uso del Suelo.....	13
2.3.2 Importancia de los Estudios de Cambio de Uso del Suelo	15
2.3.3 Generación de Mapas de Uso del Suelo.....	16
2.4 MODELOS PARA ANALIZAR LOS CAMBIO DE USO DEL SUELO.....	17
2.4.1 Análisis de Cadenas de Markov.....	18
2.4.2 Análisis Autómatas Celulares	19
2.4.3 Imágenes de Aptitud	20
2.4.4 Modelo Estocástico	20
2.4.5 Land Change Modeler.....	21
2.4.6 CLUE (Conversion of Land use and its Effects)	21
2.4.7 METRONAMICA	22

2.4.8	Dinámica EGO	23
2.4.9	Datos Generales Necesarios para la Modelación	23
3	MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
3.2	MATERIALES	27
3.3	METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO	29
3.3.1	Tratamiento de las Imágenes Satelitales	29
3.3.2	Determinación de las Clases Temáticas	30
3.3.3	Descripción de cada una de las Categorías Establecidas	31
3.3.4	Compuesto de Bandas	33
3.3.5	Mapas de Uso del Suelo	33
3.3.6	Validación de la Clasificación	35
3.3.7	Parámetros Considerados para Analizar los Cambios de uso del suelo en el cantón Zapotillo	40
3.4	METODOLOGÍA PARA MODELAR LA TENDENCIA DE CAMBIO EN LOS USOS DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO.	42
4	RESULTADOS.....	45
4.1	DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO ACTUAL PARA EL PERIODO 2000 A 2010, EN EL CANTÓN ZAPOTILLO.	45
4.1.1	Uso del Suelo del Cantón Zapotillo	45
4.1.2	Uso del Suelo por Parroquias del Cantón Zapotillo.....	49
4.1.3	Análisis de los Cambios de Uso del Suelo en el Cantón Zapotillo en el periodo 2000-2010	63
4.1.4	Pérdidas y Ganancias de los Usos del Suelo en el Cantón Zapotillo	65
4.1.5	Cambio Neto producidos entre el periodo 2000 al 2010, en Zapotillo	67
4.1.6	Intercambios y Cambio Total entre los diferentes Usos del Suelo	67

4.1.7	Deforestación Total Anual Promedio y Tasa Anual de Cambio del Cantón Zapotillo	68
4.2	MODELACIÓN DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PARA EL AÑO 2025	73
5	DISCUSIÓN	75
6	CONCLUSIONES.....	80
7	RECOMENDACIONES.....	82
8	BIBLIOGRAFÍA.....	83
9	ANEXOS	96

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características de cada una de las bandas de la imagen satelital.	27
Cuadro 2. Leyenda de cobertura y usos del suelo para el Análisis Multitemporal.....	31
Cuadro 3. Formato para la digitalización de la información de campo.	36
Cuadro 4. Matriz de confusión o de contingencia para la validación de los usos del suelo del cantón Zapotillo.	39
Cuadro 5. Categorías de concordancias de validación para el coeficiente Kappa (Cerdea y Villarroel, 2008; MAP, 2014).	39
Cuadro 6. Tabulación cruzada para dos periodos con pérdidas y ganancias.	40
Cuadro 7. Superficies y porcentajes de los usos del suelo del cantón Zapotillo en los años 2000 y 2010.	46
Cuadro 8. Persistencia y cambios globales en el cantón Zapotillo periodo 2000-2010. 63	
Cuadro 9. Transiciones entre usos del suelo en Zapotillo, periodo 2000-2010.	66
Cuadro 10. Cambio Neto entre el periodo 2000 y 2010.	67
Cuadro 11. Intercambio y Cambio Total a través de las pérdidas y ganancias.	68
Cuadro 12. Superficies deforestadas en el Año 2000 y 2010 en el cantón Zapotillo. 69	
Cuadro 13. Resultados de la modelación al año 2025 de los diferentes usos del suelo.73	
Cuadro 14. Matriz de Confusión para la validación del Mapa de Uso del Suelo Año 2010 del Cantón Zapotillo.....	98
Cuadro 15. Matriz de tabulación cruzada o Matriz de cambios de las pérdidas y ganancias de los diferentes usos del suelo en el periodo 2000 a 2010 en el cantón Zapotillo.	100
Cuadro 16. Deforestación total anual promedio y tasa anual de cambio en el cantón Zapotillo en el periodo 2000-2010.	101
Cuadro 17. Deforestación total anual promedio y tasa anual de cambio por parroquia del cantón Zapotillo en el periodo 2000-2010.	102
Cuadro 18. Puntos georreferenciadas para la Clasificación Supervisada de las Imágenes Satelitales del cantón Zapotillo.....	106
Cuadro 19. Puntos utilizados para la validación del Mapa de uso del suelo del Año 2010, del cantón Zapotillo.	113

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del Área de estudio para el análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en el cantón zapotillo.....	25
Figura 2. Imagen Satelital año 2000 (Servicio Geológico de Estados Unidos USGS).....	28
Figura 3. Imagen Satelital año 2010 (www.landsat.org.).....	28
Figura 4. Esquema del procedimiento para el llenado de información en las imágenes satelitales con la aplicación Gapfill.....	30
Figura 5. Esquema del procedimiento para realizar la clasificación supervisada con el algoritmo Maximum Likelihood Classification.	35
Figura 6. Toma de puntos con GPS y clasificación de la cobertura.	36
Figura 7. Parque Central de la parroquia Mangahurco.	36
Figura 8. Estimación de la transición a través del módulo MARKOV.	43
Figura 9. Predicción al año 2025 por uso del suelo del cantón Zapotillo.....	44
Figura 10. Esquema para la aplicación del modelo Ca_Markov de IDRISI-Selva 17.00.....	44
Figura 11. Mapa de Usos del Suelo del cantón Zapotillo año 2000.	47
Figura 12. Mapa de Usos del Suelo del cantón Zapotillo año 2010.	48
Figura 13. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Cazaderos año 2000.	49
Figura 14. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Cazaderos año 2010.	50
Figura 15. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Mangahurco año 2000.....	51
Figura 16. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Mangahurco año 2010.....	52
Figura 17. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Bolaspamba año 2000.	53
Figura 18. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Bolaspamba año 2010.	54
Figura 19. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Paletillas año 2000.	55
Figura 20. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Paletillas año 2010.	56
Figura 21. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Garzareal año 2000.	57
Figura 22. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Garzareal año 2010.	58
Figura 23. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Limones año 2000.....	59
Figura 24. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Limones año 2010.....	60

Figura 25. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Zapotillo año 2000.	61
Figura 26. Mapa de Uso del Suelo de la parroquia Zapotillo año 2010.	62
Figura 27. Mapas de persistencia y cambios acontecidos en el cantón Zapotillo entre en 2000 al 2010.	64
Figura 28. Pérdidas y ganancias obtenidas en el Software ArcGis 10.1.	65
Figura 29. Pérdidas y ganancias obtenidas en el Software IDRISI Selva.	65
Figura 30. Intercambio, Cambio Neto y Cambio Total ocurridos entre 2000 y 2010.	68
Figura 31. Mapa de deforestación del cantón Zapotillo en el Año 2000.....	70
Figura 32. Mapa de deforestación del cantón Zapotillo en el Año 2010.....	71
Figura 33. Deforestación Total Anual promedio en el cantón Zapotillo.....	72
Figura 34. Tasa Anual de Cambio en el cantón Zapotillo.	72
Figura 35. Mapa de usos del suelo para el Año 2025.	74
Figura 36. Gráfico con las superficies de vegetación en el tiempo del cantón Zapotillo.	76
Figura 37. Reporte de la tabulación cruzada del periodo 2000 y 2010.	99
Figura 38. Tabla de probabilidades de cambio y el coeficiente general Kappa.	99

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Fotografías de los diferentes usos del suelo en el cantón Zapotillo	96
Anexo 2. Matriz de Confusión y Coeficiente Kappa.....	98
Anexo 3. Matriz de Tabulación Cruzada con las Pérdidas y Ganancias de los diferentes usos del suelo en el cantón Zapotillo.....	100
Anexo 4. Deforestación Total Anual Promedio y Tasa Anual de Cambio del cantón Zapotillo	101
Anexo 5. Puntos de Control para la Clasificación Supervisada	106
Anexo 6. Puntos de Control para la validación del mapa de uso del suelo del año 2000 del cantón Zapotillo.....	113

**ANÁLISIS MULTI-TEMPORAL DEL CAMBIO DE USO
DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO,
PROVINCIA DE LOJA**

RESUMEN

En el presente estudio se realizó un análisis multitemporal de cambio de uso del suelo en un periodo de diez años en el cantón Zapotillo, provincia de Loja, para su realización se empleó la metodología que combina el uso de técnicas de clasificación utilizando imágenes satelitales, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis estadístico, con el fin de observar los cambios ocurridos en la zona e identificar las coberturas de suelo que están siendo sujetas a mayor presión por parte de las actividades antrópicas. El método emplea el análisis de una Matriz de Tabulación Cruzada, la cual permite conocer la superficie de las diferentes coberturas que han permanecido sin cambios es decir la persistencia, además las pérdidas, ganancias y los intercambios entre clases temáticas, con estos resultados obtenidos producto de la clasificación se determinó los cambios netos, los cuales permiten calcular la deforestación total anual promedio y la tasa de cambio anual. También se calculó los cambios totales, con el fin de conocer las verdaderas transiciones entre los usos del suelo.

Aplicada esta metodología, se obtuvo que en el área de estudio se han producido cambios de uso del suelo significativos de regeneración y degradación. Es decir el Bosque denso aumenta en 1,85 % (2 241,43 ha) su superficie, pasando de 22 758,59 ha en el año 2000 a 25 000, 02 ha al año 2010, pero; el resto de remanentes de vegetación se han disminuido lo que significa que parte de estas coberturas se han transformado en Bosque denso, y la contraparte ha pasado a zonas agrícolas, donde los cultivos en este periodo de análisis han tenido un crecimiento de 6 025,73 ha (4,97 %) siendo esta área en el tiempo inicial (t1) de 9 698,13 ha. Los pastizales se duplican es decir de 0,08 % pasa al tiempo dos (t2) a 0,16 % con respecto a la extensión del cantón Zapotillo. También, la infraestructura presenta un crecimiento notable de 0,10 % (125,42), y los suelos sin cobertura se extienden en 137,47 hectáreas en estos diez años analizados.

Con estos resultados generados a través de la clasificación supervisada, se realizó una modelación para el año 2025, la cual permite conocer el escenario futuro a través de las transformaciones observadas en esta investigación. Donde se

pronostica que el bosque denso en el cantón Zapotillo aumentará en 1,90 % (2 324,34 ha) en relación al año 2010. El resto de los remanentes de vegetación sigue la tendencia observada en los resultados del análisis multitemporal es decir tienden a reducirse. Pero, los cultivos presentan crecimientos significativos y al periodo modelado este uso del suelo crecerá 6 093,15 ha lo cual en relación a la extensión del cantón este representara el 17,99 %.

Finalmente, la deforestación total anual promedio en el cantón Zapotillo es de 191,80 ha y la tasa anual de cambio es de 2,45 %.

Palabras clave: Análisis multitemporal, cambios de usos del suelo, SIG, cantón Zapotillo.

SUMMARY

In this study, a multi-temporal analysis of land change use took place over a period of ten years in Zapotillo, province of Loja. In order to carry it out, a methodology that combines the use of classification techniques using satellite images, Geographic Information System (GIS) and statistical analysis was used so as to examine the changes in the area and identify the soil cover which is being exposed to greater pressure from human activities. The method uses the analysis of a cross-tabulation matrix, which provides information about the surface of the different soil covers that have remained unchanged that is to say the persistence, profit and loss and exchanges between thematic classes. The classification results determined the net changes which allow to calculate the annual deforestation total average and the annual change rate. Total changes were also calculated in order to know the real transitions between land uses.

Once this methodology was applied, it was found that in the study area significant regeneration and degradation changes in the use of soil have been produced. The dense forest surface increases by 1.85% (2 241.43 ha), from 22 758.59 ha in 2000 to 25 000, 02 ha in 2010, but; the remaining assets of vegetation have decreased which means that some of these soil covers have become dense forest, and the counterparty has become agricultural areas where crops in this period of analysis have had a growth rate of 6 025.73 ha (4.97%.) At the beginning of the analysis this area had 9 698.13 ha(t1). Grasslands have duplicated from 0.08% to (t2) to 0.16% in compare to the extension of the Zapotillo canton. Also, infrastructure presents a significant growth of 0.10% (125.42.) Also, unprotected soils have reached an extension of 137.47 in these last ten years.

A modelling for the year 2025 was performed using these results which were generated by supervised classification, which allows to know the future scenario based on the changes observed in this investigation, where it is predicted that the dense forest in the Zapotillo canton will increase by 1.90% (2 324.34 ha) in compare to 2010. The rest of the remaining vegetation continues the trend observed in the results of the multi-temporal analysis that is likely to shrink. But crops will present a

significant growth of 6 093.15 ha which in relation to the extension of the canton will represent 17.99%.

Finally, the total average annual deforestation in the Zapotillo canton is 191.80 ha and the annual exchange rate is 2,45%.

Keywords: multi-temporal analysis, changes in land use, GIS, Zapotillo canton.

1 INTRODUCCIÓN

Los cambios de uso del suelo se han reconocido en muchos países como una de las principales causas de deterioro ambiental, (Ibarra *et al.*, 2011), y en especial en América Latina se registran pérdidas de bosques a un ritmo alarmante (Mas y Flamenco, 2011) contribuyendo de forma importante a la pérdida de la biodiversidad (Miranda *et al.*, 2008; Pineda *et al.*, 2008; Núñez *et al.*, 2009; Aguayo *et al.*, 2009; Mas y Flamenco, 2011). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2009), en Ecuador la tasa de deforestación es de 0.6 y 3 %/año y según el Ministerio del Ambiente (MAE) (2012) para el periodo 1990 – 2000 la tasa de deforestación es de -0,71 % y de -0,66 % para el periodo 2000 - 2008. Esto corresponde a una deforestación anual promedio de 89 944 ha/año y 77 647 ha/año, para cada periodo respectivamente.

Esta actividad en la provincia de Loja, para el periodo 1990 – 2000 fue del -1,04 %, que corresponde a 4 018 ha/año, mientras que para el periodo 2000 – 2008 aumento la tasa a -1,12 %, lo que equivale a 3 678 ha/año (MAE, 2012), y en los bosques secos del suroccidente del país en el cantón Zapotillo, son realizadas por los habitantes que buscan opciones que les ayude incrementar los ingresos económicos (Morocho y Romero, 2003).

También en este cantón, existe grandes remanentes de bosque seco, y estos ecosistemas son considerados de gran importancia por su gran diversidad y su alto endemismo no sólo de especies de flora sino también de fauna, estas características lo han convertido a este ecosistema en particular y único, no obstante, son vulnerables al desequilibrio por diferentes factores tanto naturales e intervenciones antrópicas, los cuales han influido negativamente disminuyendo las coberturas vegetales y aumentando las áreas desprovistas de cubiertas naturales.

De acuerdo con lo anterior, en el país son escasas las investigaciones que tratan de explicar las causas de estos cambios y para el caso del bosque seco del suroccidente de la provincia de Loja existe vacío de información sobre cambios de uso del suelo (Aguirre y Kvist, 2005).

Bajo estos antecedentes, la investigación es importante, ya que en ella se pudo identificar los cambios de uso del suelo y, el objetivo de este trabajo es realizar un análisis multitemporal en el cantón Zapotillo, provincia de Loja, en el periodo 2000 al 2010, con el fin de generar información que permita comprender y conocer qué clases temáticas han presentado cambios significativos en los diez años analizados. Para ello, se integran procedimientos de teledetección, que permiten la cuantificación del área que ocuparon los diferentes usos del suelo en ambas fechas a partir de la utilización de imágenes de satélite Landsat ETM + con una resolución de 30 metros y, a través de éstas se elaboró los mapas de uso del suelo; que permitieron conocer los cambios netos, los cuales brindan un acercamiento a los cambios que se han producido, sean estos de regeneración o degradación. Además, se elaboró una matriz de tabulación cruzada, con la cual se obtuvo las pérdidas, ganancias, la persistencia y los intercambios que se han producido entre las categorías y, finalmente se realizó una modelación al año 2025, a partir de los estados precedentes es decir, con los mapas de uso del suelo del año 2000 y 2010 obtenidos producto de la clasificación supervisada. Para ello se estableció los siguientes objetivos:

- Determinar los cambios de uso del suelo actual mediante un análisis Multi-temporal para el periodo 2000 a 2010, en el cantón Zapotillo.
- Modelar la tendencia de cambio en los usos del suelo en el cantón Zapotillo.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 IMAGEN SATELITAL

Las Imágenes Satelitales están confeccionadas por matrices, en las que cada celda representa un píxel, las dimensiones de este píxel dependerá de la Resolución espacial del sensor. Los sensores registran la radiación electromagnética que proviene de las distintas coberturas y las almacena en cada píxel, de acuerdo a los intervalos de longitudes de onda, en las que este programado el sensor para captar.

Esta energía electromagnética es representada en cada píxel por un valor digital al cual se le agrega una tonalidad, este valor es llamado Nivel Digital (ND), la cantidad de niveles digitales que se podrá representar dependerá de la Resolución Radiométrica del sensor, para un sensor con Resolución Radiométrica de 8 bit los niveles digitales varían entre 0 y 255, siendo en la escala de grises el cero igual al color negro y el 255 igual al color blanco. La posición de cada píxel en la imagen satelital está determinada por un eje de coordenadas X, Y, Z.

X: N° de columna de la matriz.

Y: N° de fila de la matriz.

Z: Nivel digital (valor de intensidad de la escala de grises).

La información que se obtiene de las distintas bandas de las imágenes satelitales, son de gran ayuda en diversos ámbitos o análisis tales como: en la Agricultura y recursos forestales, Uso de suelo, Geología, Recurso de agua y Medio ambiente (Puerta *et al.*, 2013).

Según, Puerta *et al.*, (2013) y RS/GIS Quick Start Guides (2008) definen cada una de las características y la información que contiene las distintas bandas:

- **Banda 1** (azul), es muy útil para mapear cuerpos de agua, diferenciación entre suelo y vegetación, diferenciación entre la vegetación conífera y decidua, su desventaja es la susceptibilidad a la dispersión atmosférica, es la banda “más ruidosa”.

- **Banda 2** (verde), diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, diferenciar tipos de rocas y medir la calidad de agua.
- **Banda 3** (roja), permite determinar la absorción de clorofila, por ello muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal, agricultura y uso del suelo.
- **Banda 4** (NIR), muy útil para la delimitación de cuerpos de agua, determinar el contenido de biomasa, elaborar mapas geológicos y geomorfológicos.
- **Banda 5** (MIR), permite evaluar el contenido de humedad de la vegetación y suelo, diferenciación entre nubes u nieve.
- **Banda 6** (TIR), permite determinar el estrés térmico de la vegetación, corrientes marinas, propiedades termales del suelo.
- **Banda 7** (MIR), especialmente discrimina rocas para el mapeo hidrotermal e identificación de minerales.
- **Banda 8** (Pan), por su resolución permite que las imágenes generadas sean trabajadas para obtener ampliaciones hasta 1:25 000.

2.1.1 Sensores Remotos

Son sistemas de adquisición de información de la superficie terrestre, soportados sobre diferentes tipos de plataformas (terrestres, aéreas o satelitales) (Atencia *et al.*, 2008; Puerta *et al.*, 2013). Los productos que se obtienen al emplear estas herramientas son diversos y de diferentes especificaciones, entre ellos los más conocidos son las fotografías aéreas y las imágenes de satélite. Los datos obtenidos se emplean como herramientas para la planificación territorial, ambiental, social, entre otros. Estos sensores adquieren la información de tres formas: reflexión, emisión y emisión reflexión. Donde la reflexión es la más importante ya que la principal fuente de energía es el sol (Atencia *et al.*, 2008).

Estos sensores remotos se clasifican en dos tipos: activos y pasivos (Chuvienco, 2002).

- **Activos.-** Cuando son capaces de emitir su propio haz de energía (Atencia *et al.*, 2008; y Chuvienco, 2008; Puerta *et al.*, 2013), que posteriormente recogen tras su reflexión sobre la superficie que se pretende observar. Donde el equipo más común es el radar (Radiómetro activo de microondas), y su

importancia radica en que no es afectado por las condiciones climáticas (Atencia *et al.*, 2008; Puerta *et al.*, 2013).

- **Pasivos.-** Este tipo de sensores se limitan a recibir la energía proveniente de un foco exterior a ellos Chuvieco (2002), la energía electromagnética procedente de las cubiertas terrestres ya sea está reflejada de los rayos solares, o emitida en virtud de su propia temperatura (Atencia *et al.*, 2008; Puerta *et al.*, 2013).

Además, se distinguen tres grandes tipos de sistemas de teledetección que hacen referencia a la plataforma desde la cual se toman las imágenes o fotografías: entre ellos tenemos a los sensores remotos Terrestres, donde la plataforma es un trípode o una torre de observación, sobre la cual se instala el sensor. Otro son los Aéreos en este caso la plataforma es ubicada y transportada por helicópteros, avionetas o aviones. Su característica más importante es su alta resolución espacial, y finalmente los Espaciales estos sistemas son naves espaciales, estaciones orbitales o satélites autónomos que giran alrededor de la Tierra, estos son los que mayormente se utilizan. Poseen la ventaja del bajo costo por hectárea (CONPES, 2010¹).

Las limitaciones de estos sistemas son por ejemplo en los sensores terrestres el campo de visión instantánea, verticalidad y tipo de sensor utilizado. Por ello, se emplea normalmente para obtener muestras de control y datos de terreno en pequeñas zonas, con el fin de calibrar o determinar patrones de interpretación y, en el caso de los aéreos tienen una resolución temporal muy variable y un alto costo por hectárea.

2.1.2 Resolución de los Sensores Remotos

La resolución de los sensores es la habilidad para discriminar información de detalle. Dicha resolución depende del buen funcionamiento y combinación de sus componentes (Puerta *et al.*, 2013).

¹ Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación: Lineamientos para la formulación del programa nacional de observación de la tierra que incluya el diseño de un programa satelital colombiano, 2010.

2.1.2.1 Resolución espacial

Con este tipo de resolución el objeto más pequeño puede ser distinguido sobre una imagen (Arce y Ortega, 2005; Atencia *et al.*, 2008; CONPES, 2010). En los sensores ópticos o electrónicos el tamaño de la mínima unidad de información en la imagen se denomina pixel. Al menor tamaño del pixel se incrementa la probabilidad de identificar con mayor detalle el objeto. La resolución de estos sensores depende de la altura orbital, velocidad de exploración o número de detectores (Atencia *et al.*, 2008).

2.1.2.2 Resolución espectral

Se refiere a la anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor (Arce y Ortega, 2005; Atencia *et al.*, 2008; CONPES, 2010). Será más útil cuanto mayor número de bandas proporcione. Los sensores de alta resolución espectral permiten recoger información en bandas muy estrechas, dejando aparte suelos, vegetación imperceptible con sensores convencionales (Arce y Ortega, 2005).

2.1.2.3 Resolución radiométrica

Indica la capacidad para detectar variaciones de la radiación espectral que recibe, del objeto observado (Arce y Ortega, 2005; Atencia *et al.*, 2008; CONPES, 2010). Cuanto mayor sea la precisión radiométrica mejor será la interpretación (Atencia *et al.*, 2008).

2.1.2.4 Resolución temporal

Se refiere a la frecuencia de cobertura que proporciona el sensor, y la periodicidad con que esta adquiere información de la superficie terrestre (Arce y Ortega, 2005; Atencia *et al.*, 2008; CONPES, 2010). El ciclo de la cobertura es función de la órbita del satélite (altura, velocidad, inclinación), así como el diseño del sensor principalmente el Angulo de observación y de su abertura (Atencia *et al.*, 2008).

2.1.3 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica SIG es un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG, son un medio integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con el estudio científico de la Biodiversidad (Córdova y Revelo, 2012).

Estos sistemas facilitan las fases de entrada de datos, análisis de datos espaciales y presentación de datos, especialmente en casos cuando trabajamos con datos georeferenciados. Además, permiten almacenar esa información espacial de forma eficiente, simplificando su actualización y acceso directo al usuario (Guerra, 2006).

2.1.4 Fotointerpretación

Es el proceso en el cual se extrae la información contenida en la fotografía aérea. En una primera fase se trata de reconocer y ubicar los diferentes elementos que aparecen representados (Córdova y Revelo, 2012). También, estos autores señalan que existen diferentes elementos en los fotogramas que pueden utilizarse para la identificación de elementos en las mismas, bien a simple vista o bien con el apoyo de la visión estereoscópica:

- Tamaño de los elementos (teniendo siempre en cuenta la escala del fotograma)
- La forma de los elementos;
- Las sombras, que pueden dar pistas sobre la forma del objeto ocultas en una vista aérea;
- El tono que indica la reflectividad en la región del visible;
- Textura, distribución de colores en una fotografía; y,
- Distribución de los elementos.

2.1.5 Cobertura del Suelo

Se debe entender como cobertura todo aquello que cubre la superficie del suelo, que puede originarse a partir de ambientes naturales o de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre, mientras que los usos de suelo expresan el destino o uso humano del territorio (López, 2004; López y Bocco, 2006; Aldana y Bosque Sendra, 2008; Fuentes, 2009).

La cobertura del suelo ha sido definida por muchos atributos de la superficie de la Tierra y su inmediata subsuperficie: incluyendo la biota, suelo, topografía, superficie y agua subterránea; y las estructuras antropogénicas (DeFries *et al.*, 2004).

2.2 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Consiste en evaluar comparativamente dos o más imágenes de la misma zona pero de fechas diferentes (Chuvienco, 1990). La observación cíclica o periódica permite el seguimiento de los diferentes procesos que influyen en una cobertura de bosque como: deforestación, regeneración, cambios de usos de suelo, áreas cultivadas, incendios, plantaciones, etc. La información que se obtiene de un análisis multitemporal permite evaluar la magnitud de los cambios, encontrar los actores principales en los procesos de cambios y suministrar información para corregir los problemas oportunamente, en caso de ser posible (Córdova y Revelo, 2012).

2.2.1 Herramientas para Realizar los Análisis Multitemporales

Dado que los fenómenos espaciales que promueven las transformaciones en las coberturas y los cambios en el uso de suelo son procesos dinámicos, éstos demandan el desarrollo y la utilización de métodos capaces de representar su constante evolución (Godoy y Soares, 2008).

Los siguientes programas son ejemplos de software gratis y comerciales desarrollados por diferentes organizaciones para el análisis de imágenes digitales (Beard, 2008).

- MultiSpec, es uno de estos y fue diseñado originalmente como una herramienta de enseñanza pero ahora es utilizada por muchos usuarios para la

percepción remota. También ofrece algunas herramientas sofisticadas de la clasificación de imágenes (Landgrebe y Biehl, 2011).

- OpenEV, es otro software que permite exhibir y analizar datos geoespaciales en formato vector y ráster. Éste es uno de los paquetes libres más ampliamente utilizados de la visualización de imágenes remotamente adquiridas (Farris-Manning, 2006).
- NASA Image 2000, es un paquete para el proceso de imágenes basado en Java que fue desarrollado por la NASA, y proporciona una amplia gama de funciones pero se limita en que no maneja adecuadamente sets de grandes datos (Matusow, 2012).
- GRASS, es otro software desarrollado originalmente por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en los años 80. Es un SIG de gran alcance basado en raster con muchas capacidades de procesamiento de imágenes (Graman, 2007).
- ASSAM, es una herramienta para el procesamiento de imágenes remotamente adquiridas y análisis espacial. Recientemente se ha creado una interface gráfica para OSSIM llamado Image Linker, que funciona en todos los sistemas operativos importantes (Potts y Mark, 2006).
- RESORTE, el software puede exhibir y analizar imágenes remotamente adquiridas, y proporciona una combinación de SIG y de capacidades de procesamiento de imágenes. Está disponible en español y portugués, y funciona en las computadoras con Unix y Windows (Cámara *et al.*, 2008).

Los siguientes programas son ejemplos de software comerciales comúnmente usados:

- ERDAS Imagine, es un software basado en ráster, y diseñado específicamente para extraer información de imágenes remotamente adquiridas. El programa incluye un sistema comprensivo de herramientas para crear imágenes para la inclusión en un SIG y actualmente ofrece la opción de crear capas de información que pueden ser integradas en el formato Geodatabase de ESRI (Benítez, 2002).

- Image Analysis de ArcGIS, se utiliza para preparar imágenes que pueden ser usadas directamente en un SIG, para posteriormente analizar y extraer información de ellas. Esta extensión de ArcGIS le permite al usuario extraer la información actualizada de imágenes directamente en una estructura tipo Geodatabase de ESRI (Mancebo, 2008).
- TNTmips, es un sistema del análisis geoespacial que proporciona un SIG completo, un sistema de manejo de set de datos relacionales, un sistema automatizado de procesamiento de imágenes con CAD, herramientas para el modelamiento superficial, y herramientas para publicar los datos (Ghormley y Skrdla, 2010).
- ERMapper, es un paquete para el procesamiento de imágenes y para otros usos de las ciencias de la tierra y de la percepción remota. Ha sido diseñado para manipular sets grandes de datos de recursos naturales (p. e. datos del satélite, geofísicos, sísmicos). Los usuarios pueden realizar integraciones complejas de datos y operaciones complejas de proceso de imágenes, en capas múltiples. Contiene una biblioteca de algoritmos estándares para el realce de la imagen, la clasificación y la síntesis de los datos. Permite la visualización 3D permite que los usuarios vean datos vector, ráster y con acceso directo a las coberturas de ARC/INFO (Gómez y Gobbo, 2002).
- IDRISI, es un software integrado de SIG y de procesamiento de imágenes, que proporciona más de 250 módulos para el análisis y exhibición de información espacial digital. Herramientas para la planificación espacial, toma de decisiones, y el análisis de riesgo son incluidas junto con herramientas para la estadística espacial, el análisis superficial, y modelamiento espacial. IDRISI se utiliza para explorar, predecir, y modelar los impactos en cambio de la cubierta de tierra con la utilidad del Land Change Modeler. El programa puede procesar imágenes remotamente adquiridas con técnicas convencionales de procesamiento de imágenes (Eastman, 2009).

2.2.2 Técnicas Utilizadas para los Análisis Multitemporales

2.2.2.1 Composiciones multitemporales

Esta técnica se basa en comparar visualmente los tonos de gris o color que ofrecen dos o más imágenes de distintas fechas este método es ventajoso en categorías urbanas (Chuvienco, 2002).

El inconveniente de esta metodología es determinar qué tipo de cambio se está efectuando por la razón que es solo una interpretación visual, por lo tanto, es muy importante tener en cuenta la visita de campo o aplicar otra técnica para tener conocimiento del fenómeno (Ponce, 2008).

2.2.2.2 Diferencia entre imagen

Consiste en una simple resta entre las imágenes de dos fechas, previamente homogenizadas en cuanto a radiometría y geometría, permite discriminar aquella zona que ha experimentado cambios en el periodo de tiempo determinado, las zonas estables presentaran un valor cercano a cero, mientras las que hayan experimentado cambio presentaran un valor distinto a cero pudiendo ser positivo o negativo (Ponce, 2008; Fundamentos de teledetección espacial, 1996). Su ecuación es la siguiente:

$$ND_c = ND_{t_2} - ND_{t_1} + C$$

Donde:

ND_c = Imagen como resultado del cambio

$ND_{t_2}ND_{t_1}$ = Corresponde a las imagenes del segundo y primer periodo

C = Constante para evitar valores negativos

2.2.2.3 Cocientes Multitemporales

Se fundamenta en la diferencia de imagen con distintas fechas, este método no presenta la significación de cambio frente a los valores originales (Atencia *et al.*, 2008). Además ofrece una significación del cambio frente a los valores originales,

mientras que la diferencia entre imágenes resulta una técnica sencilla para observar cambios entre ellas (Ponce, 2008). Su ecuación es la que se presenta a continuación:

$$ND_c = \frac{ND_{t2}}{ND_{t1}} * C$$

2.2.2.4 Componentes principales

Se refiere a sintetizar un conjunto de bandas en otro más reducido sin perder gran parte de la información original (Atencia *et al.*, 2008). También, es una técnica de reducción de la dimensionalidad de la imagen la cual ha sido ampliamente utilizada en estudios de teledetección. Su objetivo es sintetizar las bandas originales, creando unas nuevas bandas los componentes principales (CP) de la imagen, que recojan la parte más relevante de la información original. El sentido espectral de estos componentes se obtiene a partir de la matriz de auto-vectores, en donde se evidencia la asociación entre cada componente y las bandas originales (Chuvieco, 2002).

2.2.2.5 Regresión

Se emplea para estimar valores de una variable de interés a partir de otra que está fuertemente asociada con ella. Esta asociación se mide a partir de observaciones comunes en ambas variables a partir de las cuales se ajusta una función que la relacione numéricamente (Atencia *et al.*, 2008).

2.2.2.6 Vectores multitemporales

Esta técnica intenta incorporar no solo la importancia, sino también la dirección del cambio entre imágenes. El principio es el siguiente, si un pixel cambia su cobertura entre dos fechas también modificará su emplazamiento espectral. La magnitud de cambio vendrá dada por la longitud del vector que separa ambos puntos (Atencia *et al.*, 2008).

2.3 CAMBIO DE USO DEL SUELO

La conversión de la cubierta terrestre constituye el reemplazo de un tipo de cobertura por otro (DeFries *et al.*, 2004; Henríquez, 2012) y es medida por una

transición de una categoría de cubierta de suelo a otra, como es el caso de la expansión agrícola, la deforestación, o el cambio en la extensión urbana. Cualquiera sea el cambio en la cobertura del suelo, ello conlleva cambios en la diversidad biótica, productividad primaria actual y potencial, calidad de los suelos, escorrentía y tasas de sedimentación, así como otros atributos de la superficie terrestre (DeFries *et al.*, 2004).

Los cambios en la cobertura del suelo contemporáneos son generados principalmente por la actividad humana, actividad dirigida a la manipulación de la superficie terrestre para satisfacer alguna necesidad o requerimiento individual o de la sociedad, como la agricultura (Cassman *et al.*, 2005).

2.3.1 Efectos del Cambio de Uso del Suelo

Los cambios de uso y cobertura de suelo tienen diferentes efectos sobre el medio ambiente, Pauliet *et al.*, (2005), Molina (2007), Romero y López (2007) y Vásquez *et al.*, (2008), estos autores también plantean algunos de los principales efectos tales como:

- Intensiva reducción de espacios con vegetación natural incluyendo terrenos de cultivo, áreas naturales y humedales.
- Pérdida de la biodiversidad reducción y desaparecimiento de hábitats, corredores ecológicos y parches de vida silvestre.
- Transformación del paisaje provocando el aumento de la fragmentación y disminuyendo la conectividad entre ecosistemas.
- Cambios en el ciclo hidrológico.
- Cambios en el clima urbano generando la consolidación de islas de calor al interior de las ciudades (DeFries *et al.*, 2004).
- Contaminación del aire, agua, suelos y degradación de este último factor.

Además, señalan que la expansión urbana es la perturbación ambiental más drástica, rápida e irreversible sobre el medio ambiente, que ocurre mediante una serie de cambios de usos y coberturas naturales o seminaturales por usos y coberturas urbanas. De la misma forma Molina (2007), señala que los cambios de usos y

coberturas del suelo son procesos considerablemente dinámicos y continuos en ciudades en proceso de expansión y en las zonas que comprenden sus áreas metropolitanas. A continuación se definirá los efectos del cambio de uso del suelo en cada factor sea este ambiental y/o socioeconómico.

a) Factores biofísicos

Los factores biofísicos, ya sean procesos graduales, inmediatos o mediadores, definen la capacidad natural o condiciones ambientales para el cambio de uso del suelo, con un conjunto de factores bióticos y abióticos (clima, suelos, litología, topografía, relieve, hidrología y vegetación) que varía de región a región y a lo largo del tiempo (Lambin *et al.*, 2001).

b) Factores económicos y tecnológicos

Los factores económicos aparentemente juegan un papel muy importante. Esto no debería ser una sorpresa puesto que la actividad económica mundial se ha multiplicado por siete entre 1950 y el 2000 (mientras la población mundial apenas ha crecido el doble), y por ende aumentando la demanda de muchos de los servicios y bienes de los ecosistemas (Kasperson *et al.*, 2005).

c) Factores demográficos

Al menos desde el siglo XVIII, el crecimiento de la población y la presión que supone sobre el uso del suelo (especialmente las prácticas agrícolas en particular) han sido el centro de atención sobre la relación humano-ambiente. Un consenso general se ha desarrollado desde entonces proponiendo que no es el puro aumento de la población, sino que su distribución y composición, las que se han convertido en las principales características de la población, reconociendo la importancia de demandas indirectas o de consumo de la tierra por un incremento de la población urbana (Lambin *et al.*, 2001).

Mientras el crecimiento poblacional puede ser la causa de muchos cambios en la cubierta y uso del suelo, sus efectos se manifiestan frecuentemente a través de migraciones (temporales o circulatorias) o desplazamientos de grupos de personas, ya sea espontáneamente o con apoyo del Gobierno (Tri-Academy Panel, 2001).

d) Factores institucionales

El acceso a la tierra, al trabajo, al capital, a la tecnología e información es estructurado y generalmente restringido por políticas locales y nacionales e instituciones.

Los derechos de propiedad es claramente de dominio institucional, y los terratenientes tienen ciertas capacidades para participar o definir estas instituciones. Algunas instituciones que trabajan con los derechos civiles, la democratización, las organizaciones locales, las organizaciones ambientalistas son regidas por las instituciones que marcan las normas y manejan la distribución de los recursos, y por tanto de la economía. Probablemente la más influyente política en la dinámica del cambio del uso del suelo es la política económica. Políticas específicas (créditos, apoyo al mantenimiento de precios, subsidios, tarifas, impuestos) han sido identificadas en un tercio de los casos de intensificación de la agricultura, en donde los subsidios y el apoyo a los precios permitían a los agricultores incursionar en nuevos productos de una manera rentable (McConnell y Keys, 2005).

e) Factores culturales

Numerosos factores culturales también influyen en la toma de decisiones sobre el cambio de uso de suelo a otro, aún más, es de mucha importancia el no apartarse de las condiciones o tendencias culturales de las causas subyacentes económicas y políticas, incluyendo las inequidades como el estatus de la mujer, minorías étnicas y familias pobres, que afectan el acceso a los recursos y al uso del suelo (Henríquez, 2012).

2.3.2 Importancia de los Estudios de Cambio de Uso del Suelo

Los estudios del Cambio Uso del Suelo (CUS) surgieron hace muchos años cuando los investigadores observaron que los procesos en la superficie de la tierra influyen en el clima (Henríquez, 2012). A mediados de la década de 1970 se reconoció que el cambio de la cobertura del suelo modifica el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma (albedo) (Sagan *et al.*, 1979).

Entender y predecir los impactos de los procesos superficiales en el clima requiere reconstrucciones históricas y proyecciones hacia el futuro (Ramankutty y Foley, 1999), es por ello que durante las últimas dos décadas numerosos investigadores han mejorado las mediciones del cambio de la cobertura del suelo y, también han avanzado en el entendimiento de las causas del cambio, y se han realizado modelos de predicción del CUS (Lambin *et al.*, 2001).

Estos modelos de CUS ofrecen la posibilidad de analizar la sensibilidad de los patrones de uso de suelo a cambios en variables selectas. También permiten comprobar la estabilidad asociada a los sistemas sociales y medios ambientales a través de la construcción de escenarios (Veldkamp y Lambin, 2001).

Finalmente la importancia de estos estudios es que proporcionan información base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al.*, 2001). También explican en cierto grado la predicción que se pueden presentar en el futuro, al igual permiten calcular el impacto que estos cambios han dejado en el ambiente.

2.3.3 Generación de Mapas de Uso del Suelo

Las técnicas de clasificación de imágenes posibilitan la transformación de imágenes crudas (fotografías aéreas, imágenes de Satélite, etc.) en datos temáticos o mapas que mostraran información con un significado evidente (Cure, 2012), y existen diferentes técnicas para poder llevar a cabo estas clasificaciones las cuales son supervisada y no supervisada.

2.3.3.1 Clasificación supervisada

Este método parte de un conocimiento previo del terreno, a partir del cual se seleccionan las muestras para cada una de las categorías. Esta es realizada por un operador que define las características espectrales de las clases, mediante la identificación de áreas de muestreo (áreas de entrenamiento). Se requiere también que el operador esté familiarizado con el área de interés (Chuvieco, 2002; y Gómez 2006).

- **Clasificador por mínima distancia**, calcula la distancia de los valores de reflectancia de los píxeles a la curva espectral de cada uno de los ficheros de firmas, y luego le asigna el píxel a la categoría más cercana a la media. Existen dos formas de calcular la distancia con este clasificador: el primero calcula la distancia directa y el segundo calcula la distancia normalizada en función del menor número de desviaciones estándar (Fernández y Herrero, 2001).
- **Clasificador por máxima probabilidad**, evalúa, en función de la teoría estadística de Bayes. La probabilidad de que un píxel dado pueda pertenecer a una categoría, y clasifica el píxel a la categoría con la mayor probabilidad de Pertenecer a él (Fernández y Herrero, 2001).
 - Clasificador por paralelepípedo, crea "cajas" (paralelepípedos) alrededor de los valores de reflectancia máximo y mínimo dentro de las zonas de entrenamiento. Si un píxel dado cae dentro de la "caja", es asignado a esa categoría. Es el clasificador más rápido, pero es sin embargo el que realiza las clasificaciones más incorrectas (Fernández y Herrero, 2001).

2.3.3.2 *Clasificación no supervisada*

El Método no supervisado procede a una búsqueda automática de grupos de valores homogéneos dentro de la imagen (Chuvieco, 2002). Este método se dirige a definir las clases espectrales presentes en la imagen. Esto implica que los ND (Números Digitales) de la imagen forman una serie de agrupaciones o conglomerados o "clusters" de píxeles con similares características (Bakker; Jansen, 2001).

2.4 **MODELOS PARA ANALIZAR LOS CAMBIO DE USO DEL SUELO**

Según autores como Pontius y Malanson (2005); Henríquez *et al.*, (2006) y Aguilera *et al.*, (2006), los modelos de simulación de cambios de usos y coberturas de los suelos se han vuelto cada vez una herramienta más ocupada y útil en el

análisis espacial de sus patrones y sus potenciales efectos negativos sobre el territorio. No obstante, señalan la falta de aplicaciones de estos modelos de simulación a ciudades latinoamericanas.

Estos modelos de simulación, que son una representación de un componente o proceso de la realidad, son considerados como modelos dinámicos capaces de pronosticar posibles comportamientos futuros. También indican la magnitud de los cambios, su localización a futuro y sus patrones espaciales (Henríquez *et al.*, 2006).

Principalmente, estos modelos utilizan parámetros simples para las simulaciones, donde incluyen la extensión de las actuales áreas urbanas, las principales vías de transporte, la distancia a los mercados de trabajo, bienes e insumos, las condiciones topográficas, la existencia de tierras en situación especial (Henríquez y Azócar, 2007).

En la literatura se identifican básicamente dos tipos de modelos de simulación de cambio de uso y cobertura de suelo (Paegelow *et al.*, 2003; Sudhira *et al.*, 2004; Henríquez *et al.*, 2006), que están basados en modelos estadísticos de regresiones, que utilizan técnicas de regresión espacial logística principalmente, para analizar los patrones de crecimiento urbano y modelar el crecimiento de las ciudades, y modelos basados en transiciones espaciales (Henríquez *et al.*, 2006), dentro de los cuales se destaca la utilización de métodos estocásticos como Cadenas de Markov y Autómatas Celulares (Jenerette y Wu, 2001; Pontius y Malanson, 2005; Henríquez *et al.*, 2006), los cuales han sido integrado y complementados con la confección de imágenes de aptitud mediante una Evaluación Multicriterio (Pontius y Malanson, 2005; Henríquez *et al.*, 2006), Estos modelos por separado presentan limitaciones debido a que fallan en interactuar con los factores causales que dirigen el crecimiento urbano tales como el crecimiento de población, la disponibilidad de tierra, y la proximidad a los centros de la ciudad y las carreteras (Sudhira *et al.*, 2004). A continuación se describirá algunos modelos para la predicción de los usos del suelo.

2.4.1 Análisis de Cadenas de Markov

Es un procedimiento de predicción del cambio del uso del suelo que utiliza la combinación de Autómatas Celulares y las Cadenas de Markov (Eastman, 2009). Las

Cadenas de Markov pueden simular cambios de predicción de varias clases de transición. La cadena espacio-temporal de Markov se puede utilizar para cuantificar la cantidad de cada categoría en el paisaje. Por lo tanto, la ubicación de la transición el cambio se basa en mapas de aptitud y la regla de contigüidad (Pontius *et al.*, 2005).

Las Cadenas de Markov son utilizadas para estimar las probabilidades de que un uso de suelo determinado cambie en un periodo dado a otro uso de suelo (Paegelow *et al.*, 2003). También se utilizan para estimar las probabilidades de que un uso de suelo determinado cambie en un periodo dado a otro uso de suelo (Paegelow *et al.*, 2003), por ello resulta ser una herramienta de utilidad para el estudio de la dinámica que se produce en el territorio, aportando información útil cuando se desea generar propuestas para la ordenación y uso del espacio y la planificación del territorio (Briseño, 2005).

2.4.2 Análisis Autómatas Celulares

El modelamiento a través de Autómatas Celulares ha tenido un progresivo desarrollo. Son cada vez más los modelos de cambio de uso de suelo basado en este método (Sudhira *et al.*, 2004; Aguilera *et al.*, 2006). Esta herramienta matemática compleja, fue desarrollada por John Von Neuman y Stanislaw Ulam, y es mundialmente conocida gracias al popular *Game of life*, publicado en 1970 por John Conway (Aguilera *et al.*, 2006).

Diversos autores que han realizado modelos basados en Autómatas Celulares, señalan que éstos son capaces de modelar dinámicas espaciales, reproduciendo patrones complejos, tales como los que se manifiestan en las ciudades (Sudhira *et al.*, 2004; Aguilera *et al.*, 2006; Henríquez *et al.*, 2006). Los Autómatas Celulares reproducen estas dinámicas espaciales en base a reglas simples, como son la representación de los usos en celdas, la influencia de celdas vecinas, como también reglas de transición, que están en relación con accesibilidad, transición potencial de cada celda, entre otras (Henríquez *et al.*, 2006).

Este modelo también es capaz de modelar dinámicas espaciales (Aguilera *et al.*, 2006; Henríquez *et al.*, 2006). Además incluye de mejor manera variables físicas y sociales basado en regresión logística (Aguilera *et al.*, 2006).

2.4.3 Imágenes de Aptitud

Se pueden definir como el interés o disposición a emplazar un uso o cobertura de suelo en algún lugar. Esta aptitud o disposición es de carácter básico, lo cual implica que no incluye necesariamente una visión de idoneidad de ocupación del territorio, sino que representa tendencias registradas en el periodo de análisis o áreas propuestas por instrumentos de planificación. Estas imágenes son el resultado de una suma lineal ponderada obtenida mediante una Evaluación Multicriterio (EMC), y tienen como objetivo crear para cada uso o cobertura de suelo una imagen que presenta las predicciones al tiempo medelado (Henríquez *et al.*, 2006)

- Restricciones o limitantes: Se trata de criterios que restringen la disponibilidad de algunas alternativas según la actividad evaluada. Con estos criterios se excluyen varias categorías de la capa analizada para la evaluación. Se genera una capa binaria (0 ó 1) en la cual un código representa las alternativas susceptibles de ser elegidas para la actividad, y otra, la no disponibilidad para la actividad (Rivera, 2001).
- Forzamientos o Factores: Es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración. Se mide en una escala continua, y se genera en una capa con rangos que van desde cero (nula aptitud) a 255 (máxima aptitud) (Rivera, 2001).

2.4.4 Modelo Estocástico

Este método ha presentado mejores resultados, en comparación con métodos de regresión, en la simulación de escenarios de crecimiento urbano que consideran el proceso “salto de rana”. Además incluye de mejor manera variables físicas y sociales que modelos basado en regresión logística (Aguilera *et al.*, 2006; Hu y C.P. 2007). Porque puede simular varias categorías a la vez y recoge el carácter estocástico del uso del suelo urbano (Pontius y Malanson, 2005; Henríquez y Azócar, 2007).

2.4.5 Land Change Modeler

El Land Change Modeler (LCM) para la sostenibilidad ecológica de IDRISI es un modelo de análisis del cambio en la cobertura y uso del suelo y también de predicción. Este modelo proporciona un completo análisis de los cambios en el suelo mediante la creación de mapas y gráficos del cambio del suelo, transiciones y tendencias de los tipos de suelo. En cuanto al módulo de predicción, este modelo es capaz de crear escenarios de cambio del uso del suelo con la integración de los factores biofísicos y socioeconómicos que influyen en el cambio de uso de la tierra. Por lo general, los factores biofísicos integrados en el modelo son tipo de uso del suelo, la altitud, la pendiente (derivada de los modelos digitales de elevación-MDE), y características hidrológicas (distancia a los ríos y lagos). En cuanto a los factores socioeconómicos, el modelo podría utilizar la infraestructura (carreteras) y la demografía (Oñate y Bosque, 2010).

La principal ventaja de este modelo es la sencilla interfaz que puede ser utilizado como una herramienta de apoyo para la evaluación del impacto en el hábitat y la biodiversidad. El resultado proporciona una serie de escenarios espaciales explícitos y mapas de vulnerabilidad. Los mapas de vulnerabilidad son generalmente elegidos para la evaluación del impacto de uso del suelo, ya que provee análisis integrales del potencial de cambio. Una herramienta de validación está disponible también para evaluar la calidad del mapa de predicción en relación con un mapa de la realidad (Jiang, 2007; Jaimes 2008).

2.4.6 CLUE (Conversion of Land use and its Effects)

El modelo CLUE-s (Conversion of Land use and it's Effects), es una herramienta para comprender mejor los patrones de uso del suelo y explorar posibles cambios futuros en el uso del suelo a escala regional (Verburg y Overmars, 2007). Este modelo es uno de los modelos de asignación del suelo más utilizado en el mundo con aplicaciones en diferentes regiones y diversa extensión. El modelo CLUE-s se utiliza para diferentes propósitos, tales como agricultura, deforestación y análisis urbano (Henríquez, 2012).

La metodología integra el análisis espacialmente explícito de las relaciones entre el uso del suelo y sus fuerzas motrices a una técnica dinámica de simulación para explorar los cambios en el uso del suelo bajo los supuestos de los escenarios.

El modelo CLUE ha sido desarrollado para aplicaciones a nivel continental o mundial. Utiliza datos “soft” cuando los datos de alta resolución no están disponibles, lo que suele ocurrir en las áreas extensas. El modelo CLUE se basa en datos de alta resolución en donde cada píxel sólo contiene un tipo de uso de suelo (Verburg y Overmars, 2007).

2.4.7 METRONAMICA

Es un modelo de uso del suelo espacio-dinámico desarrollado para analizar los efectos de escenarios políticos alternativos en la calidad del contexto socio-económico y físico en ciudades, regiones o países causados por desarrollos autónomos, factores externos y medidas políticas. El sistema crea los mapas de uso del suelo año tras año, así como indicadores espacialmente explícitos económicos, ecológicos, y sociales representados en alta resolución espacial. La principal característica de METRONAMICA es la integración a tres niveles geográficos:

- El nivel global (una entidad administrativa o física): se refiere a las tendencias globales de crecimiento de la población, las actividades por sector económico, y la expansión de determinados usos del suelo naturales.
- El regional (pueden ser entidades administrativas o físicas dentro del nivel global): el crecimiento nacional se extenderá por toda la zona modelada, a continuación, asignará las diferencias interregionales de las actividades y los residentes basada en el atractivo relativo de cada región.
- El local (muchas unidades celulares dentro de cada entidad regional): en consecuencia, las demandas regionales se asignan a los mapas de uso del suelo por medio del uso del suelo basado en autómatas celulares. Los cambios en el uso de la tierra a nivel local son impulsados por cuatro factores importantes (Van Delden, *et al.*, 2005).

2.4.8 Dinámica EGO

Es otro programa para modelación espacial que ha dado resultados interesantes para la simulación de fenómenos espaciales. Este programa se basa en la técnica de autómatas celulares, y ha sido aplicado a diferentes situaciones que incluyen el modelado de la dinámica del crecimiento urbano (Almeida *et al.*, 2008).

2.4.9 Datos Generales Necesarios para la Modelación

Según, Henríquez (2012) señala que para la realización de una modelación de escenarios futuros en estudios relacionados a cambios de coberturas o usos del suelo, se puede utilizar algunas de las variables que en los siguientes literales se presentan:

a) Cambio de la Cubierta y Uso del Suelo

- Proyecciones geográficas de la información de la cobertura y uso del suelo (líneas base: dinámica del desarrollo urbano, industrial, agricultura de regadío y de secano, áreas semi-naturales y áreas naturales forestales/no forestales);
- Proyecciones geográficas de áreas legalmente protegidas; y,
- Proyecciones geográficas históricas (a partir de datos históricos).

b) Ambiental

- El clima (precipitación, temperatura, radiación, humedad relativa, etc.);
- Datos topográficos (altitud, pendientes y orientaciones);
- Suelos (carbono orgánico del suelo, fertilidad, textura, etc.);
- Transporte de nutrientes; y,
- Degradación de los recursos: suelo, agua (superficial y subterránea), aire.

c) Económico

- Estructura de la producción multisectorial (economía en su totalidad, no sólo los sectores agrícolas);
- Usos de los insumos (tecnología, insumos agroquímicos, mano de obra, maquinaria, riego);
- Precios, subsidios e impuestos (a nivel provincial o nacional); e,
- Infraestructura. Dos aspectos: la ubicación física y la tasa de uso.

d) Social

- Censo de población y los patrones espaciales;
- La distribución del ingreso;
- Migraciones;
- Tenencia de la tierra, derechos de agua, acceso a las tierras comunales, etc.);
y,
- Salud (distribución de la relación real / potencial de enfermedades).

e) Factores multinivel (local/global)

- Crecimiento demográfico, cambio en la estructura poblacional y la migración;
- Demanda de energía, productos y servicios (patrones de consumo, turismo);
- Estilos de vida y las interacciones urbano-rurales;
- Fenómenos extremos y variabilidad en las condiciones biofísicas;
- Fuerzas macroeconómicas;
- Políticas y directivas nacionales; y,
- Fuerzas externas: globalización, regímenes comerciales, acuerdos internacionales.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El análisis de cambio de uso del suelo se realizó en el cantón Zapotillo, ubicado al Suroccidente del país, en la Zona de Planificación siete en la provincia de Loja (Figura 1); y sus límites son: Al Norte con la provincia de El Oro, al Sur con la República del Perú, al Este con los cantones Puyango, Pindal, Céllica y Macará y al Oeste con la República del Perú.

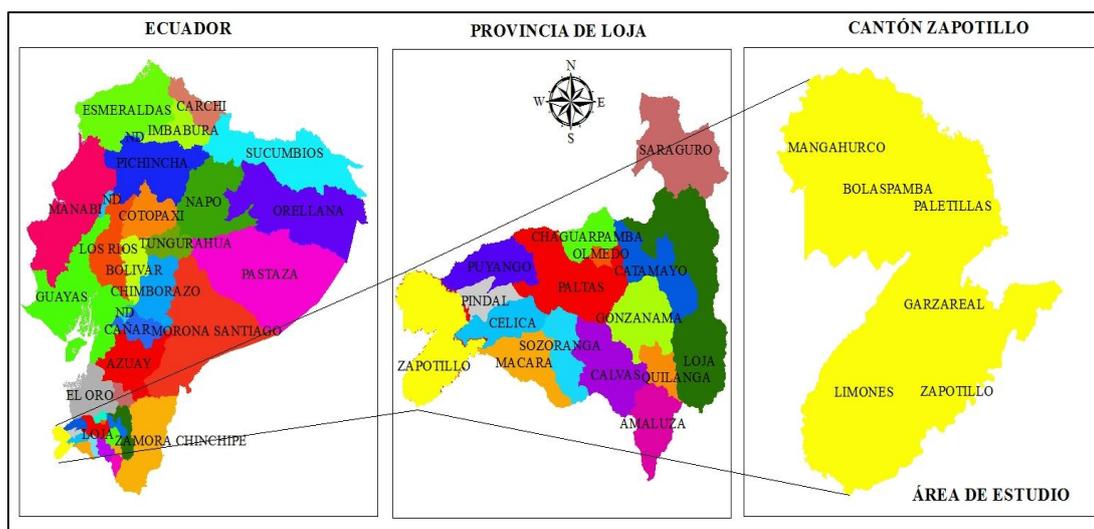


Figura 1. Ubicación del Área de estudio para el análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en el cantón Zapotillo.

El cantón Zapotillo tiene una extensión de 1215 Km², en un rango altitudinal de 100 - 1075 msnm (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo, 2013). Las principales zonas orográficas del cantón son: Guápalas, Cimarrón, Cazaderos, Ceibo Quemado, Cabeza de Toro, Zahinos, Totoras, Camarones, El Sauce, El Melo, Pitayo, Serrano, Chilco, Las Bocanas, Bejucal, entre otras. En el cantón se registra una precipitación anual de 510,8 mm que se presenta en un corto periodo de 2 a 3 meses, generalmente en Febrero, Marzo y Abril (Plan de Desarrollo Estratégico del cantón Zapotillo, 2003-2010).

Por su ubicación y las características geográficas de la región el piso climático de Zapotillo corresponde a la Zona Tórrida Tropical o Tropical Semiárida. La temperatura media anual es de 24,9°C (Cañadas, 1983) y la evaporación potencial es

de 1783 mm/año (Contento, 2000). Según la clasificación de Holdridge (1967), el área de estudio pertenece a la formación ecológica de Bosque seco tropical, Bosque seco Pre-Montano, Bosque seco Montano Bajo, Bosque muy seco tropical, Monte espinoso Tropical y Monte espinoso Pre-Montano y según, Sierra *et al.*, (1999), corresponde a bosque deciduo de tierras bajas (entre 100 y 300 m de altitud), Espinar seco montano, Matorral seco montano, Bosque semideciduo montano bajo y Bosque de neblina montano.

Según el PRONAREG² (1984), los suelos del cantón Zapotillo, en su mayor superficie corresponden al orden de los Entisoles (97,53 %), lo cual se interpreta como suelos con escaso desarrollo pedogenético, son poco profundos y frecuentemente pedregosos. En menor proporción se encuentran los suelos cuyo orden corresponde a los Alfisoles, Vertisoles e Inceptisoles y la disponibilidad de materia orgánica y nitrógeno es media, el contenido de fósforo es bajo generalmente y la provisión de potasio es alta (Plan Hidráulico de Loja, 1992).

En el cantón Zapotillo existen las siguientes áreas protegidas: La Reserva Natural Tumbezia-La Ceiba, que incluye parte de las haciendas: Romeros (5 300 ha), Limones (3 000 ha) y La Ceiba (2 500 ha), que suman 10 800 ha (Paladines, 2003), localizada en las coordenadas geográficas: extremo norte 4° 11' 24" N; extremo sur 4° 19' 58" S; extremo este 80° 17' 33" E y extremo oeste 80° 24' 34" W., su relieve es colinado y fluctúa entre los 300 msnm en la quebrada de Chiquerito, al sur de la reserva, y los 600 msnm al noroeste del área en la cordillera Arañitas. La Reserva Cazaderos con una extensión de 7 703,06 ha, está localizada en las coordenadas 04° 6' S, 80° 23' O, con un rango altitudinal que varía entre los 330 y 500 msnm. Ambas reservas pertenecen a la Fundación Naturaleza y Cultura Internacional (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Zapotillo PDOT-Z, 2011).

La Quinta Experimental El Chilco, perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, ubicada en las coordenadas 06° 49' S, 85° 43' O, con una extensión de 152,57 ha, y, una altitud que varía entre los 200 y 400 msnm, se ubica en las siguientes coordenadas 04° 15' S y, 80° 15' O (Armijos *et al.*, 2013).

² Programa Nacional de Regionalización Agraria, estudio Aptitud agrícola de los suelos del Ecuador.

3.2 MATERIALES

Para el análisis multitemporal y cambios de uso del suelo, se usaron dos imágenes de satélite: Landsat 7 ETM + con una resolución de 30 metros de los periodos 25 de Diciembre del 2000 y 08 de Mayo del 2010. La imagen para el primer periodo fue descargada de la página Web del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), en el siguiente link: <http://glcfapp.glcg.umd.edu/> y, la imagen para el año 2010 fue comprada a través de la página web www.landsat.org (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de cada una de las bandas de la imagen satelital.

Banda	Color	Ancho (μm)	Resolución (m)
Banda 1	Azul	0,45 - 0,52	30
Banda 2	Verde	0,52 - 0,60	30
Banda 3	Rojo	0,63 - 0,69	30
Banda 4	Infrarrojo cercano NIR	0,77 - 0,90	30
Banda 5	SWIR1	1,55 - 1,75	30
Banda 6	Infrarrojo Medio TIR	10,40 - 12,50	30/60
Banda 7	SWIR 2	2,09 - 2,35	30
Banda 8	Pancromática Pan	0,52 - 0,90	15

Fuente: Elaboración propia con base en (Puerta *et al.*, 2013).

Otra característica que se tomó en cuenta al momento de decidir qué imagen se iba a utilizar en el estudio fue, que en el área de estudio no se encuentre presencia de nubes o que su presencia sea mínima, para ello se consideró que la fecha de la toma se haya realizado en periodo de verano (Figura 2 y 3).

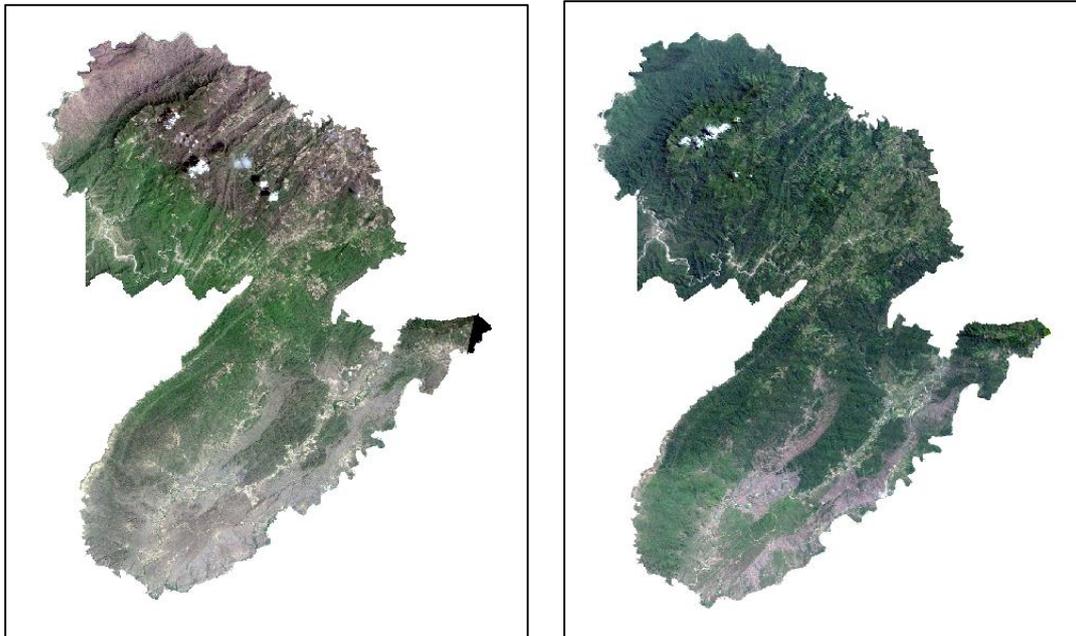


Figura 2. Imagen Satelital año 2000 (Servicio Geológico de Estados Unidos USGS). **Figura 3.** Imagen Satelital año 2010 (www.landsat.org.).

En este tipo de estudios Mancebo *et al.*, (2008) señala que se necesita cinco elementos para realizar los análisis multitemporales de cambios de uso del suelo, los cuales son: “hardware”, “software”, datos/documentación, métodos analíticos, y recursos humanos cumpliendo con cada uno de estos elemento en el estudio se usó un computador e instalados los programas ArcGis 10.1 y el IDRISI Selva 17.00, los mismos que cumplen con los requerimientos básicos para este tipo de análisis. También información cartográfica secundaria existente en el Centro de Geomática Ambiental CINFA de la Universidad Nacional de Loja UNL e información bibliográfica de estudios relacionados a la temática de esta investigación. Por último el talento humano que está conformado por los técnicos del CINFA y especialistas que cuenta la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, de la UNL.

También a través del CINFA se pudo obtener información cartográfica (fotografías aéreas) perteneciente al Programa SIGTierras del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) del 2008, misma que se

utilizó para la actualización predial del cantón Zapotillo. La cual fue de gran importancia para generar el archivo de firmas espectrales y la validación de los mapas de uso del suelo por su alta resolución y actualidad. Otra institución que en la cual se pudo obtener información fue el Gobierno Provincial de Loja (GPL), donde se consiguió una Ortofoto perteneciente al Instituto Geográfico Militar (IGM), cuyas especificaciones técnicas son: escala 1:30 000, a color; una recopilación de fotografías hasta el 2008; escaneo de las fotografías con píxeles de 14 μm ; superficie 121 206,91 ha y el porcentaje cubierto del cantón el 100 %.

Otros instrumentos e implementos utilizados fueron los siguientes:

- Libreta de campo;
- Bolígrafos;
- Cámara fotográfica; y,
- Sistema de Posicionamiento Global GPS

Además, en la fase de análisis cartográfico se tomó puntos de control (Identificación de regiones de interés ROIs) los cuales fueron utilizados para la clasificación supervisada. Para el proceso de validación de la información se realizó recorridos de campo para contrastar los mapas de uso del suelo generados producto de la categorización con la realidad.

3.3 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO

3.3.1 Tratamiento de las Imágenes Satelitales

En el tratamiento de las imágenes, consistió únicamente en cambiar la zona a la que pertenece el Ecuador (WGS_1984_UTM_Zona 17 Sur). La georreferenciación no se realizó ya que las imágenes cuentan con este tipo de corrección.

Sin embargo, estas imágenes, después del 2004, contienen vacíos de información (gaps) debido a un fallo en el sensor (USGS, 2007). Es por ello que para llevar a cabo este estudio, fue necesario realizar un tratamiento especial de la imagen del año 2010. Este tratamiento es llamado “Método de llenado de vacíos” (Gap Filled Method) (Mendoza, 2010) y, existen muchas metodologías para el llenado de la

información faltante en las imágenes satelitales, en este caso se utilizó una aplicación de libre acceso (Gapfill) la cual es compatible para todas las versiones del ArcGIS (Figura 4).

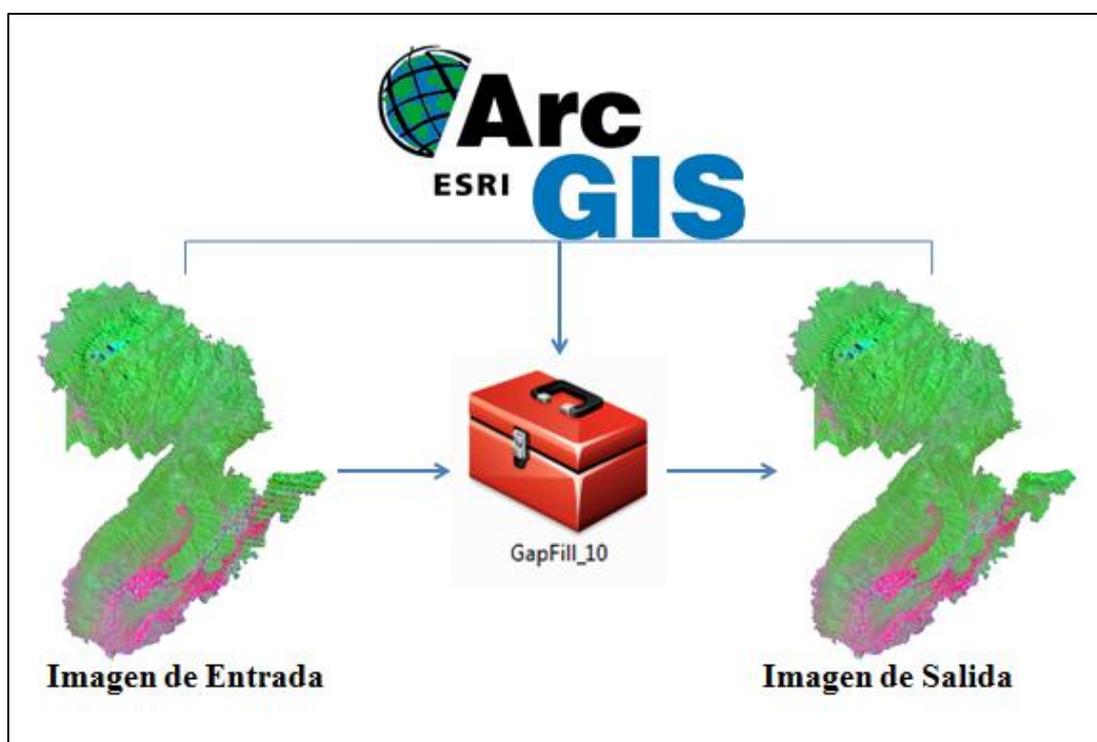
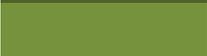


Figura 4. Esquema del procedimiento para el llenado de información en las imágenes satelitales con la aplicación Gapfill.

3.3.2 Determinación de las Clases Temáticas

La determinación de las clases temáticas o leyenda para la clasificación de las imágenes satelitales, primero se revisó estudios previos realizados a nivel de país y de la provincia de Loja, entre estos se encuentran los siguientes: 1). Línea base de Deforestación del Ecuador Continental elaborado por el Ministerio del Ambiente en el 2012; 2). Informe técnico de cobertura vegetal y uso actual del suelo de la Provincia de Loja, ejecutado por Naturaleza y Cultura Internacional en el 2010; y, 3). Zonificación y Determinación de los tipos de vegetación del Bosque Seco en el suroccidente de la Provincia de Loja, desarrollado en el 2001 por el Proyecto Bosque Seco y el Herbario Reinaldo Espinosa de la Universidad Nacional de Loja. La leyenda consta de dos niveles el primero está constituido por cinco categorías y el nivel dos por nueve clases temáticas como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Leyenda de cobertura y usos del suelo para el Análisis Multitemporal.

N°	Nivel I	Nivel II	Color
1	Bosque	Denso	
2		Semidenso	
3		Ralo	
4		Matorral	
5	Tierras Agropecuarias	Cultivos	
6		Pastizales	
7	Cuerpos de Agua	Natural	
8	Zonas Antrópicas	Infraestructura	
9	Otras Tierras	Suelos Desnudos	

3.3.3 Descripción de cada una de las Categorías Establecidas

3.3.3.1 *Bosque*

Esta categoría corresponde a áreas con vegetación arbórea, la cual se ha clasificado en cuatro clases que a continuación se describen. También se le asignó diferentes colores y para este caso se utilizó el color verde desde el más fuerte al más claro, partiendo desde el bosque denso a los matorrales respectivamente.

3.3.3.1.1 Bosque denso

Coberturas vegetales donde el dosel es igual o superior al 70 % y se expresa con niveles digitales de reflectancia que fluctúa entre: banda 1 -0,7; banda 2 -0,4; banda 3 -2,4, para bosques secos (Cueva y Chalan, 2010).

3.3.3.1.2 Bosque semidenso

Formaciones vegetales naturales, cuya cobertura del dosel sea inferior al 70 % y los niveles digitales de reflectancia se encuentran para bosques secos entre: banda 1 -0,9; banda 2 -0,8; banda 3 -1,7 (Cueva y Chalan, 2010).

3.3.3.1.3 Bosque ralo

Cubierta del suelo con árboles muy dispersos, en donde se puede apreciar claramente la presencia de suelo o en algunos casos, vegetación de tipo herbácea o

matorrales con individuos también dispersos. Según, Cueva y Chalan, (2010), Los niveles digitales de reflectancia que presentan los bosques secos para esta clase son: banda 1 -0,9; banda 2 -1,0; banda 3 -2,1.

3.3.3.1.4 Matorral

Cobertura leñosa formada naturalmente, la altura alcanzada por la vegetación no supera los cinco metros y se observa una estructura entre el 50 y 80 % de arbustos y hierbas (Proyecto, Manejo Comunitario de Bosques Secos y Microcuencas de la parte Suroccidental de la provincia de Loja, 2001).

3.3.3.2 *Áreas Agropecuarias*

Esta categoría incluye áreas bajo cultivo y pastizales, donde la estructura de la vegetación no cumple con la definición de bosque.

3.3.3.2.1 Cultivos

Cobertura del suelo originada por intervención humana, cuyo propósito es la producción de especies alimenticias de ciclo corto o perenne.

3.3.3.2.2 Pastos

Formación vegetal dominada por pastos, que pueden ser de distintas especies, cuyo origen es natural o cultivado con fines productivos.

3.3.3.3 *Cuerpos de Agua*

En esta categoría se considera toda masa o extensión de agua, entre estos se considera los ríos y quebradas como cuerpos de agua naturales y los artificiales a todos los construidos por la mano del hombre en esta clase se considera reservorios, canales de riego, etc.

3.3.3.4 *Zonas Antrópicas*

Pertenecen a esta categoría todas las áreas desarrolladas por el hombre incluyendo infraestructura de transporte y áreas urbanas (Cantón, parroquia y pueblos pequeños).

3.3.3.5 Otras Tierras

En esta categoría están representadas áreas de suelo desnudo, en donde la cobertura del suelo ha sido eliminada por intervención humana o por efectos naturales (p.e. sequias, incendios, etc.).

3.3.4 Compuesto de Bandas

Un compuesto de bandas es crear un único dataset ráster de múltiples bandas (Hecheltjen, 2013). La generación de éste agregado de bandas, es muy importante para crear los mapas de uso del suelo, ya que permite realizar diferentes combinaciones entre las bandas que conforman el compuesto.

Es decir, al realizar un combinando de bandas 4, 5, 3 se tiene como resultado diferentes colores y tonos en la imagen satelital. Estos colores y tonos se emplean para la interpretación visual de las imágenes, de esta manera se da un primer acercamiento al contenido de la imagen, y permiten visualizar los diferentes usos del suelo sean estos vegetación, cultivos, pastizales, zonas urbanas, etc. (Puerta, *et al.*, 2013).

Una vez realizada la composición de bandas, se procedió a realizar la combinación 3,2,1 y 4,5,3 que permite determinar todos los factores o tipos de coberturas contenidas en la imagen satelital y generar los mapas de uso del suelo preliminares.

3.3.5 Mapas de Uso del Suelo

Con los procedimientos descritos anteriormente sean estos la determinación de las clases temáticas que se va a analizar en las dos imágenes de satélite y los compuestos de banda para los dos periodos, se procedió a generar los mapas de uso del suelo. Estos mapas se definen como una cartografía temática que representa las diferentes formas de ocupación del territorio según un número variable de categorías predefinidas y que, actualizada periódicamente, permite la extracción de indicadores relacionados con la dinámica socioeconómica y medioambiental de un área en estudio (Guía Técnica del Mapa de Usos y Coberturas Vegetales de Andalucía, 2007). Para ello primero se realizó el recorte del área correspondiente al cantón

Zapotillo utilizando un shapefile, para que el software al momento de ejecutar la clasificación lo realice más rápido.

3.3.5.1 Puntos de Control

Los puntos de control georreferenciados con GPS (Sistema de Posicionamiento Global) dentro del área de estudio, y los que se tomó en las Ortofotos de SIGTierras y la del IGM que se pudieron obtener, fueron utilizados para generar un archivo de firmas espectrales. Estos puntos de control cumplieron con la siguiente condición: buena distribución espacial en el área de estudio y el total de puntos o regiones de interés fue de 693 puntos seleccionados al azar (Ver Cuadro 18, en Anexos).

3.3.5.2 Clasificación supervisada

La clasificación supervisada para la generación de los mapas de uso del suelo del cantón Zapotillo, se realizó a través del algoritmo de máxima probabilidad incluido en el “software” ArcGis 10.1 (Figura 5). Según, García y Francois (2008), este método analítico es uno de los más utilizados para este tipo de estudios. Como se mencionó anteriormente, con los puntos de control se generó un archivo de firmas espectrales, el cual se utilizó para realizar la clasificación supervisada. Previo a la clasificación se procedió a realizar una combinación de bandas 4, 5, 3 la misma permitió que el programa realice una mejor discriminación de los píxeles para la identificación de los diferentes usos del suelo (Geo-Plades, 2009; Cure, 2012).

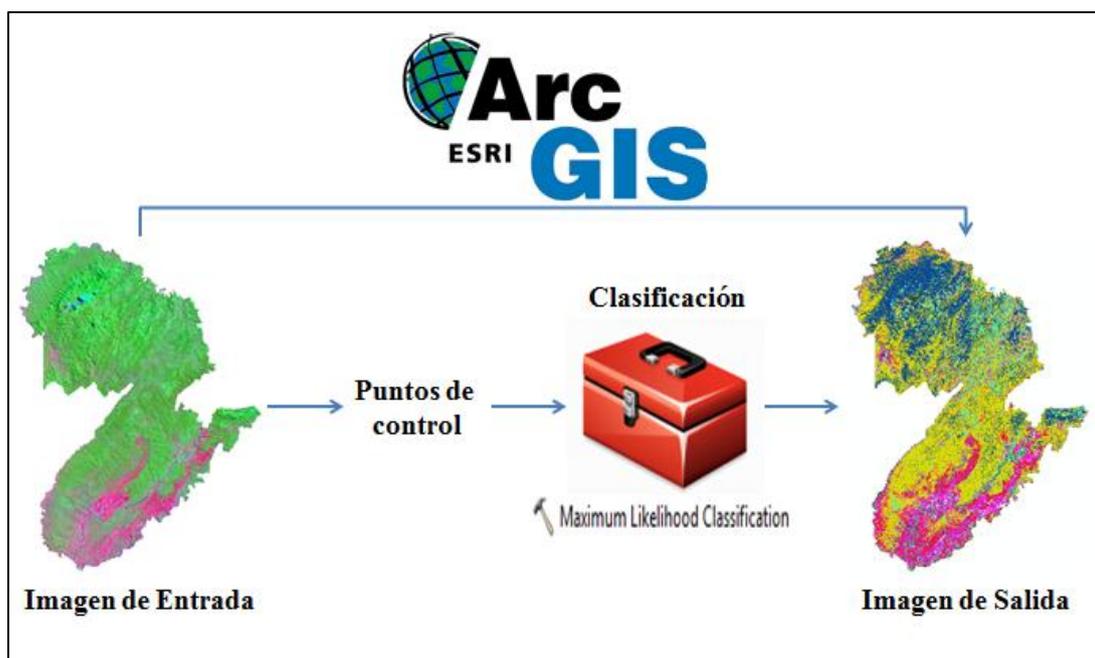


Figura 5. Esquema del procedimiento para realizar la clasificación supervisada con el algoritmo Maximum Likelihood Classification.

3.3.6 Validación de la Clasificación

El análisis de exactitud o aciertos de las clasificaciones, se puede realizar a través de puntos de control tomados en campo o en imágenes u ortofotos de alta resolución (MAP, 2014), cuyo proceso se lo realiza utilizando una Matriz de confusión o de contingencia y el Coeficiente Kappa (Santos, 2007; MAP, 2014).

Según, Santos (2007), otro método corresponde a comparar un mapa de uso del suelo con otro que el técnico declare como absoluto. Por lo tanto en este estudio se realizó los dos métodos de validación, el primero fue a través de puntos tomados *in situ* así como en las Ortofotos conseguidas del IGM y SIG-Tierras con los cuales se validó el mapa del año 2010, con este último mapa aprobado se comparó con el mapa del año 2000 para analizar las concordancias entre ellos.

Estos procedimientos se los realizo en dos etapas: la Etapa 1, fue en campo y se la ejecuto en base al método señalado en la Guía Técnica del Mapa de Usos y Coberturas Vegetales de Andalucía (2007), la cual recomienda que para este tipo de análisis se debe efectuar un recorrido a lo largo de las principales vías de comunicación, independientemente de la distribución superficial de los usos, ya que

el interés no está en la estimación de dichas superficies sino en la estimación de los errores/aciertos cometidos en su interpretación, para este caso se recorrió las vías de acceso a cada una de las parroquias que pertenecen al cantón Zapotillo (Figura 6 y 7). En este recorrido se colectó 50 puntos georreferenciados con GPS (Ver Cuadro 18, en Anexos), y en cada coordenada se registró el uso del suelo, la parroquia a la cual pertenece y se capturó una fotografía del sitio.



Figura 6. Toma de puntos con GPS y clasificación de la cobertura.



Figura 7. Parque Central de la parroquia Mangahurco.

La Etapa 2, consistió en la captura de puntos representativos de los diferentes usos del suelo del área en análisis en las Ortofotos de SIGTierras y el IGM, para ello se siguió lo propuesto por Congalton (1991), quien sugiere al menos 45 a 50 puntos de muestreo por clase temática, y de 75 a 100 si hay más de 12 categorías. Por lo tanto se tomó 400 puntos en las ortofotos (Ver Cuadro 19, en Anexos). Luego de haber cumplido con estas dos fases, se procedió a analizar la información alfanumérica. Primero fue digitalizada en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel 2010 para luego importarla a través del software ArcGis 10.1 (Cuadro 3), cabe mencionar que en el campo ID, se le asignó el código para cada clase (p.e. 1. Bosque denso; 2. Bosque semidenso; 3. Bosque ralo; etc.).

Cuadro 3. Formato para la digitalización de la información de campo.

N°	ID	Parroquia	Uso del Suelo	Coordenadas	
				X	Y
1	1	Garzareal	Bosque denso	0	0
2	2	Garzareal	Bosque semidenso	0	0
...

Procesada la información alfanumérica esta fue utilizada como archivos de entrada, para generar la matriz de confusión con la cual se generaron tres tipos de exactitud: exactitud global (EG), exactitud del usuario (EU), exactitud del productor (EP) (Li *et al.*, 2009) y, también los errores de comisión y omisión (MAP, 2014).

3.3.6.1 *Medidas para evaluar la exactitud a nivel de clases*

Estas medidas permiten determinar la probabilidad de que una clase de referencia haya sido clasificada en el mapa y represente esa clase en la realidad (MAP, 2014).

Exactitud Global (EG).- Indica la exactitud del conjunto de las clases del método a evaluar, y se obtiene con la sumatoria de la diagonal mayor dividido para el número total de puntos de muestreo, Ecuación 1 (Rodríguez, 2011).

$$EG = N/D \quad (1)$$

Exactitud del usuario (EU).- Es el porcentaje de que una clase temática haya sido clasificada correctamente y represente la realidad en el campo, en otras palabras es la garantía que tiene el usuario al utilizar la información contenida en un mapa de uso del suelo. Su valor se lo obtiene al dividir la diagonal para el total marginal de dicha fila, Ecuación 2 (Rodríguez, 2011; MAP, 2014).

$$EU = A_1/P \quad (2)$$

Igual procedimiento para B2, C3 con Q y R respectivamente.

Exactitud del productor (EP).- Es el porcentaje de elementos bien clasificados para cada clase en las columnas. Indica en qué medida ha sido bien clasificada una clase dada. Su medida es el cociente entre la diagonal de dicha columna y el total marginal de la columna, Ecuación 3 (Rodríguez, 2011; MAP, 2014).

$$EP = A_1/X \quad (3)$$

Igual procedimiento para B2, C3 con Y y Z respectivamente.

3.3.6.2 Medidas de precisión

Estas métricas son los errores de comisión (E_c), que indica la probabilidad de que el usuario del mapa encuentre información incorrecta durante su uso (Ecuación 4) y, el error de omisión (E_o), el cual muestra en qué medida el productor del mapa representó incorrectamente los rasgos del terreno (Ecuación 5) (Rodríguez, 2011; MAP, 2014).

$$E_c = 100 - EU_1 \quad (4)$$

$$E_o = 100 - EP_1 \quad (5)$$

Igual proceso para EU_2 , EU_3 en el caso de Error de comisión y, EP_2 , EP_3 para el Error de omisión.

Las medidas de exactitud y de precisión mencionadas, sólo se basan en resultados parciales de la matriz, por lo tanto no aprovechan los datos en su totalidad, a su vez se toman resultados aleatorios, que pueden llevar a interpretaciones sesgadas del método. Para corregir los tipos de exactitud, se utiliza el Coeficiente Kappa (Santos, 2007; Dou *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2009).

3.3.6.3 Coeficiente Kappa

Este coeficiente, propuesto por Jacob Cohen en 1960, es un estadístico que mide la concordancia obtenida en un producto cartográfico sustrayendo aquellos generados de forma fortuita su fórmula se presenta en la Ecuación 6 (MAP, 2014).

$$CK = \frac{\sum_{i,j=1}^r X_{ij} - \sum_{i,j=1}^r (\sum xi \cdot \sum xj) / N^2}{\sum_{i,j=1}^r (\sum xi \cdot \sum xj)} \quad (6)$$

Donde r es el número de filas en la matriz; x_{ij} , número de píxeles de la fila i , columna j , es decir la diagonal mayor; x_i , fila i ; x_j , columna j y N el total de píxeles de la matriz. El formato utilizado para la matriz de confusión se presenta en el Cuadro 4, donde están representadas todas las métricas definidas anteriormente.

Cuadro 4. Matriz de confusión o de contingencia para la validación de los usos del suelo del cantón Zapotillo.

Categorías	*PC1	*PC 2	*PC 3	Total	EU	Ec
Categoría 1	A1	A2	A3	A1+A2+A3= P	EU1	Ec1
Categoría 2	B1	B2	B3	B1+B2+B3= Q	EU2	Ec2
Categoría 3	C1	C2	C3	C1+C2+C3= R	EU3	Ec3
Total	A1+B1+C1= X	A2+B2+C2= Y	A3+B3+C3= Z	A1+B2+C3= D		
EP	EP1	EP2	EP3		(P+Q+R)= N	
Eo	Eo1	Eo2	Eo3			(X.P)+(Y.Q)+(R.Z)

*PC1, *PC2 y *PC3 son los puntos de control obtenidos por categorías.

Fuente: Rodríguez, 2011; MAP, 2014.

Para aceptar o rechazar la clasificación de los mapas de uso del suelo del cantón Zapotillo se utilizó los valores de coeficiente Kappa, el cual varía entre 0 y 1, entre más se acerque a la unidad, quiere decir que la concordancia es muy alta (Cerde y Villarroel 2008; MAP 2014).

Cuadro 5. Categoría de concordancias de validación para el coeficiente Kappa (Cerde y Villarroel, 2008; MAP, 2014).

Rango	Concordancia
0	Nula
0,01 - 0,20	Leve
0,21 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Considerable
0,81 - 1,00	Casi perfecta

Finalmente, una vez validado el mapa de uso del suelo del año 2010, se procedió a validar el mapa del periodo 2000. El objetivo principal fue de compararlos y ver la concordancia entre ellos. Para ello se utilizó el modulo Cross-Tab contenido en el Software IDRISI Selva. Producto de este cruce de las dos cartografías se obtuvieron dos tablas, la primera describe la concordancia de los pixeles de las dos imágenes; la segunda tabla indica la probabilidad y, por último el coeficiente general Kappa.

3.3.7 Parámetros Considerados para Analizar los Cambios de uso del suelo en el cantón Zapotillo

3.3.7.1 Cálculo de las Pérdidas y Ganancias

Para conocer los cambios de los diferentes usos del suelo considerados en la leyenda se realizó una tabulación cruzada del Tiempo 1 (t1) año 2000 y del Tiempo 2 (t2) para el periodo 2010, la que permitió obtener una matriz de cambios similar a la que se presenta en el (Cuadro 5). La diagonal muestra la cantidad total del paisaje que permaneció sin cambios entre una fecha y otra, mientras que fuera de la diagonal se encuentra las transiciones de las clases entre el 2000 y 2010. La fila Total (T2), indica el área de cada clase en el tiempo dos (P+1), mientras que la columna Total (T1) representa la superficie de cada categoría en el tiempo uno (P1 +) (López y Plata, 2008; Pineda, *et al.*, 2008).

Cuadro 6. Tabulación cruzada para dos periodos con pérdidas y ganancias.

Categorías		Tiempo 2				Total (T1)	Perdidas
		Categ. 1	Categ. 2	Categ. 3	Categ. 4		
Tiempo 1	Categoría 1	P11	P21	P31	P41	P1 +	P1 + - P11
	Categoría 2	P12	P22	P32	P42	P2 +	P2 + - P22
	Categoría 3	P13	P23	P33	P43	P3 +	P3 + - P33
	Categoría 4	P14	P24	P34	P44	P4 +	P4 + - P44
Total (T2)		P + 1	P + 2	P + 3	P + 4		
Ganancias		P+1-P11	P+2-P22	P+3-P33	P+4-P44		

Fuente: Pontius *et al.*, 2004.

Pontius *et al.*, (2004) manifiestan que lo importante es analizar los datos fuera de la diagonal principal ya que permite identificar patrones dominantes presentes en los cambios de uso del suelo. Analizada la matriz de esta forma se pudo calcular la ganancia bruta (Gij) que indica la proporción de aumento en superficie de los diferentes usos del suelo en el (T2), es decir, es la diferencia entre la columna del Total (T2) (P+1) y la persistencia (Pjj) que son todos los valores que se mantuvieron

estables por categoría (Ecuación 7). Y también se conoció la pérdida bruta (L_{ij}) que es la diferencia entre la fila del total del Tiempo 1 ($P1+$) y la persistencia (P_{jj}), (Ecuación 8).

$$G_{ij} = P + 1 - P_{jj} \quad (7)$$

$$L_{ij} = P1 + -P_{jj} \quad (8)$$

También se calculó el cambio neto (D_{ij}) entre las categorías dado en valores absolutos, el mismo se obtiene por la diferencia entre el total del T2 y el total en el T1 (Ecuación 9).

$$D_{ij} = T_2 - T_1 \quad (9)$$

Con estos valores obtenidos a partir del cambio neto se tiene una aproximación a la interpretación de los cambios producidos, pero; esto no es suficiente para dar una visión clara sobre la dinámica territorial de los ecosistemas en el sentido de que no se capturan las áreas de intercambio producidas entre coberturas que se produjeron en el periodo de estudio (López y Plata, 2008).

Es por ello que se calculó el valor de Intercambio (I_{ij}), y su cálculo es determinado mediante la diferencia entre el cambios total y el cambio neto (Ecuación 10) (López y Plata, 2008). El cambio total (DT_{ij}), es el resultado de la suma de las pérdidas y las ganancias (Ecuación 11).

$$I_{ij} = DT_{ij} - D_{ij} \quad (10)$$

$$TD_{ij} = G_{ij} + L_{ij} \quad (11)$$

3.3.7.2 Cálculo de la tasa anual de cambio

El cálculo de la tasa de cambio anual, se obtuvo por medio de la comparación de un área cubierta por bosque en la misma región en dos épocas diferentes (MAE, 2012). La fórmula empleada en el presente estudio (Ecuación 12) resulta en una tasa porcentual anual, usada frecuentemente para cálculos de esta índole (Puyravaud, 2003).

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{1/t_2-t_1} - 1 \quad (12)$$

Dónde:

q = Tasa de cambio anual;

A_2 y A_1 = Son las áreas en la fecha final e inicial respectivamente; y,

t_2 y t_1 = Son la fecha final e inicial.

3.3.7.3 Deforestación total anual promedio

La deforestación total anual promedio (Ecuación 13), se calculó mediante un modelo determinado por Puyravaud, (2003).

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1} \quad (13)$$

Donde A_1 , A_2 , t_1 , t_2 se definen como en la Ecuación 3.

3.4 METODOLOGÍA PARA MODELAR LA TENDENCIA DE CAMBIO EN LOS USOS DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO.

La modelación se ejecutó en base a los mapas de usos del suelo generados con el “software” ArcGis 10.1 para los periodos en análisis 2000-2010, este escenario a futuro se realizó para el año 2025, es decir 15 años después a partir del tiempo dos (t_2) considerado en esta investigación.

La técnica utilizado fue un método estadístico que muestra la probabilidad de que un uso o cobertura del suelo cambie a otro (Sandoval, 2009). Para ello se utilizó el Modulo Markov del incluido en el programa IDRISI Selva 17.00, el cual según afirma Paegelow *et al.*, (2003) simula la predicción del estado de un sistema en un tiempo determinado a partir de dos estados precedentes. Esto significa que la modelización no tiene en cuenta las variables explicativas y descriptivas como por ejemplo crecimiento demográfico, o cualquier información obtenida a través de censos, sino que se basa exclusivamente en el análisis de la dinámica interna del sistema. Por lo tanto, la probabilidad de que ocurra un suceso o cambio dependerá de lo que ocurra en los estados anteriores.

Este método compara los usos observados en dos tiempos distintos t1 y t2 y proyecta al tiempo T3. Cabe mencionar que al momento de hacer correr el programa se asignó un error proporcional que debe ser igual a 0,15 del cálculo de las probabilidades arrojadas por el módulo Markov (Eastman, 2006), el procedimiento se muestra en la Figura 8.

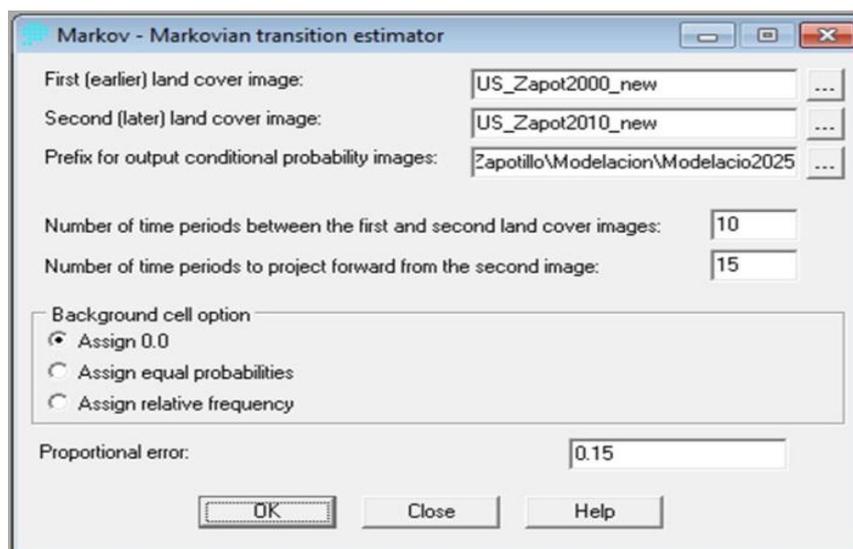


Figura 8. Estimación de la transición a través del módulo MARKOV.

Ejecutado el módulo Markov, este generó una matriz donde cada categoría presenta la probabilidad de pertenecer o cambiar a otro uso del suelo. Además genera un mapa por clase temática con la posible predicción al tiempo modelado (Figura 9).

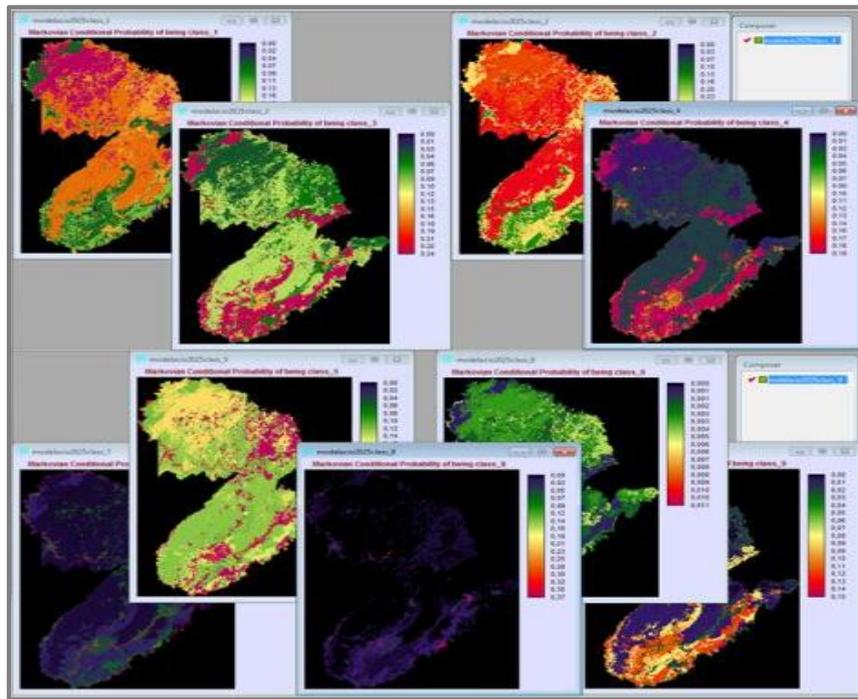


Figura 9. Predicción al año 2025 por uso del suelo del cantón Zapotillo.

Una vez obtenidos los mapas de probabilidad para cada categoría y las áreas de transición, se aplicó el módulo Cadenas de Markov, (Ca_Markov), para generar un solo mapa con las predicciones de cambio al año 2025 (Figura 10), ya que éste módulo puede simular los cambios de varias clases temáticas (Pontius *et al.*, 2005).

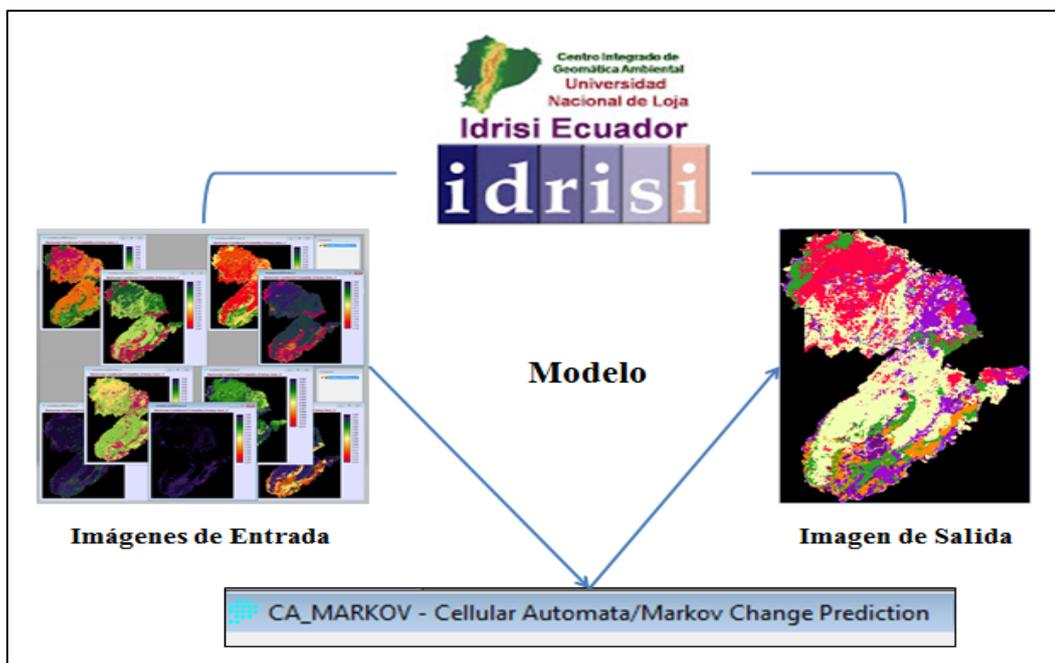


Figura 10. Esquema para la aplicación del modelo Ca_Markov de IDRISI-Selva 17.00

4 RESULTADOS

Producto de la metodología aplicada con imágenes de satélite y SIG, se obtuvieron dos mapas con los usos del suelo del cantón Zapotillo, donde el mapa del año 2010 tiene un coeficiente Kappa de 0,937 lo que significa que la relación con la realidad es casi perfecta y, la concordancia entre los dos planos del año 2000 y 2010 es del 0,658 mostrando que más del 65 % de la clasificación de los mapas tienen relación entre ellos.

4.1 DETERMINACIÓN DE LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO ACTUAL PARA EL PERIODO 2000 A 2010, EN EL CANTÓN ZAPOTILLO.

4.1.1 Uso del Suelo del Cantón Zapotillo

El área analizada del cantón Zapotillo corresponde al 99,75 %. Para el año 2000 la cobertura vegetal fue de 103 573,14 ha, que representa el 85,46 % del área del cantón Zapotillo (Ver Figura 11), mientras que para el año 2010 (Figura 12) la superficie de la cobertura vegetal disminuyó en 3,75 %, con un área de 96 961,21ha, lo cual representa el 80,88 % de la superficie total del cantón, paralelo a esta disminución existen indicadores positivos de regeneración en el bosque denso aumentando en datos porcentuales en 1,85 % su área para el tiempo dos (t2) en estudio (25 000,02 ha), pero; también se observa una reducción en el resto de los estratos de vegetación sean estos bosque semidenso, ralo y los matorrales lo cual indica que se transformaron en otros usos del suelo, no descartando la posibilidad que parte de estos se hayan convertido en bosque denso. El Cuadro 7, se presentan las categorías de uso y sus respectivos porcentajes para los tiempos evaluados.

Cuadro 7. Superficies y porcentajes de los usos del suelo del cantón Zapotillo en los años 2000 y 2010.

N°	Uso del Suelo	2000		2010	
		ha	%	ha	%
1	Bosque denso	22758,59	18,78%	25000,02	20,63%
2	Bosque semidenso	51699,93	42,66%	49255,94	40,64%
3	Bosque ralo	20142,33	16,62%	15425,61	12,73%
4	Matorral	8972,29	7,40%	8343,74	6,88%
5	Cultivos	9698,13	8,00%	15723,86	12,97%
6	Pastizales	97,07	0,08%	197,83	0,16%
7	Cuerpos de Agua	3277,31	2,70%	2435,76	2,01%
8	Infraestructura	692,64	0,57%	818,06	0,67%
9	Suelos Desnudos	3856,17	3,18%	3993,64	3,30%
TOTAL		121194,46	100%	121194,46	100%

El bosque semidenso en el año 2010 fue de 49 255,94 ha disminuyendo su área en -2,03 % con respecto al año 2000, observándose la misma tendencia para el bosque ralo con -3,89 % (15 425,61 ha) y los matorrales con una superficie de 8 343,74 ha en el tiempo dos registra pérdidas de -0,52 % y, la misma realidad sucede con los cuerpos de agua (2 435,76 ha) con el -0,69 % menos con respecto al valor en el periodo uno. Los cultivos y pastizales para este periodo ocuparon 16 056,80 ha, repartidas en 15 921,69 ha dedicadas a la agricultura y 197,83 ha a pastos, registrando incrementos de 4,97 % y 0,08 % respectivamente. Igual particularidad se evidencia con la infraestructura con 0,10 % (818,06 ha) y, las áreas sin cobertura vegetal con 0,11 % (3 993,64 ha) mostrando crecimientos en el periodo de análisis.

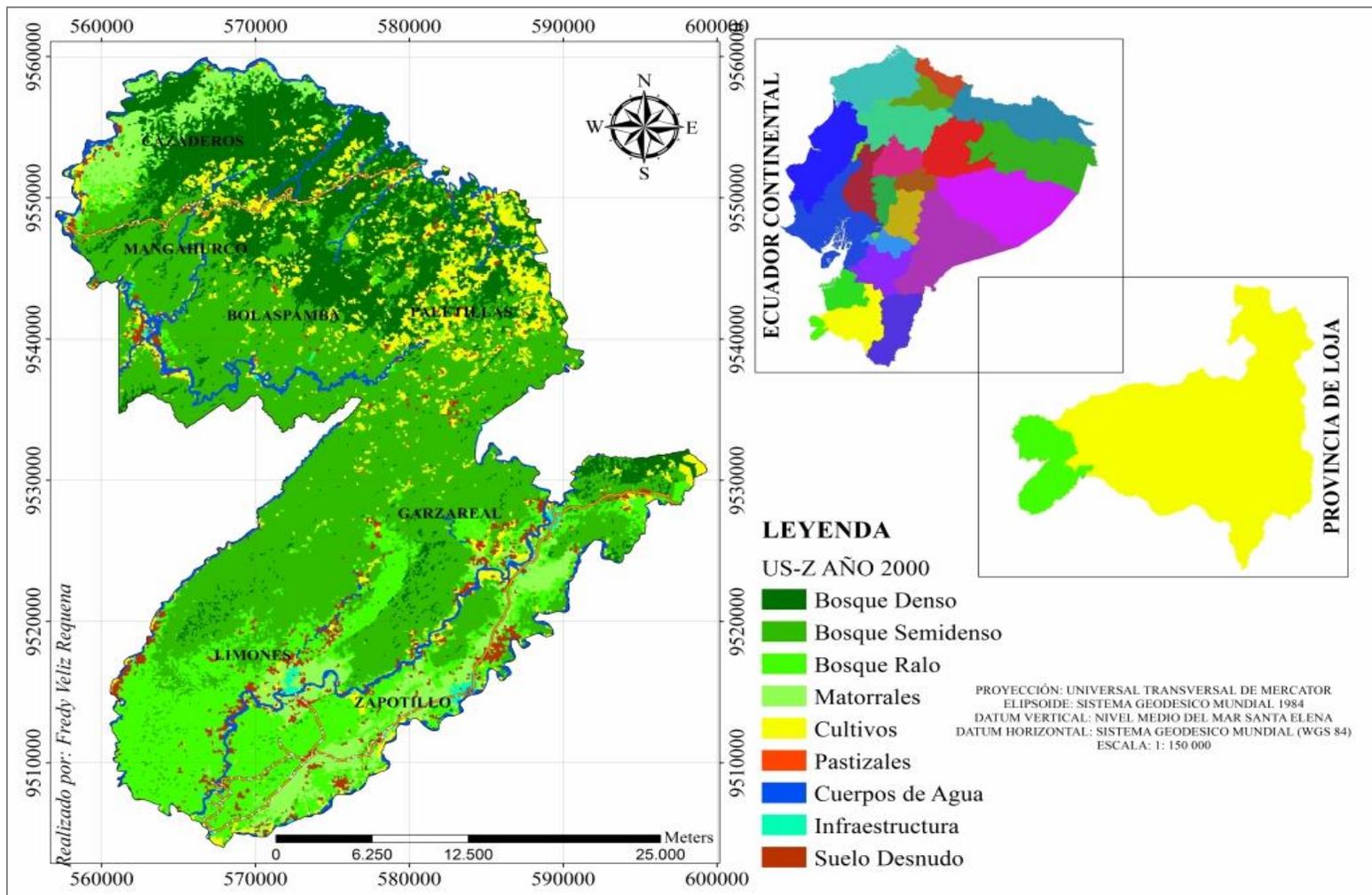


Figura 11. Mapa de usos del suelo del cantón Zapotillo año 2000.

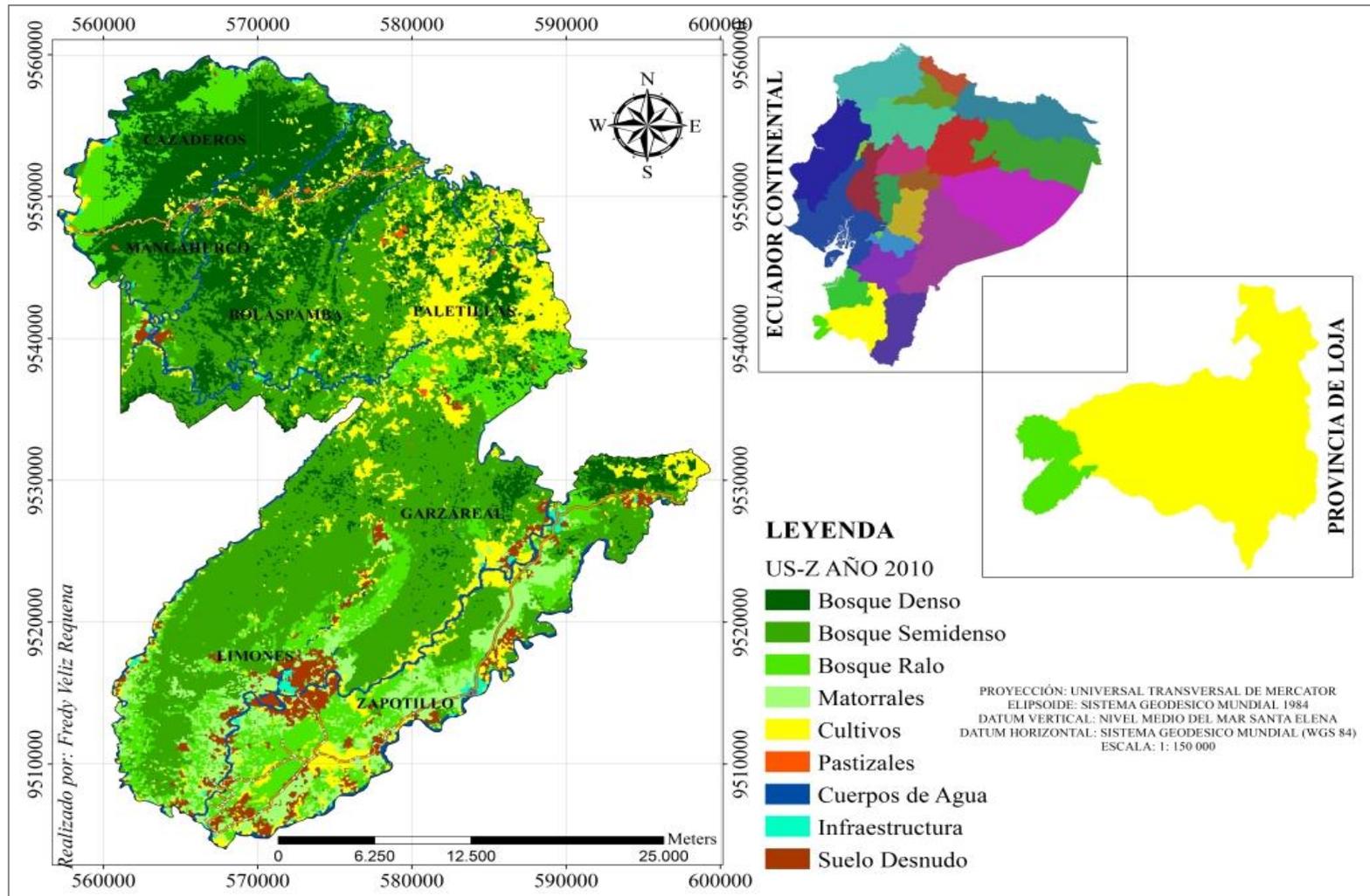


Figura 12. Mapa de usos del suelo del cantón Zapotillo año 2010.

4.1.2 Uso del Suelo por Parroquias del Cantón Zapotillo

4.1.2.1 Parroquia Cazaderos

Las superficies que componen los diferentes tipos de coberturas que en el año 2000 la parroquia Cazaderos presentó son: bosque denso 5 528,35 ha; bosque semidenso 1 385,46 ha; bosque ralo 666,66 ha; matorral 3 016,55 ha. Las extensiones de cultivos en este periodo fue de 230,24 ha y los pastizales con una superficie de 4,25 ha; los cuerpos de agua 567,96 ha; la infraestructura 29,57 ha los suelos descubiertos con 199,68 ha (Figura 13).

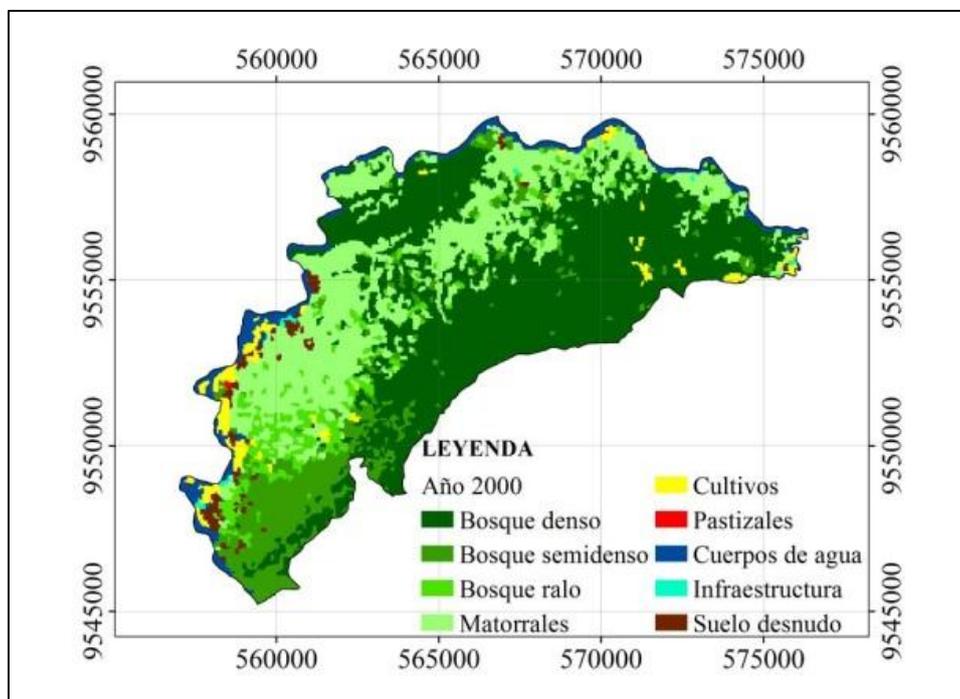


Figura 13. Mapa de uso del suelo de la parroquia Cazaderos año 2000.

Para el año 2010, las categorías evaluadas ocupan las siguientes extensiones. Bosque denso 5 514,30 ha; bosque semidenso 1 381,08 ha; bosque ralo 3 084,51 ha; matorrales 108,67 ha; cultivos 264,94 ha; pastizales 1,60 ha; cuerpos de agua 363,70 ha; infraestructura 74,51 ha y las áreas sin cobertura vegetal 15,35 ha (Figura 14).

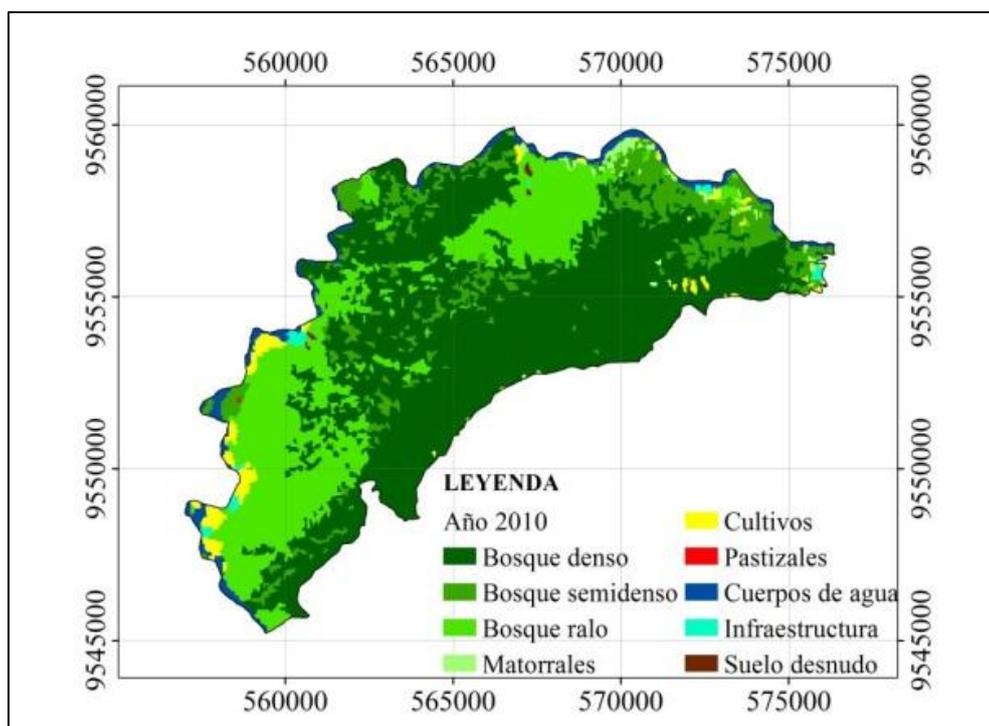


Figura 14. Mapa de uso del suelo de la parroquia Cazaderos año 2010.

El bosque denso desde el año 2000 al 2010 se disminuye -3,48 % lo que equivale a 14,05 hectáreas, sin embargo este uso del suelo sigue siendo en términos porcentuales la mayor área con respecto a la superficie de la parroquia. Al igual que esta cobertura el bosque semidenso se reduce en 4,38 ha, pasando de 1 385,46 ha a 1 381,08 ha. También los matorrales se comprimen en un -24,94 % lo que significa una transformación de 3 016,55 ha a 108,67 en los diez años estudiados. Lo contrario sucede con el bosque ralo de 666,66 ha en la fecha inicial aumenta a 3 084,51 ha a la fecha final y, la respuesta a estos cambios se observa en las Figuras 25 y 26, donde el matorral ha sido reemplazado por el bosque ralo lo cual es muy bueno en términos ambientales.

Las extensiones de cultivos aumentan en 0,47 % en el periodo analizado t1 230,24 ha y t2 264,94 ha, pero; los pastizales siendo otra actividad productiva presenta una reducción de 4,25 a 1,60 hectáreas en este periodo de análisis. También los cuerpos de agua y los suelos desnudos presentan una diferencia en relación al tiempo uno y dos de 204,26 y 184,33 ha respectivamente, siendo sus valores finales de 363,70 ha los cuerpos de agua y 15,35 ha los suelos desnudos. La infraestructura

en Cazaderos ha tenido un aumento significativo ocupando un área de 29,57 ha en el año 2000 a 74,51 ha al 2010 alcanzando un crecimiento porcentual de 0.44 %.

4.1.2.2 Parroquia Mangahurco

En el área de circunscripción de la parroquia Mangahurco los diferentes usos del suelo que en el año 2000 ocuparon son: bosque denso 5 912,86 ha; bosque semidenso 7 773,88 ha; bosque ralo 463,13 ha; matorrales 81,36 ha; cultivos 1 974,63 ha; pastizales 41,45 ha; drenajes 550,55 ha; infraestructura 32,65 ha y suelos carente de vegetación 347,29 ha (Figura 15).

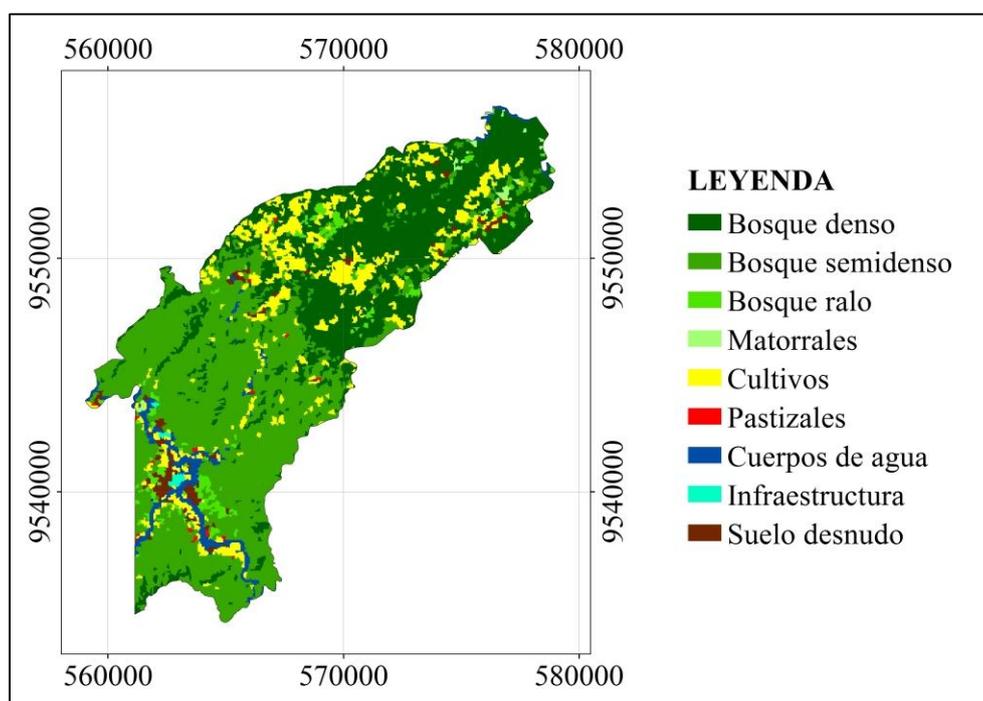


Figura 15. Mapa de uso del suelo de la parroquia Mangahurco año 2000.

Al año 2010 la parroquia presento los siguientes resultados: bosque denso 8 855,91ha, bosque semidenso 5 852,91 ha; bosque ralo 267,14 ha; matorrales 235,20; cultivos 1 353,02 ha; pastizales 61,44 ha; cuerpos de agua 283,94 ha; infraestructura 42,32 ha; y, suelo desnudo 245,34 ha (Figura 16).

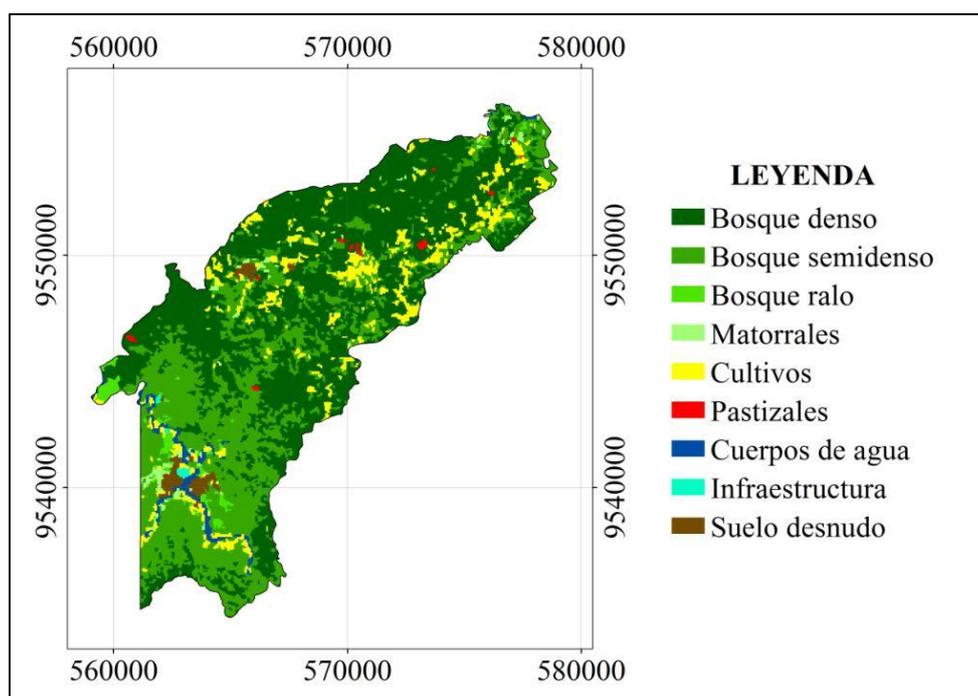


Figura 16. Mapa de uso del suelo de la parroquia Mangahurco año 2010.

En esta parroquia se han producido transformaciones importantes, donde el bosque denso ha aumentado en su superficie un 17,07 % desde el 2000 al año 2010. Este crecimiento es producto de la transición de los bosques semidenso y ralo a bosque denso, siendo esta la respuesta por la cual los remanentes de bosque semidenso y ralo se hayan comprimido presentando un cambio de -34,03 % y, -1,14 % respectivamente. Sucediendo lo contrario en los matorrales ya que prácticamente triplica su área, aumentando 0,89 %. Al igual los pastizales crecen el 0,12 % pasando de 41,45 a 61,44 hectáreas pero; esto explica que los cultivos se hayan reducido en -3,63 % apreciándose estos cambios en las figuras correspondiente a la parroquia en análisis, donde parte de estas áreas agrícolas han sido reemplazadas por pastizales y matorrales.

Los cuerpos de agua también, ostentan un descenso en sus áreas pasando de 550,55 ha – 283,94 ha, significando una diferencia de 266,61 ha. Esto puede ser producto del crecimiento del 17,07 % del bosque denso porque a mayor densidad de la cobertura vegetal, la apreciación de los cuerpos de agua es menor cuando se realiza estos estudios con imágenes satelitales cuya resolución de los pixeles es de 30 x 30 m. La infraestructura ha tenido un crecimiento del 0,06 % en los diez años

estudiados y, finalmente los suelos carentes de vegetación se reducen lo cual es importante porque se evita la erosión. Esta disminución es de -0,60 %.

4.1.2.3 Parroquia Bolaspamba

Bolaspamba posee las siguientes superficies forestales: bosque denso 4 787,74 ha; bosque semidenso 6 558,04 ha; bosque ralo 221,04 ha; y, matorrales 57,89 ha. Las áreas agropecuarias están divididas por 1 166,99 ha de cultivos y, 13,71 ha de pastizales. Los recursos hídricos ocupan una área de 241,92 ha; la infraestructura con una superficie de 36,33 ha y, los suelos desnudos con 97,72 ha. Estos resultados corresponden al año 2000 (Figura 17).

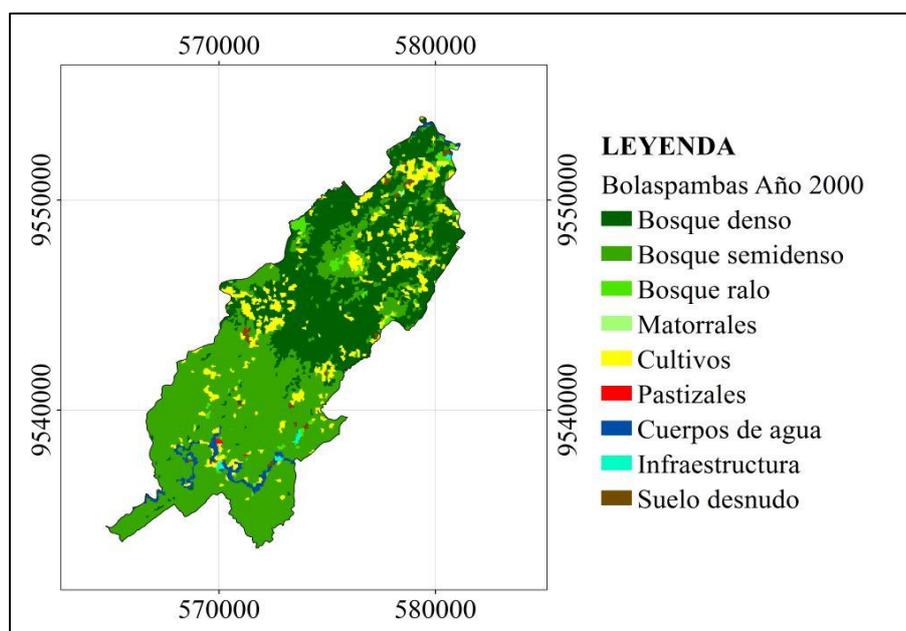


Figura 17. Mapa de uso del suelo de la parroquia Bolaspamba año 2000.

Las unidades vegetales en el lapso del 2010, en la presente parroquia están repartidas en: 4 237,57 ha de bosque denso; 7 175,00 ha de bosque semidenso; 136,97 ha de bosque ralo; 57,89 ha de matorrales; 1 265,83 ha de cultivos; 60,59 ha por pastizales; 136,76 ha de cuerpos de agua; y, la zona antrópica con 73,65 ha (Figura 18).

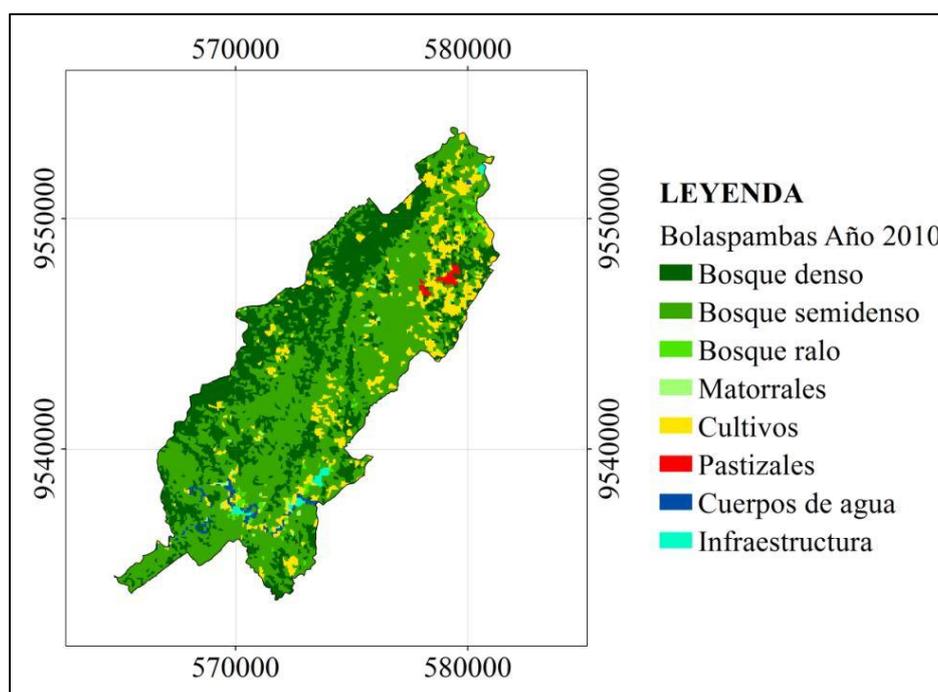


Figura 18. Mapa de uso del suelo de la parroquia Bolaspamba año 2010.

Con los resultados descritos anteriormente se evidencia que el bosque denso se reduce el -4,08 %, representando el 36,32 % en el año 2000 pasando a 32,24 % al 2010, pero; el bosque semidenso se recupera 616,96 ha lo cual significa una regeneración del 4,83 %. El bosque ralo decrece en 0,63 % y, los matorrales se han mantenido en ambos periodos constituyendo el 0,44 % del área total de la parroquia. Las tierras agropecuarias divididas en cultivos y pastizales se han incrementado en 0,78 y 0,36 % respectivamente en relación al periodo inicial. Los cuerpos de agua se reducen con una tasa porcentual de 0,79 %, la infraestructura prácticamente se duplica en esta década estudiada de 36,33 ha en el 2000 a 73,65 ha al 2010 cuyo crecimiento es de 0,28 % y, los suelos desnudos que representaban inicialmente el 0,74 % en relación a la superficie de la parroquia desaparecen al periodo dos.

4.1.2.4 Parroquia Paletillas

En el primer periodo la parroquia Paletillas, presentó 4 744,28 ha de bosque denso; 7 839,44 ha de bosque semidenso; 223,62 ha de bosque ralo; 68,94 ha de matorral. Las tierras agropecuarias compuestas por cultivos y pastizales con 4 022,28

ha y 25,29 ha respectivamente; los cuerpos de agua 246,92 ha; la infraestructura 20,47 ha; y, los suelos desprovistos de cobertura vegetal de 331,11 ha (Figura 19).

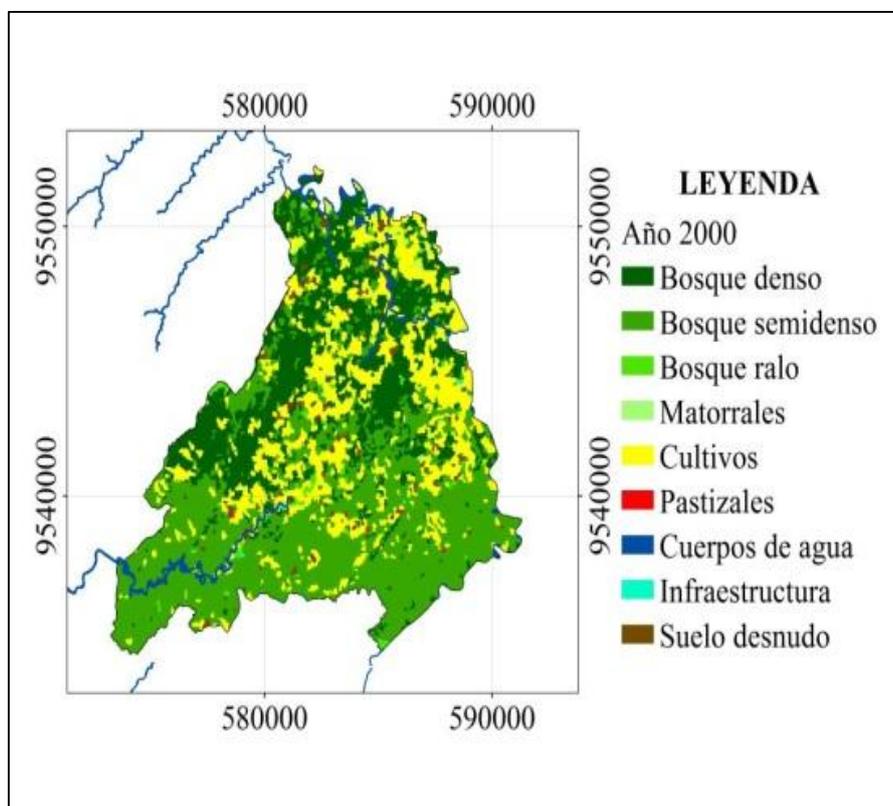


Figura 19. Mapa de uso del suelo de la parroquia Paletillas año 2000.

En el periodo dos, las unidades vegetales representaron los siguientes valores: bosque denso 2 814,89 ha; bosque semidenso con 5 332,06 ha; bosque ralo 2 208,78 ha; matorrales con 65,03 ha. Los cultivos y pastizales constituyeron 6 936,78 ha y 58,12 ha correspondientemente. El recurso agua ocupó 77,90 ha; la infraestructura 23,34 ha y los suelos despojados de cobertura vegetal 6,30 ha (Figura 20).

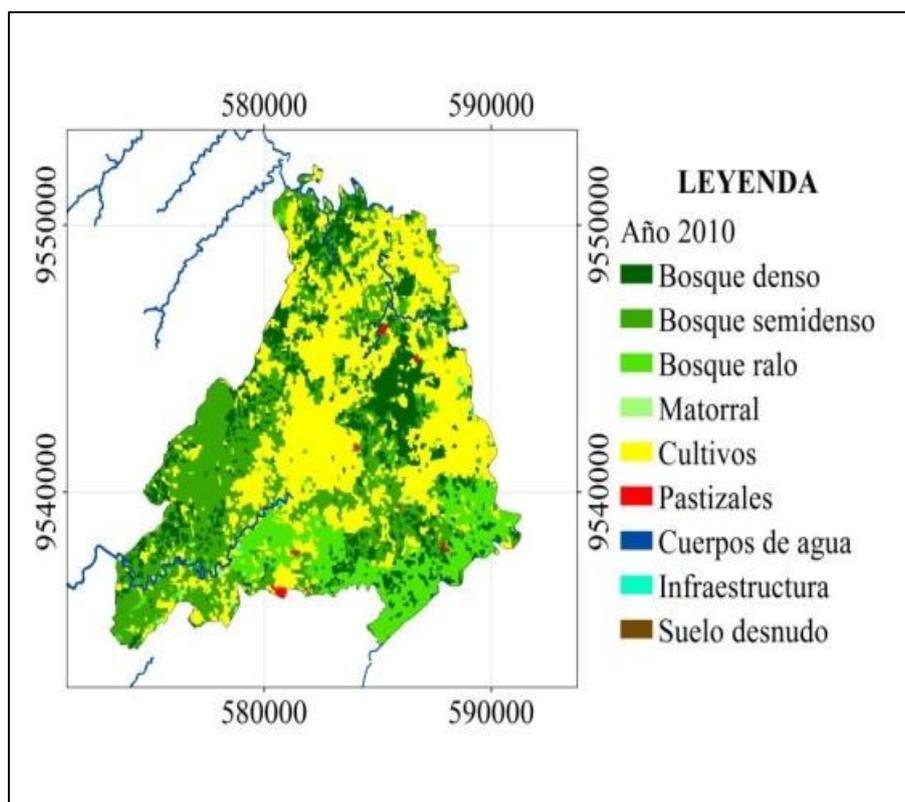


Figura 20. Mapa de uso del suelo de la parroquia Paletillas año 2010.

En la parroquia Paletillas, el bosque denso se reduce en un -11,01 %, igual tendencia sucede con el bosque semidenso el cual pierde 2 507,38 ha en los diez años equivalente al -14,31 %. También en los matorrales se observa pérdidas del -0,02 % (3,91ha). Lo contrario ocurre con el bosque ralo que en este mismo periodo aumenta 1 985,16 ha lo que equivale a un crecimiento del 11,33 %. En los cultivos y pastizales se observa igual tendencia, donde este primero tiene un crecimiento del 16,63 % significando un aumento de tierras dedicadas a la actividad agrícola de 2 914,50 ha y de 0,19 % (32,83 ha) para el segundo uso del suelo, cabe mencionar que en esta parroquia se cultiva en términos de producción la mayor cantidad de maíz del cantón Zapotillo y, esta actividad es realizada en la época invernal.

En los cuerpos de agua se presenta una reducción del -0,96 % que puede estar influenciado por la vegetación ribereña donde el follaje de misma cubre la superficie debajo de ésta. En la infraestructura se aprecia un crecimiento de 2,87 ha lo cual significa un crecimiento demográfico de 0,02 % y en los suelos despojados de

cobertura vegetal se observa un decrecimiento importante de 324,81 hectáreas (-1,85 %).

4.1.2.5 Parroquia Garzareal

Los resultados obtenidos de la clasificación supervisada para el año 2000 (Figura 21) de la parroquia Garzareal son los siguientes: bosque denso 500,61 ha; bosque semidenso 14 036,86 ha; bosque ralo 2 393,43 ha; matorrales 198,43 ha. Las tierras agropecuarias conformadas por cultivos y pastizales ocupan una superficie de 870,82 ha y 19,35 ha respectivamente. Los cuerpos de agua abarca un área de 295,71 ha, la infraestructura 23,33 ha y los suelos privados de cubierta vegetal 654,07 ha.

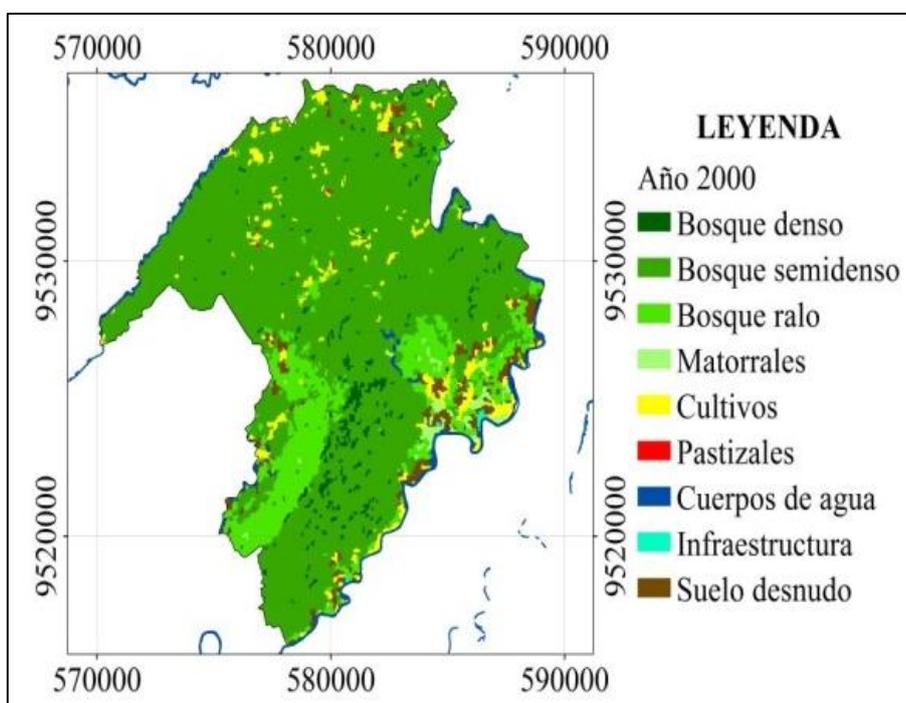


Figura 21. Mapa de uso del suelo de la parroquia Garzareal año 2000.

En el 2010 la parroquia presento los siguientes resultados: bosque denso 1 245,80 ha, bosque semidenso 13 096,70 ha; bosque ralo 1 532,71ha; matorrales 361,22 ha; cultivos 2 143,31 ha; pastizales 12,22 ha; cuerpos de agua 137,27 ha; infraestructura 32,95 ha; y, suelo desnudo 431,35 ha (Figura 22).

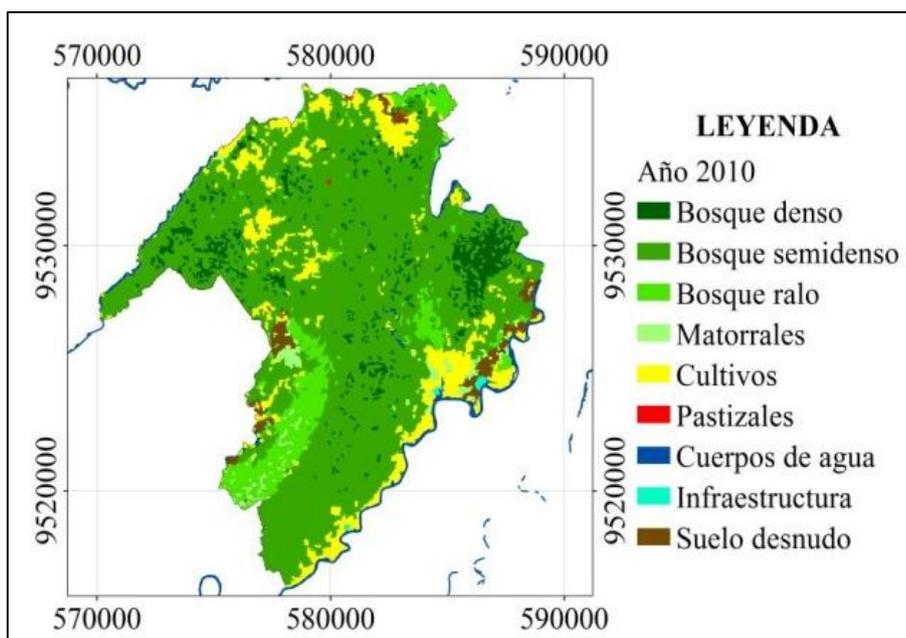


Figura 22. Mapa de uso del suelo de la parroquia Garzareal año 2010.

En los resultados descritos anteriormente se observa que en la parroquia Garzareal, que el bosque denso aumenta 745,19 ha (3,92 %), pero; la extensión del bosque semidenso ha disminuido el -4,95 % degradándose 940,16 ha, lo cual es importante a pesar de esta aparente pérdida, pero este cambio se debe a la transformación de bosque semidenso a denso. En el Bosque ralo también se observa decrecimiento en su superficie significando el -4,53 % y el equivalente en hectáreas es de 861,15. Los Matorrales en relación a los dos periodos se aprecia un crecimiento de 162,79 ha (0,86 %).

Las tierras agropecuarias conformadas por cultivos y pastizales ocupan una superficie de 870,82 ha y 19,35 ha respectivamente, pero; el primer uso del suelo ha aumentado considerablemente en valor porcentual 6,70 % (1 272,49 ha) en concordancia al periodo uno, el segundo uso los pastos ha decrecido el -0,04 % siendo para el periodo dos 12,22 ha, esta disminución en los pastos se debe al avance de la frontera agrícola en especial para la producción de arroz. En lo relacionado a la demografía se observa un crecimiento de 0,05 % (9,62 ha). Los suelos desprovistos de cubierta vegetal se reducen en 222,72 ha.

4.1.2.6 Parroquia Limones

En esta parroquia las diferentes unidades vegetales presentan los siguientes resultados. Bosque denso 266,13 ha; bosque semidenso 10 053,28 ha; bosque ralo 9 334,34 ha; matorrales 1 287,29 ha; los cultivos 314,49 ha; pastizales 3,00 ha; cuerpo de agua 512,57 ha; infraestructura 152,61 ha y, suelos sin cobertura vegetal 1 198,71 ha (Figura 23).

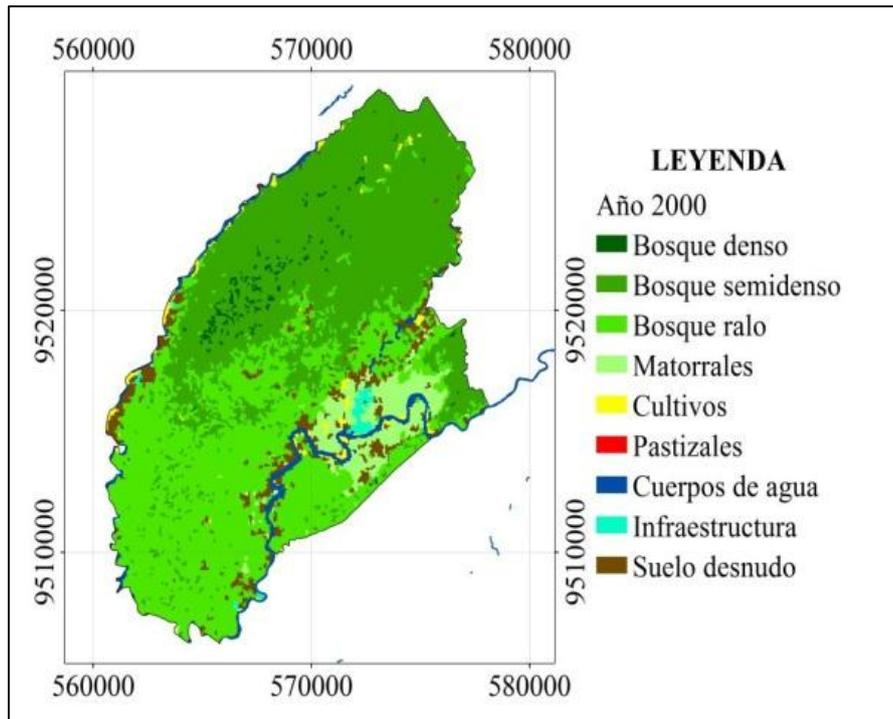


Figura 23. Mapa de uso del suelo de la parroquia Limones año 2000.

En el segundo periodo los diferentes usos de suelo en la parroquia Limones presentan los siguientes resultados. Bosque denso 143,97 ha; bosque semidenso 12 479,60 ha; bosque ralo 3 738,23 ha; matorrales 3 349,25 ha; cultivos 865,57 ha; pastizales 1,97 ha; drenajes 519,18 ha; infraestructura 194,21 ha y, suelos desnudos 1 862,94 ha (Figura 24).

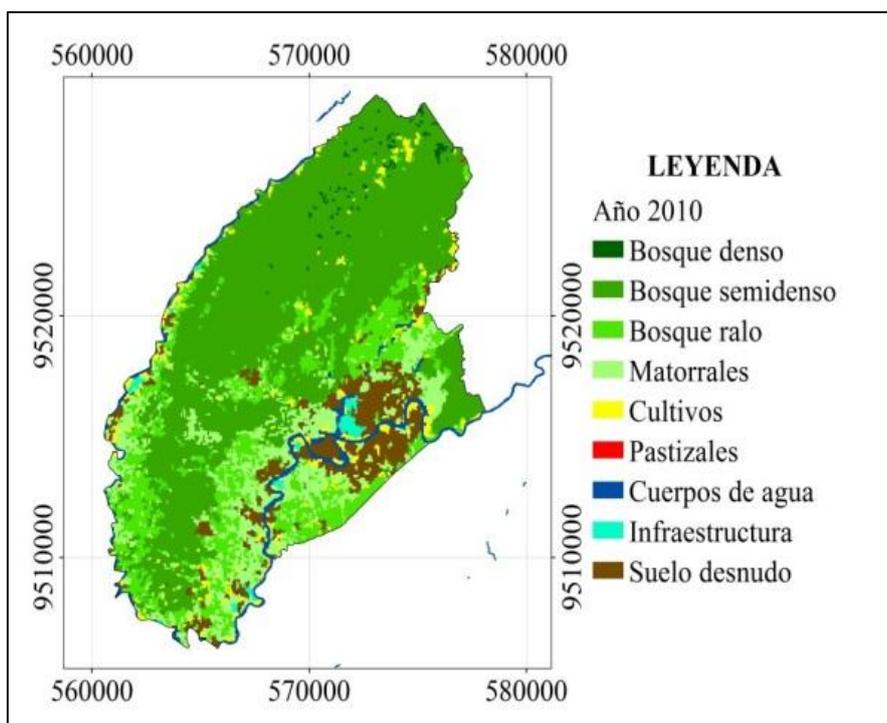


Figura 24. Mapa de uso del suelo de la parroquia Limones año 2010.

En esta parroquia los diferentes usos del suelo que se presentaron en las dos fechas estudiadas, se puede visualizar que en el bosque denso este se reduce en -0,53 % (122,16 ha), aconteciendo lo mismo con el bosque ralo con -24,17 % (5 596,11 ha). Caso contrario sucede con el bosque semidenso estableciendo un crecimiento de 2 426,32 ha lo que significa el 10,47 %, siguiendo la tendencia de este último uso del suelo los matorrales también aumentan en un 8,90 % (2 061,96 ha).

En los cultivos también se evidencia un desarrollo significativo de 2,25 % (521,08 ha), lo contrario sucede con los pastizales. Además, cabe mencionar que este uso del suelo en esta parroquia presenta áreas muy pequeñas, ya que el principal alimento del ganado caprino, bobino y vacuno lo obtienen del pastoreo a campo abierto, es por ello que su superficie en el periodo estudiado se ha reducido en 1,03 ha.

La infraestructura como se ha venido observando en todas las parroquias esta se ha ampliado el 0,18 % y, los suelos sin cobertura vegetal son el mayor problema en esta parroquia porque se extienden 66,42 ha/año, lo que ha significado en este periodo de diez años un aumento del 2,87 %.

4.1.2.7 Parroquia Zapotillo

En el área de circunscripción de Zapotillo los diferentes usos del suelo en el año 2000 ocuparon las siguientes extensiones. Bosque denso 1 016,51ha; bosque semidenso 3 967,04 ha; bosque ralo 6 771,78 ha; matorrales 4 223,93 ha; cultivos 1126,02 ha; pastizales 2,42 ha; cuerpos de agua 889,03 ha; infraestructura 3 876,62 ha y suelos carente de vegetación 1 090,27 ha (Figura 25).

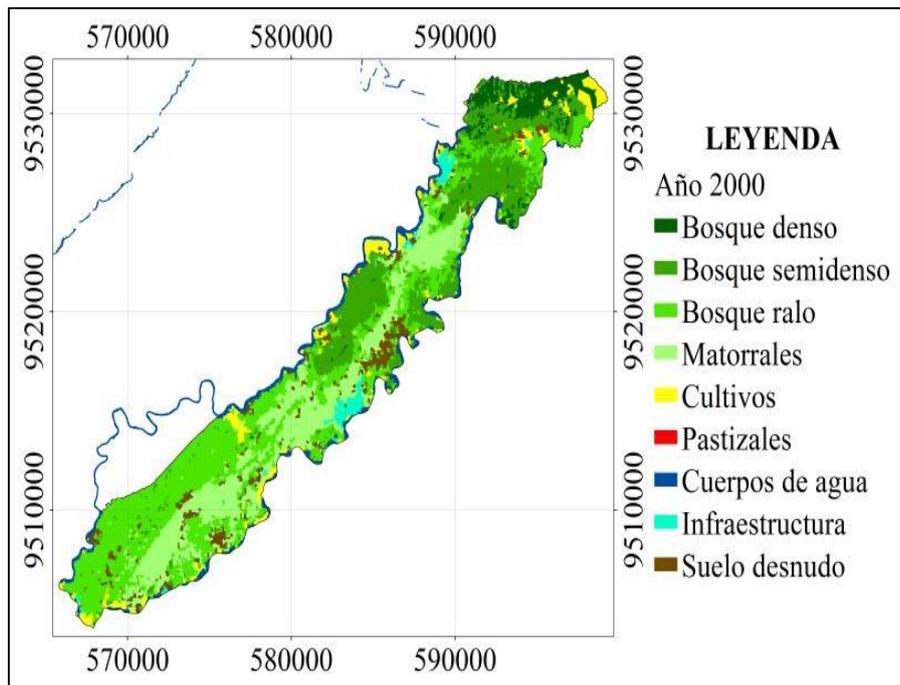


Figura 25. Mapa de uso del suelo de la parroquia Zapotillo año 2000.

Para el 2010 el bosque denso ocupó 1 191,51 ha; bosque semidenso 3 745,02 ha; bosque ralo 4 496,41 ha; matorral 4 252,88 ha; cultivos 3 024,42 ha; pastizales 6,99 ha; cuerpos de agua 940,53 ha; infraestructura 389,03 ha y suelos sin vegetación 1 425,87 ha (Figura 26).

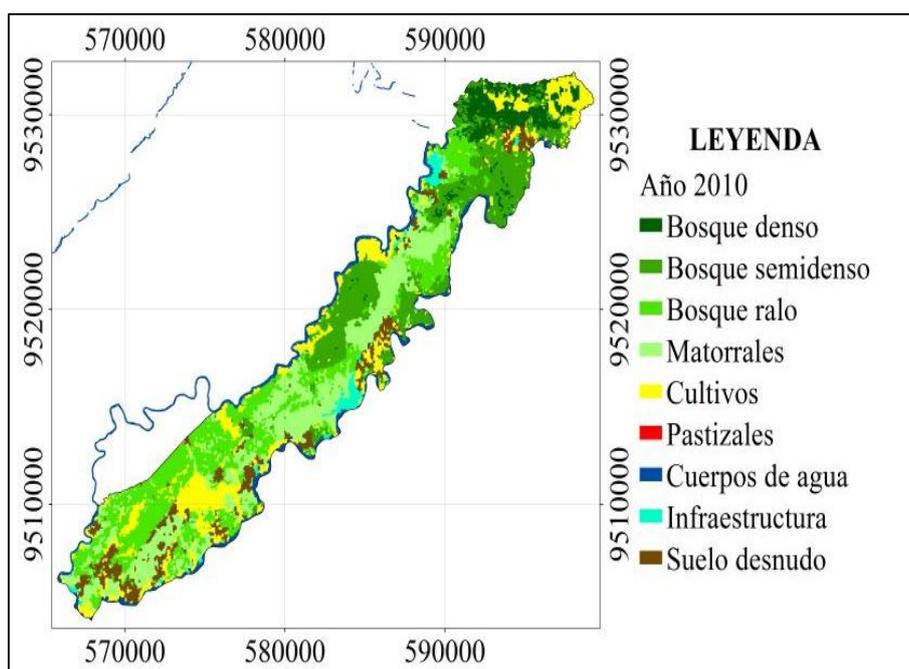


Figura 26. Mapa de uso del suelo de la parroquia Zapotillo año 2010.

El bosque denso en Zapotillo aumenta del periodo uno al dos 175,00 ha (0,90 %), al igual que este estrato el matorral crece 0,15 % lo que significa 28,95 hectáreas más que el año 2000. El bosque semidenso se reduce -1,14 % (222,02 ha) y probablemente se restaura a bosque denso, ocurriendo lo mismo en el bosque ralo reduciéndose 11,68 % (2 275,37). Los cultivos al igual que en las parroquias Garzareal y limones aumenta en el territorio correspondiente a Zapotillo esto es influenciado por el canal de riego que ha incentivado al desarrollo de la actividad agropecuaria, incrementándose los cultivos el 9,75 % lo que equivale en superficie 1 898,40 ha.

Los pastizales también han crecido de 2,42 a 6,99 hectáreas. Sin quedar apartado de esto la infraestructura que ha crecido 0,01 % (2,00 ha) en relación al primer periodo. Finalmente los suelos desnudos o carente de vegetación presentan similitud con la parroquia Limones este fenómeno ha avanzado considerablemente en 1,72 % (335,60 ha) en el lapso de diez años.

4.1.3 Análisis de los Cambios de Uso del Suelo en el Cantón Zapotillo en el periodo 2000-2010

En el cantón Zapotillo en los diez años estudiados el 55 % de su superficie se mantuvo sin cambios, y el porcentaje restante se produjeron transformaciones, pero; no se puede decir que estas permutaciones sean del todo negativas. Anteriormente en el análisis de los usos del suelo se acotaba que por ejemplo se habían regenerado áreas de vegetación natural que habían pasado de bosque semidenso a denso, lo que sin duda es importante para éste ecosistema (Cuadro 8).

Cuadro 8. Persistencia y cambios globales en el cantón Zapotillo periodo 2000-2010.

Categoría	Área (ha)	Porcentaje
Sin Cambios	66056,34	55%
Cambios	55138,12	45%
Total	121194,46	100%

También, con la construcción de este mapa (Figura 27) se pudo espacializar las áreas que no presentaron cambios por clases temáticas, donde el 18,93 % (12 502,01) que corresponde al bosque denso ha permanecido sin modificaciones, al igual que el bosque semidenso, ralo y matorrales que no han presentado cambios en sus respectivas áreas con porcentajes de 51,96 % (34 320,24); 12,15 % (8 023,59 ha) y 4,58 % (3 024,30 ha) respectivamente. Pero estos cambios se podrán analizar de mejor manera en el apartado siguiente de las ganancias y pérdidas.

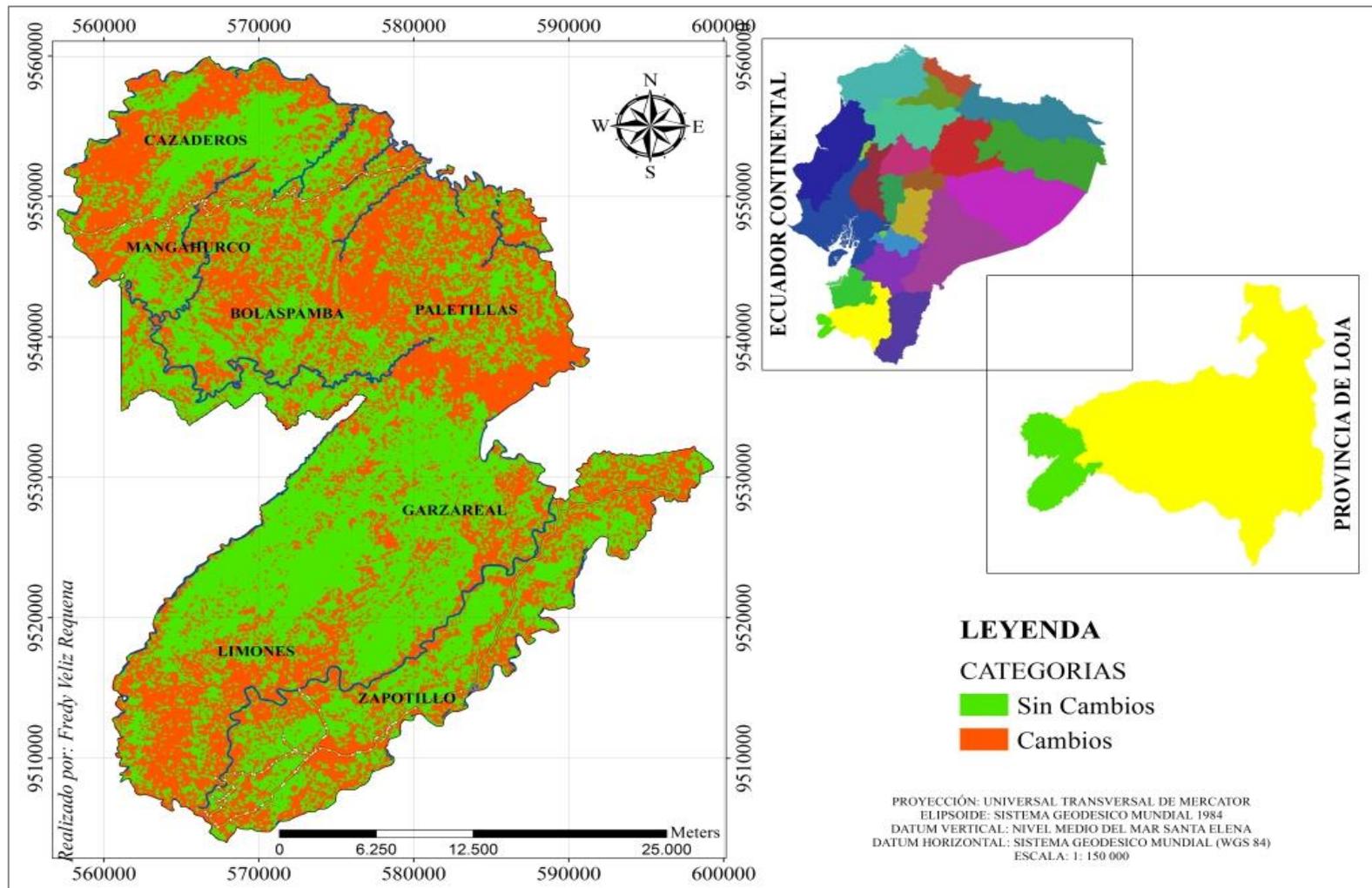


Figura 27. Mapas de persistencia y cambios acontecidos en el cantón Zapotillo entre en 2000 al 2010.

4.1.4 Pérdidas y Ganancias de los Usos del Suelo en el Cantón Zapotillo

En las figuras que muestran las pérdidas y ganancias, que se han producido en el cantón Zapotillo, se puede visualizar que en el bosque semidenso se ha producido las transiciones más significativas con respecto a estas métricas, donde 17 379,60 ha se han perdido y 14 935,70 ha (ganancias), seguido por el bosque denso, ralo y matorrales con respecto a las coberturas con vegetación natural. En lo concerniente a las tierras agropecuarias los cultivos son los que mayor superficie han ganado con 10 676,20 ha seguido por los pastizales con 190,54 ha. La infraestructura en estos diez años estudiados ha ganado 385,27 ha y los suelos desnudos prácticamente no hay diferencia en las superficies que han perdido y ganado, pero no deja ser importante con lo que ha avanzado en esta década. En la matriz de tabulación cruzada o también conocida como matriz de cambio que se presentada en el capítulo de Anexos en el Cuadro 14 se puede apreciar estos cambios.

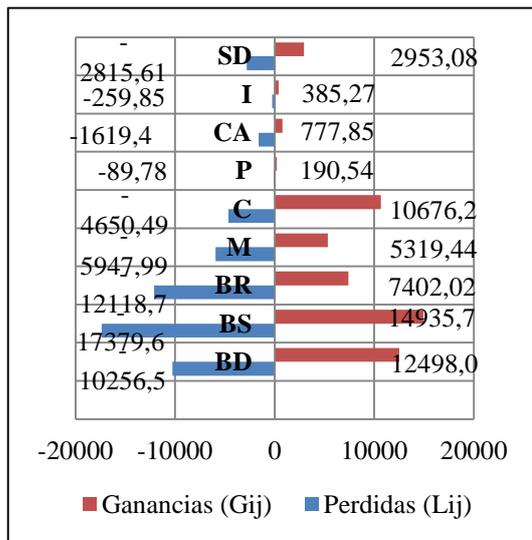


Figura 28. Pérdidas y ganancias obtenidas en el Software ArcGis 10.1.

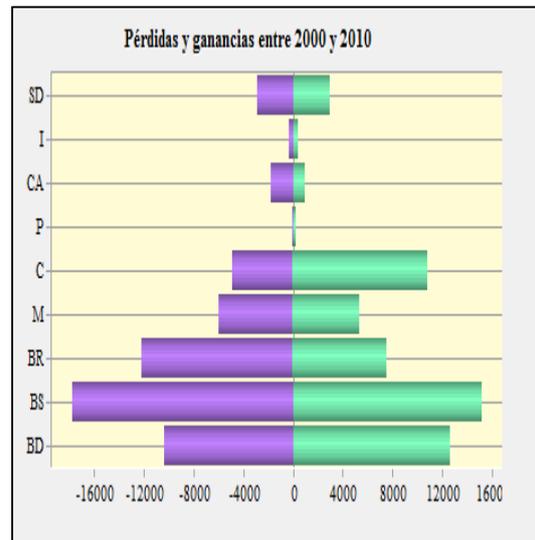


Figura 29. Pérdidas y ganancias obtenidas en el Software IDRISI Selva.

En el Cuadro 9, se observa que todas las categorías sufrieron intercambios, por lo que demuestra que en el área de estudio presenta una dinámica de cambio muy considerable. Donde uno de estos cambios significativo e importante se ha dado en el remanente de bosque denso, es decir cuando la vegetación semidensa, rala y los matorrales con una superficie total perdida de 10 674,07 hectáreas estas han sido reemplazadas por bosque denso (Ver Cuadro 15, en Anexos), pero; también en este

último ecosistema se dan transiciones indicadoras de pérdidas trascendentes de 7 275,74 hectáreas que han pasado de bosque denso a semidenso, ralo y matorrales. Observándose también de la misma forma pérdidas y ganancias en los demás usos del suelo que han sufrido transiciones entre clases temáticas.

Cuadro 9. Transiciones entre usos del suelo en el cantón Zapotillo, periodo 2000-2010.

1 Bosque denso	38 Cultivos
2 Bosque denso a Bosque semidenso	39 Cultivos a Pastizales
3 Bosque denso a Bosque ralo	40 Cultivos a Cuerpos de Agua
4 Bosque denso a Matorral	41 Cultivos a Infraestructura
5 Bosque denso a Cultivos	42 Cultivos a Suelos desnudos
6 Bosque denso a Pastizales	43 Pastizales a Bosque denso
7 Bosque denso a Cuerpos de Agua	44 Pastizales a Bosque semidenso
8 Bosque denso a Suelos desnudos	45 Pastizales a Bosque ralo
9 Bosque semidenso a Bosque denso	46 Pastizales a Cultivos
10 Bosque semidenso	47 Pastizales
11 Bosque semidenso a Bosque ralo	48 Pastizales a Infraestructura
12 Bosque semidenso a Matorral	49 Pastizales a Suelos desnudos
13 Bosque semidenso a Cultivos	50 Cuerpos de Agua a Bosque denso
14 Bosque semidenso a Pastizales	51 Cuerpos de Agua a Bosque semidenso
15 Bosque semidenso a Cuerpos de Agua	52 Cuerpos de Agua a Bosque ralo
16 Bosque semidenso a Suelos desnudos	53 Cuerpos de Agua a Matorral
17 Bosque ralo a Bosque denso	54 Cuerpos de Agua a Cultivos
18 Bosque ralo a Bosque semidenso	55 Cuerpos de Agua
19 Bosque ralo	56 Cuerpos de Agua a Infraestructura
20 Bosque ralo a Matorral	57 Cuerpos de Agua a Suelos desnudos
21 Bosque ralo a Cultivos	58 Infraestructura a Bosque semidenso
22 Bosque ralo a Pastizales	59 Infraestructura a Bosque ralo
23 Bosque ralo a Cuerpos de Agua	60 Infraestructura a Matorral
24 Bosque ralo a Infraestructura	61 Infraestructura a Cultivos
25 Bosque ralo a Suelos desnudos	62 Infraestructura a Cuerpos de Agua
26 Matorral a Bosque denso	63 Infraestructura
27 Matorral a Bosque semidenso	64 Infraestructura a Suelos desnudos
28 Matorral a Bosque ralo	65 Suelos desnudos a Bosque denso
29 Matorral	66 Suelos desnudos a Bosque semidenso
30 Matorral a Cultivos	67 Suelos desnudos a Bosque ralo
31 Matorral a Cuerpos de Agua	68 Suelos desnudos a Matorral
32 Matorral a Infraestructura	69 Suelos desnudos a Cultivos
33 Matorral a Suelos desnudos	70 Suelos desnudos a Pastizales
34 Cultivos a Bosque denso	71 Suelos desnudos a Cuerpos de Agua

Cuadro 9. Continuación...

35	Cultivos a Bosque semidenso	72	Suelos desnudos a Infraestructura
36	Cultivos a Bosque ralo	73	Suelos desnudos
37	Cultivos a Matorral		

4.1.5 Cambio Neto producidos entre el periodo 2000 al 2010, en Zapotillo

En el Cuadro 10, se evidencia que la superficie de los cultivos se incrementó en un 4,97 % (6 025,73) respecto a la que tenía en el año 2000, seguido de los bosques densos que ha aumentado su área en 2 241,43 ha (1,85 %) en relación al periodo uno y la categoría que aumenta en menor proporción con respecto a su extensión son los pastizales con el 0,08 % en la década de análisis, mientras que los usos del suelo que más pierden son los bosques ralos y semidenso con el -3,89 % y -2,02 % respectivamente y, los matorrales prácticamente se mantuvieron sin cambios con el -0,52 % de pérdida.

Cuadro 10. Cambio Neto entre el periodo 2000 y 2010.

N°	Uso del Suelo	2000		2010		Cambio Neto (Dij)	
		ha	%	ha	%	ha	%
1	Bosque denso	22758,59	18,78%	25000,02	20,63%	2241,43	1,85%
2	Bosque semidenso	51699,93	42,66%	49255,94	40,64%	-2443,99	-2,02%
3	Bosque ralo	20142,33	16,62%	15425,61	12,73%	-4716,72	-3,89%
4	Matorral	8972,29	7,40%	8343,74	6,88%	-628,55	-0,52%
5	Cultivos	9698,13	8,00%	15723,86	12,97%	6025,73	4,97%
6	Pastizales	97,07	0,08%	197,83	0,16%	100,76	0,08%
7	Cuerpos de Agua	3277,31	2,70%	2435,76	2,01%	-841,55	-0,69%
8	Infraestructura	692,64	0,57%	818,06	0,67%	125,42	0,10%
9	Suelos Desnudos	3856,17	3,18%	3993,64	3,30%	137,47	0,11%
TOTAL		121194,46	100%	121194,46	100%		

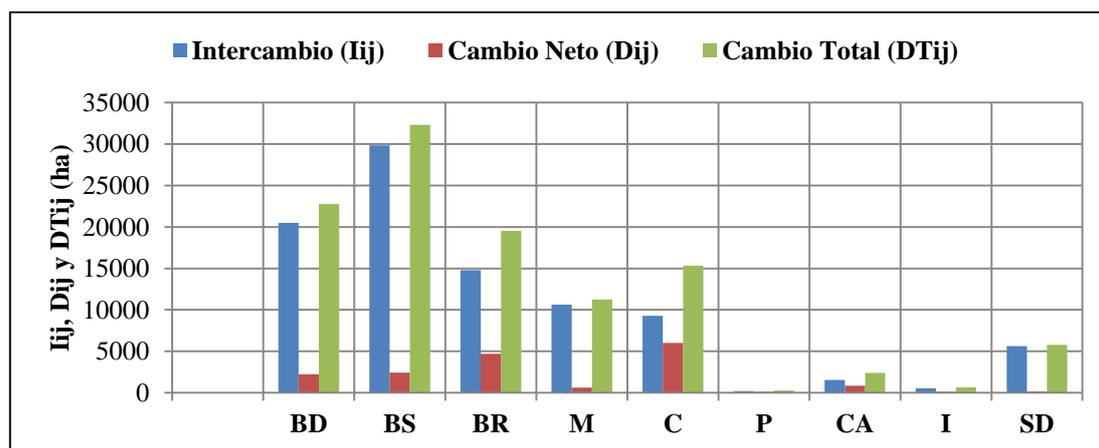
4.1.6 Intercambios y Cambio Total entre los diferentes Usos del Suelo

Los resultados que se presentan en el Cuadro11, se observa que el Cambio Total presentado por el bosque semidenso de 32 315,39 ha está por encima del Cambio Neto, es decir que la diferencia entre el Año 2000 al 2010 es de 2 443,99 ha, el intercambio de superficie con otros usos del suelo, producto de las pérdidas y las ganancias, fue de 29 871,40 hectáreas lo cual determinó su variación espacial, por lo

que esta clase temática resulto ser una de las que más cambios tuvo en el territorio, por encima del bosque denso, ralo y matorral (Figura 30).

Cuadro 11. Intercambio y Cambio Total a través de las pérdidas y ganancias.

N°	Uso del Suelo	Intercambio (Iij)	Cambio Neto (Dij)	Cambio Total (DTij)
1	Bosque denso	20513,16	2241,43	22754,59
2	Bosque semidenso	29871,4	2443,99	32315,39
3	Bosque ralo	14804,04	4716,72	19520,76
4	Matorral	10638,88	628,55	11267,43
5	Cultivos	9300,98	6025,73	15326,71
6	Pastizales	179,56	100,76	280,32
7	Cuerpos de Agua	1555,7	841,55	2397,25
8	Infraestructura	519,7	125,42	645,12
9	Suelos Desnudos	5631,22	137,47	5768,69



BD: Bosque denso; **BS:** Bosque semidenso; **BR:** Bosque ralo; **M:** Matorrales **C:** Cultivos; **P:** Pastizales; **CA:** Cuerpos de Agua; **I:** Infraestructura; y **SD:** Suelos desnudos.

Figura 30. Intercambio, Cambio Neto y Cambio Total ocurridos entre 2000 y 2010.

4.1.7 Deforestación Total Anual Promedio y Tasa Anual de Cambio del Cantón Zapotillo

En los mapas correspondientes a la deforestación del cantón Zapotillo (Figuras 31 y 32), se observa claramente que han existido aumentos significativos respecto a este fenómeno. Donde la deforestación en el periodo de análisis ha tenido un crecimiento porcentual de 5,27 %, lo que significa que paso de 14 344,01 ha en el

año 2000 a 20 733,39 ha al año 2010, degradándose 6 389,38 ha. Lo que ha conllevado a una disminución de las áreas con cobertura vegetal natural en 4,58 %.

Cuadro 12. Superficies deforestadas en el Año 2000 y 2010 en el cantón Zapotillo.

N°	Categorías	Año 200		Año 2010	
		Superficies (ha)	Porcentaje	Superficies (ha)	Porcentaje
1	Áreas de Cobertura Vegetal Natural	103573,14	85,46%	98025,31	80,88%
2	Áreas Deforestadas	14344,01	11,84%	20733,39	17,11%
3	Cuerpo de Agua	3277,31	2,70%	2435,76	2,01%
Total		121194,46	100%	121194,46	100%

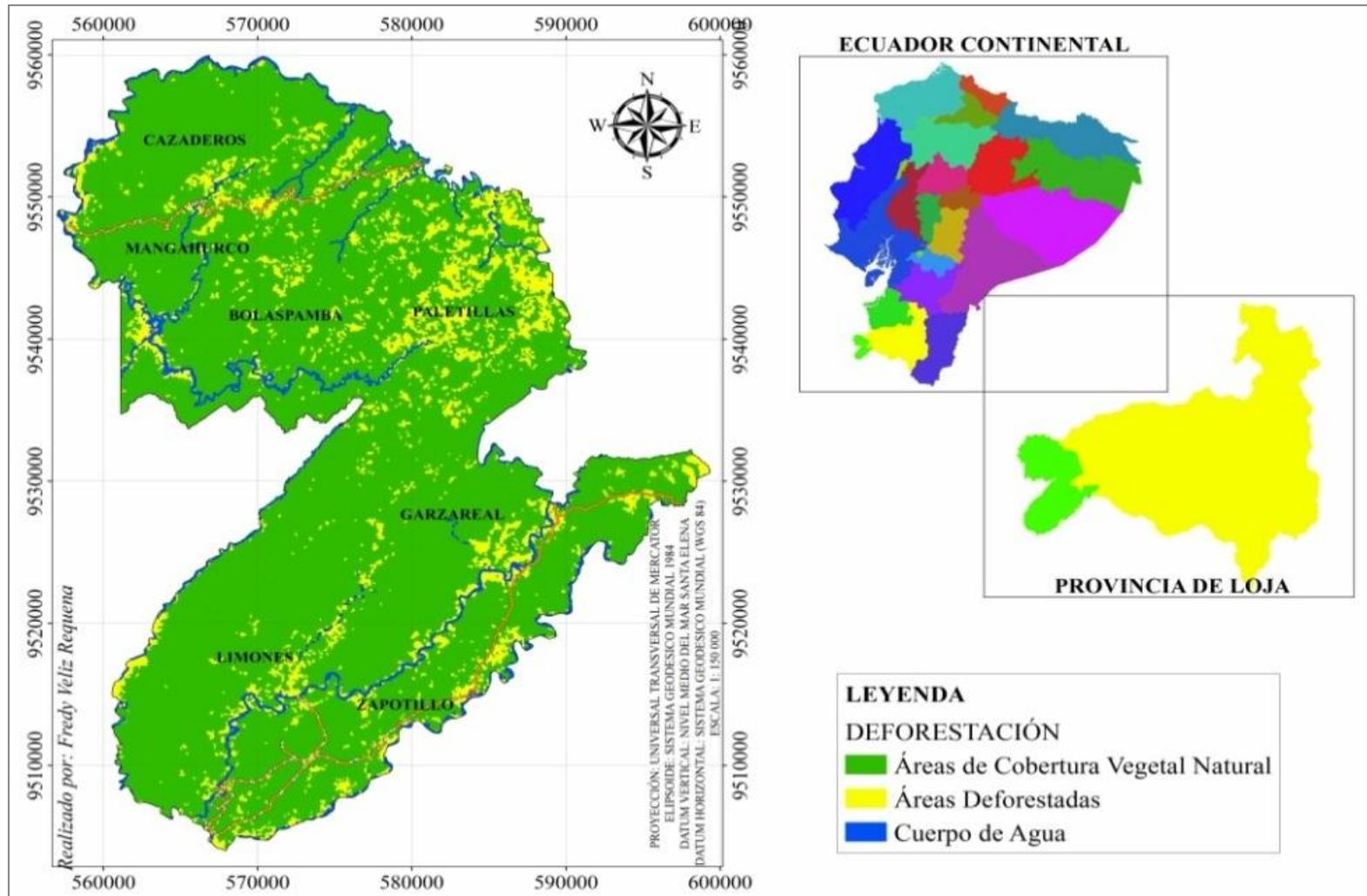


Figura 31. Mapa de deforestación del cantón Zapotillo en el Año 2000.

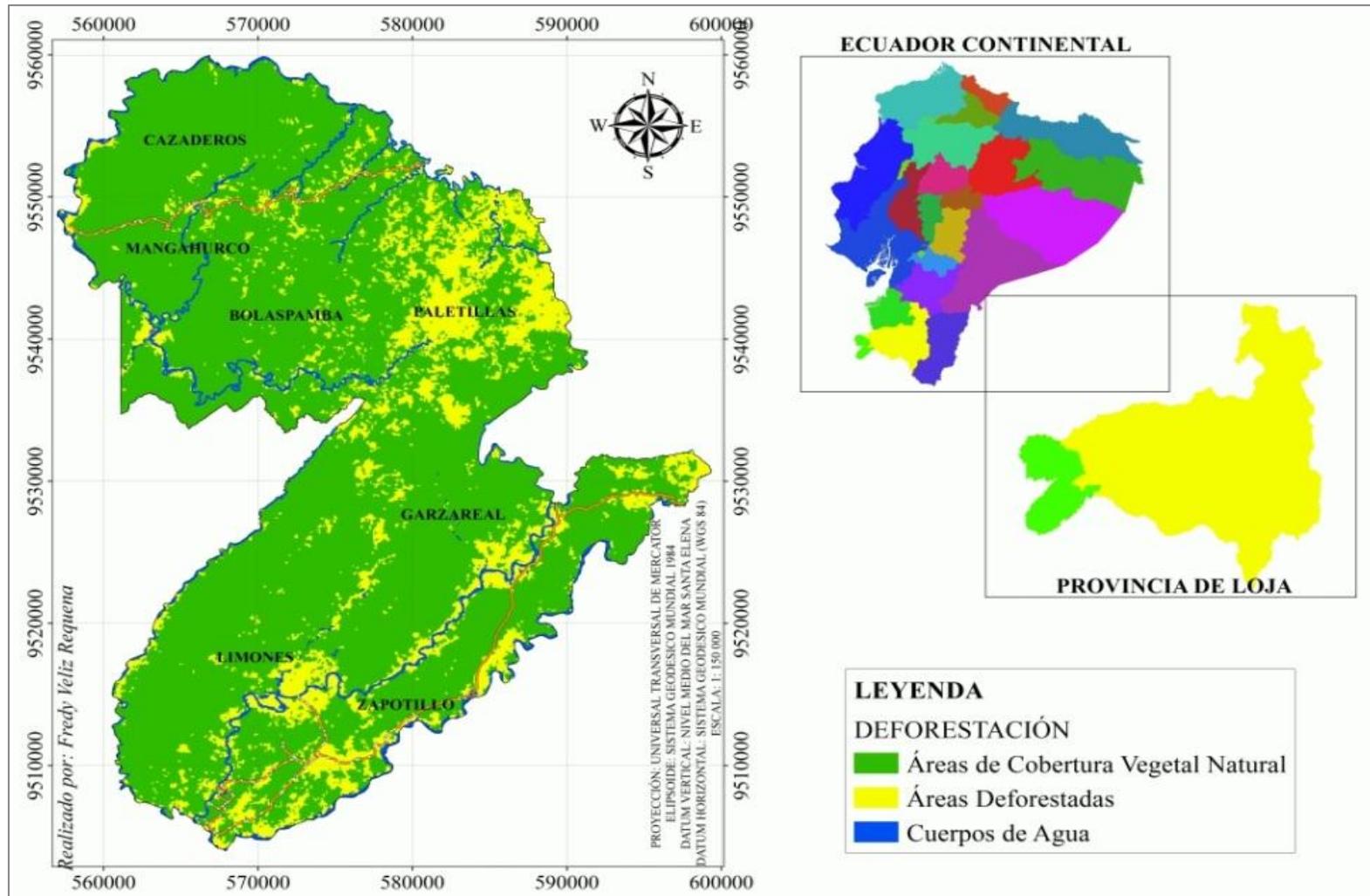
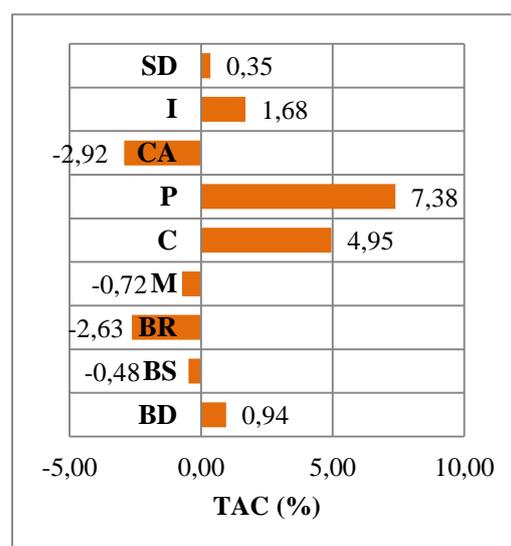
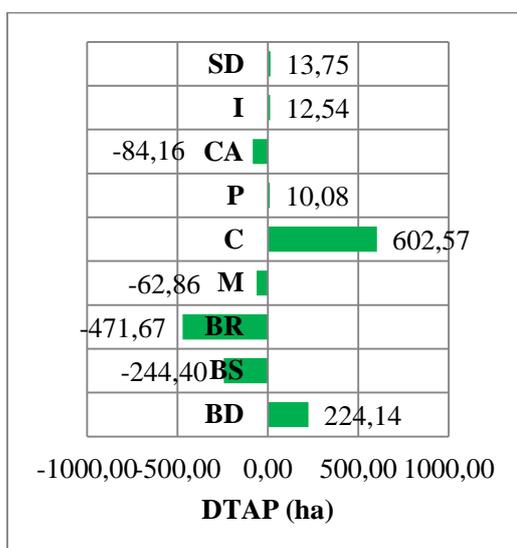


Figura 32. Mapa de deforestación del cantón Zapotillo en el Año 2010.

En las Figuras 33 y 34, se puede observar que las zonas agropecuarias tienen la mayor tasa de cambio anual es decir los pastizales crecen un 7,38 %/año y los cultivos se incrementan 602,57 ha/año y su tasa es del 4,95 %/año; seguido y positivamente por los bosques densos ya que se recuperan anualmente 224,14 ha (0,94 %/año), pero; con respecto a esta última clase temática que son los bosques no todos han corrido con la misma suerte. El bosque semidenso por año se está perdiendo 244,40 ha (0,48 %/año) y los bosques ralos y matorrales con 471,67 ha/año (2,63 %/año) y 62,86 ha/año (0,72 %/año) respectivamente.



SD: Suelos desnudos; **I:** Infraestructura; **CA:** Cuerpos de Agua; **P:** Pastizales; **C:** Cultivos; **M:** Matorrales; **BR:** Bosque ralo; **BS:** Bosque semidenso; y, **BD:** Bosque denso.

Figura 33. Deforestación Total Anual promedio en el cantón Zapotillo.

Figura 34. Tasa Anual de Cambio en el cantón Zapotillo.

El uso del suelo que presenta el menor cambio son los suelos desnudos y lo cual es bueno, aunque esta transformación no deja de ser importante. Al año se incrementa 13,75 ha, (0,35 %/año) existiendo en la parroquia Limones y en la circunscripción del cantón Zapotillo, en donde se evidencian los cambios más significativos con respecto a las áreas desprovistas de cobertura durante el periodo de análisis (Ver Cuadro 17, en Anexos) y, la infraestructura con 12,04 ha/año y su tasa anual es de 1,68 %/año.

4.2 MODELACIÓN DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO EN EL CANTÓN ZAPOTILLO, PARA EL AÑO 2025

Para el año 2025, se pronostica que el bosque denso en el cantón Zapotillo aumente su superficie un 1,90 % (2 324,34 ha) en relación al año 2010 y la tendencia del resto de los remanentes de vegetación tiende a reducir (Cuadro 13 y Figura 35). Pero los cultivos presentan crecimientos significativos y al periodo modelado este uso del suelo crecerá 6 093,15 ha lo cual en relación a la extensión del cantón este representará el 17,99 %. Los pastos aumentarán en términos porcentuales un 0,05 %. La infraestructura se predice que en los próximos 15 años aumente 84,72 ha (0,07 %). En los cuerpos de agua y en las áreas desprovistas de cobertura vegetal se observa disminución en sus superficies. Para la primera categoría el decrecimiento es del 0,16 % (196,60 ha) y para los suelos desnudos de 0,38 % lo cual equivale a 451,44 hectáreas.

Cuadro 13. Resultados de la modelación al año 2025 de los diferentes usos del suelo.

N°	Uso del Suelo	Año 2000		Año 2010		Año 2025	
		ha	%	ha	%	ha	%
1	Bosque denso	22758,59	18,78%	25000,02	20,63%	27324,36	22,53%
2	Bosque semidenso	51699,93	42,66%	49255,94	40,64%	47950,90	39,54%
3	Bosque ralo	20142,33	16,62%	15425,61	12,73%	11346,00	9,36%
4	Matorral	8972,29	7,40%	8343,74	6,88%	5888,13	4,86%
5	Cultivos	9698,13	8,00%	15723,86	12,97%	21817,01	17,99%
6	Pastizales	97,07	0,08%	197,83	0,16%	254,65	0,21%
7	Cuerpos de Agua	3277,31	2,70%	2435,76	2,01%	2239,16	1,85%
8	Infraestructura	692,64	0,57%	818,06	0,67%	902,78	0,74%
9	Suelos Desnudos	3856,17	3,18%	3993,64	3,30%	3542,20	2,92%
TOTAL		121194,46	100%	121194,46	100%	121265,19	100%

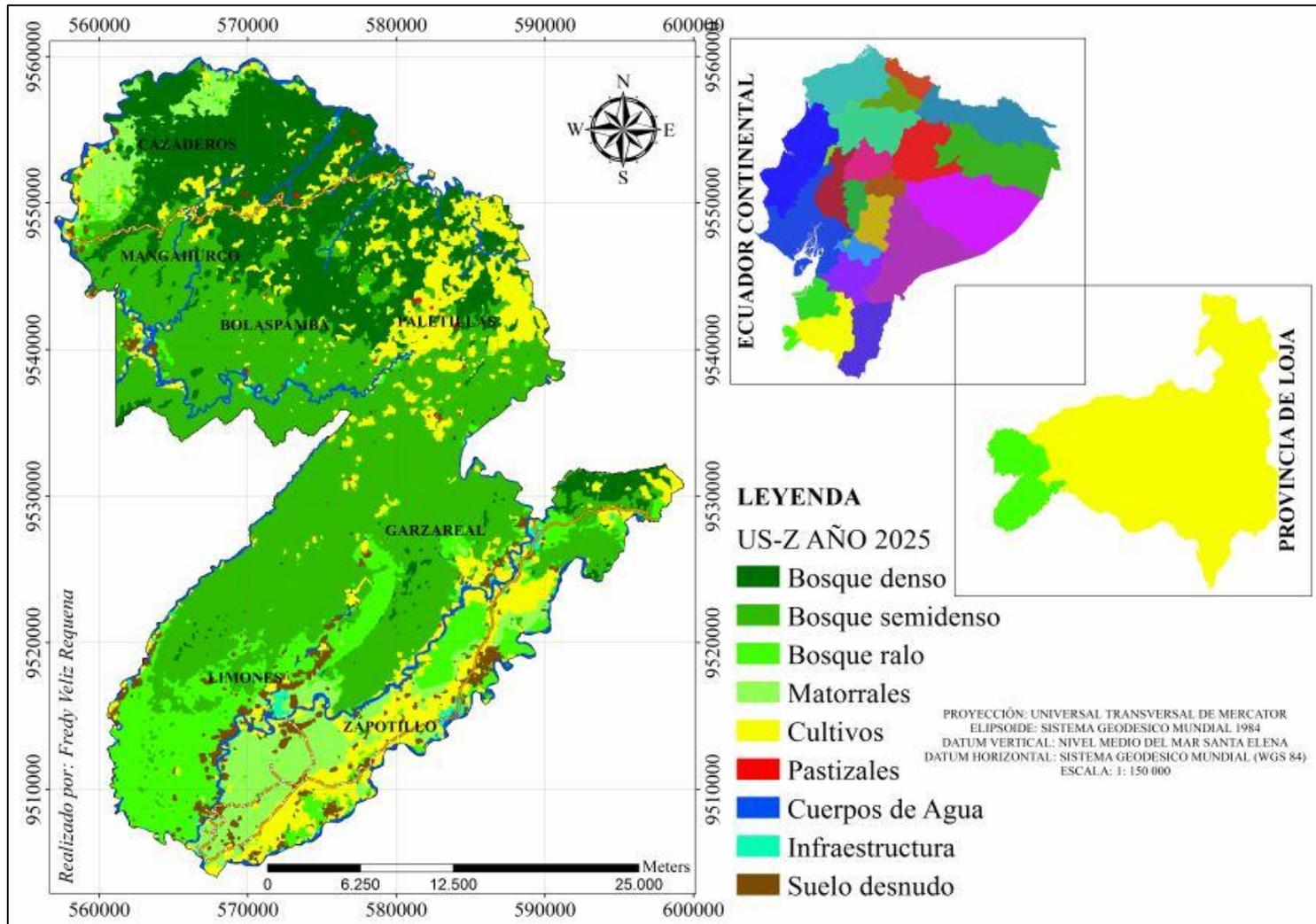


Figura 35. Mapa de usos del suelo para el Año 2025.

5 DISCUSIÓN

En el apartado precedente se mostró cada uno de los resultados derivados del cambio de uso del suelo en el cantón Zapotillo en el periodo de diez años comprendido desde el año 2000 al 2010. Los cambios de uso del suelo presentan dinámicas complejas que dependen del tipo de cobertura, las interacciones ecológicas, físicas, ambientales y de las actividades socioeconómicas (Guerrero *et al.*, 2008).

Estudios realizados indican que esta cobertura vegetal natural y de gran importancia alberga una diversidad única de flora, con un alto nivel de endemismo (Aguirre y Kvist, 2005), y en las provincias de Loja y el Oro se encuentra las mayores extensiones de este bosque seco (Vásquez *et al.*, 2005), lo cual representa aproximadamente el 50 % de lo que queda de este ecosistema en Ecuador y no más del 25 % del bosque seco original (Primack *et al.*, 2001), en el cantón Zapotillo se encuentra aún gran parte de este remanente de bosque, el cual ha sufrido transiciones significativas de pérdidas y ganancias. En el estudio presentado en el año 2001, por el Proyecto Manejo Comunitario de Bosques Secos y Microcuencas de la parte Suroccidental de la provincia de Loja, en el cual se realiza una zonificación y determinación de los tipos de vegetación del Bosque Seco, en los cantones de Macara y Zapotillo, este estudio lo efectúan con una compilación de fotografías aéreas desde 1986 al 1996, y los resultados obtenidos muestran que la extensión de Bosque para esta fecha fue de 82 854,18 ha, cuatro años después el Ministerio del Ambiente presenta el informe Línea base de Deforestación del Ecuador Continental y este remanente presentó un total de 94 304,80 ha, y comparados con los datos obtenidos en la presente tesis para el mismo año, el Bosque conformado por vegetación densa, semidenso, rala y los matorrales la superficie fue de 103 573,14 ha.

Y basado en otro documento con información satelital del año 2006, ejecutado por Naturaleza y Cultura Internacional en el 2010, señala que esta misma cobertura abarcó un espacio de 105 589,17 ha, donde se evidencia un aumento significativo, y la información más actual con respecto a estudios realizados, es decir en el año 2008,

es la presentada también por el Ministerio del Ambiente en el 2012, donde el bosque alcanzó un área de 80 868,49 hectáreas, y en el año 2010 que es tiempo dos analizado en esta tesis, el área forestal es de 98 025,31 hectáreas. Con los resultados alcanzados por los estudios citados y los que se muestra en la presente Tesis se observa que los cambios no tienen una tendencia creciente, sino más bien una curva que presenta aumentos y disminución con respecto a las áreas que corresponden a la vegetación natural (Figura 36), por lo que se demuestra que en realidad el área en estudio presenta una dinámica de cambio considerable.

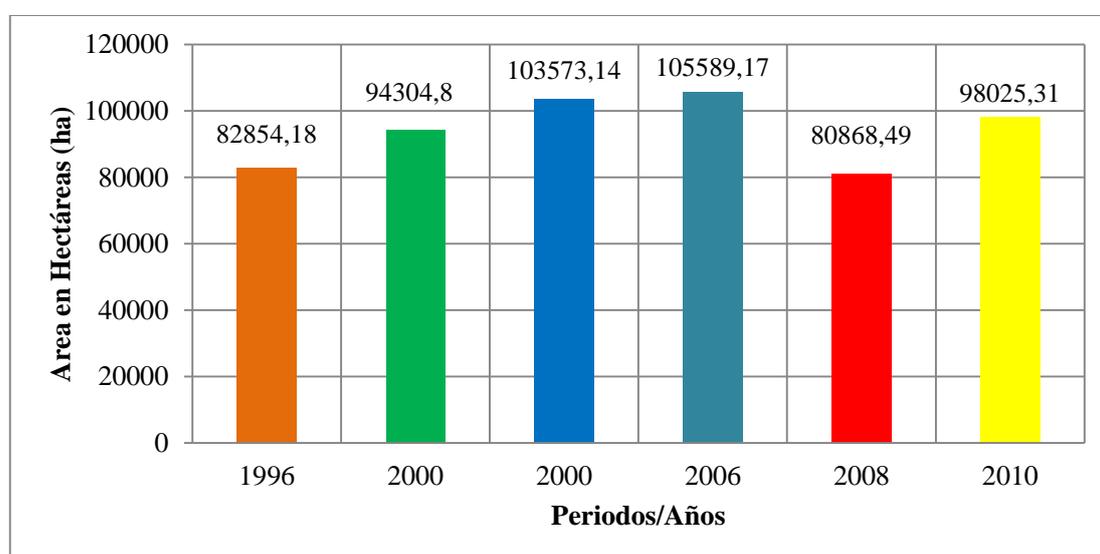


Figura 36. Superficies de vegetación en el tiempo del cantón Zapotillo.

Aunado a lo anterior se observa que en el área de estudio en los 10 años analizados se presentaron 73 transiciones entre categorías de 81 posibles, lo que significa que más del 90 % del cantón Zapotillo ha presentado transformaciones. También, cabe mencionar que en el área de estudio existen dos reservas privadas y una perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, la primera Reserva es la Tumbezia-La Ceiba, que incluye parte de las haciendas: Romeros (5 300 ha), Limones (3 000 ha) y La Ceiba (2 500 ha), que suman 10 800 ha (Paladines, 2003). Otra es la Reserva Natural Cazaderos de 7 700 ha, que conforma un corredor entre la Reserva La Ceiba, y la Reserva Biológica El Chilco, de propiedad de la UNL, localizada en la parroquia Garzareal con un área de 152,57 ha (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Zapotillo PDOT-Z, 2011).

Además existe un bosque protector en la parroquia Limones de 12 975,95 ha, y a través de una Ordenanza, el Municipio de Zapotillo declaró el bosque seco Cerro Negro-Cazaderos como área de conservación (MAE, 2009), sin duda estas áreas protegidas están ayudando a la conservación de las superficies boscosas del cantón, a estas iniciativas, también otro evento importante que se dio fue 1978 con la declaratoria de veda bajo la cota de los 1000 msnm, lo que favoreció a la conservación de esta área, ya que entre las décadas del 70 y 80 la industria maderera parquetera, ocasionó grandes fragmentaciones de bosque seco en la región suroccidental de la provincia de Loja. Gracias a las diferentes decisiones señaladas anteriormente, ha provocado que se regenere las áreas boscosas, es decir el bosque denso aumentado de 22 758,59 ha en el t1 a 25 000,02 ha al t2, en datos porcentuales esta recuperación representa el 1,85 %. Pero; en el resto de remanentes de los estratos de vegetación natural se observa reducción en sus superficies, lo cual revela que se transformaron en otros usos del suelo, no descartando la posibilidad que parte de estos se hayan convertido en bosque denso. En cuanto a esto, según Sánchez (2010), señala que es evidente esta regeneración a simple vista ocasionado por factores naturales en especial por el ganado caprino; con predominio de *Prosopis juliflora* (algarrobo), *Acacia macracantha* (faique), sobre todo en las partes bajas. También indica que la regeneración natural al interior del bosque se da, pero es difícil de cuantificar, pudiendo encontrarse un sin número de especies, quizá en mayores cantidades debido a que existen especies de árboles grandes que mantienen sus hojas durante la temporada seca, permitiendo la regeneración en el soto bosque. Pero, las pérdidas que actualmente se presentan en el cantón Zapotillo, de bosque semidenso, ralo y matorrales están siendo provocadas por la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria.

Las cuales presentan un crecimiento de 5,06 % con respecto al primer año analizado que ocupo una extensión de 9 795,20 ha. Lo cual ha conllevado al desplazamiento de importantes remanentes de cobertura vegetal natural. Las parroquias que presentan mayor avance en la parte agrícola es Paletillas seguido por la parroquia Zapotillo, Garzareal y Limones, estos cambios en tasas porcentuales equivalen a 16,63 %; 9,75 %; 6,70 %; y 2,25 %. Estos avances han sido incentivadas

por el canal de riego, que sin duda está mejorando las condiciones de vida de sus habitantes, ya que pueden producir todo el año y no solo en la época de invierno, lo que sí es el caso en la parroquia Paletillas que la mayor parte de su producción que consiste en el cultivo de maíz es realizada en la época invernal, cabe mencionar que esta parroquia es considerada la capital maicera en el cantón Zapotillo. Adicionalmente el área dedicada a la agricultura en Zapotillo en el año 2010 representa el 12,97 % de toda su área territorial y la influencia del canal de riego, en este momento es del 7 % (PDOT-Z, 2011), también en este documento se respalda lo anterior mencionado con la parroquia Paletillas, que definitivamente el cultivo predominante es el maíz y la que más área agrícola tiene.

En lo relacionado con los Cuerpos de Agua, donde se observa un decrecimiento significativo en su área de 841,55 hectáreas, esto se debe y de acuerdo con Tso y Mather (2001), a que la resolución espacial de la Imágenes Satelitales Landsat las cuales se utilizaron en este estudio es de 30 x 30 metros, y no se puede visualizar todos los drenajes y canales de riego existentes en la zona de estudio. También esto se da por la vegetación ribereña ya que su follaje a menudo que éste crece cubre la superficie bajo de este, es por ello que lleva a la disminución de la superficie ocupada por este factor. Según, Felisa e Ibarlucea (2003), manifiestan que el crecimiento de esta vegetación está influenciado grandemente gracias a las condiciones de humedad.

Las Zonas Antrópicas, también en este periodo de análisis muestran un crecimiento de 0,10 % lo que significa 125,42 hectáreas más que en el Año 2000, comparados estos resultados del crecimiento de la infraestructura con el crecimiento demográfico podría justificarse o entenderse este aumento, ya que según el censo de 1990 la población del cantón Zapotillo fue de 10 234 habitantes, estos datos son diez años antes del periodo de inicio de esta investigación, pero; se tomó esta información para entender de mejor forma el comportamiento de este crecimiento en relación a la población. En el censo de noviembre del 2001, la cantidad es de 10 940 habitantes, lo que significa que el acrecentamiento de población en este cantón fue de 706 individuos en 11 años, siendo insignificante debido a la inestabilidad social y problemas con el conflicto armado con la Republica del Perú. Para el año 2010,

existe un aumento considerable a 12 312 habitantes, según el censo de población y vivienda, lo cual explica el crecimiento en infraestructura. También la pobreza ha disminuido en 5,5 % en el cantón Zapotillo y el apoyo por parte del Estado en vivienda que se viene dando desde el 2007, ha influido grandemente a esta aplicación en la infraestructura.

Los suelos desnudos o carentes de cobertura vegetal, también muestran incremento de 0,12 % siendo en el Año inicial 3 856,17 ha (3,18 %) paso a 3 993,64 hectáreas al Año 2010, en porcentaje con respecto a la superficie del cantón representa 3,30 %. Esta pérdida de cubierta vegetal puede estar siendo provocada por actividades antrópicas y factores ambientales especialmente por la ausencia de precipitaciones. Estas sequías en el cantón Zapotillo se han presentado en los años 1960, 1996, 2004 y 2005. En ausencia total y en ciertos lugares ausencia parcial de lluvias (PDOT-Z, 2011).

Finalmente, algo que resume estas transiciones de un uso determinado del suelo a otro es la deforestación que en superficie para el 2000 fue de 14 344,01 hectáreas aumentando para el año 2010 en 5,27 % degradándose 6 389,38 hectáreas conllevando a una disminución de las áreas de cobertura vegetal en 4,58 %. Con respecto a la Tasa Anual de Cambio son los cultivos la principal causa de esta disminución, ya que ha tenido el 0,05 %/Año de crecimiento, lo que significa que actividad productiva se ha duplicado en los diez años estudiados en la presente investigación.

6 CONCLUSIONES

Del presente trabajo de investigación se concluye:

- La metodología empleada en este trabajo, a partir de la combinación de técnicas de Teledetección, SIG y análisis estadístico simple, ha demostrado que para estudios relacionados en cambios de usos del suelo es efectiva, ya que no sólo permite obtener imágenes categorizadas de las coberturas, sino que también permite cuantificar los cambios y observar su dinámica a diferentes niveles de detalle.
- El uso del suelo que presenta un fenómeno de auto regeneración es el bosque denso, gracias a las diferentes iniciativas y decisiones que se han tomado por parte de Instituciones Gubernamentales, no Gubernamentales y de los Gobiernos Locales de crear reservas protegidas donde se restringe las actividades antrópicas.
- Entre el Año 2000 y 2010, en el cantón Zapotillo con respecto al cambio neto el Bosque denso creció 1,85 % (2 241,14 ha), pero; el bosque semidenso se redujo en 2,02 % (2 443,99 ha); e igual tendencia sucedió en el bosque ralo con 3,89 % (4 716,72 ha) y el matorral en 0,52 % (628,55 ha).
- El 55 % del área total del cantón Zapotillo no presentó cambios en el periodo analizado, lo cual en superficie representa 66 056,34 ha y 55 138,12 ha sufrieron cambios es decir el 45 % del total del territorio del cantón Zapotillo.
- El uso del suelo ocupado por las actividades agropecuarias se incrementó significativamente en la parroquia Paletillas con el 16,63 % seguido por las parroquias Zapotillo con 9,75 %, Garzareal en 6,70 % y Limones con el 2,25 %. Estos avances en las tres últimas parroquias es debido a la influencia del Canal de Riego, donde en la actualidad esta infraestructura riega el 7 % del total de las áreas cultivadas.

- La Infraestructura, presento un crecimiento de 0,10 % lo que significó 125,42 hectáreas más que en el Año 2000, este incremento va relacionado con el crecimiento demográfico que fue de 12,54 % entre el año 2001 al 2010, la disminución de la pobreza en 5,5 %, y el apoyo por parte del Estado en vivienda que se viene dando a partir del 2007.
- La deforestación en el año 2000 fue de 14 344,01 hectáreas y para el 2010 esta se incrementa a 20 733,39 ha; lo cual significa un aumento del 5,27 % (6 389,38 ha), en el periodo estudiado.
- En relación con la tasa anual de cambio las zonas agropecuarias son las que más han crecido en el periodo estudiado donde los pastos y cultivos aumentan 7,38 y el 4,95 %/Año respectivamente, lo que significa que estos usos del suelo en los diez años se han expandido 6 126,49 ha.
- Los procesos de transformación registrados y en especial la actividad agrícola son acelerados, donde los factores biofísicos y socioeconómicos interactúan y amenazan la integridad de este remanente de bosque seco. Esto pone en riesgo la distribución de especies y comunidades presentes y puede tener consecuencias en el suministro de servicios eco-sistémicos.
- Para el año 2025 se prevé una disminución del bosque en un 9,17 % con respecto al año 2000 y de 4,60 % en relación al 2010, lo cual difiere con lo observado en las tierras agropecuarias que crecerán el 5,07 %, donde los cultivos y pastos representaran el 18,20 % del total de la superficie del cantón Zapotillo.

7 RECOMENDACIONES

Finalmente, en esta investigación se recomienda:

- Desarrollar investigaciones que ayuden a describir y explicar el grado de deterioro o regeneración relativa a cada categoría forestal. Así como los factores explicativos de las transiciones entre coberturas a través de metodologías y análisis estadístico simple y multinivel.
- Utilizar los dos principales instrumentos de planificación 1). Los Planes de Manejo de Áreas Protegidas; y 2). Los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, por las autoridades e instituciones competentes para la protección y conservación de este ecosistema.
- Ofrecer asesoramiento y tecnificación en las actividades agropecuarias para que las áreas destinadas a la producción sean lo suficiente rentables económicamente aumentando la productividad en la menor área posible o en las superficies que en la actualidad ya están intervenidas, para que no se obligue a sus propietarios a colonizar nuevos territorios avanzando con la brecha de la frontera agrícola y desplazar o reducir las superficies de vegetación natural.
- Integrar y educar en temas de conservación a través de la Educación Ambiental a los habitantes del cantón Zapotillo, donde se concientice en la importancia de los Bosques Secos que en esta zona se encuentran, así como aprovechar los conocimientos de sus habitantes sobre la flora y fauna, para desarrollar alternativas de usos enfocadas en el turismo ecológico.
- Formar gestores comunitarios ambientales capaces de dirigir y dar seguimiento a los procesos de transformación en favor de superar los problemas ambientales que afectan a los bosques secos.

8 BIBLIOGRAFÍA

Aguayo M., Pauchard A., Azócar G., y Parra O. 2009. Cambio del uso del suelo en el centro sur de Chile a fines del siglo XX. Entendiendo la dinámica espacial y temporal del paisaje. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 361-374.

Aguilera F., Soria J., y Valenzuela L. 2006. Explorando el crecimiento en la aglomeración urbana de Granada: Un modelo basado en Autómatas Celulares. XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías Geográficas, Granada, España.

Aguirre J., y Kvist L. 2005. Composición florística y Estado de Conservación de los Bosques Secos del Sur-Occidente del Ecuador. Loja Ecuador. 35 p.

Aldana A., y Bosque J. 2008. Cambios ocurridos en la cobertura/uso de la tierra del Parque Nacional Sierra de la Culata. Mérida Venezuela. Período 1988-2003. *Revista GeoFocus* 8, ISSN: 1578-5157. p 139-168.

Almeida C., Gleriani J., Castejón E., y Soares B. 2008. Neural networks and cellular automata for modeling intra-urban land use dynamics. *International Journal of Geographical Information Science*, EUA.

Arce M., y Ortega L. 2005. Actualización cartográfica con Imágenes Satelitales. Ingeniero de Ejecución en Geo-mensura. Chile. Universidad de Santiago de Chile. 159 p.

Atencia V., Contreras J., y Vergara D. 2008. Estudio Multitemporal de Imágenes Satelitales con fines de delimitación del complejo bajo San Jorge Margen Izquierdo (B13) y diagnóstico de zonas intervenidas antrópicamente (Agricultura y Ganadería). Ingeniero Agrícola. Sincelejo, Universidad de Sucre. 117 p.

Bakker H., y Jansen L. 2001. Principales sensores remotos. ITC. The Netherlands.

Beard R. 2008. Modulo sobre teledetección y análisis de cambio de usos y cobertura de la tierra. Universidad Tecnológica de Panamá.

Benítez J. 2002. Ortorretificación de fotografías aéreas utilizando el Software ERDAS Imagine. (En línea). Consultado 06 de junio, 2013. Disponible en: <http://www.cartografia.cl/download/manuales/erdas.pdf>.

Briceño F. 2005. Markov chain in the land-use change and assignment analysis Revisit Geographical Venezuelan 46 (1): 35-45

Cámara G., Souza R., Freitas U., Garrido J., Computers y Graphics. 2008. SPRING Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. (En línea). Consultado 06 de Junio del 2013. 20 (3): 395-403. Disponible en: <http://www.dpi.inpe.br/spring/>

Cañadas L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG – PRONAREG. Quito – Ecuador. Editores asociados. 210 p.

Cassman, K., Wood S., Choo P.S., Dixon J., Gaskell J., Khan S., Lal R, Pretty J., Primavera J., Ramankutty N., Viglizzo E., Kadungure S., Kanbar N., Porter S., y Tharme R. (2005). Cultivated systems. In: Scholes R, Rashid H (eds) Millennium Ecosystem Assessment: Working group on conditions and trends. Island Press, Washington D.C.

Cerda J., y Villarroel L. 2008. Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. Revista Chilena de Pediatría 79 (1): 54-58.

Chuvieco E. 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp, S.A. Colección Monografías y Tratados Ger. Serie Geográfica y Ecología tratados. Madrid, España. 449 p.

Chuvieco E. 2002. Teledetección Ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio. Ariel Ciencia. Barcelona, España.

Chuvieco, E, S. 2008. Teledetección Ambiental. Tercera Edición. Ariel. Barcelona, España. 592 p.

Congalton R. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environment* 37: 35-46.

CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social CO). 2010. Lineamientos para la formulación del Programa Nacional de observación de la Tierra que incluya el diseño de un programa Satelital Colombiano. Bogotá D.C., Colombia. 61 p.

Contento R. 2000. Estudio de la composición florística y regeneración natural forestal del bosque seco en la Ceiba Grande, cantón Zapotillo. Tesis Ing. Forestal. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. 72 p.

Córdoba C., y Revelo L. 2012. Análisis multitemporal para la identificación y cambio de la cobertura vegetal y uso de la tierra en la Microcuenca Dolores, Municipio de Pasto, departamento de Nariño, en el periodo comprendido entre 1985 a 2007. Tesis Especialista en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Facultad de Ciencias y Tecnologías, Universidad Santo Tomas. Colombia. 94 p.

Cure L. 2012. Determinación de la influencia del cambio de uso del suelo en la calidad ambiental de la cuenca del Rio Deleg. Tesis Ing. Ambiental. Carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Ecuador. 182 p.

DeFries, R., Asner, G., y Houghton, R. 2004. Trade-offs in landuse decisions: Towards a framework for assessing multiple ecosystem responses to land-use change. In: DeFries RS, Asner GP, Houghton RA (eds) *Ecosystems and land use change*. Geophysical Monograph 153. American Geophysical Union, Washington D.C. p 1–9

Dou W., Ren Y., Wu Q., Ruan S., Chen Y., Bloyet D., Constans J. 2007. Fuzzy kappa for the agreement measure of fuzzy classifications. *Neurocomputing*. 70 (4-6): 726-734.

Eastman J. 2006. IDRISI Andes, Guide to GIS and Image Processing. Worcester, MA: Clark Labs, Clark University. 328 p.

Eastman R. 2009. *IDRISI Taiga Guide* to GIS and Image Processing. Clark University. (En línea). Consultado 06 de Junio del 2013. Disponible en: <http://www.uwf.edu/gis/manuals/idrisitaiga/taigamanual.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2009. Situación de los bosques del mundo.

Farris-Manning P. 2006. OpenEV. Canada. (En línea). Consultado 06 de Junio del 2013. Disponible e. <http://openev.sourceforge.net/>

Felisa M., y S. Ibarlucea. 2003. Estudio de la vegetación macrofita y de factores físico-químico del agua en las Lagunas Marginales del Canal de Castilla (Palencia). *Revista Redalyc* 12 (1):1-3.

Fernandez I., y Herrero E. 2001. Clasificación de cubiertas con IDRISI. España. 22 p.

Fuentes C. 2009. Evaluación socio-ambiental de los efectos de la variación en la escorrentía superficial derivada del proceso de urbanización en la cuenca de Macul, entre 1975 – 2007. *Geógrafo*. Chile. Universidad de Chile, 99 p.

García Mora, T. J., & François Mas, J. 2008. Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal* (67): 7-19.

GeoPlades. 2009. Estudio Multitemporal del Nor-Oriente del Ecuador: Memoria Técnica estudio multitemporal de la cobertura vegetal y uso del suelo en los años 1990 - 2008 y proyección al 2030. Ecuador. 86 p.

Ghormley K., y Skrdla M. 2010. TNTmips. Lincoln, Nebraska USA. (En línea). Consultado 06 de junio, 2013. Disponible en: <http://www.microimages.com/>.

Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Zapotillo. 2013. (En línea). Consultado 10 de Mayo, 2013. Disponible en:

<http://www.gobiernodezapotillo.gob.ec/zapotillo/index.php/2013-02-09-18-32-12/datos-utiles>.

Godoy M., y Soares B., 2008. Modelling intra-urban dynamics in the Savassi neighborhood, Belo Horizonte city, Brazil. In: Paegelow M. & M. T. Camacho Olmedo (eds.), *Modelling Environmental Dynamic, Parte 2*. Pp.: 318 – 338. Environmental Science and Engineering. Springer.

Gómez J., y Gobbo E. 2002. ERMMapper Tutorial. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. (En línea). Consultado 06 de junio, 2013. Disponible en: <http://www.cartografia.cl/download/manuales/ermapper6.pdf>

Graham, R., e R. Read, Manual de fotografía aérea, Barcelona: OMEGA, 1990.

Grohmann C. 2007. Introducción y análisis Digital de Terreno con GRASS. San Pablo, Brasil. (En línea). Consultado 06 de junio, 2013. Disponible en: http://carlosgrohmann.com/downloads/tutorial_grass6.pdf

Guerra E. 2006. Análisis multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Rio Grande-Santa Cruz. Magister en Información de suelos para el Manejo de los Recursos Naturales. Santa Cruz. Universidad Mayor de San Simón. 71 p.

Guerrero, G., O. Masera & J. F. Mas. 2008. Land use/Land cover change dynamics in the Mexican Highlands: current situation and long term scenarios. In: *Modelling Environmental Dynamics: Advances in Geomatic Solutions*. Paegelow, M. & M. T. Camacho (Eds). Environmental Science and Engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 390 pp.

Guía Técnica del Mapa de Uso y Coberturas Vegetales de Andalucía. 2007. Andalucía, España. ISBN 978-84-96776-07-4. Depósito Legal SE-2401-2007.

Hecheltjen A. 2013. Generación de índices para mapeo de aéreas inundadas con ArgGis: guía N° 2. Santo Domingo, República Dominicana. United Nations Office for Outer Space Affairs. 15 p.

Henríquez C., y Azócar G. 2007. Propuesta de modelos predictivos en la planificación territorial y evaluación de impacto ambiental. (En línea). Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona, Vol. XI, N° 245 (41). Consultado 20 de Agosto 2013). Disponible en <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-24541.htm>.

Henríquez L. 2012. Escenarios Futuros de uso de suelo para el análisis del efecto del cambio global en los recursos hídricos aplicado al acuífero de La Mancha Oriental. Tesis Master en Ingeniería hidráulica y Medio Ambiente Intensificación: Recursos hídricos. Universidad Politécnica de Valencia. España. 225 p.

Henríquez, C., Azócar, G. y Aguayo, M. 2006. Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. Revista de Geografía Norte Grande, N° 36. p 61-74.

Holdridge L. 1967. Lite Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.

HU, Z., C.P., L. (2007). Modelling urban growth in Atlanta using logistic regression. Revista Computers, Environment and Urban Systems, 31: 667-688.

Ibarra J., Rigoberto Román, Karla Gutiérrez, Jacobo Gaxiola, Víctor Arias, Maximiano Bautista. 2011. Cambio en la cobertura y uso de suelo en el norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático. Ambiente y Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 6 (19).

INEC (Instituto nacional Ecuatoriano de Censos). 1990. Censo de Población y Vivienda.

INEC (Instituto nacional Ecuatoriano de Censos). 2001. Las condiciones de vida de los ecuatorianos. Resultados de encuesta de vida, quinta ronda. Quito, Ecuador.

INEC (Instituto nacional Ecuatoriano de Censos). 2010. Censo de Población y Vivienda.

Jaimes, N.; Sendra, J.; Delgado, M.; Rocha, W. (2008). Analysis of land use changes in the State of Mexico using regression analysis and GIS: an approach to the deforestation processes *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* ISSN 0188-4611, 69: 33-52

Jenerette D., y Wu J. 2001. Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona – Phoenix region, USA. *Landscape Ecology* 16: 611–626.

Jiang, Z. (2007) The Road Extension Model in the Land Change Modeler for Ecological Sustainability of IDRISI. 15th ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems, November 7-9, 2007, Seattle, WA.

Kasperson R., Archer E., Caceres D., Dow K., Downing T., Elmqvist T., Folke C., Han G., Iyengar K., Vogel C., Wilson K., y Ziervogel G. 2005. Vulnerable people and places. In: Scholes R, Rashid H (eds) *Millenium Ecosystem Assessment. Working group on conditions and trends*, Island Press, Washington D.C.

Lambin E., Turner F., Helmut J., Geist, Samuel B. Agbola, Arild Angelsen, John W, Bruce, Oliver T. comes, Rodolfo Dirzo, Gunther Fischer, Carl Folke, P.S. George, Katherine Homewood, Jacques Imbernon, Rik Leemans, Xiubin Li, Emilio F. Moran, Michael Mortimore, P.S. Ramakrishnan, John F. Richards, Helle Skanes, Will Steffen, Glenn D. stone, Uno Svedin. Tom A. Veldkamp, Coleen Vogel y Jianchu Xu. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*.

Landgrebe D., y Biehl L. 2011 MultiSpec. Universidad de Purdue. Estados Unidos. (En línea). Consultado 06 de junio, 2013. Disponible en: <http://cobweb.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>

Li M., Wu Y., y ZHANG Q. 2009. SAR image segmentation based on mixture context and wavelet hidden - class - label Markov random field. *Computers and Mathematics with Applications*. 57 (6): 961-969.

Lopez E, Bocco G. 2006. Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo. (En línea). Consultado el 08 de Junio de 2013. Disponible en <http://www.oikos.unam.mx/laboratorios/geoecologia/PDF/CAMBIO/2USODELSUELO.PDF>

López E. 2004. Cambio de uso de suelo y urbanización. Inter-american institute for global change climate. (En línea). Consultado el 08 de Junio 2013. Disponible en http://iaibr1.iai.int/SI/2004/2004UGEC_files/CD_Material/Jueves%207/Cambio%20d20uso%20de%20suelo%20y%20urbanizaci%C3%B3n.ppt.

López V., y W. Plata. 2008. Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (México) 68: 85-101.

MAE (Ministerio del Ambiente EC). 2009. Estudio de Factibilidad: Sistema Nacional de Áreas Protegidas y otras Áreas de Conservación. Quito, Ecuador. 468 p.

MAE (Ministerio del Ambiente EC) 2012. Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental, Quito-Ecuador.

Mancebo S., Ortega E., Valentín A., Martín B., y Martín L. 2008 Libro SIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Madrid, España.

MAP (Ministerio del Ambiente, PE). 2014. Protocolo: Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. Dirección General de Ordenamiento Territorial. Lima, Perú. 32 p.

Mas, J., y Flamenco A. 2011. Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *GeoTrópico*, NS 5 (1), Artículo 1: 1-24. (En línea). Consultado 01 de Abril 2013. Disponible en http://www.geotropico.org/NS_5_1_Mas-Flamenco.pdf

Matusow D. 2012. NASA Image2000. NASA Goddard Space Flight Center. (En línea). Consultado 06 de junio, 2013. Disponible en <http://opensource.gsfc.nasa.gov/projects/nasaimage2000/index.php>

McConnell W., Keys E. 2005. Meta-analysis of agricultural change. In: Moran EF, Ostrom E (eds) Seeing the forest and the trees: Human-environment interactions in forest ecosystems. MIT Press, Cambridge London.

Mendoza F. 2010. Análisis multitemporal del Cambio de uso del Suelo en base a Imágenes Satelitales de los Territorios Indígenas de Mayangna Sauni As, Mayangna Sauni Bas, Sikilta, MatungBak/Sauni Arungka, SIPBAA, Layasiksa y el área afectada por el Huracán Félix en 2007 para el periodo de tiempo 2005-2007/08 en los Departamentos de Jonotega y la RAAN, Nicaragua. 45 p.

Miranda L., Ibáñez A., Valdez R., Hernández P., 2009. Empirical-based hydrologic modeling of the 100-year return period of Overland flow in the rio grande watershed, tlalchapa, guerrero, Using two land use scenarios. en *Agrociencia* 43: 333-344.

Molina M. 2007. Efectos de los tipos de urbanización asociados al crecimiento urbano del área metropolitana de Santiago sobre la generación y comportamiento de micro islas de calor. Memoria para optar al Título de Geógrafo, Universidad de Chile.

Morocho D., y Romero J. (Eds.). 2003. Bosques del Sur. El estado de 12 remanentes de bosques andinos de la provincia de Loja. Fundación Ecológica Arcoiris/PROBONA/DICA. Loja, Ec.

Armijos D., Muñoz J., y Erazo S. 2013. Uso de indicadores faunísticos en la evaluación del estado de conservación de la biodiversidad en ecosistemas secos de regiones tropicales. Loja-Ecuador. 17 p.

Núñez C., y Madero E. 2009. Cambios en coberturas de áreas y usos del suelo en tres humedales en el Valle del Cauca. Colombia. 12 p.

Oñate-Valdivieso, F., y Bosque J. 2010. Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios of hydrological modeling. *Journal of Hydrology* 395: 256-263.

Paegelow M., Camacho M. y Menor T. 2003. Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje, *GeoFocus* 3, ISSN: 1578-5157.

Pauleit S., y Golding Y. 2005. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change: a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning* 71.

PDE-Z (Plan de Desarrollo Estratégico del cantón Zapotillo). 2003-2010. Ecuador.

PDOT-Z (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zapotillo). 2011. Ecuador.

PHILO (Plan Hidrológico de Loja). 1992. Ecuador

Pineda N., Bosque J., Gómez M., y Plata W. 2008. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* ISSN 0188-4611, 69: 33-52.

Ponce C. 2008. Análisis de cambio de cobertura vegetal y fragmentación en el corredor de conservación comunitaria El Ángel-Bosque Golondrinas, Provincia del Carchi (1996-2005). Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente. Carchi, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército. 110 p.

Pontius, R. G., E. Shusas and M. McEachern 2004, "Detecting important categorical land changes while accounting for persistence", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, N° 101 Vol. 2-3, p 251-268.

Pontius R., y Malanson, J. 2005 Comparison of the structure and accuracy of two land change models, *International Journal of Geographical Information Science*, N° 19, Vol. 2, p 243-265.

Potts G., y Mark L. 2006. Open Source Software Image Map (OSSIM): Users Guide. (En línea). Consultado 06 de junio, 2013. Disponible en <http://www.ossim.org/OSSIM/OSSIMHome.html>

PRONAREG-ORSTOM (Programa Nacional de Regionalización Agraria). 1984, Aptitud agrícola de los suelos del Ecuador.

Primack R., Rozzi F., Massardo P., Feinsinger. 2001. Destrucción y Degradación del Hábitat. En Fundamentos de Conservación Biológica, Perspectivas Latinoamericanas. Primera edición, Fondo de Cultura Económica, México.

Puerta R, Rengifo J, y Bravo N. 2013. Manual de ArcGis 10 Nivel Intermedio: Departamento de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables. Perú. 117 p.

Puyravaud J. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* 177: 593-596.

Ramankutty N., y Foley J.. 1999. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochem* 13 (4): 997–1027.

Rivera H. 2001. Aplicación de la Evaluación Multicriterio para la Asignación de Funciones al Territorio de la Reserva Nacional Valdivia. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo (Conaf / Gtz).

Rodríguez A. 2011. Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos, estudio de caso piedemonte de

Valencia S. 2010. Evaluación de la desertificación en el cantón Zapotillo, sus principales causas y efectos. Tesis para la obtención del título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 172 p.

Villavicencio, Meta. Magister en Geomática. Bogotá D.C., Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 94 p.

Romero H., y López C. 2007. Variaciones de la funcionalidad ambiental del mosaico de paisaje vegetal del Gran Santiago entre 1975 y 2007. Presentación al Coloquio Internacional Construyendo Resiliencia de los Territorios. Instituto de Geografía, Universidad Católica de Valparaíso, 17-19 de octubre de 2007.

RS/GIS Quick Start Guides 2008. Landsat Spectral Band Information. (En línea). Consultado 08 de Junio 2013. Disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/us/>

Sagan C., Toon O., y Pollack J. 1979. Anthropogenic albedo changes and the Earth's climate.

Sandoval G. 2009. Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del Gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros. Tesis Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo Escuela de Geografía. Universidad de Chile. 79 p.

Santos J.C. 2007. Extração de atributos de forma e seleção de atributos usando algoritmos genéticos para classificação de regiões. Tesis de maestría. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil. p 1-102.

Sierra R., Cerón C., Palacios W., y Valencia R. 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF – BIRF y Eco-Ciencia Quito, Ecuador.

Sudhira H.S., Ramachandra T.V., y Jagadish K.S. 2004. Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5. p 29-39.

Tri-Academy Panel. 2001. Population and land use in India, China, and the United States: Context, observations, and findings. In: Indian National Science Academy, Chinese Academy of Sciences, and U.S. National Academy of Sciences (eds) *Growing populations, changing landscapes: Studies from India, China, and the United States*. National Academy Press: Washington D.C.

Tso Grandt y mather P. 2001. Clasification Methods for Sensed Data, Second Edition, Ed. Taylor y Francis Group. New York. 376 p.

USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos). 2007. Initial Data Characterization, Science Utility and Mission Capability Evaluation of Candidate Landsat Mission Data Gap Sensors. Reporte Técnico. Versión 1.0

Van Delden, H., Escudero J., Uljee I., y Engelen G. 2005. METRONAMICA: A dynamic spatial landuse model applied to Vitoria-Gasteiz. Virtual Seminar of the MILES Project. Centro de Estudios Ambientales, Vitoria-Gasteiz.

Vásquez A., Romero H., Fuentes C., López, C. y Sandoval, G. 2008. Evaluación y simulación de los efectos ambientales del crecimiento urbano observado y propuesto en Santiago de Chile. Anales del Congreso de Geografía Rural.

Vázquez M., Larrea M., Suárez L., y Ojeda P. (Eds.). 2005. Biodiversidad en Los bosques secos del suroccidente de la provincia de Laja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Loja y Proyecto Bosque Seco. Quito, Ec.

Veldkamp A., y Lambin E. 2001 Editorial: predicting landuse change. Agriculture, Ecosystems and Environment. p 1 - 6

Verburg P. y Overmars K. 2007 Dynamic simulation of landuse change trajectories with the CLUE-s model. In: Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A. and Scholten, H.J. (eds.). Modeling Landuse Change. Progress and applications. The GeoJournal Library, Volume 90. Springer. p 321-338.

9 ANEXOS

Anexo 1. Fotografías de los diferentes usos del suelo en el cantón Zapotillo



Ilustración 1. Matorral, parroquia Limones.



Ilustración 2. Bosque ralo, cantón Zapotillo.



Ilustración 3. Bosque semidenso, parroquia Limones.



Ilustración 4. Bosque denso, parroquia Mangahurco.



Ilustración 5. Cultivos, parroquia Garzareal.



Ilustración 6. Pastizales, parroquia Paletillas.



Ilustración 7. Infraestructura, parque central Zapotillo.



Ilustración 8. Cuerpo de agua, Rio Catamayo-Chira Zapotillo.



Ilustración 9. Suelo desnudo, cantón Zapotillo.



Ilustración 10. Infraestructura de riego en construcción, parroquia Limones.



Ilustración 11. Levantamiento de puntos de control para la validación de los mapas de uso del suelo.



Ilustración 12. Recorrido por en cantón Zapotillo para la validación de la información.

Anexo 2. Matriz de Confusión y Coeficiente Kappa

Cuadro 14. Matriz de Confusión para la validación del Mapa de Uso del Suelo Año 2010 del Cantón Zapotillo.

Usos del Suelo	*PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9	TOTAL	Exactitud del Usuario (EU)	Error de comisión (Ec)
Bosque Denso	46	10	4	0	2	0	0	0	0	62	0,74	0,26
Bosque Semidenso	4	55	1	2	0	0	0	0	0	62	0,89	0,11
Bosque Ralo	0	0	44	0	0	0	0	0	0	44	1,00	0,00
Matorral	0	0	0	46	0	0	0	0	0	46	1,00	0,00
Cultivos	0	0	0	0	98	0	1	0	0	99	0,99	0,01
Pastizales	0	0	0	0	0	21	0	0	0	21	1,00	0,00
Cuerpos de Agua	0	0	0	0	0	0	35	1	0	36	0,97	0,03
Infraestructura	0	0	0	0	0	0	0	54	0	54	1,00	0,00
Suelos Desnudos	0	0	0	0	0	0	0	0	26	26	1,00	0,00
TOTAL	50	65	49	48	100	21	36	55	26	425		
Exactitud del Productor (EP)	0,92	0,85	0,90	0,96	0,98	1,00	0,97	0,98	1,00	8,19	22511	
Error de omisión (Eo)	0,08	0,15	0,10	0,04	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00			450
Índice Kappa	0,937											
Exactitud Global (EG)	94,44											

*PC: Puntos de Control por cada clase temáticas (p.e. PC1: Puntos de Control de Bosque Denso).

Cross-tabulation of US_Zapot2000 (columns) against US_Zapot2010 (rows)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	255	Total
1	137479	103114	4145	12146	19349	92	823	0	898	5	278051
2	75237	376358	53644	5939	22638	670	6286	69	4051	24	544916
3	5269	43174	87521	23871	3923	50	2206	105	5803	0	171922
4	1083	4977	44068	33100	1764	3	1701	1141	5904	1	93742
5	32540	41841	17062	8515	54653	255	7051	525	13492	1	175935
6	728	743	54	0	549	95	11	35	52	0	2267
7	260	1423	1669	1548	4145	13	16656	382	1215	0	27311
8	6	253	739	1259	602	0	748	4426	1059	0	9092
9	64	1592	14270	13389	1587	21	1101	922	11347	0	44293
255	0	1	0	0	0	0	4	0	1	1282569	1282575
Total	252666	573476	223172	99767	109210	1199	36587	7605	43822	1282600	2630104

Figura 37. Reporte de la tabulación cruzada del periodo 2000 y 2010.

Proportional Crosstabulation

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	255	Total
1	0.0523	0.0392	0.0016	0.0046	0.0074	0.0000	0.0003	0.0000	0.0003	0.0000	0.1057
2	0.0286	0.1431	0.0204	0.0023	0.0086	0.0003	0.0024	0.0000	0.0015	0.0000	0.2072
3	0.0020	0.0164	0.0333	0.0091	0.0015	0.0000	0.0008	0.0000	0.0022	0.0000	0.0654
4	0.0004	0.0019	0.0168	0.0126	0.0007	0.0000	0.0006	0.0004	0.0022	0.0000	0.0356
5	0.0124	0.0159	0.0065	0.0032	0.0208	0.0001	0.0027	0.0002	0.0051	0.0000	0.0669
6	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009
7	0.0001	0.0005	0.0006	0.0006	0.0016	0.0000	0.0063	0.0001	0.0005	0.0000	0.0104
8	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0002	0.0000	0.0003	0.0017	0.0004	0.0000	0.0035
9	0.0000	0.0006	0.0054	0.0051	0.0006	0.0000	0.0004	0.0004	0.0043	0.0000	0.0168
255	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4876	0.4877
Total	0.0961	0.2180	0.0849	0.0379	0.0415	0.0005	0.0139	0.0029	0.0167	0.4877	1.0000
Overall Kappa	0.6584										

Figura 38. Tabla de probabilidades de cambio y el coeficiente general Kappa.

Anexo 3. Matriz de Tabulación Cruzada con las Pérdidas y Ganancias de los diferentes usos del suelo en el cantón Zapotillo

Cuadro 15. Matriz de tabulación cruzada o Matriz de cambios de las pérdidas y ganancias de los diferentes usos del suelo en el periodo 2000 a 2010 en el cantón Zapotillo.

Usos del suelo		Año 2010									Total (T1)	Perdidas (Lij)
		BD	BS	BR	M	C	P	CA	I	SD		
Año 2000	BD ³	12502,01	6738,52	451,28	85,94	2896,52	64,13	16,59	0,00	3,60	22758,59	10256,58
	BS	9221,46	34320,24	3826,70	387,99	3636,63	65,29	84,47	19,52	137,63	51699,93	17379,69
	BR	358,27	4830,46	8023,59	3977,89	1488,64	3,96	111,40	60,62	1287,50	20142,33	12118,74
	M	1094,34	516,27	2127,83	3024,30	752,24	0,00	114,38	106,02	1236,91	8972,29	5947,99
	C	1674,59	1946,26	325,40	143,86	5047,64	51,31	335,17	44,47	129,43	9698,13	4650,49
	P	7,89	62,55	1,59	0,00	16,67	7,29	0,00	0,00	1,08	97,07	89,78
	CA	63,20	514,69	172,56	121,50	608,47	0,00	1657,91	63,01	75,97	3277,31	1619,40
	I	0,00	0,00	7,77	102,29	37,44	3,48	27,91	432,79	80,96	692,64	259,85
	SD	78,26	326,95	488,89	499,97	1239,61	2,37	87,93	91,63	1040,56	3856,17	2815,61
Total (T2)		25000,02	49255,94	15425,61	8343,74	15723,86	197,83	2435,76	818,06	3993,64		
Ganancias (Gij)		12498,01	14935,70	7402,02	5319,44	10676,22	190,54	777,85	385,27	2953,08		
Persistencia		66056,33	ha									
Año 2000		121194,46	ha									
Año 2010		121194,46	ha									

³ **Bd:** Bosque denso; **Bs:** Bosque semidenso; **Br:** Bosque ralo; **M:** Matorrales; **C:** Cultivos; **P:** Pastizales; **Sd:** **CA:** Cuerpos de Agua; **I:** Infraestructura; y, Suelos desnudos.

Anexo 4. Deforestación Total Anual Promedio y Tasa Anual de Cambio del cantón Zapotillo

Cuadro 16. Deforestación total anual promedio y tasa anual de cambio en el cantón Zapotillo en el periodo 2000-2010.

N°	Uso del Suelo	Año 2000		Año 2010		Diferencia (%)	Diferencia (ha)	DTAP	TAC
		ha	%	ha	%				
1	Bosque denso	22756,48	18,79%	24003,95	19,95%	1,17%	1247,47	124,75	0,0054
2	Bosque semidenso	51614	42,61%	49062,37	40,79%	-1,83%	-2551,63	-255,16	-0,0051
3	Bosque ralo	20074,43	16,57%	15464,75	12,86%	-3,72%	-4609,68	-460,97	-0,0258
4	Matorral	8934,39	7,38%	8430,14	7,01%	-0,37%	-504,25	-50,43	-0,0058
5	Cultivos	9735,47	8,04%	15853,87	13,18%	5,14%	6118,40	611,84	0,0500
6	Pastizales	109,47	0,09%	202,93	0,17%	0,08%	93,46	9,35	0,0637
7	Cuerpos de Agua	3304,66	2,73%	2459,28	2,04%	-0,68%	-845,38	-84,54	-0,0291
8	Infraestructura	682,58	0,56%	830,01	0,69%	0,13%	147,43	14,74	0,0197
9	Suelos Desnudos	3918,85	3,24%	3987,15	3,31%	0,08%	68,30	6,83	0,0017
TOTAL		121130,33	100%	120294,45	100%				0,0083

Cuadro 17. Deforestación total anual promedio y tasa anual de cambio por parroquia del cantón Zapotillo en el periodo 2000-2010.

Parroquia	Uso del Suelo	Año 2000		Año 2010		Diferencia (%)	Diferencia (ha)	DTAP	TAC
		ha	%	ha	%				
Cazaderos	Bosque Denso	5528,35	47,54%	5514,30	51,02%	-3,48%	-14,05	-1,41	-0,0003
	Bosque Semidenso	1385,46	11,91%	1381,08	12,78%	-0,86%	-4,38	-0,44	-0,0003
	Bosque Ralo	666,66	5,73%	3084,51	28,54%	22,80%	2417,85	241,79	0,1655
	Matorrales	3016,55	25,94%	108,67	1,01%	-24,94%	-2907,88	-290,79	-0,2828
	Cultivos	230,24	1,98%	264,94	2,45%	0,47%	34,70	3,47	0,0141
	Pastizales	4,25	0,04%	1,60	0,01%	-0,02%	-2,65	-0,27	-0,0931
	Cuerpos de Agua	567,96	4,88%	363,70	3,36%	-1,52%	-204,26	-20,43	-0,0436
	Infraestructura	29,57	0,25%	74,51	0,69%	0,44%	44,94	4,49	0,0968
	Suelos desnudos	199,68	1,72%	15,35	0,14%	-1,58%	-184,33	-18,43	-0,2263
	SUBTOTAL	11628,72	100%	10808,66	100%				
Mangahurco	Bosque Denso	5912,86	34,42%	8855,91	51,50%	17,07%	2943,05	294,31	0,0412
	Bosque Semidenso	7773,88	45,26%	5852,91	34,03%	-11,22%	-1920,97	-192,10	-0,0280
	Bosque Ralo	463,13	2,70%	267,14	1,55%	-1,14%	-195,99	-19,60	-0,0535
	Matorrales	81,36	0,47%	235,20	1,37%	0,89%	153,84	15,38	0,1120
	Cultivos	1974,63	11,50%	1353,02	7,87%	-3,63%	-621,61	-62,16	-0,0371
	Pastizales	41,45	0,24%	61,44	0,36%	0,12%	19,99	2,00	0,0401
	Cuerpos de Agua	550,55	3,21%	283,94	1,65%	-1,55%	-266,61	-26,66	-0,0641
	Infraestructura	32,65	0,19%	42,32	0,25%	0,06%	9,67	0,97	0,0263
	Suelos desnudos	347,29	2,02%	245,34	1,43%	-0,60%	-101,95	-10,20	-0,0342
	SUBTOTAL	17177,80	100%	17197,22	100%				

Cuadro 17. Continuación...

Bolaspamba	Bosque Denso	4787,74	36,32%	4237,57	32,24%	-4,08%	-550,17	-55,02	-0,0121
	Bosque Semidenso	6558,04	49,75%	7175,00	54,59%	4,83%	616,96	61,70	0,0090
	Bosque Ralo	221,04	1,68%	136,97	1,04%	-0,63%	-84,07	-8,41	-0,0467
	Matorrales	57,89	0,44%	57,89	0,44%	0,00%	0,00	0,00	0,0000
	Cultivos	1166,99	8,85%	1265,83	9,63%	0,78%	98,84	9,88	0,0082
	Pastizales	13,71	0,10%	60,59	0,46%	0,36%	46,88	4,69	0,1602
	Cuerpos de Agua	241,92	1,84%	136,76	1,04%	-0,79%	-105,16	-10,52	-0,0554
	Infraestructura	36,33	0,28%	73,65	0,56%	0,28%	37,32	3,73	0,0732
	Suelos desnudos	97,72	0,74%	0,00	0,00%	-0,74%	-97,72	-9,77	-1,0000
	SUBTOTAL	13181,38	100%	13144,26	100%				
Paletillas	Bosque Denso	4744,28	27,08%	2814,89	16,06%	-11,01%	-1929,39	-192,94	-0,0509
	Bosque Semidenso	7839,44	44,74%	5332,06	30,43%	-14,31%	-2507,38	-250,74	-0,0378
	Bosque Ralo	223,62	1,28%	2208,78	12,60%	11,33%	1985,16	198,52	0,2574
	Matorrales	68,94	0,39%	65,03	0,37%	-0,02%	-3,91	-0,39	-0,0058
	Cultivos	4022,28	22,96%	6936,78	39,59%	16,63%	2914,50	291,45	0,0560
	Pastizales	25,29	0,14%	58,12	0,33%	0,19%	32,83	3,28	0,0868
	Cuerpos de Agua	246,92	1,41%	77,90	0,44%	-0,96%	-169,02	-16,90	-0,1090
	Infraestructura	20,47	0,12%	23,34	0,13%	0,02%	2,87	0,29	0,0132
	Suelos desnudos	331,11	1,89%	6,30	0,04%	-1,85%	-324,81	-32,48	-0,3271
	SUBTOTAL	17522,35	100%	17523,20	100%				

Cuadro 17. Continuación...

Garzareal	Bosque Denso	500,61	2,64%	1245,80	6,56%	3,92%	745,19	74,52	0,0955
	Bosque Semidenso	14036,86	73,91%	13096,70	68,95%	-4,95%	-940,16	-94,02	-0,0069
	Bosque Ralo	2393,86	12,60%	1532,71	8,07%	-4,53%	-861,15	-86,12	-0,0436
	Matorrales	198,43	1,04%	361,22	1,90%	0,86%	162,79	16,28	0,0617
	Cultivos	870,82	4,58%	2143,31	11,28%	6,70%	1272,49	127,25	0,0942
	Pastizales	19,35	0,10%	12,22	0,06%	-0,04%	-7,13	-0,71	-0,0449
	Cuerpos de Agua	295,71	1,56%	137,27	0,72%	-0,83%	-158,44	-15,84	-0,0739
	Infraestructura	23,33	0,12%	32,95	0,17%	0,05%	9,62	0,96	0,0351
	Suelos desnudos	654,07	3,44%	431,35	2,27%	-1,17%	-222,72	-22,27	-0,0408
	SUBTOTAL	18993,04	100%	18993,53	100%				
Limones	Bosque Denso	266,13	1,15%	143,97	0,62%	-0,53%	-122,16	-12,22	-0,0596
	Bosque Semidenso	10053,28	43,42%	12479,60	53,90%	10,47%	2426,32	242,63	0,0219
	Bosque Ralo	9334,34	40,32%	3738,23	16,14%	-24,17%	-5596,11	-559,61	-0,0874
	Matorrales	1287,29	5,56%	3349,25	14,46%	8,90%	2061,96	206,20	0,1003
	Cultivos	344,49	1,49%	865,57	3,74%	2,25%	521,08	52,11	0,0965
	Pastizales	3,00	0,01%	1,97	0,01%	0,00%	-1,03	-0,10	-0,0412
	Cuerpos de Agua	512,57	2,21%	519,18	2,24%	0,03%	6,61	0,66	0,0013
	Infraestructura	152,61	0,66%	194,21	0,84%	0,18%	41,60	4,16	0,0244
	Suelos desnudos	1198,71	5,18%	1862,94	8,05%	2,87%	664,23	66,42	0,0451
	SUBTOTAL	23152,42	100%	23154,92	100%				

Cuadro 17. *Continuación...*

Zapotillo	Bosque Denso	1016,51	5,22%	1191,51	6,12%	0,90%	175,00	17,50	0,0160
	Bosque Semidenso	3967,04	20,37%	3745,02	19,23%	-1,14%	-222,02	-22,20	-0,0057
	Bosque Ralo	6771,78	34,77%	4496,41	23,09%	-11,68%	-2275,37	-227,54	-0,0401
	Matorrales	4223,93	21,69%	4252,88	21,84%	0,15%	28,95	2,89	0,0007
	Cultivos	1126,02	5,78%	3024,42	15,53%	9,75%	1898,40	189,84	0,1038
	Pastizales	2,42	0,01%	6,99	0,04%	0,02%	4,57	0,46	0,1119
	Cuerpos de Agua	889,03	4,57%	940,53	4,83%	0,26%	51,50	5,15	0,0056
	Infraestructura	387,62	1,99%	389,03	2,00%	0,01%	1,41	0,14	0,0004
	Suelos desnudos	1090,27	5,60%	1425,87	7,32%	1,72%	335,60	33,56	0,0272
	SUBTOTAL	19474,62	100%	19472,66	100%				

Anexo 5. Puntos de Control para la Clasificación Supervisada

Cuadro 18. Puntos georreferenciadas para la Clasificación Supervisada de las Imágenes Satelitales del cantón Zapotillo.

N°	Id	Coordenadas		N°	Id	Coordenadas		N°	Id	Coordenadas	
		X	Y			X	Y			X	Y
1	1	562213	9556917	232	3	578350	9513313	463	6	577027	9526366
2	1	563270	9556879	233	3	577608	9511947	464	6	577087	9526373
3	1	563540	9557020	234	3	582983	9514012	465	6	577103	9526408
4	1	564912	9557197	235	3	572500	9509642	466	6	577021	9526411
5	1	565113	9557370	236	3	572406	9518587	467	6	577016	9526375
6	1	565142	9557548	237	3	567568	9510435	468	6	577087	9526373
7	1	565182	9557696	238	3	566495	9510495	469	6	577113	9526408
8	1	565219	9557913	239	3	566929	9511424	470	7	566385	9506463
9	1	565358	9558090	240	3	566558	9511789	471	7	566817	9507586
10	1	565541	9558006	241	3	567304	9514370	472	7	568523	9512733
11	1	565461	9557798	242	3	567083	9517059	473	7	568656	9513377
12	1	565638	9557764	243	3	562902	9515335	474	7	569774	9514922
13	1	565631	9557633	244	3	562744	9508003	475	7	569821	9514795
14	1	565714	9557505	245	3	576927	9545623	476	7	569901	9514656
15	1	565896	9557774	246	3	579900	9532261	477	7	569895	9514739
16	1	565894	9558102	247	4	561234	9515650	478	7	569989	9514475
17	1	566878	9557539	248	4	562099	9515189	479	7	569648	9515049
18	1	566122	9552235	249	4	570097	9514679	480	7	569439	9515103
19	1	567635	9552138	250	4	570514	9514696	481	7	570069	9514324
20	1	569341	9553699	251	4	566782	9514937	482	7	570168	9514234
21	1	569157	9553722	252	4	561390	9540076	483	7	570250	9514159
22	1	569689	9554023	253	4	570837	9514627	484	7	570251	9514201
23	1	570659	9552183	254	4	571993	9514591	485	7	570369	9514189
24	1	572599	9555684	255	4	572429	9514770	486	7	570491	9514163
25	1	572969	9555792	256	4	572779	9514580	487	7	570625	9514127
26	1	573522	9555974	257	4	572653	9514448	488	7	570898	9514083
27	1	573586	9556107	258	4	572816	9514389	489	7	570995	9514017
28	1	584096	9551056	259	4	573090	9514239	490	7	570977	9514075
29	1	586149	9541512	260	4	573167	9514017	491	7	571079	9513980
30	1	577928	9541476	261	4	572746	9513961	492	7	571181	9513898
31	1	591701	9531077	262	4	572693	9513488	493	7	571553	9513850

Cuadro 18. Continuación...

32	1	592315	9531023	263	4	573079	9513744	494	7	571673	9513936
33	1	592200	9531176	264	4	572769	9513307	495	7	571698	9514065
34	1	592282	9531447	265	4	573386	9513210	496	7	571696	9514243
35	1	592521	9531582	266	4	574967	9513153	497	7	571574	9514362
36	1	592502	9531254	267	4	575451	9513192	498	7	571480	9514460
37	1	593148	9531204	268	4	576310	9513033	499	7	571368	9514530
38	1	594373	9531364	269	4	576679	9512941	500	7	571298	9514652
39	1	587823	9548515	270	4	577263	9512794	501	7	571164	9514798
40	1	565236	9558256	271	4	577223	9512580	502	7	571157	9514889
41	1	565152	9558164	272	4	577658	9512190	503	7	571242	9514917
42	1	565456	9558245	273	4	576060	9510983	504	7	571434	9514923
43	1	565125	9558056	274	4	574486	9510827	505	7	571618	9514909
44	1	565073	9557957	275	4	577625	9511371	506	7	571743	9514884
45	1	565156	9557840	276	4	572840	9510590	507	7	572016	9514823
46	1	565306	9557930	277	4	571391	9510343	508	7	572194	9514829
47	1	565383	9558020	278	4	569715	9510172	509	7	572103	9514841
48	1	564068	9558307	279	4	568933	9509936	510	7	572347	9514845
49	1	564054	9558406	280	4	567401	9509776	511	7	572448	9514914
50	1	564149	9558406	281	4	566965	9509585	512	7	572704	9514984
51	1	564198	9558347	282	4	567424	9507497	513	7	572971	9515168
52	1	565530	9551841	283	4	569338	9507224	514	7	573148	9515403
53	1	565362	9551970	284	4	569637	9507112	515	7	573192	9515511
54	1	565330	9551797	285	4	568324	9507200	516	7	573266	9515558
55	1	565441	9551641	286	4	570156	9507012	517	7	573508	9515656
56	1	565718	9551917	287	4	570118	9505976	518	7	573692	9515605
57	1	565941	9551973	288	4	571775	9506098	519	7	573738	9515644
58	1	565629	9552149	289	4	572186	9506351	520	7	573806	9515571
59	1	565562	9552234	290	4	573097	9506418	521	7	574016	9515513
60	1	565879	9552469	291	4	568082	9505670	522	7	574125	9515471
61	1	565956	9552384	292	4	567871	9505993	523	7	574274	9515458
62	1	566058	9552290	293	4	594957	9527197	524	7	574408	9515601
63	1	567252	9553263	294	4	566827	9508625	525	7	574418	9515759
64	1	567293	9553022	295	4	561081	9510254	526	7	574447	9515896
65	1	567305	9552890	296	4	561081	9510254	527	7	574416	9516000
66	1	567739	9553419	297	4	558106	9548391	528	7	574410	9516097
67	1	567798	9553507	298	4	557992	9548213	529	7	574443	9516225
68	1	567980	9553195	299	4	558094	9548061	530	7	574508	9516408

Cuadro 18. Continuación...

69	1	568124	9553122	300	4	558303	9548029	531	7	574643	9516487
70	1	568224	9553084	301	4	558348	9548448	532	7	574789	9516531
71	1	568189	9552981	302	4	558398	9548709	533	7	574946	9516527
72	1	567957	9552857	303	4	558564	9548379	534	7	575044	9516478
73	1	567834	9552802	304	4	558735	9548163	535	7	575264	9516135
74	1	570534	9553436	305	4	559059	9548220	536	7	575229	9516295
75	1	570484	9553701	306	4	559262	9548404	537	7	575265	9515683
76	1	570784	9553657	307	4	559351	9548620	538	7	575253	9515647
77	1	570725	9553460	308	4	558830	9548639	539	7	575196	9515291
78	1	570957	9553804	309	4	558640	9548817	540	7	575201	9515220
79	1	571119	9553898	310	4	558913	9548417	541	7	575482	9514828
80	1	571266	9554062	311	4	558697	9548575	542	7	575265	9514956
81	1	571034	9554112	312	4	559046	9548588	543	7	575208	9515108
82	1	571228	9553936	313	4	558926	9549248	544	7	575655	9514816
83	1	566376	9543691	314	4	559116	9549039	545	7	575747	9514873
84	1	566517	9543934	315	4	559294	9549172	546	7	575904	9514942
85	1	566603	9544173	316	4	559205	9549407	547	7	575989	9515004
86	1	567066	9544377	317	4	559173	9549629	548	7	576044	9515159
87	1	567214	9544451	318	4	559376	9549712	549	7	576097	9515214
88	1	567128	9544275	319	4	559230	9549960	550	7	576174	9515294
89	1	566972	9543766	320	4	559535	9549991	551	7	576311	9515362
90	1	566615	9543393	321	4	559453	9550372	552	7	576465	9515353
91	1	566454	9543444	322	4	559611	9550576	553	7	576620	9515278
92	1	566333	9543237	323	4	559040	9550544	554	7	576747	9515163
93	1	566435	9543197	324	4	558735	9550760	555	7	577072	9515112
94	1	565659	9542621	325	4	558989	9550836	556	7	577153	9515242
95	1	565769	9542778	326	4	559529	9550836	557	7	577188	9515345
96	1	565949	9543009	327	4	559776	9550715	558	7	577241	9515447
97	1	566521	9536187	328	4	559211	9550645	559	7	577376	9515561
98	1	566317	9536665	329	4	559008	9551134	560	7	577456	9515628
99	1	566411	9536963	330	4	558799	9551496	561	7	577551	9515669
100	1	566486	9537159	331	4	558856	9551979	562	7	577743	9515734
101	2	562668	9553993	332	4	558716	9552252	563	7	577816	9515786
102	2	565709	9557987	333	4	559103	9552316	564	7	577896	9515844
103	2	565274	9558464	334	4	559446	9552125	565	7	577900	9515897
104	2	569018	9557485	335	4	559160	9551776	566	7	577964	9515989
105	2	564017	9543713	336	4	559427	9551407	567	7	577978	9515954

Cuadro 18. Continuación...

106	2	562009	9535907	337	4	559580	9551839	568	7	578048	9516023
107	2	567367	9536420	338	4	561449	9516119	569	7	578104	9516034
108	2	568146	9536428	339	4	561592	9516126	570	7	578246	9516078
109	2	570488	9540735	340	4	561566	9516197	571	8	583700	9515362
110	2	569336	9543594	341	4	561555	9515978	572	8	583697	9515402
111	2	571915	9541253	342	4	561632	9515973	573	8	583722	9515399
112	2	573048	9540808	343	4	561616	9516056	574	8	583965	9515208
113	2	577521	9541081	344	4	561482	9516077	575	8	583924	9515216
114	2	577736	9541568	345	4	561434	9515863	576	8	584116	9515216
115	2	578174	9541096	346	4	567832	9507435	577	8	584082	9515348
116	2	578766	9541551	347	4	567107	9507381	578	8	584044	9515600
117	2	579257	9541535	348	5	560598	9554084	579	8	584138	9515578
118	2	579186	9534910	349	5	559813	9553721	580	8	584476	9515578
119	2	576395	9547273	350	5	559485	9553656	581	8	584182	9515484
120	2	586803	9536913	351	5	559035	9553149	582	8	583917	9515303
121	2	580423	9533250	352	5	558411	9551270	583	8	584064	9515187
122	2	584048	9532516	353	5	558332	9551043	584	8	584107	9515249
123	2	581977	9531768	354	5	573772	9541181	585	8	584161	9515335
124	2	573013	9527661	355	5	573932	9541116	586	8	584196	9515391
125	2	573844	9528019	356	5	574404	9541131	587	8	583873	9515233
126	2	574554	9527894	357	5	574576	9540993	588	8	583846	9515390
127	2	575024	9527958	358	5	574609	9540764	589	8	584108	9515127
128	2	575984	9528131	359	5	574539	9540665	590	8	572308	9515187
129	2	576408	9528284	360	5	574410	9540512	591	8	572293	9515226
130	2	577146	9528292	361	5	574284	9540362	592	8	572267	9515205
131	2	577408	9528400	362	5	573637	9541733	593	8	572247	9515187
132	2	577514	9528161	363	5	573723	9542597	594	8	572229	9515170
133	2	583305	9528985	364	5	573521	9542769	595	8	572203	9515150
134	2	583548	9529081	365	5	573821	9542625	596	8	572179	9515130
135	2	583887	9529055	366	5	574005	9542680	597	8	572242	9515088
136	2	585587	9529236	367	5	574064	9542653	598	8	572226	9515245
137	2	586373	9529448	368	5	574082	9542907	599	8	572385	9515266
138	2	586653	9529180	369	5	575060	9541493	600	8	572110	9515125
139	2	584630	9520642	370	5	575011	9541717	601	8	572101	9515179
140	2	580085	9521654	371	5	575100	9541828	602	8	572152	9515186
141	2	572618	9522441	372	5	575002	9541953	603	8	572146	9515278
142	2	570051	9525263	373	5	574778	9542352	604	8	572267	9515217

Cuadro 18. *Continuación...*

143	2	569536	9525281	374	5	576137	9541754	605	8	572256	9515207
144	2	568918	9525418	375	5	576480	9541772	606	8	572209	9515171
145	2	568850	9525218	376	5	576278	9542082	607	8	572134	9515103
146	2	569349	9524912	377	5	576679	9542036	608	8	572095	9515071
147	2	568242	9524112	378	5	576943	9541757	609	8	566893	9505576
148	2	566992	9522917	379	5	576946	9541181	610	8	566879	9505645
149	2	566517	9522419	380	5	576897	9541089	611	8	566842	9505598
150	2	565890	9521947	381	5	576701	9540742	612	8	566826	9505685
151	2	565641	9521638	382	5	576149	9540583	613	8	566974	9505722
152	2	563966	9518768	383	5	576063	9540892	614	8	566988	9505710
153	2	566419	9518572	384	5	576180	9541101	615	8	566912	9505656
154	2	567774	9518969	385	5	577532	9542389	616	8	566788	9505560
155	2	568393	9518941	386	5	577342	9542285	617	8	566819	9505606
156	2	569502	9518420	387	5	577231	9541834	618	8	589361	9527523
157	2	570646	9517937	388	5	577115	9542622	619	8	589326	9527548
158	2	571156	9519690	389	5	579761	9540672	620	8	589331	9527524
159	2	579024	9518533	390	5	579329	9540760	621	8	589310	9527254
160	2	583596	9518607	391	5	579387	9541156	622	8	589165	9527310
161	2	583713	9518362	392	5	579866	9541352	623	8	589173	9527336
162	2	566029	9516614	393	5	579866	9541981	624	8	589235	9527396
163	2	567143	9516095	394	5	579939	9542180	625	8	589335	9527469
164	2	566951	9515923	395	5	580289	9540659	626	8	589243	9527481
165	2	566427	9515880	396	5	580451	9541257	627	8	589347	9527513
166	2	565921	9515488	397	5	581528	9541184	628	8	589363	9527409
167	2	567399	9515680	398	5	581249	9541423	629	8	580920	9539569
168	2	567568	9515992	399	5	581012	9540800	630	8	580777	9539663
169	2	568111	9515412	400	5	580694	9541046	631	8	580738	9539713
170	2	568459	9515485	401	5	581181	9541122	632	8	580745	9539693
171	2	563196	9514487	402	5	581641	9540702	633	8	580714	9539671
172	2	563250	9514161	403	5	581807	9540218	634	8	580703	9539701
173	2	564587	9513366	404	5	582070	9539972	635	8	580773	9539631
174	2	564468	9512202	405	5	581748	9539856	636	8	580744	9539615
175	2	564911	9512401	406	5	582196	9541095	637	8	580696	9539599
176	2	565294	9512110	407	5	582429	9541000	638	8	580661	9539579
177	2	562427	9514006	408	5	583364	9540622	639	8	580833	9539594
178	2	562328	9512380	409	5	582828	9540632	640	8	580819	9539632
179	2	562378	9512010	410	5	583680	9540095	641	8	580763	9539658

Cuadro 18. *Continuación...*

180	2	561979	9512148	411	5	583720	9540212	642	8	580692	9539634
181	2	562054	9510297	412	5	583521	9539298	643	8	580695	9539655
182	2	564462	9508538	413	5	583095	9539347	644	8	580688	9539712
183	2	563593	9508222	414	5	583046	9539157	645	8	560363	9553863
184	2	562271	9507991	415	5	582438	9539246	646	8	560345	9553855
185	2	563854	9507585	416	5	583757	9538761	647	8	560349	9553893
186	2	567773	9505079	417	5	584064	9538709	648	8	560258	9553863
187	2	568060	9505171	418	5	584125	9539043	649	8	560193	9553859
188	2	573603	9506745	419	5	584033	9539436	650	8	560493	9553876
189	2	573863	9506831	420	5	584113	9539752	651	8	560536	9553852
190	2	576849	9508846	421	5	584386	9539571	652	8	560380	9553871
191	2	575964	9509216	422	5	584564	9539380	653	8	560314	9553894
192	2	564478	9557687	423	5	584784	9539920	654	8	580704	9552165
193	2	564585	9558023	424	5	585085	9539062	655	8	580719	9552187
194	2	564836	9557977	425	5	584898	9539273	656	8	580736	9552202
195	2	564074	9557908	426	5	585487	9537547	657	8	580621	9552188
196	2	563936	9556921	427	5	585407	9537436	658	8	580603	9552188
197	2	563675	9556771	428	5	585017	9537976	659	8	580627	9552111
198	2	563906	9556342	429	5	585324	9538270	660	8	580543	9552107
199	2	564296	9556312	430	5	585438	9538231	661	8	580668	9552208
200	2	564519	9556642	431	5	585548	9538470	662	8	580649	9552053
201	3	563773	9539944	432	5	585523	9538651	663	8	580452	9552041
202	3	578442	9526853	433	5	585667	9538773	664	8	580592	9552020
203	3	578349	9526733	434	5	585692	9538623	665	8	584567	9523941
204	3	578446	9526587	435	5	587783	9538025	666	8	584549	9523935
205	3	578602	9526519	436	5	587121	9538638	667	8	584602	9523996
206	3	578607	9526260	437	5	590093	9539568	668	8	584541	9523993
207	3	579032	9526176	438	5	590157	9539356	669	8	584545	9524002
208	3	579322	9526185	439	5	582771	9533834	670	8	584454	9523994
209	3	579072	9525895	440	5	582531	9534810	671	8	584539	9524164
210	3	579109	9525698	441	5	582172	9534946	672	9	565450	9549197
211	3	578970	9525356	442	5	582859	9534930	673	9	565308	9549452
212	3	578914	9525286	443	5	583044	9534625	674	9	573062	9527941
213	3	579334	9525223	444	5	576802	9527352	675	9	561058	9555043
214	3	579492	9524745	445	5	577118	9527505	676	9	561058	9555043
215	3	579348	9524056	446	5	578873	9516917	677	9	558389	9551479
216	3	579040	9523730	447	5	579277	9517076	678	9	558605	9550099

Cuadro 18. *Continuación...*

217	3	579153	9523456	448	5	579249	9516885	679	9	558001	9547738
218	3	578828	9522871	449	6	573954	9556014	680	9	562615	9541161
219	3	577895	9522619	450	6	579901	9532623	681	9	562678	9540623
220	3	578420	9522324	451	6	577060	9526382	682	9	562869	9540427
221	3	577757	9522050	452	6	579851	9532597	683	9	563611	9539800
222	3	577399	9521423	453	6	579891	9532525	684	9	592532	9527609
223	3	579518	9521936	454	6	579948	9532549	685	9	562224	9517284
224	3	577320	9520328	455	6	579948	9532593	686	9	561686	9516707
225	3	576782	9520873	456	6	579897	9532576	687	9	592402	9527828
226	3	576353	9520267	457	6	577085	9526389	688	9	569069	9514359
227	3	576191	9519359	458	6	577113	9526408	689	9	570302	9514416
228	3	575759	9519999	459	6	577021	9526411	690	9	567940	9513125
229	3	576834	9519817	460	6	577014	9526362	691	9	566824	9509953
230	3	573514	9519358	461	6	577087	9526373	692	9	566556	9508967
231	3	573934	9518544	462	6	577103	9526408	693	9	566497	9507949

Nota: Los códigos del campo Id, representan los usos del suelo que se tomó en cuenta en la leyenda para ser analizados en la presente investigación. 1. Bosque denso; 2. Bosque semidenso; 3. Bosque ralo; 4. Matorrales; 5. Cultivos; 6. Pastizales; 7. Cuerpos de Agua; 8. Infraestructura; y, 9. Suelos desnudos.

Anexo 6. Puntos de Control para la validación del mapa de uso del suelo del año 2000 del cantón Zapotillo

Cuadro 19. Puntos utilizados para la validación del Mapa de uso del suelo del Año 2010, del cantón Zapotillo.

N°	Id	Parroquia	Nivel II	Coordenadas	
				X	Y
1	1	Cazaderos	Bosque denso	567493	9554717
2	1	Cazaderos	Bosque denso	569191	9555252
3	1	Cazaderos	Bosque denso	568601	9553443
4	1	Cazaderos	Bosque denso	566201	9553166
5	1	Cazaderos	Bosque denso	564928	9551745
6	1	Bolaspambas	Bosque denso	567169	9535154
7	1	Bolaspambas	Bosque denso	568200	9537265
8	1	Bolaspambas	Bosque denso	567945	9537378
9	1	Bolaspambas	Bosque denso	568132	9540847
10	1	Bolaspambas	Bosque denso	568258	9541428
11	1	Paletillas	Bosque denso	574315	9534465
12	1	Paletillas	Bosque denso	578551	9543360
13	1	Paletillas	Bosque denso	578151	9541265
14	1	Paletillas	Bosque denso	577943	9542049
15	1	Paletillas	Bosque denso	577973	9543748
16	1	Garzareal	Bosque denso	586814	9530055
17	1	Garzareal	Bosque denso	586787	9529612
18	1	Garzareal	Bosque denso	585719	9529497
19	1	Garzareal	Bosque denso	585399	9529655
20	1	Garzareal	Bosque denso	586918	9528953
21	1	Garzareal	Bosque denso	576182	9534099
22	1	Garzareal	Bosque denso	578745	9532280
23	1	Garzareal	Bosque denso	586259	9529331
24	1	Garzareal	Bosque denso	585399	9529655
25	1	Garzareal	Bosque denso	585719	9529497
26	1	Garzareal	Bosque denso	586259	9529331
27	1	Garzareal	Bosque denso	586787	9529612
28	1	Garzareal	Bosque denso	586814	9530055
29	1	Zapotillo	Bosque denso	594295	9529894

Cuadro 19. *Continuación...*

30	1	Zapotillo	Bosque denso	592813	9530369
31	1	Zapotillo	Bosque denso	592349	9530912
32	1	Zapotillo	Bosque denso	595076	9531274
33	1	Cazaderos	Bosque denso	564434	9557781
34	1	Cazaderos	Bosque denso	564592	9557879
35	1	Cazaderos	Bosque denso	564731	9557545
36	1	Cazaderos	Bosque denso	564968	9557967
37	1	Cazaderos	Bosque denso	565176	9557845
38	1	Cazaderos	Bosque denso	565385	9558028
39	1	Cazaderos	Bosque denso	565008	9558165
40	1	Cazaderos	Bosque denso	565440	9558606
41	1	Cazaderos	Bosque denso	565493	9558246
42	1	Cazaderos	Bosque denso	563631	9557133
43	1	Cazaderos	Bosque denso	563337	9556912
44	1	Cazaderos	Bosque denso	571458	9554731
45	1	Cazaderos	Bosque denso	571599	9554589
46	1	Cazaderos	Bosque denso	571667	9554451
47	1	Cazaderos	Bosque denso	571282	9554046
48	1	Cazaderos	Bosque denso	570588	9553631
49	1	Cazaderos	Bosque denso	570602	9553390
50	2	Cazaderos	Bosque semidenso	561940	9557667
51	2	Cazaderos	Bosque semidenso	561850	9558192
52	2	Mangahurco	Bosque semidenso	562289	9544676
53	2	Mangahurco	Bosque semidenso	562769	9545396
54	2	Mangahurco	Bosque semidenso	563008	9544307
55	2	Mangahurco	Bosque semidenso	562769	9545396
56	2	Mangahurco	Bosque semidenso	562289	9544676
57	2	Mangahurco	Bosque semidenso	563008	9544307
58	2	Cazaderos	Bosque semidenso	558378	9551978
59	2	Cazaderos	Bosque semidenso	557736	9551813
60	2	Bolaspambas	Bosque semidenso	568662	9540504
61	2	Bolaspambas	Bosque semidenso	568287	9540064
62	2	Bolaspambas	Bosque semidenso	567776	9539463
63	2	Bolaspambas	Bosque semidenso	567592	9536547
64	2	Bolaspambas	Bosque semidenso	580503	9549061

Cuadro 19. *Continuación...*

65	2	Paletillas	Bosque semidenso	578452	9541350
66	2	Paletillas	Bosque semidenso	578788	9541629
67	2	Paletillas	Bosque semidenso	579277	9542214
68	2	Paletillas	Bosque semidenso	577367	9538744
69	2	Paletillas	Bosque semidenso	577518	9535759
70	2	Garzareal	Bosque semidenso	582016	9531975
71	2	Garzareal	Bosque semidenso	580192	9528081
72	2	Garzareal	Bosque semidenso	580325	9534615
73	2	Garzareal	Bosque semidenso	584714	9528593
74	2	Garzareal	Bosque semidenso	575557	9531329
75	2	Garzareal	Bosque semidenso	579375	9521223
76	2	Garzareal	Bosque semidenso	581427	9521565
77	2	Garzareal	Bosque semidenso	584182	9534425
78	2	Limonas	Bosque semidenso	571485	9527159
79	2	Limonas	Bosque semidenso	571384	9526822
80	2	Limonas	Bosque semidenso	571970	9527114
81	2	Limonas	Bosque semidenso	563256	9510652
82	2	Limonas	Bosque semidenso	575504	9518030
83	2	Limonas	Bosque semidenso	575377	9517812
84	2	Limonas	Bosque semidenso	574980	9528174
85	2	Limonas	Bosque semidenso	572190	9528024
86	2	Limonas	Bosque semidenso	571912	9527524
87	2	Limonas	Bosque semidenso	572241	9527412
88	2	Zapotillo	Bosque semidenso	594080	9527111
89	2	Zapotillo	Bosque semidenso	585030	9521579
90	2	Zapotillo	Bosque semidenso	584170	9520244
91	2	Zapotillo	Bosque semidenso	582643	9518027
92	2	Zapotillo	Bosque semidenso	587643	9520233
93	2	Zapotillo	Bosque semidenso	593118	9526523
94	2	Cazaderos	Bosque semidenso	563381	9552185
95	2	Cazaderos	Bosque semidenso	563526	9552103
96	2	Cazaderos	Bosque semidenso	563744	9552227
97	2	Cazaderos	Bosque semidenso	563602	9551876
98	2	Cazaderos	Bosque semidenso	564286	9553198
99	2	Cazaderos	Bosque semidenso	564421	9552864

Cuadro 19. *Continuación...*

100	2	Cazaderos	Bosque semidenso	564538	9553118
101	2	Cazaderos	Bosque semidenso	563301	9558467
102	2	Cazaderos	Bosque semidenso	563446	9558335
103	2	Cazaderos	Bosque semidenso	563313	9558623
104	2	Cazaderos	Bosque semidenso	563073	9558360
105	2	Cazaderos	Bosque semidenso	561784	9558001
106	2	Limonas	Bosque semidenso	567921	9519889
107	2	Limonas	Bosque semidenso	568177	9519861
108	2	Limonas	Bosque semidenso	568164	9519353
109	2	Limonas	Bosque semidenso	568497	9519360
110	2	Limonas	Bosque semidenso	567325	9519991
111	2	Limonas	Bosque semidenso	567559	9519879
112	2	Limonas	Bosque semidenso	566619	9519848
113	2	Limonas	Bosque semidenso	566187	9519993
114	2	Limonas	Bosque semidenso	567954	9519576
115	2	Limonas	Bosque semidenso	568323	9524428
116	2	Limonas	Bosque semidenso	569071	9524549
117	2	Limonas	Bosque semidenso	568866	9524636
118	3	Cazaderos	Bosque ralo	559723	9548608
119	3	Cazaderos	Bosque ralo	559610	9550296
120	3	Cazaderos	Bosque ralo	559512	9552018
121	3	Cazaderos	Bosque ralo	568269	9557909
122	3	Cazaderos	Bosque ralo	567484	9557173
123	3	Bolaspambas	Bosque ralo	573059	9538367
124	3	Bolaspambas	Bosque ralo	571310	9538425
125	3	Paletillas	Bosque ralo	580754	9538438
126	3	Paletillas	Bosque ralo	582817	9538332
127	3	Paletillas	Bosque ralo	586813	9536348
128	3	Paletillas	Bosque ralo	589722	9539850
129	3	Paletillas	Bosque ralo	590443	9538593
130	3	Garzareal	Bosque ralo	584827	9535888
131	3	Garzareal	Bosque ralo	579167	9523464
132	3	Garzareal	Bosque ralo	578654	9522078
133	3	Garzareal	Bosque ralo	576241	9520653
134	3	Garzareal	Bosque ralo	584125	9526542

Cuadro 19. *Continuación...*

135	3	Garzareal	Bosque ralo	584068	9527321
136	3	Limonos	Bosque ralo	573252	9519539
137	3	Limonos	Bosque ralo	573819	9520189
138	3	Limonos	Bosque ralo	572312	9518572
139	3	Limonos	Bosque ralo	562082	9512309
140	3	Limonos	Bosque ralo	562359	9513125
141	3	Limonos	Bosque ralo	561944	9508867
142	3	Limonos	Bosque ralo	567156	9514770
143	3	Limonos	Bosque ralo	569934	9518032
144	3	Limonos	Bosque ralo	572312	9518572
145	3	Limonos	Bosque ralo	569934	9518032
146	3	Limonos	Bosque ralo	567156	9514770
147	3	Limonos	Bosque ralo	571095	9511494
148	3	Limonos	Bosque ralo	561944	9508867
149	3	Limonos	Bosque ralo	562082	9512309
150	3	Limonos	Bosque ralo	562359	9513125
151	3	Zapotillo	Bosque ralo	590584	9528265
152	3	Zapotillo	Bosque ralo	590969	9527858
153	3	Zapotillo	Bosque ralo	588899	9521636
154	3	Zapotillo	Bosque ralo	589464	9522065
155	3	Zapotillo	Bosque ralo	578661	9515742
156	3	Zapotillo	Bosque ralo	577982	9515029
157	3	Zapotillo	Bosque ralo	573446	9512370
158	3	Zapotillo	Bosque ralo	572450	9511646
159	3	Zapotillo	Bosque ralo	571998	9509621
160	3	Zapotillo	Bosque ralo	571093	9508705
161	3	Zapotillo	Bosque ralo	567235	9507268
162	3	Cazaderos	Bosque ralo	562835	9555393
163	3	Cazaderos	Bosque ralo	563598	9554548
164	3	Cazaderos	Bosque ralo	562745	9553101
165	3	Cazaderos	Bosque ralo	562547	9554674
166	3	Cazaderos	Bosque ralo	564443	9554943
167	3	Cazaderos	Bosque ralo	564892	9556300
168	3	Cazaderos	Bosque ralo	567516	9558654
169	3	Cazaderos	Bosque ralo	566824	9556309

Cuadro 19. *Continuación...*

170	3	Cazaderos	Bosque ralo	564138	9555330
171	3	Cazaderos	Bosque ralo	562358	9558124
172	3	Cazaderos	Bosque ralo	566492	9558960
173	4	Cazaderos	Matorral	570061	9559331
174	4	Mangahurco	Matorral	577433	9555075
175	4	Mangahurco	Matorral	561910	9540571
176	4	Mangahurco	Matorral	561790	9540690
177	4	Mangahurco	Matorral	561473	9540264
178	4	Cazaderos	Matorral	570061	9559331
179	4	Mangahurco	Matorral	577433	9555075
180	4	Mangahurco	Matorral	561910	9540571
181	4	Mangahurco	Matorral	561790	9540690
182	4	Mangahurco	Matorral	561473	9540264
183	4	Bolaspambas	Matorral	569419	9537552
184	4	Bolaspambas	Matorral	572745	9537194
185	4	Bolaspambas	Matorral	572263	9537627
186	4	Bolaspambas	Matorral	573479	9538183
187	4	Bolaspambas	Matorral	574103	9538568
188	4	Garzareal	Matorral	578190	9525748
189	4	Garzareal	Matorral	577881	9525588
190	4	Garzareal	Matorral	578055	9525488
191	4	Garzareal	Matorral	578168	9525250
192	4	Garzareal	Matorral	578535	9525431
193	4	Limonas	Matorral	567399	9509004
194	4	Limonas	Matorral	565924	9508358
195	4	Limonas	Matorral	566264	9508115
196	4	Limonas	Matorral	566199	9507808
197	4	Limonas	Matorral	566464	9506961
198	4	Limonas	Matorral	565892	9507139
199	4	Limonas	Matorral	565889	9507365
200	4	Limonas	Matorral	565543	9507494
201	4	Limonas	Matorral	565326	9506886
202	4	Limonas	Matorral	563173	9507559
203	4	Limonas	Matorral	562821	9507643
204	4	Limonas	Matorral	566933	9511309

Cuadro 19. *Continuación...*

205	4	Limones	Matorral	567447	9512192
206	4	Limones	Matorral	567137	9512764
207	4	Limones	Matorral	568039	9512337
208	4	Limones	Matorral	576131	9517355
209	4	Limones	Matorral	575682	9517281
210	4	Limones	Matorral	575329	9517171
211	4	Limones	Matorral	576108	9516608
212	4	Limones	Matorral	575801	9515913
213	4	Limones	Matorral	567075	9509211
214	4	Limones	Matorral	567389	9509502
215	4	Zapotillo	Matorral	571070	9506578
216	4	Zapotillo	Matorral	571613	9507834
217	4	Zapotillo	Matorral	567925	9505526
218	4	Zapotillo	Matorral	582394	9514848
219	4	Zapotillo	Matorral	581331	9514486
220	4	Zapotillo	Matorral	585335	9519158
221	4	Zapotillo	Matorral	586761	9522043
222	4	Zapotillo	Matorral	588774	9523332
223	4	Zapotillo	Matorral	584838	9518344
224	4	Zapotillo	Matorral	584261	9518921
225	4	Zapotillo	Matorral	579600	9515481
226	5	Mangahurco	Cultivos	561268	9537816
227	5	Mangahurco	Cultivos	563193	9539503
228	5	Mangahurco	Cultivos	565026	9537514
229	5	Mangahurco	Cultivos	572727	9547554
230	5	Mangahurco	Cultivos	570270	9549838
231	5	Mangahurco	Cultivos	570181	9549201
232	5	Mangahurco	Cultivos	570840	9549441
233	5	Mangahurco	Cultivos	573777	9549981
234	5	Mangahurco	Cultivos	574418	9551098
235	5	Mangahurco	Cultivos	566077	9551627
236	5	Bolaspambas	Cultivos	573592	9540730
237	5	Bolaspambas	Cultivos	573456	9541312
238	5	Bolaspambas	Cultivos	573537	9541649
239	5	Bolaspambas	Cultivos	579353	9546071

Cuadro 19. *Continuación...*

240	5	Bolaspambas	Cultivos	580011	9546901
241	5	Bolaspambas	Cultivos	579831	9546325
242	5	Bolaspambas	Cultivos	578548	9547137
243	5	Bolaspambas	Cultivos	577950	9546543
244	5	Bolaspambas	Cultivos	577433	9550760
245	5	Bolaspambas	Cultivos	578380	9551692
246	5	Paletillas	Cultivos	589148	9541517
247	5	Paletillas	Cultivos	588162	9542549
248	5	Paletillas	Cultivos	589241	9542189
249	5	Paletillas	Cultivos	588029	9541124
250	5	Paletillas	Cultivos	582947	9541290
251	5	Paletillas	Cultivos	582408	9542788
252	5	Paletillas	Cultivos	588102	9543867
253	5	Paletillas	Cultivos	582528	9545425
254	5	Paletillas	Cultivos	584026	9545306
255	5	Paletillas	Cultivos	581843	9541057
256	5	Garzareal	Cultivos	581147	9518494
257	5	Garzareal	Cultivos	582822	9520503
258	5	Garzareal	Cultivos	583003	9521135
259	5	Garzareal	Cultivos	583882	9522477
260	5	Garzareal	Cultivos	584169	9522764
261	5	Garzareal	Cultivos	585106	9524081
262	5	Garzareal	Cultivos	587677	9524632
263	5	Garzareal	Cultivos	587126	9524579
264	5	Garzareal	Cultivos	582833	9534237
265	5	Garzareal	Cultivos	582535	9534840
266	5	Garzareal	Cultivos	580356	9517651
267	5	Garzareal	Cultivos	579951	9517435
268	5	Garzareal	Cultivos	580368	9518184
269	5	Limonas	Cultivos	569901	9514910
270	5	Limonas	Cultivos	569790	9515012
271	5	Limonas	Cultivos	569653	9514871
272	5	Limonas	Cultivos	569519	9514916
273	5	Limonas	Cultivos	568337	9512897
274	5	Limonas	Cultivos	568468	9512775

Cuadro 19. Continuación...

275	5	Limones	Cultivos	568124	9509603
276	5	Limones	Cultivos	567737	9508163
277	5	Limones	Cultivos	567673	9508099
278	5	Limones	Cultivos	567549	9508076
279	5	Limones	Cultivos	567427	9508092
280	5	Limones	Cultivos	562277	9507532
281	5	Limones	Cultivos	560940	9514801
282	5	Zapotillo	Cultivos	567631	9504372
283	5	Zapotillo	Cultivos	567246	9504553
284	5	Zapotillo	Cultivos	570448	9508852
285	5	Zapotillo	Cultivos	570731	9509769
286	5	Zapotillo	Cultivos	574747	9510278
287	5	Zapotillo	Cultivos	581629	9518934
288	5	Zapotillo	Cultivos	580970	9517975
289	5	Zapotillo	Cultivos	584872	9522937
290	5	Zapotillo	Cultivos	585395	9523209
291	5	Zapotillo	Cultivos	586795	9523627
292	5	Zapotillo	Cultivos	598891	9530921
293	5	Zapotillo	Cultivos	575312	9510278
294	5	Cazaderos	Cultivos	559799	9553670
295	5	Cazaderos	Cultivos	559635	9553818
296	5	Cazaderos	Cultivos	559484	9553752
297	5	Cazaderos	Cultivos	559264	9553876
298	5	Cazaderos	Cultivos	559282	9553650
299	5	Cazaderos	Cultivos	559388	9553535
300	5	Cazaderos	Cultivos	559274	9553512
301	5	Cazaderos	Cultivos	559062	9553249
302	5	Cazaderos	Cultivos	559033	9553107
303	5	Cazaderos	Cultivos	557794	9548634
304	5	Cazaderos	Cultivos	557896	9548532
305	5	Cazaderos	Cultivos	557828	9547872
306	6	Mangahurco	Pastizales	573238	9550460
307	6	Mangahurco	Pastizales	570498	9550349
308	6	Mangahurco	Pastizales	577110	9554968
309	6	Mangahurco	Pastizales	560771	9546384

Cuadro 19. *Continuación...*

310	6	Mangahurco	Pastizales	573152	9550380
311	6	Bolaspambas	Pastizales	579476	9547800
312	6	Bolaspambas	Pastizales	579282	9547567
313	6	Bolaspambas	Pastizales	579388	9547283
314	6	Bolaspambas	Pastizales	578250	9546743
315	6	Bolaspambas	Pastizales	578005	9547047
316	6	Paletillas	Pastizales	580883	9536259
317	6	Paletillas	Pastizales	580805	9536344
318	6	Paletillas	Pastizales	580661	9536297
319	6	Paletillas	Pastizales	580762	9536185
320	6	Paletillas	Pastizales	581420	9537735
321	6	Garzareal	Pastizales	580699	9536047
322	6	Garzareal	Pastizales	580793	9536005
323	6	Garzareal	Pastizales	580893	9536027
324	6	Zapotillo	Pastizales	578303	9512322
325	6	Zapotillo	Pastizales	578197	9512364
326	6	Zapotillo	Pastizales	578402	9511886
327	7	Mangahurco	Cuerpos de agua	564140	9537766
328	7	Mangahurco	Cuerpos de agua	564046	9537963
329	7	Mangahurco	Cuerpos de agua	563988	9538280
330	7	Mangahurco	Cuerpos de agua	563959	9538600
331	7	Mangahurco	Cuerpos de agua	563936	9538910
332	7	Bolaspambas	Cuerpos de agua	569761	9538293
333	7	Bolaspambas	Cuerpos de agua	569836	9538051
334	7	Bolaspambas	Cuerpos de agua	570562	9537359
335	7	Bolaspambas	Cuerpos de agua	571859	9536495
336	7	Bolaspambas	Cuerpos de agua	573242	9537693
337	7	Paletillas	Cuerpos de agua	576160	9537499
338	7	Paletillas	Cuerpos de agua	576295	9537401
339	7	Paletillas	Cuerpos de agua	575841	9537250
340	7	Paletillas	Cuerpos de agua	575671	9537247
341	7	Paletillas	Cuerpos de agua	575519	9537257
342	7	Garzareal	Cuerpos de agua	586800	9524195
343	7	Garzareal	Cuerpos de agua	586872	9524201
344	7	Garzareal	Cuerpos de agua	586961	9524157

Cuadro 19. *Continuación...*

345	7	Garzareal	Cuerpos de agua	587050	9524111
346	7	Garzareal	Cuerpos de agua	587124	9524078
347	7	Garzareal	Cuerpos de agua	587202	9524071
348	7	Limonas	Cuerpos de agua	566948	9507719
349	7	Limonas	Cuerpos de agua	567811	9508101
350	7	Limonas	Cuerpos de agua	568494	9512375
351	7	Limonas	Cuerpos de agua	568347	9512257
352	7	Limonas	Cuerpos de agua	568047	9511995
353	7	Limonas	Cuerpos de agua	568124	9511054
354	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	578551	9511456
355	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	578762	9511534
356	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	584560	9514999
357	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	586490	9516561
358	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	581626	9519266
359	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	582261	9519950
360	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	580841	9517696
361	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	576294	9515285
362	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	568031	9509314
363	7	Zapotillo	Cuerpos de agua	566111	9506471
364	8	Mangahurco	Infraestructura	563109	9540690
365	8	Mangahurco	Infraestructura	562989	9540601
366	8	Mangahurco	Infraestructura	562929	9540690
367	8	Mangahurco	Infraestructura	563011	9540750
368	8	Mangahurco	Infraestructura	563079	9540611
369	8	Bolaspambas	Infraestructura	572758	9537683
370	8	Bolaspambas	Infraestructura	573537	9538653
371	8	Bolaspambas	Infraestructura	573722	9538933
372	8	Bolaspambas	Infraestructura	573899	9539048
373	8	Bolaspambas	Infraestructura	580670	9552198
374	8	Bolaspambas	Infraestructura	580615	9552115
375	8	Bolaspambas	Infraestructura	580591	9552180
376	8	Bolaspambas	Infraestructura	580686	9552138
377	8	Paletillas	Infraestructura	579023	9537883
378	8	Paletillas	Infraestructura	578986	9537919
379	8	Paletillas	Infraestructura	578985	9537897

Cuadro 19. *Continuación...*

380	8	Paletillas	Infraestructura	580711	9539692
381	8	Paletillas	Infraestructura	580732	9539645
382	8	Paletillas	Infraestructura	580812	9539601
383	8	Paletillas	Infraestructura	580665	9539583
384	8	Garzareal	Infraestructura	586604	9524568
385	8	Garzareal	Infraestructura	586484	9524508
386	8	Garzareal	Infraestructura	586424	9524388
387	8	Garzareal	Infraestructura	586304	9524268
388	8	Garzareal	Infraestructura	584509	9524071
389	8	Garzareal	Infraestructura	584595	9523972
390	8	Limonas	Infraestructura	568649	9512993
391	8	Limonas	Infraestructura	571834	9515664
392	8	Limonas	Infraestructura	571878	9515484
393	8	Limonas	Infraestructura	571895	9515347
394	8	Limonas	Infraestructura	567224	9508654
395	8	Limonas	Infraestructura	567401	9508451
396	8	Limonas	Infraestructura	567449	9508334
397	8	Limonas	Infraestructura	567544	9508278
398	8	Limonas	Infraestructura	566525	9507965
399	8	Limonas	Infraestructura	566525	9507839
400	8	Zapotillo	Infraestructura	566666	9505627
401	8	Zapotillo	Infraestructura	566797	9505580
402	8	Zapotillo	Infraestructura	567208	9504933
403	8	Zapotillo	Infraestructura	583965	9515031
404	8	Zapotillo	Infraestructura	584149	9515088
405	8	Zapotillo	Infraestructura	584310	9515183
406	8	Zapotillo	Infraestructura	583798	9515211
407	8	Zapotillo	Infraestructura	589265	9527686
408	8	Zapotillo	Infraestructura	589373	9527445
409	8	Zapotillo	Infraestructura	589265	9527686
410	8	Zapotillo	Infraestructura	589373	9527445
411	8	Zapotillo	Infraestructura	584310	9515183
412	8	Zapotillo	Infraestructura	584149	9515088
413	8	Zapotillo	Infraestructura	583965	9515031
414	8	Zapotillo	Infraestructura	583798	9515211

Cuadro 19. *Continuación...*

415	8	Cazaderos	Infraestructura	560362	9553924
416	8	Cazaderos	Infraestructura	560318	9553867
417	8	Cazaderos	Infraestructura	560229	9553810
418	8	Cazaderos	Infraestructura	560355	9553861
419	8	Cazaderos	Infraestructura	560353	9553896
420	8	Cazaderos	Infraestructura	560245	9553869
421	8	Zapotillo	Infraestructura	566883	9505633
422	8	Zapotillo	Infraestructura	566928	9505675
423	8	Zapotillo	Infraestructura	578182	9511825
424	8	Zapotillo	Infraestructura	578202	9511689
425	9	Mangahurco	Suelos desnudos	563588	9540151
426	9	Mangahurco	Suelos desnudos	563588	9540031
427	9	Mangahurco	Suelos desnudos	562569	9540724
428	9	Mangahurco	Suelos desnudos	562604	9540523
429	9	Mangahurco	Suelos desnudos	562629	9540331
430	9	Garzareal	Suelos desnudos	588206	9526575
431	9	Garzareal	Suelos desnudos	587838	9526575
432	9	Garzareal	Suelos desnudos	587438	9525916
433	9	Garzareal	Suelos desnudos	587083	9525462
434	9	Garzareal	Suelos desnudos	586671	9524873
435	9	Limonos	Suelos desnudos	567155	9508818
436	9	Limonos	Suelos desnudos	566866	9508689
437	9	Limonos	Suelos desnudos	567089	9508537
438	9	Limonos	Suelos desnudos	572314	9515662
439	9	Limonos	Suelos desnudos	572778	9515300
440	9	Limonos	Suelos desnudos	572733	9514588
441	9	Limonos	Suelos desnudos	570844	9514531
442	9	Limonos	Suelos desnudos	572394	9516262
443	9	Zapotillo	Suelos desnudos	567022	9505684
444	9	Zapotillo	Suelos desnudos	566975	9505813
445	9	Zapotillo	Suelos desnudos	570679	9505276
446	9	Zapotillo	Suelos desnudos	570211	9505267
447	9	Zapotillo	Suelos desnudos	572178	9506311
448	9	Zapotillo	Suelos desnudos	584648	9515922
449	9	Zapotillo	Suelos desnudos	584530	9517088
450	9	Zapotillo	Suelos desnudos	589665	9526867