



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

PROYECTO DE GRADO PARA LA  
OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL  
MEDIO AMBIENTE

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS COBERTURAS  
VEGETALES DEL VOLCÁN ILALO, EN TRES PERIODOS  
1983, 1996 Y 2010”**

**LÓPEZ ESTÉVEZ MARÍA CRISTINA**

AUTORA

**ING. PÉREZ PABLO**

DIRECTOR DE TESIS

**ING. CRUZ MARIO**

CO-DIRECTOR DE TESIS

Sangolquí – Ecuador

MAYO – 2014

**CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE****CERTIFICACIÓN**

Certifico que la señora María Cristina López Estévez, realizó el presente proyecto de grado Titulado: “Estudio comparativo de las coberturas vegetales del Volcán Ilaló, en tres periodos 1983, 1996 y 2010”, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniera Geógrafa y del Medio Ambiente.

Sangolquí, Mayo de 2014

.....

Ing. Pablo Pérez

DIRECTOR DE TESIS

.....

Ing. Mario Cruz

CO-DIRECTOR DE TESIS

## CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

### AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo: María Cristina López Estévez

#### DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado: “ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS COBERTURAS **VEGETALES DEL VOLCÁN ILALÓ, EN TRES PERIODOS 1983, 1996, Y 2010**”. Ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que se encuentran en el documento y cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Mayo de 2014

.....  
María Cristina López Estévez

## CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

### AUTORIZACIÓN

Yo: María Cristina López Estévez

Autorizo a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE. La publicación, en la biblioteca virtual, el proyecto titulado: “**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS COBERTURAS VEGETALES DEL VOLCÁN ILALÓ, EN TRES PERIODOS 1983, 1996, Y 2010**”. Cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Mayo de 2014

.....  
María Cristina López Estévez

## DEDICATORIA

*A mis padres Milton y Susy que siempre me apoyaron, guiaron y aconsejaron en el trayecto de mi vida, a mis amados hermanos Ricardo y Dayanita, ñaña gracias por toda tu ayuda.*

*Al amor y apoyo incondicional de mi amado esposo Santy, y en especial a mis tiernos hijos. Ismael y Mikaela, ya que he robado gran parte de su tiempo para poder culminar este sueño.*

*Mi precioso Ismael, gracias por ser la compañía en mis noches de desvelo, por los ánimos que me das y junto a Mikaela mi preciosa han sido el motor que me impulsa cada día para seguir adelante. Los amo.*

*A la memoria de mis papás +Gonzalo y +Alfonso este triunfo también es suyo.*

*María Cristina López Estévez*

*MCLE*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, gracias por ser la luz que guía mi camino en todo el trayecto de mi vida. Por enseñarme minuto a minuto lo importante que es, ser mejor humano, mejor persona cada día y que el resto viene por añadidura. Gracias mi Dios.

Al Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, representado por el Arq. René Vallejo – Director de la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda (STHYV), que puso a disposición de este proyecto las instalaciones, equipos, información y materiales.

Al Sr. Ingeniero Pablo Pérez y Sr. Ingeniero Mario Cruz, por sus valiosos aportes para realizar este trabajo.

A todos mis maestros de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente (CIGMA) que me ofrecieron todos sus conocimientos durante mi vida universitaria, en especial a la Ing. Oliva Atiaga, al Dr. Alfonso Tierra, Ing. Francisco León e Ing. Alexander Robayo, quienes me impulsaron para seguir a delante, y me dieron muchísimo apoyo en momentos difíciles.

A la gran amistad, apoyo y colaboración de mi gran amigo Lenin, para la culminación del proyecto. Y especialmente a todos quienes siempre estuvieron pendientes de mí.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	ii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
<b>CAPITULO I.</b> ....	10
1 INTRODUCCIÓN .....	10
1.1 ANTECEDENTES .....	10
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	11
1.3 OBJETIVOS .....	12
1.4 METAS.....	12
1.5 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	13
1.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS ÁREAS NATURALES EN EL DMQ. ....	14
1.7 EL VOLCÁN ILALÓ RESPECTO AL DMQ.....	16
1.7.1 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DEL VOLCÁN ILALÓ. ....	17
1.8 CONFORMACIÓN DEL DMQ. ....	19
1.9 DESCRIPCIÓN TERRITORIAL DEL DMQ. ....	20
1.9.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	21
1.9.2 CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	22
1.10 ANÁLISIS DE NORMATIVAS PARA ÁREAS NATURALES EN EL DMQ. ....	22
<b>CAPITULO II</b> .....	24
2 MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 FOTOGRAMETRÍA .....	25
2.1.1 FUNDAMENTOS DE LA FOTOGRAMETRÍA.....	26

2.1.1.1 Fotografías Aéreas Analógicas .....	26
2.1.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA FOTOGRAMETRÍA .....	27
2.1.2.1 Resoluciones de las Fotografías Aéreas.....	27
2.1.2.2 Métodos de Adquisición de Fotografía Aérea Digitales.....	29
2.1.3 ORIENTACIONES. ....	31
.Orientación Interior.....	31
.Orientación Exterior.....	32
2.1.4 MODELOS DIGITALES DEL TERRENO .....	34
2.1.5 ORTORECTIFICACIÓN .....	35
2.2 PLAN GENERAL DE DESARROLLO TERRITORIAL (PGDT). ....	38
2.3 PLAN DE USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO (PUOS). ....	39
2.4 ESTUDIO MULTITEMPORAL. ....	39
2.5 METODOLOGÍA CORINE LAND COVER. ....	42
2.6 GEODATABASE (GDB). ....	43
2.6.1 DEFINICIÓN. ....	43
2.6.2 ELEMENTOS DE UNA GEODATABASE. ....	44
.Feature Dataset.....	44
.Feature Class .....	44
2.7 GEOMETRÍA Y TOPOLOGÍA. ....	45
.Conectividad.....	46
.Continuidad .....	46
2.8 COORDENADAS Y PROYECCIÓN.....	46



<b>CAPÍTULO III.</b> ....	49
3 METODOLOGÍA, DESARROLLO Y RESULTADOS DEL PROYECTO. ....	49
3.1 LEVANTAMIENTO Y ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN. ....	49
3.2 RECOPIACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE.....	49
3.3 CARTOGRAFÍA BASE EMPLEADA. ....	50
3.4 ESTRUCTURACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA BASE Y TEMÁTICA EN UNA GEODATABASE.....	51
3.5 METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	54
3.5.1 ELABORACIÓN DE ORTOFOTOMOSAICOS EN DIFERENTES PERÍODOS 1983, 1996 Y 2010. ....	55
.Toma de puntos de control horizontal .....	57
.Ortorrectificación de las fotografías aéreas.....	59
.Proceso de ortorectificación y elaboración de mosaicos.....	63
3.5.2 DETERMINACIÓN DE LAS COBERTURAS NATURALES Y DE INTERVENCIÓN MEDIANTE FOTOINTERPRETACIÓN VISUAL BASADA EN LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER.....	66
.Leyenda Temática.....	66
.Levantamiento de puntos de calibración/comprobación de campo.....	78
.Digitalización .....	81
.Procesos de Edición.....	83
RESULTADOS .....	86
3.6 CAMBIOS DE COBERTURA NATURAL EN LAS FRECUENCIAS 1983, 1996 Y 2010.....	86
.Tasas de cambio de las coberturas naturales por períodos.....	97
.Cambios de las coberturas naturales por períodos.....	98

3.7 COMPARACIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES 2010 DEL ILALÓ CON LA NORMATIVA ESTABLECIDA EN EL MDMQ, AL AÑO 2011 Y DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE CONFLICTO PUOS. ....	102
3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PROCESO MULTITEMPORAL .....	108
3.9 PROPUESTAS DE LÍMITES DE CONSERVACIÓN NATURAL Y DE RECUPERACIÓN DE ÁREAS INTERVENIDAS .....	113
3.9.1 PROPUESTA DE LÍMITE DE CONSERVACIÓN NATURAL EN EL VOLCÁN ILALÓ.....	113
.Mapa de Pendientes .....	115
.Áreas de protección de los cuerpos de agua .....	118
.Áreas naturales 2010 .....	120
3.9.2 Propuesta de recuperación de áreas intervenidas .....	123
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	130
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	130
4.1 Conclusiones .....	130
4.2 Recomendaciones.....	131
BIBLIOGRAFÍA .....	134

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Delimitación del Área de Estudio .....	14
Figura 2: Uso del Suelo según la Normativa del Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial del Ilaló. ....	23
Figura 3: Modelo Digital de Elevación (DEM) Ilaló.....	34
Figura 4: Elementos de una Geodatabase.....	45
Figura 5: Presentación de la restitución de la parroquia de Tumbaco a escala 1:5000 del año 2005 visualizada en el módulo ArcMap de ArcGis (Fuente: IGM – MDMQ).....	50
Figura 6: Presentación de los Personal Geodatabase que contienen los archivos raster y vector almacenados. ....	52
Figura 7: Densificación de los puntos de Control y Evaluación para elaboración de las ortofotos. ....	57
Figura 8: Receptor GPS Astech ProMark 200.....	58
Figura 9: Posproceso en el GNSS de los puntos de control. ....	58
Figura 10: Interfaz de Erdas Imagine 2013 con el módulo de Photogrammetry para la elaboración de las ortofotos de 1983.....	60
Figura 11: Parámetros de la cámara RC10 previo a la Orientación Interior.....	61
Figura 12: Ejemplo de Orientación Interior.....	61
Figura 13: Parámetros de la Orientación Exterior. ....	62
Figura 14: Selección 6 puntos en el área de traslape (Gruber) para Orientación Exterior. ....	62
Figura 15: Proceso de Ortorectificación. ....	63
Figura 16: Elaboración del mosaico. ....	64
Figura 17: Ortofotomosaicos años: 1983, 1996. ....	65

Figura 18: Ejemplo de Zonas urbanas .....	69
Figura 19: Ejemplo de cultivos transitorios.....	70
Figura 20: Ejemplo de cultivos permanentes arbóreos .....	71
Figura 21: Ejemplo de pastos limpios .....	72
Figura 22: Ejemplo de Mosaicos de pastos y cultivos.....	73
Figura 23: Ejemplo de Plantacion forestal.....	74
Figura 24: Ejemplo de arbustal .....	76
Figura 25: Ejemplo Tierra desnuda y degradada .....	77
Figura 26: Río San Pedro.....	78
Figura 27: Herramientas de edición y digitalización de ArcMap.....	82
Figura 28: Interfaz de digitalización y atribución temática del mapa de cobertura 2010. ....	83
Figura 29: Selección de áreas <70 m <sup>2</sup> para la eliminación de ruido para el Mapa de cobertura de 1983. ....	84
Figura 30: Herramienta de eliminación “Eliminate” de ArcToolBox para el Mapa de Cobertura de 1983. ....	84
Figura 31: Ejemplos de edición topológica del Mapa de Cobertura 1983.....	85
Figura 32: Frecuencias de la serie histórica 1983, 1996 y 2010 de Coberturas en el área de estudio. ....	87
Figura 33: Mapa de Cobertura del año 1983 del área de estudio. NIVEL III.....	88
Figura 34: Mapa de Cobertura del año 1983 del área de estudio. NIVEL II.....	89
Figura 35: Mapa de Cobertura del año 1983 del área de estudio. NIVEL I.....	90
Figura 36: Mapa de Cobertura del año 1996 del área de estudio. NIVEL III.....	91
Figura 37: Mapa de Cobertura del año 1996 del área de estudio. NIVEL II.....	92
Figura 38: Mapa de Cobertura del año 1996 del área de estudio. NIVEL I.....	93

Figura 39: Mapa de Cobertura del año 2010 del área de estudio. NIVEL III.....	94
Figura 40: Mapa de Cobertura del año 2010 del área de estudio. NIVEL II.....	95
Figura 41: Mapa de Cobertura del año 2010 del área de estudio. NIVEL I.....	96
Figura 42: Mapa de la Serie Histórica 1983 a 2010 de áreas naturales/intervenidas. ....	101
Figura 43: Mapa de áreas naturales e intervenidas 2010 en el área de estudio....	104
Figura 44: Mapa de Uso de Suelo según el PUOS 2011 en el área de estudio. ....	106
Figura 45: Mapa de Áreas de Conflicto. ....	107
Figura 46: Mapa de Áreas de Conflicto en relación al PUOS 2011. ....	108
Figura 47: Muestra cercana a la cumbre el Ilaló de presencia de pasto limpio (1983) y Plantación Forestal (1996 y 2010). ....	111
Figura 48: Bosque de eucalipto en la zona alta del Ilaló .....	113
Figura 49: Recorrido realizado en campo zona del Ilaló .....	116
Figura 50: Mapa de Pendientes en la zona de estudio. ....	118
Figura 51: Mapa de Áreas de Protección de Cuerpos de Agua en la zona de estudio. ....	120
Figura 52: Mapa de Áreas naturales 2010 en el área de estudio.....	121
Figura 53: Mapa de Áreas de Conservación obtenida mediante el modelo y algebra de mapas para el Ilaló. ....	122
Figura 54: Mapa de Áreas de Conservación propuesto para el Ilaló. ....	123
Figura 55: Zonas erosionadas (Tierras desnudas y degradadas) dentro del área de estudio. ....	126
Figura 56: Mapa de áreas prioritarias para forestación y reforestación en el Ilaló. ....	129

**INDICE DE DIAGRAMAS**

Diagrama 1: Proyecto Fotogramétrico y sus productos. ....	33
Diagrama 2: Proceso para la obtención de Mapas de Coberturas naturales y de intervención 1983, 1996 y 2010.....	54
Diagrama 3: Modelo de Elaboración de ortofotomosaicos.....	56
Diagrama 4: Modelo para comparar las áreas naturales 2010 del Cerro Ilaló con la normativa del PUOS 2011. ....	102
Diagrama 5: Modelo para delimitar una Propuesta de límite de conservación natural en el Ilaló.....	115

## RESUMEN

En Quito y el Distrito Metropolitano han generado grandes cambios a lo largo de los años, por ende se han generado cambios territoriales que de una u otra manera han provocado diferentes cambio y deterioro en las coberturas vegetales debido a las acciones antrópicas.

Es así, que el presente estudio determina los cambios de cobertura vegetal producidos en la zona del volcán Ilaló entre los años 1983, 1996 y 2010, mediante el uso de técnicas geoespaciales, para aplicar en las fotografías aéreas, que han sido la base fundamental en la elaboración de este proyecto. Además, se aplica una adaptación de la metodología de Corine Land Cover, que ha sido el complemento ideal para generar los mapas de coberturas vegetales con diferentes clases, categorías y niveles, empleadas exclusivamente para la zona del Volcán Ilaló.

Estos cambios de cobertura vegetal constituyen una importante información, ya que serán una herramienta de apoyo para toma de decisiones substanciales en los planes de Uso y Ocupación del suelo del distrito Metropolitano de Quito, a su vez proponiendo zonas de conservación natural, y su posible recuperación en lugares intervenidos, especialmente en la conservación de zonas ecológicas.

Palabras claves: **VOLCÁN ILALÓ**

**COBERTURA VEGETAL**

**FOTOGRAFÍAS AÉREAS**

**CORINE LAND COVER**

## **ABSTRACT**

In Quito Metropolitan District and generated large changes over the years, hence territorial changes were generated that one way or another have caused different changes and deterioration of vegetation cover due to human actions.

Thus, the present study determined the changes of vegetation produced in the vicinity of Ilaló volcano between 1983, 1996 and 2010, using geospatial on the development of this project. Furthermore, an adaptation of the methodology of Corine Land Cover, which has been the ideal to generate maps with different vegetation cover classes, categories and levels, used exclusively for the Volcano area Ilaló supplement applies.

These changes in vegetation cover are important information, because they will be support tool for decision making substantial plans land use and occupancy of the Metropolitan District of Quito, in turn proposing natural conservation areas, and possible recovery operated in places, especially in the conservation of ecological zones.

Ekey words: **ILALÓ VOLCANO**

**VEGETATION COVER**

**AERIAL PHOTOGRAPHY**

**METHODOLOGY CORINE LAND COVER**



## GLOSARIO

WGS84	World Geodetic System 1984
GPS	Global Position System
SIRES	Sistema de Referencia Espacial
DEM	Digital Elevation Model
CLC	Metodología Corine Land Cover
MDMQ	Municipio del Distrito Metropolitano de Quito
STHYV	Secretaría de Territorio Hábitat y vivienda
PGDT	Plan General de Desarrollo Territorial
PUOS	Plan de Uso y Ocupación del Suelo
PMOT	Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial
IGM	Instituto Geográfico Militar
DMPT	Dirección Metropolitana de Planificación Territorial
PSA	Programa de Saneamiento Ambiental
EMAAP-Q	Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable
CLC	Corine Land Cover
GDB	Geodatabase

## **CAPITULO I.**

### **1 INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

La Secretaria de Territorio, Hábitat y Vivienda del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ), se encuentran impulsando la ejecución de estudios a nivel de uso suelo dentro del DMQ. El Ilaló por encontrarse dentro del Distrito y ser una zona de especial interés por tener remanentes de áreas naturales, en medio de dos área de gran expansión urbana como son los valles de los Chillos y Tumbaco.

Según el Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012-2022, el área del Ilaló es un área de intervención especial y recuperación de propiedad pública, que por sus condiciones biofísicas y socioeconómicas previenen desastres naturales, tienen connotaciones históricas culturales, disminuyen la presión hacia las áreas de conservación , posibilitan o permiten la funcionalidad, integridad y conectividad con la Red de Áreas Protegidas y la Red Verde Urbana (corredores verdes) y constituyen referentes para la ciudad. Por sus características beben ser objeto de un manejo especial.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Se deben establecer las áreas utilizables para zonas protección natural, debido a que el crecimiento urbano ha disminuido las áreas naturales que existían antiguamente, actualmente la normativa del MDMQ delimitada por la zonificación realizada por la Dirección Metropolitana de Planeamiento y Políticas de Suelo y Espacio Público, y en vista de que no se ha realizado un estudio multitemporal para diagnosticar el decrecimiento del espacio natural y la comparación del estado actual y la normativa establecida en el Plan de Uso y ocupación del Suelo 2011( PUOS).

Con el propósito de ubicar estas áreas de conflicto, se utilizarán criterios técnicos geoespaciales que determinará las áreas naturales en épocas diferentes y las existentes en la actualidad, además de proponer un límite entre el espacio a ocuparse y a conservarse, que a su vez procuren un mejor ordenamiento territorial, y por ende se conserve a estética paisajística, procurando un desarrollo sustentable de la zona.

### 1.3 OBJETIVOS

- **OBJETIVO GENERAL**

- Realizar un estudio comparativo de la cobertura vegetal del Volcán Ilaló, en tres periodos 1983, 1996, y 2010.

- 

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el estudio multitemporal de las coberturas vegetales del Volcán Ilaló en las frecuencias 1983, 1996 y 2010.
- Estructurar la información básica y temática en una geodatabase.
- Establecer zonas de conflicto entre las coberturas vegetales 2010 y la normativa establecida, al año 2011.
- Generar una propuesta de recuperación de áreas intervenidas.

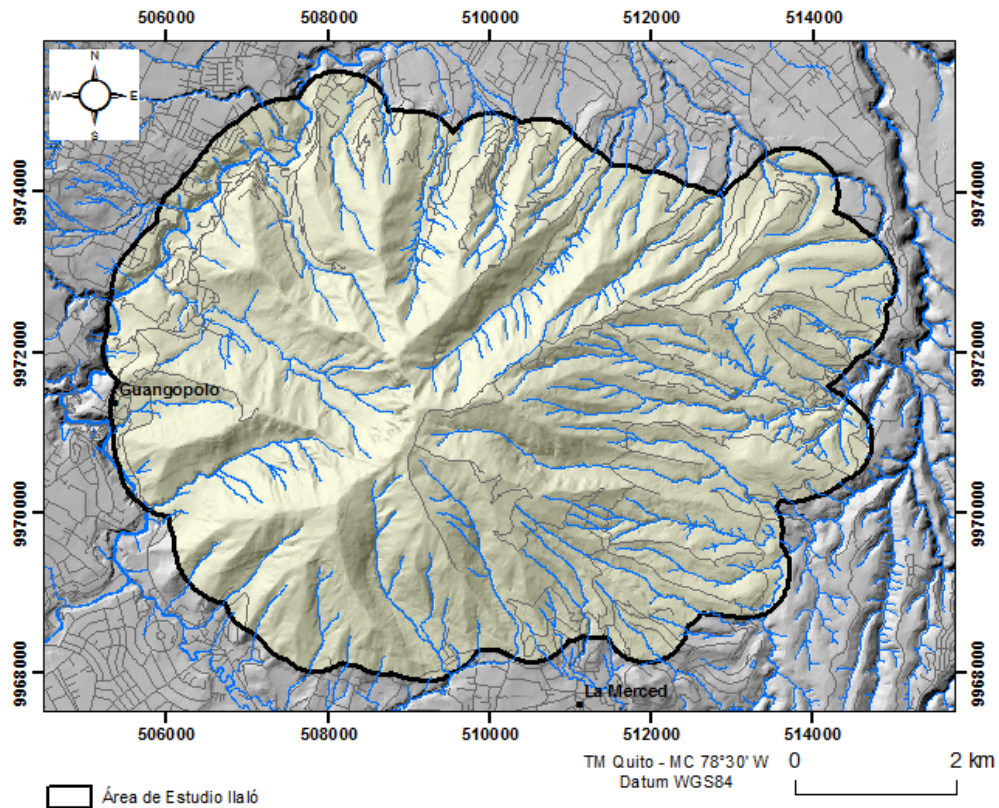
### 1.4 METAS

- Tres mosaicos ortorrectificados a escala 1:5000, correspondientes a 5500 ha, de la zona de estudio.
- Una geodatabase a escala 1: 5000 de los siguientes mapas:
  - Mapa base (vías, hidrografía, curvas de nivel, toponimia, división política administrativa)
  - Mapa de cobertura vegetal del periodo 1983.

- Mapa de cobertura vegetal del periodo 1996.
  - Mapa de cobertura vegetal del periodo 2010.
  - Mapa de un límite de conservación vegetal en el Volcán Ilaló.
  - Mapa de zonas de conflicto entre las áreas vegetales 2010 y la normativa establecida, al año 2011.
  - Mapa de propuesta de recuperación de áreas intervenidas.
- 
- Proponer un límite de conservación de cobertura vegetal en el Volcán Ilaló.
  - Una memoria técnica del modelo cartográfico para determinar la intervención en diferentes periodos y comparar la cobertura vegetal del Volcán Ilaló.

### **1.5 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio se encuentra ubicado dentro del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), Corresponde a la zona del Volcán Ilaló y su área es de aproximadamente de 5500 ha, como se indica en la (Figura 1).



**Figura 1: Delimitación del Área de Estudio**

## **1.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS ÁREAS NATURALES EN EL DMQ.**

La estructura Territorial del Distrito Metropolitano de Quito, ha estado condicionada fuertemente en su forma y sentido de crecimiento por las características geomorfológicas, lo que conlleva un proceso de organización y ocupación del suelo.

“La expansión del DMQ bajo el modelo de desarrollo actual es insostenible: los impactos ambientales ocasionados afectan la eficiencia y competitividad de la ciudad, profundizan la exclusión social y políticamente se encuentran dentro de sus principales problemas.” (Ambiente S. , 2011-2016).

Entonces al hablar de áreas Naturales en el DMQ, y sus características se está haciendo referencia a la propuesta de varios proyectos a ejecutarse para que estas áreas naturales no sean más afectadas, para ello dentro de la propuesta del Plan General de Desarrollo Territorial (PGDT) nos indica el fomentar la forestación en las zonas alrededor de las unidades hidrográficas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Estas estarán principalmente basadas en plantaciones lineales y en bloques lo cual ayudarán a que el suelo mejore su calidad y por ende se evite el desgaste y erosión como lo está sucediendo en la actualidad.

Además dentro de sus propuestas e intervenciones puntuales de protección de las áreas naturales está focalizada en las protecciones de las riberas y cursos de agua, bosques protectores y áreas de protección ecológica, ya que ello garantizará la conservación de los recursos naturales renovables y a su vez preservar los recursos de flora y fauna silvestres, fomentando de esta manera la integración del hombre con la naturaleza, y el equilibrio con la vida silvestre, a su vez generar conciencia ecológica para la creación de un Distrito verde.

### **1.7 EL VOLCÁN ILALÓ RESPECTO AL DMQ.**

Se halla al oriente de la ciudad de Quito (8km), y separa a los valles de los Chillos y de Tumbaco-Cumbayá. El Volcán Ilaló, constituye una estructura que se levanta entre los 2.400 y 3.185 msnm en el norte del callejón interandino.

Su morfología presenta numerosas quebradas (24 microcuencas), que constituyen el área de drenaje de los ríos San Pedro y Chiche.

Administrativamente, se encuentran bajo la jurisdicción política-administrativa de las parroquias Tumbaco de la zona Rumihuaico y La Merced, Alangasí y Guangopolo de la zona de los Chillos, que forman parte del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

El clima en general y el régimen pluviométrico en particular, dependen en gran parte del sistema orográfico de este sector, siendo por lo tanto bastante complejo.

El relieve tiene una influencia permanente en los elementos climáticos; cuando la altitud aumenta, desciende la presión atmosférica, se incrementa la radiación solar, disminuye la temperatura del aire, cambia la trayectoria de los vientos y se modifican las alturas pluviométricas.

El volcán Ilaló se encuentra ubicado en la Depresión Interandina, constituyéndose en la primera estructura geomorfológica visible desde el fondo de ésta depresión, que se encuentra flanqueada al este por las estribaciones de



la Cordillera Real, y al oeste por el Horst de Quito que separa a esta ciudad del Valle Interandino.

El volcán Ilaló, de morfología característicamente plana y profundamente disectado por drenajes de tendencia paralela; y, el valle de Tumbaco, limitado al sur por el volcán Ilaló y al norte por la depresión de Guayllabamba; este valle es ligeramente más seco y caluroso que el de Los Chillos por su cercanía a la línea ecuatorial, lo que le confiere un microclima semidesértico con escasas precipitaciones anuales.

Por otra parte, el Volcán Ilaló en la actualidad está sujeto a presiones que propician su ocupación con asentamientos urbanos, lo cual de continuar conducirá a su deterioro y la pérdida de sus cualidades ambientales. (PSA, 2007)

### **1.7.1 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DEL VOLCÁN ILALÓ.**

Es una pequeña elevación remanente de un antiguo volcán afectado por fuertes procesos erosivos. Estos procesos han modelado numerosas quebradas de sección transversal en “V” y apenas 2 con una sección en “U” (Cornejo, 1983), la mayoría de ellas dispuesta en forma radial.

Del estudio detallado del Ilaló (Cornejo, R., 1983) se desprende que el volcán se compone de brechas y lavas volcánicas, que han sido cubiertas en su mayoría por cangahua en forma periclinal, suavizando la topografía

preexistente. Habiéndose anotado para las lavas, la presencia de diaclasas de origen tectónico y no tectónico como diaclasas debidas al enfriamiento de la lava. La morfología actual del Ilaló no ha sido claramente descifrada especialmente en dos puntos:

- .Las quebradas de sección transversal en “V”, son grandes respecto a los riachuelos que albergan, para que hayan sido producidas por la erosión fluvial de estos últimos.
- Las quebradas en “U” podrían indicar efectos erosivos de glaciares. Sin embargo, su escasez numérica frente a las quebradas en “V” y la ausencia de depósitos glaciares aflorantes contradicen esta posibilidad.

Por otra parte, el volcán Ilaló, luego de haber sido afectado por una fuerte erosión y también por hundimientos que se produjeron en el Valle Interandino, donde este Volcán está localizado, posee actualmente un cota máxima de 3, 185 m.s.n.m.

De tal manera, que el Ilaló también debió haber sido erosionado durante los periodos glaciales pleistocénicos, pero sus productos de erosión no afloran actualmente, puesto que ellos deben esconderse en los alrededores del Ilaló,

bajo la cobertura de cangahua o sedimentos Chichi u otros depósitos que cubrieron el Valle.

Cabe señalar también que este volcán presenta una fuerte escarpa en las proximidades de su cima en el flanco occidental, que debe corresponder al viento principal del Ilaló, puesto que se le ha señalado como un pequeño cráter abierto hacia el W (Olade, s.f) y como una caldera de molida hacia el W por la acción erosiva de las glaciaciones pleistocenas (Sauer, 1965). También se le ha relacionado con una profunda falla NNE- SSW reportada por W. Sauer en su mapa geológico del Ecuador (1957) y apoyado por R. vera (1983, P. 12), habiéndosela señalando como la zona de debilidad, que sirvió de canal para el ascenso del magma que dio lugar a la formación de los dos volcanes Ilaló y Pasochoa.

La morfología del Ilaló es un claro documento de la fuerte erosión sufrida por este volcán, dándoles el aspecto de una estructura volcánica vieja.

### **1.8 CONFORMACIÓN DEL DMQ.**

Según la Ley N°46, que se basa en la Ley de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito. En el título I, en los Principios Generales Art 1. El cantón al que pertenece la capital de la República se denomina Distrito Metropolitano de Quito. Y este además cumplirá la finalidad siguiente:

- 1 Regulará el uso y la adecuada ocupación del suelo y ejercerá control sobre el mismo con competencia exclusiva y privativa. De igual manera regulará y controlará, con competencia exclusiva y privativa las construcciones o edificaciones, su estado, utilización y condiciones;

### **1.9 DESCRIPCIÓN TERRITORIAL DEL DMQ.**

El territorio del Distrito Metropolitano de Quito Correspondía al antiguo asentamiento de la Real Audiencia de Quito, capital del Departamento del Sur. Mediante la Ley de División Territorial de 5 de Junio de 1824 fue elevado a la categoría de Cantón.

Posteriormente, mediante la Ley Orgánica del Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito N° 46, publicada en el Registro Oficial 345 de 27 de Octubre de 1993, se cambia la nominación al cantón Quito por Distrito Metropolitano de Quito, y se definen sus límites como aquellos que correspondían a todo el territorio del Cantón Quito.

Quito fue habitada por varias tribus indígenas entre las que estaban los Quitus, que dieron el nombre a la ciudad, capital de la República del Ecuador. La denominación de San Francisco de Quito viene de la costumbre que tenían los españoles de poner nombre de un santo a las ciudades fundadas por ellos. (PGDP, 2002-2022)

**DATOS:**

Capital: Quito. Fecha de Fundación: 27 de junio de 1824. Superficie: 4204 km<sup>2</sup>. Temperatura media: 22.2° c. Altitud: 2.400 a 4500 msnm.

**LIMITES:**

NORTE: Provincia de Imbabura

SUR : Cantones de Rumiñahui y Mejía

ESTE : Cantones Pedro Moncayo, Cayambe y Provincia de Napo

OESTE: Cantones Pedro Vicente Maldonado, Los Bancos y Santo Domingo de los Colorados.

**1.9.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

El Distrito Metropolitano de QUITO (DMQ), es un centro político, ya que en el albergan todos los organismos gubernamentales, culturales y financieros y productivos del país, tiene una superficie de 423.000 ha aproximadamente y su topografía cuenta con diversos tipos climáticos ubicados entre los 490 y 4.950 msnm. Albergan 17 ecosistemas, con un alto endemismo y biodiversidad. Sin embargo, el gran patrimonio natural del Distrito no es suficientemente reconocido por sus habitantes, a pesar de que aproximadamente 60.46% de su superficie corresponde a bosques y vegetación natural, frente al 5.83 % de la superficie que ocupa la mancha urbana.

### **1.9.2 CRECIMIENTO POBLACIONAL.**

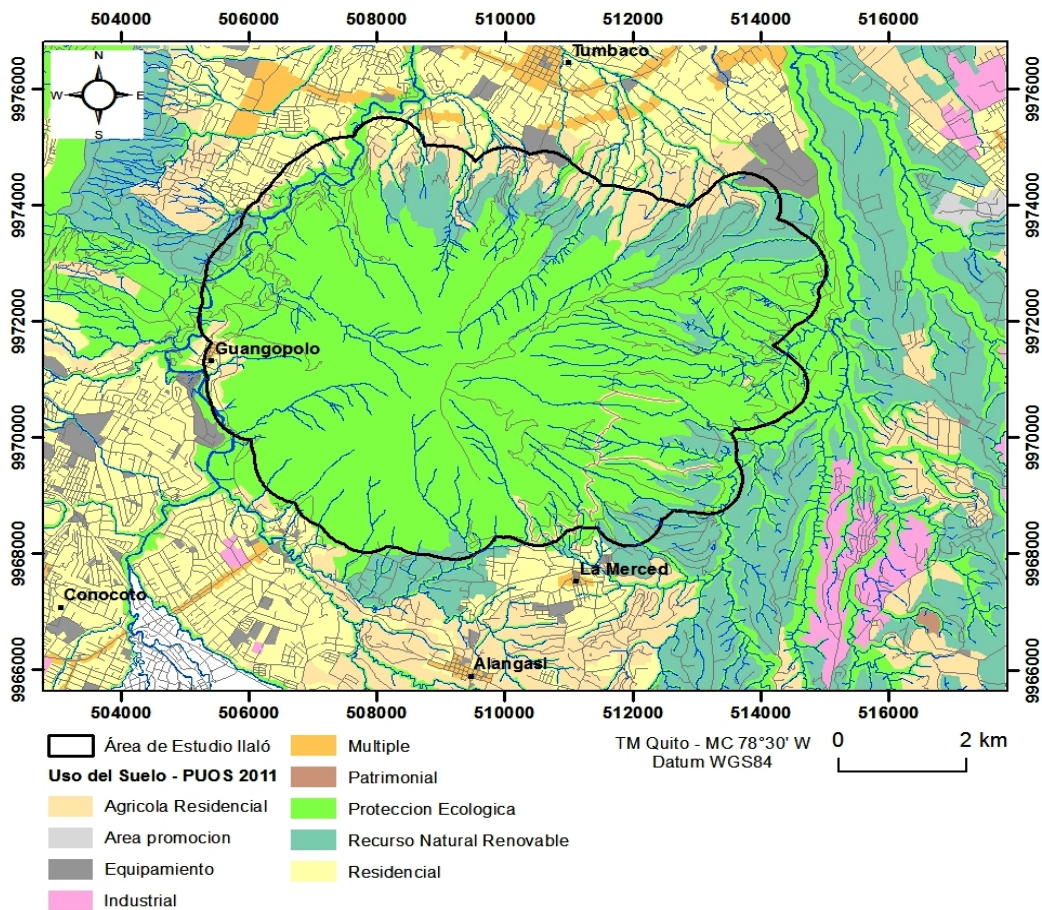
La población del DMQ, al año 2010 era de 2'239.191 habitantes, mientras que para el año 2022 alcanzaría los 2'699.924 habitantes. (Ambiente S. , 2011-2016) De estos, el 72% vive en la zona urbana y el 28% en los valles y áreas rurales dispersas. (Modelo Territorial DMQ, 2011).

### **1.10 ANÁLISIS DE NORMATIVAS PARA ÁREAS NATURALES EN EL DMQ.**

La normativa vigente que establece áreas naturales en DMQ se promulgo bajo Ordenanza Metropolitana No. 171 que establece el Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial (PMOT) en diciembre del 2011, dicha ordenanza fue reformada en octubre del 2013 en aspectos a usos de suelo dentro del Anexo 11 que trata del Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS).

En el Capítulo 4 del PMOT se describe "Un nuevo Modelo Territorial para el DMQ" y en el ítem 4.2 se describe el Sistema de Áreas Protegidas y Corredores Ecológicos y es así que se determinan componentes del Sistema Distrital de Protección Ecológica/Corredores ecológicos, dentro de los cuales se encuentran las áreas de intervención especial y recuperación que "son áreas de propiedad pública, privada o comunitaria que por sus condiciones biofísicas y socioeconómicas, previenen desastres naturales, tienen connotaciones histórico-culturales, disminuyen la presión hacia la áreas de conservación,

posibilitan o permiten la funcionalidad, integridad y conectividad con la Red de Áreas Protegidas y la Red Verde Urbana (corredores verdes) y constituyen referentes para la ciudad. Por sus características deben ser objeto de un manejo especial” dentro de estas áreas se encuentra el Volcán Ilaló. (MDMQ - STHV, 2011) (Figura 2)



**Figura 2:** Uso del Suelo según la Normativa del Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial del Ilaló.

Fuente: STHV-MDMQ

## CAPITULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

El Marco Teórico tiene como principio fundamental el de dar a conocer claramente los conceptos necesarios, para que exista un mejor entendimiento del desarrollo del presente estudio. Es así que dentro de este contexto se han manejado los siguientes temas principales y se detallan a continuación.

- Fotogrametría (Conceptos)
  - Fundamentos de la Fotogrametría
  - Principios básicos de la Fotogrametría
  - Orientaciones
  - Modelos digitales de Terreno
  - Ortorrectificación
- Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS)
- Plan General de Desarrollo Territorial (PGDT)
- Estudio Multitemporal
- Metodología de Corine Land Cover
- Geodatabase



## 2.1 FOTOGRAMETRÍA

En el año 1851, la fotogrametría fue inventada por Laussedat, quien dio a conocer los primeros principios y técnicas fotogramétricas, de ahí en adelante hubo un continuo desarrollo a través de los años, y por ende pasando de la fotogrametría de plancheta, análoga, analítica a la digital. Por otro lado la aplicación más tradicional era la de generar cartografía mediante la restitución fotogramétrica y también se han utilizado para la adquisición de información topográfica o de teledetección y en el proceso de imágenes satelitales e imágenes del rango cercano del espectro electromagnético. (Brito&Coelho., 2002)

**Definición de fotogrametría:** Etimológicamente hablando la fotogrametría proviene de dos vocablos “photon – luz, graphos – escrito, metron - mediciones”, esto quiere decir que trata de la medición realizada mediante el uso de fotografías que están en 2D. Debido a que existió un gran debate de la definición exacta se llegó a un consenso y de manera general, la Fotogrametría es la ciencia de la tecnología de reconstruir el espacio tridimensional 3D, o parte del mismo a partir de imágenes bidimensionales obtenidas por sensores remotos. (Jaurequi, 2005).

## **2.1.1 FUNDAMENTOS DE LA FOTOGRAMETRÍA**

### **2.1.1.1 Fotografías Aéreas Analógicas**

Estas fotografías se obtienen mediante el uso de cámaras fotogramétricas que contienen planos focales sensibilizados para la luz que llega hasta él. Según Brito&Coelho, contiene un sistema de adherencia al vacío, con sistemas de envoltura y descompresión, que permiten el avance automático de una película, sin la formación de imágenes dobles y mezclas.

Una película fotográfica pancromática patrón, está compuesta básicamente por la emulsión y la base.

#### **La emulsión:**

La emulsión consta de Cristales sensibles a la luz, distribuidos uniformemente en una capa homogénea, sobre un material base adecuado.

Los cristales sensibles a la luz son los haluros de plata (sal compuesta de plata y un halógeno cloro, bromo o yodo).

#### **La base:**

Es el material soporte para la emulsión fotográfica, puede ser: vidrio (para trabajos de exactitud geométrica) o soporte flexible (de uso general, hechos de acetato de celulosa o de poliéster con espesor de décimas de mm).

En cada parte de la película llegará la luz en longitudes de onda e intensidades diferentes (una vez que cada objeto refleje y/o emite energía de formas diferentes), dará lugar a que se forme un negativo, de acuerdo a la medida en que el haluro de plata depositado en la película reacciona con la luz captada, es así que, cuando más oscura es la imagen más claros son los objetos de la toma. De un negativo revelado se obtiene la fotografía aérea empleada en la fotogrametría.

## **2.1.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA FOTOGRAMETRÍA**

### **2.1.2.1 Resoluciones de las Fotografías Aéreas**

Según (Brito&Coelho., 2002) Toda fotografía aérea posee cuatro resoluciones básicas, y estas son:

1. La resolución espacial
2. La resolución radiométrica
3. Resolución espectral
4. Resolución temporal

Cada una de estas, son parámetros básicos de evaluación para la capacidad de adquisición de datos.

**La resolución espacial,** es la capacidad de distinguir objetos tan pequeños como la fotografía lo permita. Por ejemplo: una resolución de 50 cm, quiere decir que el menor objeto a ser distinguido tendrá una dimensión de 50 cm; objetos menores no serán visualizados. Cuantitativamente la resolución espacial se expresa por el número de líneas por mm (l/mm) que se distinguen en la fotografía. La determinación de la resolución espacial se puede realizar visualmente (proceso rudimentario) o en laboratorio mediante patrones regulares de transición “blanco al negro”.

**La resolución radiométrica,** es un factor que está relacionado con la capacidad de distinguir las menores variaciones posibles de incidencia de energía en la película. Por ejemplo, en una imagen que apenas se distingan dos tonos: negro y blanco, se tiene una resolución radiométrica mucho menor que en una imagen que se distingan varias tonalidades de grises, dentro de la misma faja de exposición.

**Resolución espectral,** señala el número de bandas del espectro y el rango de cada banda que la imagen es capaz de cubrir, en el caso de las fotografías aéreas tradicionales el rango que se cubre está dentro del espectro visible.

**Resolución temporal**, se relaciona con el tiempo de toma lo que permite realizar estudios multitemporales. Es un medio muy útil para aplicaciones temáticas como: el crecimiento urbano, estudios de deforestación, cambios de cursos de ríos, cambios del uso de suelo, estudios ambientales, etc.

### 2.1.2.2 Métodos de Adquisición de Fotografía Aérea Digitales

Básicamente existen dos maneras de obtener fotografías aéreas digitales; (Brito&Coelho., 2002) el primero es por medio de la digitalización matricial de fotografías aéreas analógicas, mediante la utilización de *escáneres fotogramétricos*. El segundo método es por la toma directa en formato digital, a partir de cámaras fotogramétricas digitales.

Para el primer método de adquisición digital, existe una variedad de escáneres como el escáner comercial y de bajo costo, pero a pesar de disponer de la resolución espacial y radiométrica, introducen distorsiones geométricas fuera del rango aceptable. En este tipo de escáner se coloca la imagen sobre la mesa de vidrio del escáner, posteriormente la matriz CCD's (dispositivos de acoplamiento por carga) recorrerá frontalmente la imagen, grabando los valores de los números digitales de los píxeles que componen el archivo digital.

Una matriz CCD es un conjunto de pequeños diodos sensibles a la luz que convierten los fotones de luz en electrones, generando una pequeña corriente

en cada uno de los detectores. De esta forma, cuanto mayor sea la cantidad de energía que llegue al detector, mayor será la corriente generada por el mismo.

Los escáneres adecuados para la fotogrametría de alta calidad son los escáneres de tambor o los escáneres al vacío. Utilizan la tecnología PMT (photo multiplier tube). El documento a ser digitalizado se coloca en un cilindro de vidrio (escáneres de tambor) o se coloca al vacío en una superficie lisa (escáneres al vacío). En la parte central del sistema hay un sensor que separa la luz reflejada por el documento en tres rayos. Cada rayo es enviado a un filtro colorido donde la luz es transformada en una señal eléctrica, de modo semejante a los escáneres de mesa.

Los escáneres vienen con un software de configuración donde se definen los parámetros radiométricos, como: digitalización en tono de grises o color, cantidad de bits por pixel y otros. La graduación de los diferentes tonos de una imagen se hace de la siguiente forma: un tono más claro equivale una corriente más alta generada por la imagen y un tono más oscuro produce una corriente más baja generada por la imagen. Dentro de este intervalo, se divide la variación entre la corriente más alta y una más baja por el número de tonos envueltos.

Una de las principales desventajas de la digitalización de fotografías aéreas analógicas radica en la pérdida de resolución espacial, de esta manera

una fotografía analógica puede ser ampliada hasta 10 veces, mientras que una digital solo llega a una ampliación de 5 veces.

### **2.1.3 ORIENTACIONES.**

#### **.Orientación Interior**

Esta orientación tiene como fin reconstruir la geometría interna de la cámara en el momento de la toma. Las imágenes obtenidas en formato digital, no contienen ninguna información métrica, solamente cuentan con un sistema de coordenadas de píxeles, propios de las imágenes digitales; por tanto, se torna necesario reconstruir el sistema interno de la cámara en el momento de la toma. De esta forma se pueden realizar medidas con un grado aceptable de precisión.

El proceso de orientación interior se realizaba desde la época de la fotogrametría analítica, centrando el par de fotos que componen el modelo en el porta placas, de tal manera que coincidan las marcas fiduciales de las fotografías con las marcas del porta placas, y el posicionamiento de la distancia focal.

Otra alternativa consistía en calcular los parámetros de transformación entre el sistema de las fotografías y cámara. El restituidor analítico poseía un mecanismo para medir las coordenadas de las marcas fiduciales en el sistema

propio del restituidor. El sistema final foto-cámara se expresaba por las coordenadas fotográficas de las marcas fiduciales y por la distancia focal calibrada, del certificado de calibración de la cámara. Finalmente se realizaba un ajuste para obtener los coeficientes de transformación entre los dos sistemas y de esta manera permanece posicionado en un sistema cartesiano.

En la restitución digital el proceso teórico básico se mantiene, pero el sistema inicial es un sistema de píxeles. El proceso se realiza mediante la asistencia del software de fotogrametría digital que realiza las mediciones de las coordenadas de las marcas fiduciales en el sistema de píxeles, con y sin intervención del operador. En adelante el proceso es similar a la fotogrametría analítica, con el ingreso de los valores del certificado de calibración de la cámara y el ajuste para definir los parámetros de transformación entre un sistema y otro.

### **.Orientación Exterior**

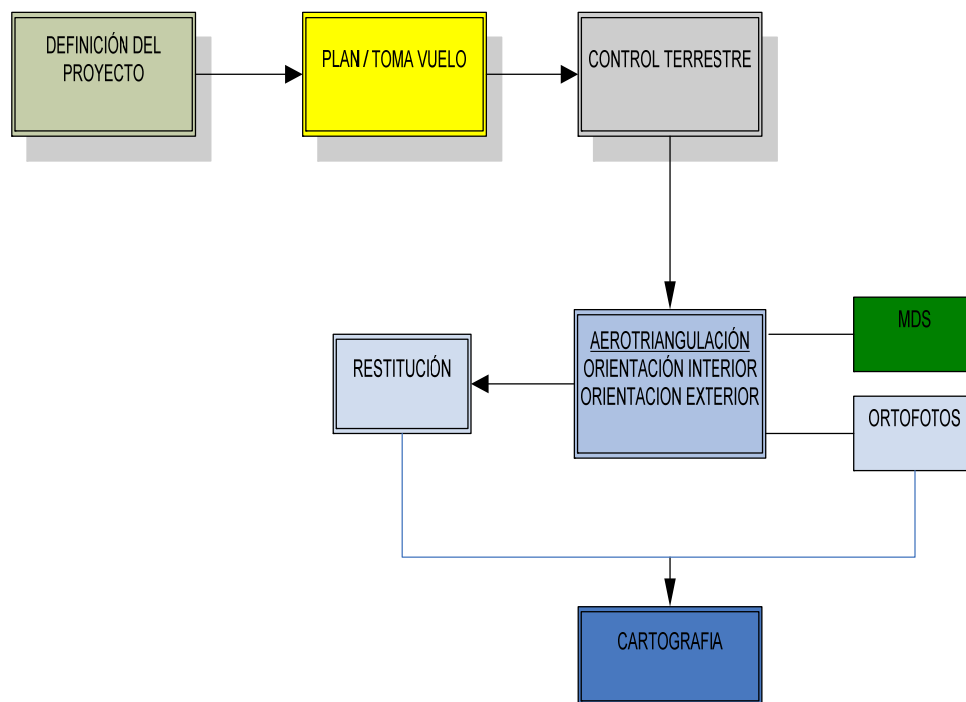
Este tipo de orientación tiene como fin obtener la posición y altitud de cada foto en relación a la referencia espacio objeto.

Una fotografía está orientada exteriormente al conocer los seis parámetros de orientación exterior: coordenadas en el espacio objeto para el centro de perspectiva, los ángulos de rotación y de altitud del avión ( $\Phi$ ,  $\omega$ ,  $\kappa$ ).



En la fotogrametría analógica y analítica, se divide en dos procesos: la orientación relativa y la orientación absoluta. La orientación relativa es referenciada a cada eje en relación a su homólogo, reconstruyendo la posición exacta de un par en el espacio durante la toma de las fotos. La orientación absoluta, referenciada al par de ejes en relación al terreno.

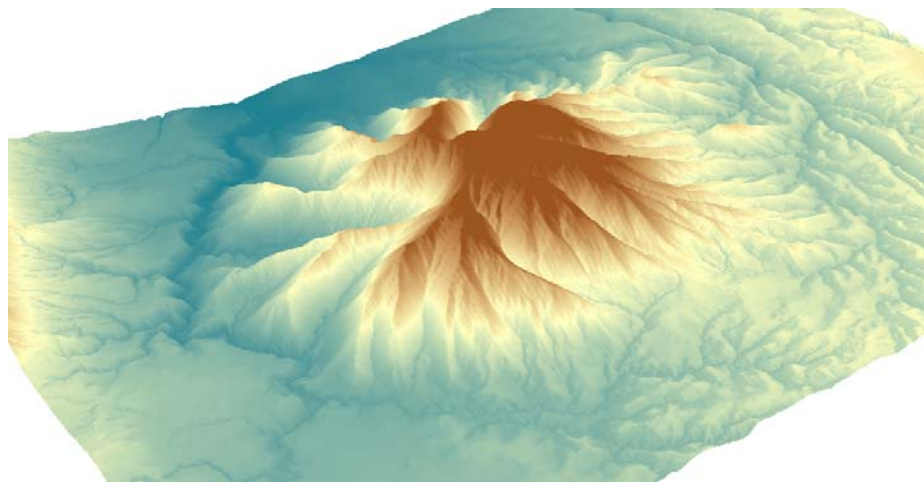
El proyecto fotogramétrico y sus productos se pueden observar en el siguiente diagrama 1.



**Diagrama 1:** Proyecto Fotogramétrico y sus productos.

### 2.1.4 MODELOS DIGITALES DEL TERRENO

Un Modelo Digital de Terreno (DEM siglas en inglés que equivale a *Digital Elevation Model*) es la representación numérica para una superficie de relieve del terreno a ser representada. También se le conoce como Modelo Digital de Elevaciones. (Figura 3)



**Figura 3:** Modelo Digital de Elevación (DEM) Ilaló

La adquisición de datos para obtener altitudes para la elaboración de un DEM, puede provenir de varias fuentes como son:

- Mediante la digitación de coordenadas de determinados puntos, obtenidos en cartas topográficas o aerotriangulación, aunque es una medida poco práctica por el alto rango de error.

- Digitalización de curvas de nivel de cartas topográficas en meza digitalizadora o con la asistencia de un software.
- Restitución fotogramétrica para la obtención de curvas de nivel.

### 2.1.5 ORTORECTIFICACIÓN

Las imágenes adquiridas por cámaras convencionales se encuentran en perspectiva central, con innumerables rayos de luz reflejados de diferentes puntos del terreno en la fotografía aérea, pasando por un solo punto (centro de perspectiva), localizado en el sistema óptico de la cámara. El conjunto de estos rayos toma el nombre de eje perspectivo.

En una imagen en perspectiva central no puede tomarse información métrica, por errores debidos a la rotación del avión y desplazamientos producidos por el relieve, fenómenos propios de una perspectiva cónica.

Una fotografía en perspectiva central, a pesar de no poder extraer información métrica conserva propiedades básicas que pueden ser de apoyo para el fotogrametrista como son: la luz, sombra, proximidades y distancia de objetos, paralaje y estereoscopia. Esta perspectiva se presenta en los fenómenos ópticos que rigen el mundo real, como en el ojo humano, o en fuentes de luz y cámaras.

En una proyección ortogonal, los rayos ortogonales son proyectados a partir de la región tomada, los rayos nunca se encuentra, por tanto la fotografía

en esta proyección no posee desvíos ni desplazamientos por relieve. La perspectiva ortogonal, es un fenómeno artificial que se consigue al realizar transformaciones con fotografías existentes (en perspectiva central), mediante la ortorectificación.

La ortorectificación elimina las distorsiones por rotación de la cámara, eliminando también el desplazamiento debido al relieve (a través de la transformación de perspectiva cónica en ortogonal).

El proceso de ortorectificación en un inicio se realizaba mediante instrumentos analógicos con un alto costo y demasiado tiempo.

Actualmente la ortorectificación se realiza mediante transformaciones sobre números digitales de los innumerables píxeles de las fotografías originales y ortorectificadas, por medio de modelos matemáticos como son:

1. Transformación afín
2. Transformación proyectiva
3. Rectificación diferencial.

**Transformación Afín;** es un método aproximado que se utiliza cuando el centro de perspectiva de la imagen está bastante alejado del terreno, como en las imágenes de satélite.

**Transformación proyectiva;** es otro método aproximado que se utiliza cuando la región representada es bastante plana, como: edificaciones o un campo de fútbol.

**Rectificación Diferencial;** es un método más genérico con mejores resultados. El objetivo es generar una nueva imagen digital en perspectiva ortogonal, a través de la reconstrucción de los ejes perspectivos.

Para realizar una rectificación diferencial, primero se define una orto matriz vacía sobre el terreno. Esta orto matriz se asocia a una imagen digital en blanco con píxeles de dimensiones del orden del elemento de resolución del terreno (tamaño real equivalente a un píxel). Posteriormente se determinan las coordenadas tridimensionales conocidas del centro de cada píxel de la orto matriz vacía (es indispensable conocer el modelo digital del terreno). A partir de esas coordenadas y por medio de ecuaciones de colinearidad (parámetros de orientación exterior conocidos), se determinan las coordenadas en el espacio imagen para cada punto. A través de los parámetros de la orientación interior, se llega al píxel correspondiente con su tono de gris correspondiente, que posteriormente se muestra en la imagen vacía.

## **2.2 PLAN GENERAL DE DESARROLLO TERRITORIAL (PGDT).**

El PGDT generado por la Dirección Metropolitana de Planificación Territorial, en el título 1 página 93 dice: Es el instrumento para el desarrollo de ordenamiento físico-espacial del territorio del DMQ. Para lo cual establece las orientaciones de planificación y gestión.

Contenido: Este plan determina los lineamientos de política y las intervenciones principales de la clasificación general del suelo en el DMQ, las etapas de incorporación del suelo urbanizable, las áreas de protección ecológica, la infraestructura básica, los equipamientos, el transporte, vialidad, el suelo y vivienda, las áreas históricas patrimoniales, espacio público, áreas verdes y recreativas e identifica los proyectos metropolitanos de carácter estratégico.

Objetivos: el PGDT propicia el mejoramiento de la calidad de vida de la población el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales; la productividad económica social; la protección del patrimonio natural, cultural urbano y la superación de los desequilibrios socio-territorial. Está concebido para posibilitar la creación y defensa del espacio público; la protección del medio ambiente y la prevención de los desastres.

Constituyen como instrumentos complementarios del PGDT: El Plan de uso y ocupación del Suelo (PUOS)

### **2.3 PLAN DE USO Y OCUPACIÓN DEL SUELO (PUOS).**

El PUOS es un instrumento que sirve para la planificación territorial y a través de este se determinan parámetros, normas y regulaciones que se requieren y son específicas con respecto al uso, ocupación, edificación, y habilitación del suelo, afectación del sistema vial y áreas de protección especial, áreas Históricas y Patrimoniales, en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

El objetivo principal del PUOS se centra en procurar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del DMQ.

La vigencia del PUOS es de diez años, y se realiza una revisión cada cinco años.

### **2.4 ESTUDIO MULTITEMPORAL.**

Corresponde prácticamente al estudio de una determinada zona, en la que se determina y analiza una u otra variable a través del tiempo.

Desde comienzos de la década de los años setenta, la Teledetección espacial fue considerada como un instrumento de gran utilidad para el seguimiento y cartografía de los cambios que se producen en el territorio su versatilidad, la resolución temporal y espacial de los satélites, y la diversidad espectral de los sensores, la convierten en una técnica idónea para la actualización de mapas de ocupación del suelo, frente a los procedimientos

tradicionales basados en la fotointerpretación e intenso trabajo de campo, sin bien estos últimos continuaron siendo los únicos operativos.

La teledetección se contempla como una fuente de información dinámica dentro del sistema (Teledetección, 1987), que permite la monitorización de fenómenos de gran movilidad en el tiempo y en el espacio, como áreas afectadas por incendios, deforestación, modificaciones de líneas de costa, y en general toda alteración sobre el territorio susceptible de ser registrada cartográficamente a través de datos procedentes de sensores remotos.

Existen diferentes métodos para obtener resultados operativos en la elaboración de cartografías de ocupación del territorio mediante el tratamiento digital de imágenes de satélite (Moreira et al. 1988). En dichos estudios se han planteado distintas líneas de trabajo destinadas a llevar un control de los cambios de usos de suelo, pudiendo resumirse estas en dos:

- Por un lado, clasificación asistida por ordenador que, debido a las laboriosas tareas de tratamiento digital y elevado el coste de los productos finales, sólo resultan operativas para inventarios muy específicos, bien para mapas de usos de leyendas muy simplificadas. Sin embargo, esta metodología puede constituir el medio idóneo para el seguimiento de problemáticas concretas, como las anteriormente reseñadas, y para obtener resultados estadísticos de superficie ocupada por algún tipo de uso de suelo específico (Moreira et al. 1987).



- La segunda línea de trabajo en teledetección consiste en la obtención de ortoimágenes de alta calidad visual mediante el tratamiento digital de datos procedentes de sensores remotos, a partir de los cuales, por procedimientos convencionales de fotointerpretación, obtener cartografías de ocupación del territorio.

Este segundo método permite acercar la información numérica de la imagen a los procedimientos tradicionales de trabajo, pudiendo recogerse una gama de ocupaciones susceptibles de ser presentadas en una leyenda más o menos amplia.

El estudio multitemporal, es una evaluación de los cambios que sufrieron las coberturas vegetales estas pueden ser interpretadas en imágenes satelitales como Landsat, Spot entre otras así como la interpretación a través de fotografías aéreas. Las interpretaciones que se obtienen de estas dos nos ayudan a obtener una serie histórica en diferentes tiempos, esta información constituye un insumo importante, para realizar monitoreo, controles y supervisión que se están generando en una determinada zona.

El análisis multitemporal constituye uno de los métodos más eficaces para la comparación y determinación de cambios de cobertura que acontecen en el lapso de tiempo (Silva S. , 1999). El análisis multitemporal es fundamental para la planificación ambiental y procesos de decisión tanto de autoridades locales como regionales ya que permiten evidenciar los impactos generados por la

acción antropogénica y de esta forma identificar aquellas zonas vulnerables y que necesitan de mayor control y protección en lo que se refiere a protección del ambiente. (Silva J. , 1998)

## **2.5 METODOLOGÍA CORINE LAND COVER.**

La metodología Corine Land Cover se engloba dentro del programa CORINE (Coordination of Information of the Environment), el cual inicia el 27 de junio de 1985, y en virtud de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea de Medio Ambiente (AEMA) (V. Perdigao, 1997).

Este proyecto tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos europea a escala 1:100.000 sobre la cobertura y/o uso del territorio (ocupación del Suelo) (Lima, 2005).

La metodología Corine Land Cover del año 1990 (CLC90) fue refinada en el año 2000 con la Propuesta CLC2000 e Image 2000; la primera es una guía para la actualización de base de datos de Cobertura del Suelo en Europa, propuesta por Perdigao y Annoni, y la segunda es una guía estandarizada para el procesamiento de imágenes de satélite. (Valencia -Anaya, 2009)

Esta metodología también fue aplicada por Colombia en la elaboración del Mapa de Cobertura de la Tierra escala 1:100.000. Esta adaptación ha proporcionado al país de Colombia información muy importante como por

ejemplo conflicto de uso del territorio, y por ende se pueda evaluar la dinámica de las coberturas terrestres. Las unidades de leyenda en los niveles 1 y 2 son iguales a los de la leyenda de CORINE Land Cover de Europa, mientras que desde el nivel 3 hasta el nivel 6 hay variaciones que dependen del tipo de cobertura. Se puede observar en (Anexo A1).

## **2.6 GEODATABASE (GDB).**

Almacenar la información en una geodatabase, permite al usuario mantener los datos de manera organizada y estructurada, por la topología, las relaciones geométricas y la edición es de forma más integral y coherente con los datos.

### **2.6.1 DEFINICIÓN.**

Según (Saavedra&Vinueza, 2013). La geodatabase es la estructura de datos nativa para ArcGis y es el formato de datos principal que se utiliza en la edición y administración de datos, almacena toda la información geográfica. Cuenta con un modelo de información integral para representar y administrar la información geográfica. Este modelo de información integral se implementa como una serie de tablas que almacenan clases de entidad, datasets ráster y atributos. Además, los objetos de datos SIG avanzados agregan comportamiento SIG, reglas para administrar la integridad espacial y herramientas para trabajar con diversas relaciones espaciales de las entidades, los ráster y los atributos principales. (Saavedra&Vinueza, 2013)

La GDB provee herramientas topológicas para la integridad geométrica y para atributos en las capas de información.

La GDB es capaz de almacenar: feature dataset, feature class y object class o tablas, además de dominios, subtipos y relationships class conocidas como herramientas de validación.

### **2.6.2 ELEMENTOS DE UNA GEODATABASE.**

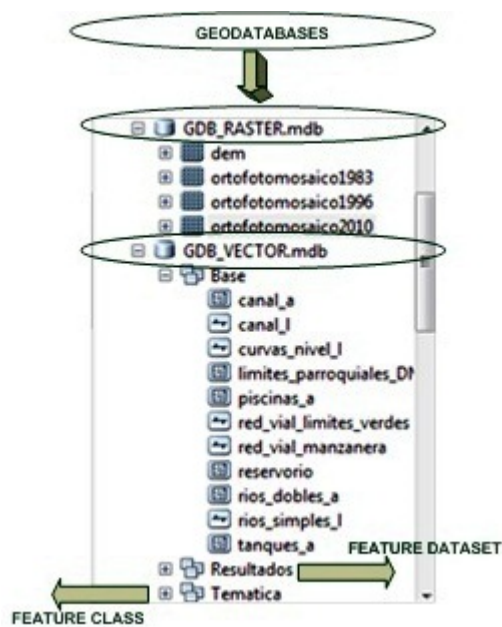
#### **.Feature Dataset**

Según Saavedra y Vinueza (2013). Es el elemento lógico que agrupa a “Feature Class” de una GDB que comparten el mismo sistema de parámetros geográficos. Son modelos que se pueden incluir dentro del paquete del área del trabajo, existen tres tipos de dataset: Feature Dataset, Raster Dataset, TIN Dataset. Se deben agrupar en un mismo feaute dataset aquellos elementos que mantienen una relación topológica.

#### **.Feature Class**

Son colecciones de elementos con la misma geometría (punto, línea o polígono). Pueden existir de forma independiente dentro de la GDB o se pueden agrupar dentro de una Feature Dataset.

Una tabla con una columna espacial es llamada Feature Class, en una columna espacial se almacena shapes, cada columna corresponde a un atributo y cada fila a un feature. (Figura 4).



**Figura 4:** Elementos de una Geodatabase

## 2.7 GEOMETRÍA Y TOPOLOGÍA.

En el documento de (Saavedra&Vinueza, 2013). La Geometría se refiere al tipo de entidad geométrica. Estas incluyen puntos, líneas y polígonos, conocido como la estructura vector con una ubicación geográfica establecida y con una escala determinada.

La topología corresponde al conjunto de reglas aplicadas a los objetos que permite definir la relación entre ellos. A partir de estas relaciones, es posible definir algunas propiedades de los elementos geométricos tales como área, longitud, conectividad, adyacencia y continuidad, así como la topología representada en la integridad de los datos.

### **.Conectividad**

Está determinada por la coincidencia geométrica. Se garantiza las relaciones topológicas entre los elementos pertenecientes a una red geométrica, por ejemplo la conexión entre ríos o entre vías. (Saavedra&Vinueza, 2013)

### **.Continuidad**

La información no debe estar fraccionada, es continua en todos los recorridos, especialmente la que es representada geoméricamente por líneas. En el caso de polígonos están empalmados, generalizados o simplificados. (Saavedra&Vinueza, 2013).

## **2.8 COORDENADAS Y PROYECCIÓN.**

El Concejo Metropolitano de Quito considera que: Es responsabilidad de la Municipalidad del Distrito Metropolitano de Quito, como parte de su gestión sobre el espacio territorial, definir normas generales sobre la generación, uso y

mantenimiento de la información gráfica del territorio; así como velar por que se mantenga actualizada la información cartográfica en beneficio de los intereses institucionales y de la comunidad.

Que: es necesario establecer un Sistema de Referencia Espacial único para el Distrito Metropolitano de Quito, obligatorio para todo el proceso de generación y actualización de la información gráfica distrital;

La ORDENANZA METROPOLITANA N° 0225. En el Capítulo I, Sistema de Referencia Espacial del Distrito Metropolitano de Quito (SIRES-DMQ), En cuyo Art. ....- dice "Debido a la situación actual y a la disponibilidad tecnológica existente se adopta en forma oficial para el SIRES-DMQ como Datum Horizontal el Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84), y como Datum Vertical el Sistema de Alturas con respecto al nivel medio del mar, en la Estación Mareográfica de la Libertad, Provincia del Guayas; como sistema de Proyección Cartográfica la Universal Transversa de Mercator Modificada para Quito (TMQ)", Zona 17 Sur Modificada, Meridiano Central W 78°30', Factor de Escala central 1.0004584.

Art. .... El SIRES-DMQ está sustentado físicamente en la red Geodésica Básica del Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System - GPS) establecida por el Instituto Geográfico Militar en el Distrito Metropolitano de Quito y está definido por los siguientes parámetros, (Tabla 1).

<b>Sistema de Referencia Espacial - SIRES-DMQ</b>	
<b>Datum:</b>	WGS84
<b>Elipsoide:</b>	WGS84
<b>Semieje mayor a:</b>	6 378 137.00 m.
<b>Achatamiento:</b>	1/298.257223563
<b>Semieje menor b:</b>	6 356 752,314 m.
<b>Proyección Cartográfica</b>	Transversa de Mercator Modificada (TMQ-WGS84)
<b>Parámetros de la Proyección:</b>	
<b>Meridiano Central:</b>	W 78°30'00"
<b>Origen de Latitudes:</b>	N 00° 00' 00"
<b>Falso Este:</b>	500 000 metros
<b>Falso Norte:</b>	10 000 000 metros
<b>Zona:</b>	17 Sur Modificada (W 77°- W 80°)

**Tabla 1:** Parámetros SIRES-DMQ

Fuente: STHYV-MDMQ



## **CAPÍTULO III.**

### **3 METODOLOGÍA, DESARROLLO Y RESULTADOS DEL PROYECTO.**

#### **3.1 LEVANTAMIENTO Y ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN.**

Un elemento fundamental durante el desarrollo del Proyecto de estudio corresponde al levantamiento y estructuración de la información.

Secuencialmente la información se organizó de la siguiente manera:

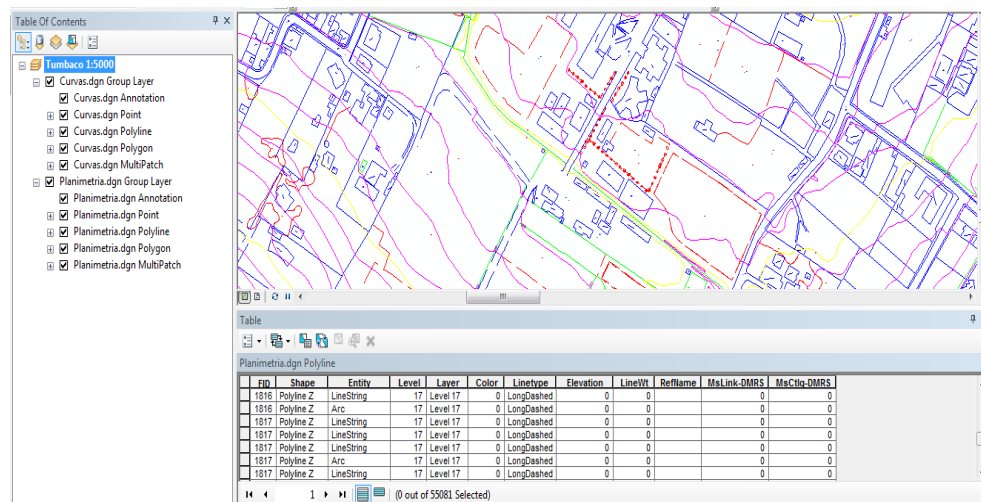
- Recopilación de cartografía base
- Levantamiento de información de campo
- Generación de mapas de cobertura naturales y de intervención
- Sistematización de la geoinformación

#### **3.2 RECOPIACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE.**

La recopilación de cartografía base se realizó principalmente en el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ), específicamente en la Secretaria de Territorio Hábitat y Vivienda (STHV), fundamentalmente corresponde a la cartografía que se encuentra en escala 1:5000 generada por el Instituto Geográfico Militar bajo modalidad de contratación y la generación de la cartografía mediante restitución aereofotogramétrica. La restitución fue elaborada con fotografía aérea a escala 1:25000 del año 2005 y entregada en formato digital MicroStation v8 de origen.

### 3.3 CARTOGRAFÍA BASE EMPLEADA.

La cartografía base empleada como se mencionó anteriormente corresponde a la obtenida de la restitución aerofotogramétrica y que se encontraba a escala 1:5000, la cual fue procesada en el software ArcGis para ser almacenada posteriormente en una Personal Geodatabase (GDB). (Figura5)



**Figura 5:** Presentación de la restitución de la parroquia de Tumbaco a escala 1:5000 del año 2005 visualizada en el módulo ArcMap de ArcGis (Fuente: IGM – MDMQ).

La restitución de origen contiene más de 50 niveles o capas de información, por lo tanto se priorizaron los niveles más representativos y que serían empleados en la realización del estudio, entre los niveles priorizados se encuentran:

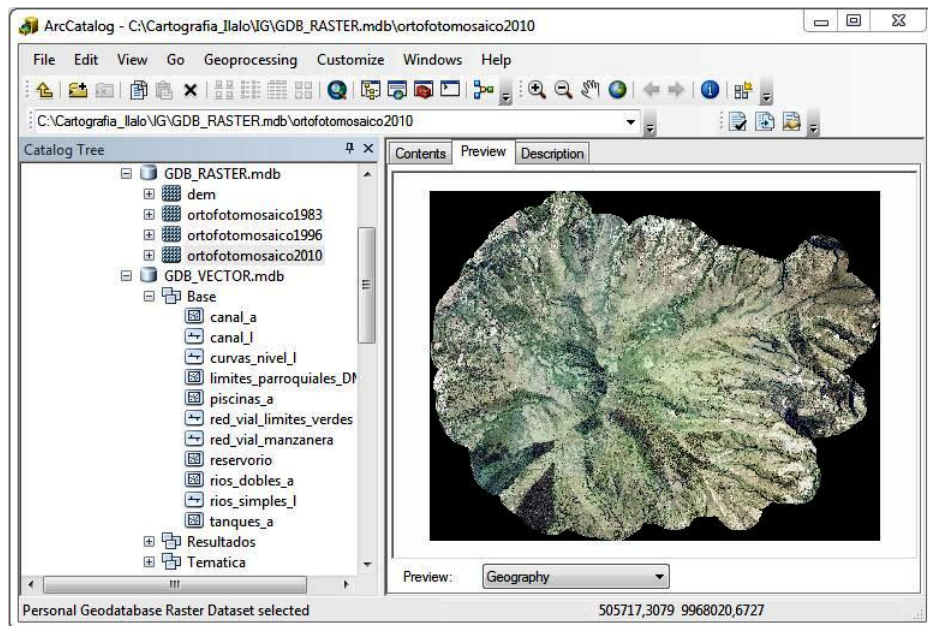
- Redes viales
- Hidrografía
- Reservorios
- Tanques
- Piscinas
- Canales
- Curvas de Nivel
- Toponimia

En la STHV del MDMQ también se recopiló información correspondiente a los límites políticos administrativos, cabeceras parroquiales y otra información documentada de normativas municipales.

### **3.4 ESTRUCTURACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA BASE Y TEMÁTICAS EN UNA GEODATABASE.**

La cartografía base se encuentra bajo el manejo de la norma ISO-TC211 y las temáticas generadas se sistematizaron bajo criterio de la Secretaría de Territorio Hábitat y vivienda, y se genera en base a la necesidad propia de cada proyecto, ya que por el momento se encuentra en análisis del desarrollo del catálogo de objetos para el DMQ.

Estas se encuentran en “personal geodatabase” acorde a los modelos de los datos vector o raster, por lo tanto se generaron dos geodatabases para la información raster denominada como GDB\_RASTER y la información vector como GDB\_VECTOR (Figura 6 ).(Anexo C2).



**Figura 6:** Presentación de los Personal Geodatabase que contienen los archivos raster y vector almacenados.

En la GDB\_RASTER se sistematizaron principalmente:

- Modelo Digital de Elevaciones
- Ortofotomosaicos de las tres épocas de estudio

En la GDB\_VECTOR se generaron “Feature Dataset” individuales para: cartografía base, temática y los principales resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio.

En el Feature Dataset Base se encuentra principalmente la cartografía base a escala 1:5000 y otra información de apoyo, se emplearon los sufijos de

acuerdo al tipo de vector empleado como: “a” para área, “l” líneas y “p” para puntos. Entre los feature class almacenados se encuentra los siguientes:

- Canales de regadío
- Curvas de nivel
- Límites parroquiales del DMQ
- Piscinas
- Red hídrica simple
- Red hídrica doble
- Red vial límites verdes (corresponde a la delimitación rural de cercas vivas)
- Red vial manzanero
- Reservorios de agua
- Tanques

En el Feature Dataset Temática se encuentran:

- Puntos de calibración y validación (campo)
- Puntos de control de las ortofotos

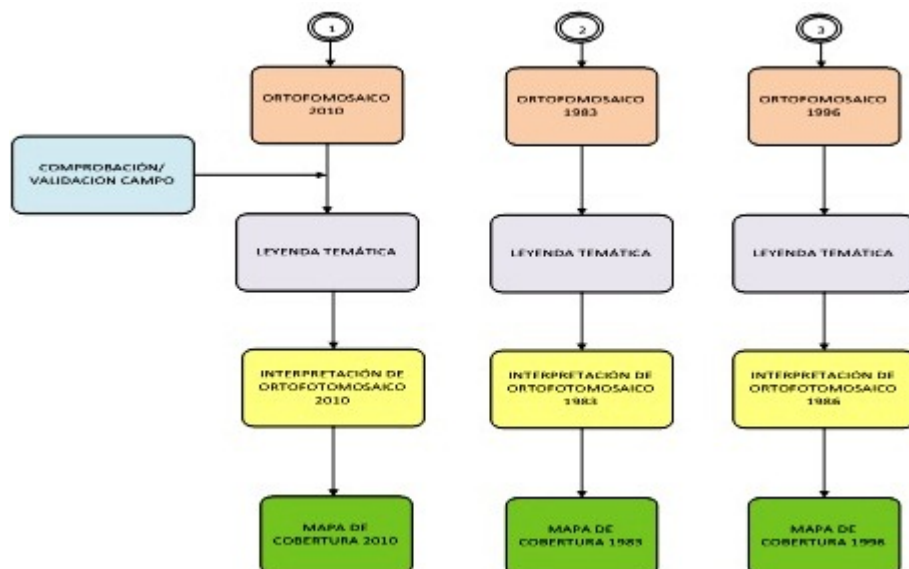
En el Feature Dataset de Resultados se almacenan los productos obtenidos:

- Mapa de áreas de conflicto
- Mapa de áreas intervenidas
- Mapa de cobertura de 1983
- Mapa de cobertura de 1996
- Mapa de cobertura de 2010
- Mapa de la propuesta de límite de conservación

- Mapa de propuesta de recuperación de áreas intervenidas

### 3.5 METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO.

La metodología para generar una serie histórica de coberturas vegetales, se tomaron como base una serie de insumos tales como: imágenes de satélite, o como para este proyecto se emplearon fotografías aéreas, insumo principal para la elaboración de este proyecto, las cuales, después de procesarlas se generan ortofotomosaicos, y a través del uso de una leyenda temática y procesos de digitalización, permitieron generar mapas de cobertura y generar monitoreo de cambio de cobertura en la zona de estudio, posteriormente para estos cambios se realizó un análisis estadístico básico, entre los cambios de cobertura reportados. En el (Diagrama 2) se puede observar los pasos a seguir.



**Diagrama 2:** Proceso para la obtención de Mapas de Coberturas naturales y de intervención 1983, 1996 y 2010

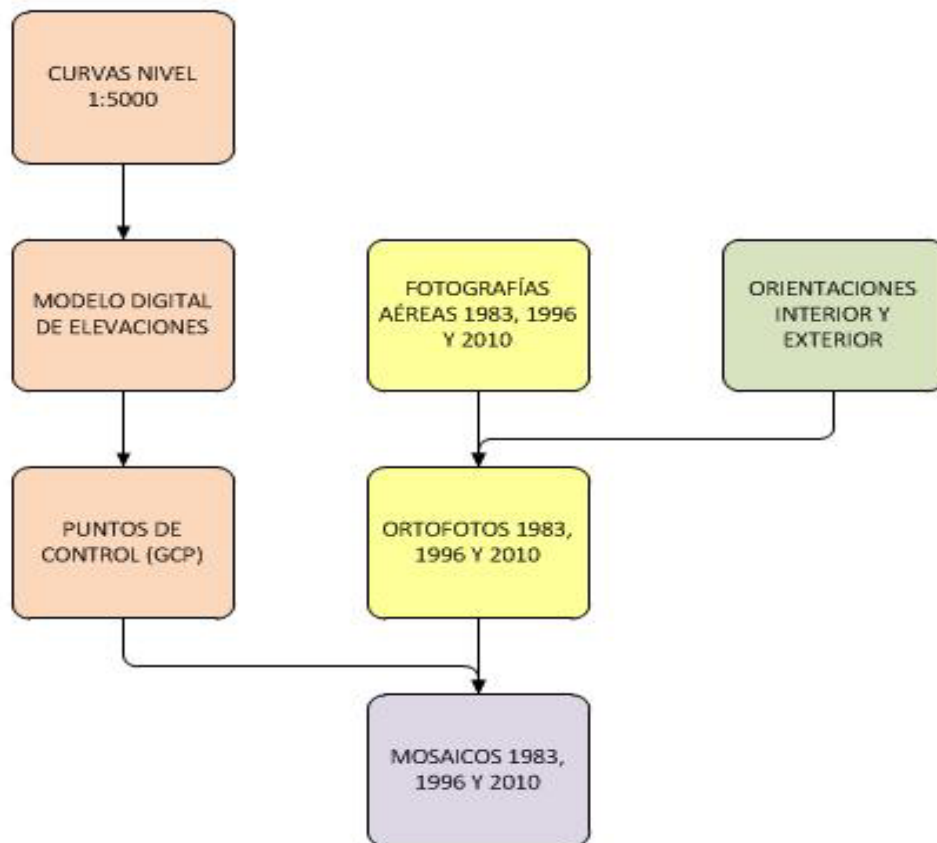
El proceso metodológico siguió los siguientes pasos: Primeramente se elaboró los ortofotomosaicos 1983, 1996, 2010 y a continuación, se generaron los cambios de cobertura en los periodos, respectivamente.

### **3.5.1 ELABORACIÓN DE ORTOFOTOMOSAICOS EN DIFERENTES PERÍODOS 1983, 1996 Y 2010.**

Para el estudio se generaron ortofotomosaicos para el año 1983, 1996 y 2010. Se puede visualizar en los (Anexos B2-B3-B4), los correspondientes a los años 1983 y 1996 fueron elaborados y para el año 2010 se empleó el ortofotomosaico obtenido del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ). Según la consulta realizada en el MDMQ, el ortofotomosaico 2010 fue generado bajo contrato realizado a la empresa Stereocarto. La evaluación y fiscalización de contrato la realizó el Instituto Geográfico Militar.

Para la zona del Ilaí se realizó un toma de fotografía de vuelo bajo con tamaño de pixel en el terreno (GSD Ground Sampling Distance, por sus siglas en inglés) de 9 cm. Para el área en general del DMQ, se determinaron 32 puntos de apoyo con coordenadas (x,y,z) para z se fundamentó en el cálculo de ondulaciones geoidales locales, para la verificación de estos puntos IGM empleo 4 puntos de apoyo con datos de monografías, hojas de registro de puntos y archivos raw data.( ANEXO A2).

La fotografía se escaneó a 16  $\mu\text{m}$ , con un escáner Geosystem y la aerotriangulación fue ajustada en bloque para las fotografías aéreas, para la posterior restitución de cartografía urbana y rural, elaboración de ortofotos y ortofotomosaicos RGB con 10 cm de resolución. Por motivos de uso práctico en el MDMQ y de estudio fue remuestreada a 50 cm (Diagrama 3).

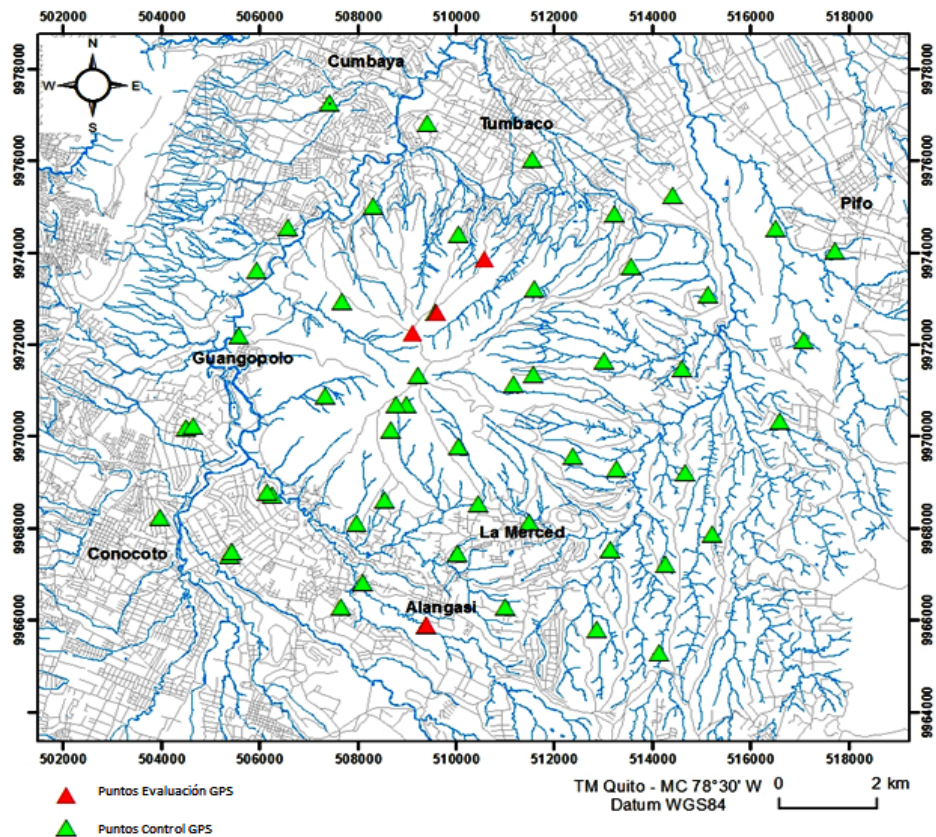


**Diagrama 3:** Modelo de Elaboración de ortofotomosaicos 1983, 1996 y 2010.



### .Toma de puntos de control horizontal

Para generar las ortofotos se emplearon la toma de puntos, de los cuales 53 fueron obtenidos directamente del ortofotomosaico del año 2010 como puntos de control o Ground Control Points (GCP) y 4 puntos de evaluación, como se puede observar en la siguiente (Figura 7).



**Figura 7:** Densificación de los puntos de Control y Evaluación para elaboración de las ortofotos.

Estos fueron rastreados con receptores GPS (Global Position System) y se empleó receptor doble frecuencia Astech ProMark 200 (Figura 8). Con método

diferencial con tiempo de rastreo de 10 minutos y el posprocesamiento se realizó en el software GNSS Solutions, (Figura 9). Se utilizó la base de monitoreo continuo de Riobamba, correspondiente a la Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador - REGME, se emplearon los registros RINEX de Riobamba por cuanto su acceso es libre.



Figura 8: Receptor GPS Astech ProMark 200

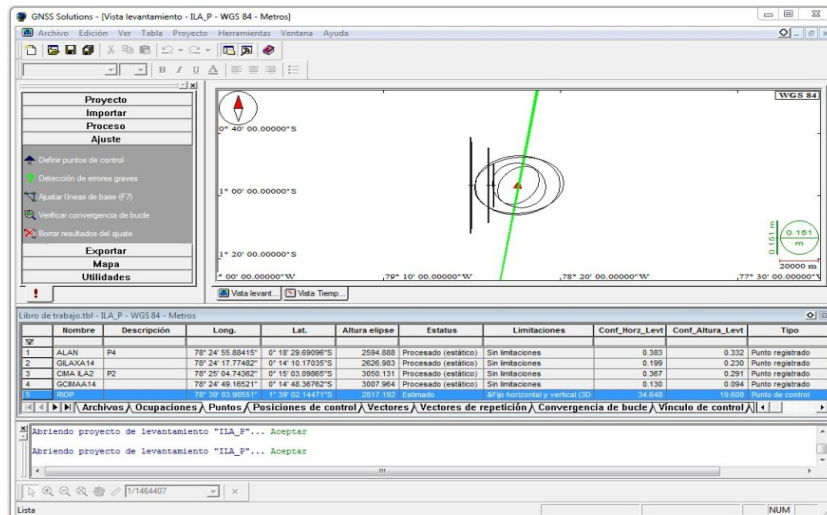


Figura 9: Posprocesamiento en el GNSS de los puntos de control.

Los resultados obtenidos se encuentran en la (Tabla 2). Todos los errores son menores a los 40 cm, en el horizontal.

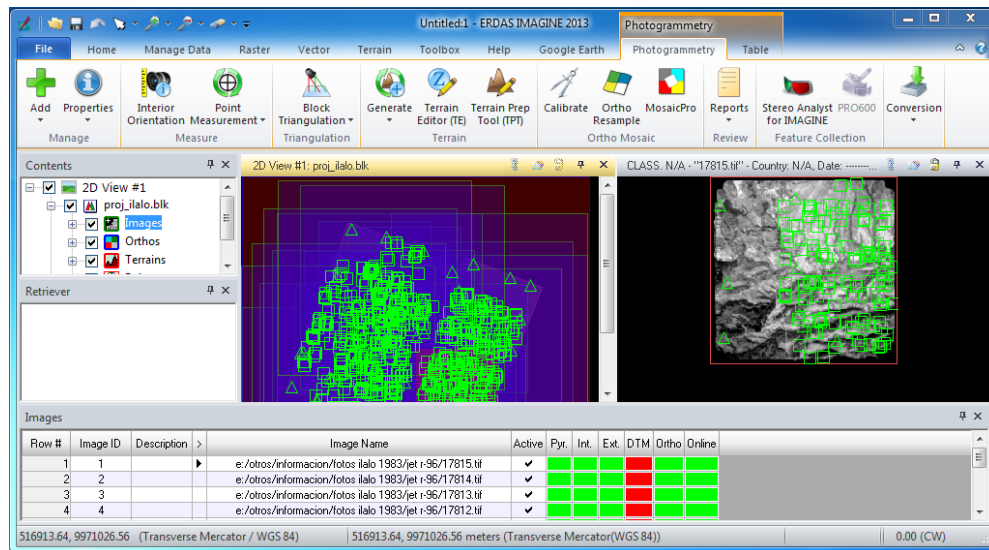
Pto	Nombre	Long (°)	Lat(°)	Altura elipsoidal	Error horizontal (m)	Error vertical(m)
1	Alangasi	78°24'55,88"	0°18'29,69"	2594,888	0,38	0,33
2	Cruz	78°24'17,77"	0°14'10,17"	2626,983	0,20	0,23
3	Camino 1	78°25'04,74"	0°15'03,09"	3050,131	0,37	0,29
4	Camino 2	78°24'49,16"	0°14'48,36"	3007,964	0,13	0,09

**Tabla 2:** Resultados del Posproceso.

### **.Ortorrectificación de las fotografías aéreas**

En total se utilizaron 18 fotografías aéreas a escala 1:25000, las 9 fotografías aéreas de 1983 se adquirieron directamente al IGM por autogestión y las del año 1996, se emplearon fotografías que el MDMQ contrató al IGM para restitución a escala 1:5000. Las fotografías de 1983, fueron tomadas con una cámara RC10 de distancia focal 153.03 mm. Y las de 1996 con una cámara RC30 con focal de 152.92 mm. Todas las fotografías fueron digitalizadas con un escáner de tipo CCD de vidrios plano a una resolución de 21  $\mu\text{m}/\text{píxel}$ . Para el año 2010, se empleó el ortofotomosaico obtenido del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ).

En la elaboración de los ortofotomosaicos de 1983 y 1996, se empleó el software Erdas Imagine 2013 con el módulo Photogrammetry el cual permite elaborar ortofotos y generar los mosaicos. (Figura 10).



**Figura 10:** Interfaz de Erdas Imagine 2013 con el módulo de Photogrammetry para la elaboración de las ortofotos de 1983.

El módulo Photogrammetry de Erdas 2013 permite generar los modelos apropiados para orientaciones interior (Figura 11 y Figura 12) y exterior (Figura 13 y Figura 14), para elaborar ortofotos. Para la orientación interior se adquirieron del IGM los parámetros de calibración de las cámaras RC10 y RC30.

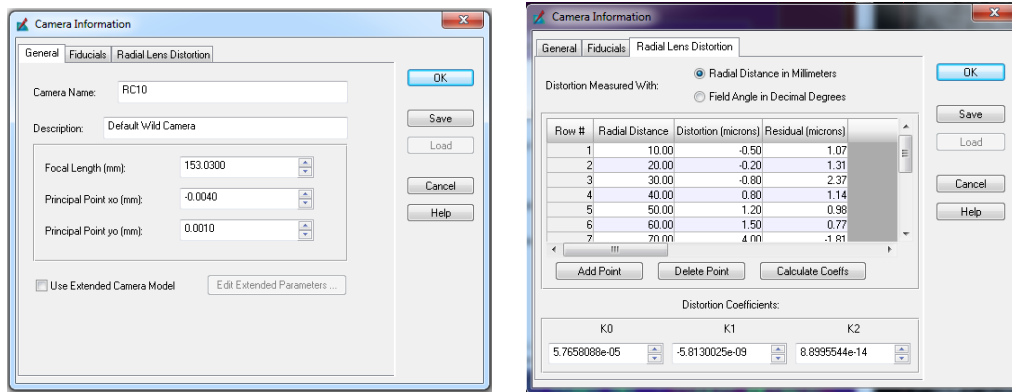


Figura 11: Parámetros de la cámara RC10 previo a la Orientación Interior.

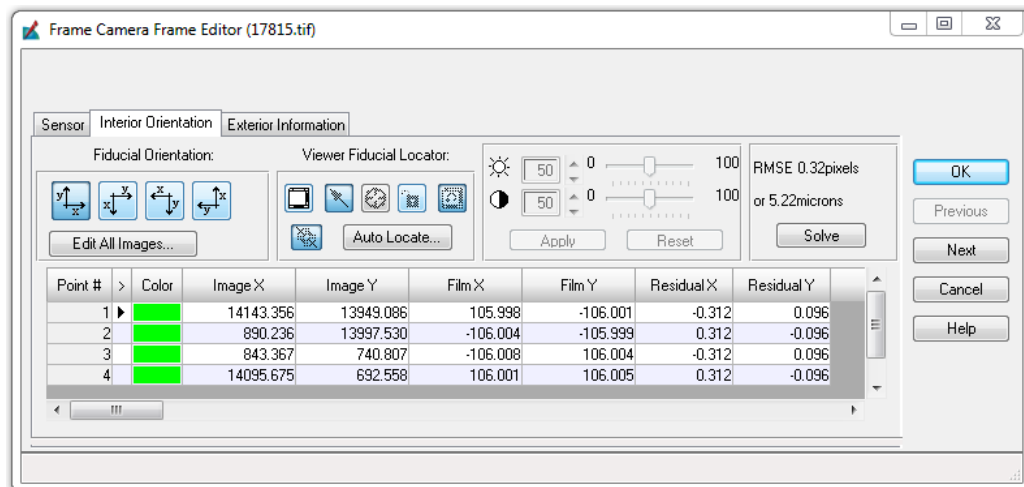


Figura 12: Ejemplo de Orientación Interior.

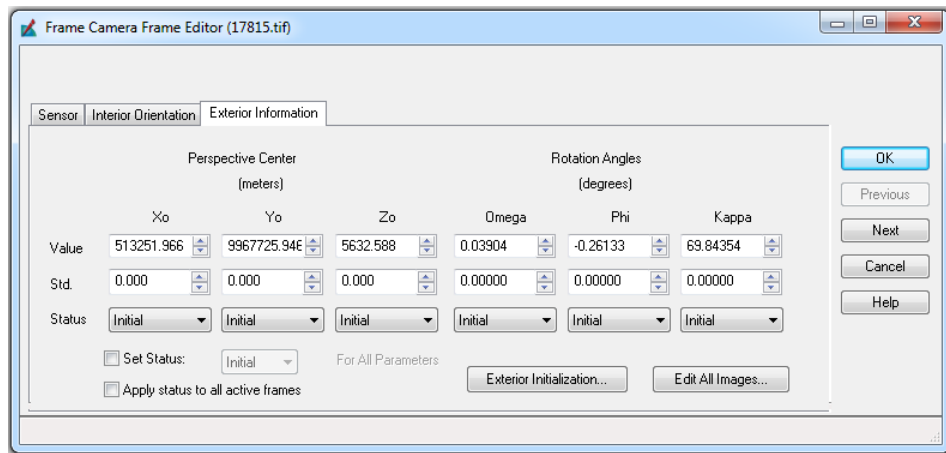


Figura 13: Parámetros de la Orientación Exterior.

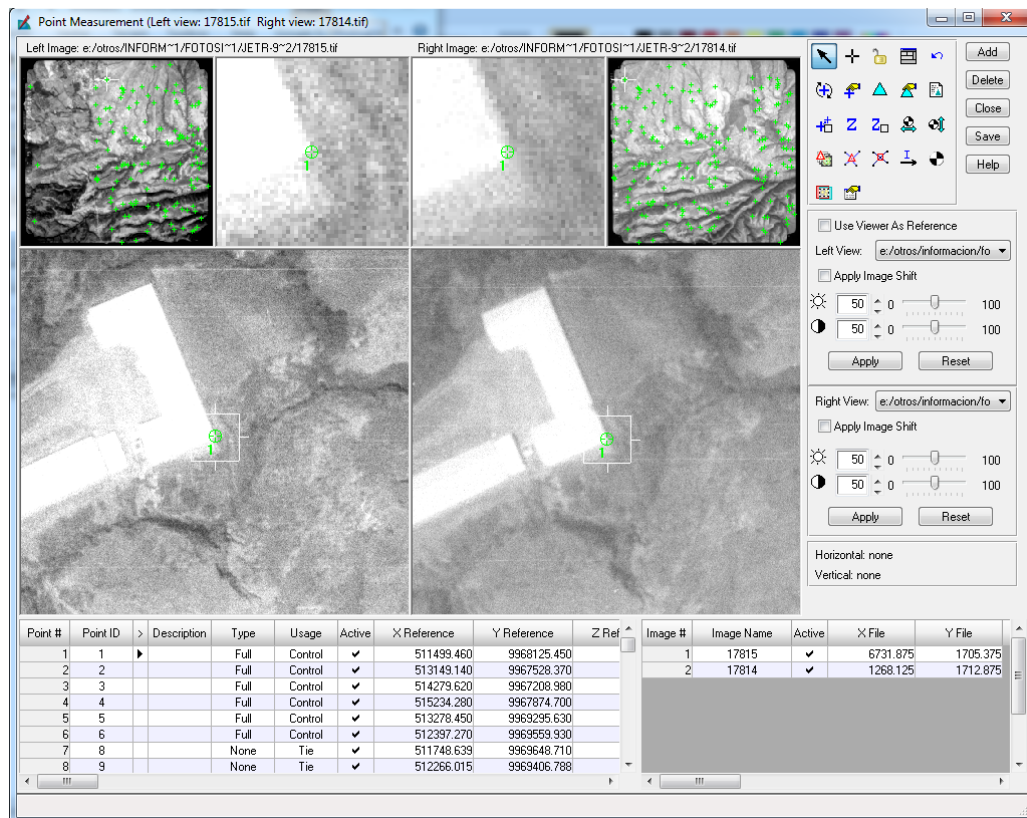


Figura 14: Selección 6 puntos en el área de traslape (Gruber) para Orientación Exterior.

### .Proceso de ortorectificación y elaboración de mosaicos

Para la ortorectificación se empleó el DEM (Figura 3) con una resolución de 5 m. Se generó empleando las curvas de nivel con intervalos de 5m, obtenidas de restitución fotogramétrica 2005 a escala 1:5000 generada por el IGM, el cual se integra al proceso de ortorectificación de Erdas como se indica en la (Figura15), en esta etapa también se define el remuestreo (rezampling o output cell sizes) que para este caso fue de 0,5 m.

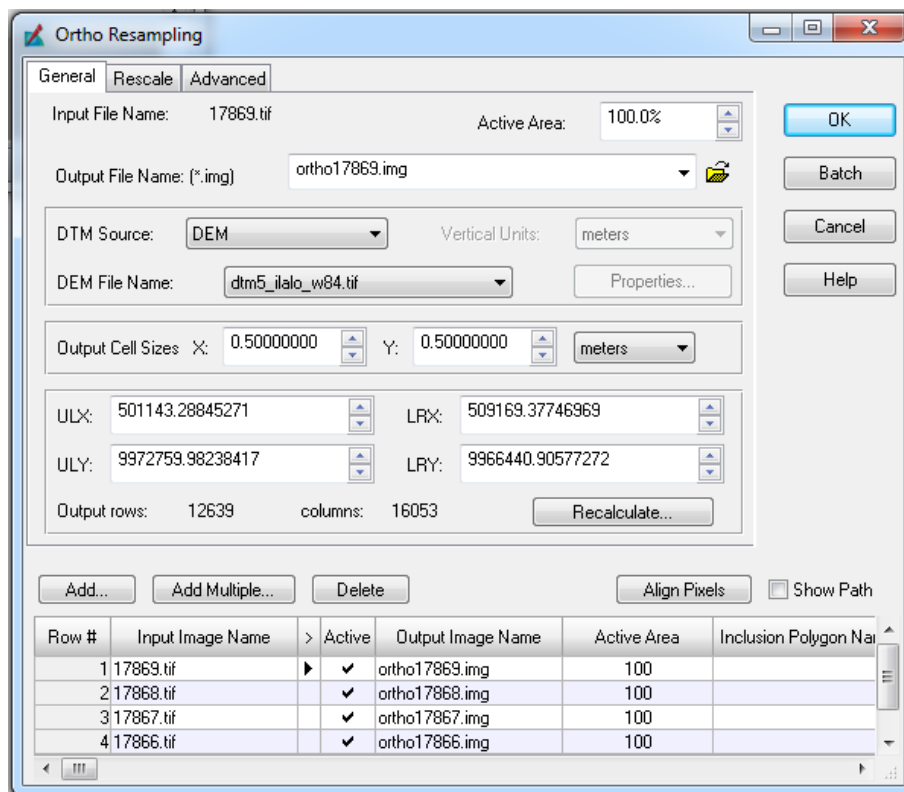


Figura 15: Proceso de Ortorectificación.

### .Ortofotomosaico

Finalmente, se generaron los ortofotomosaicos integrando las ortofotos individuales como se indica en la (Figura 16) este procedimiento fue el mismo para los años 1983 y 1996 respectivamente.

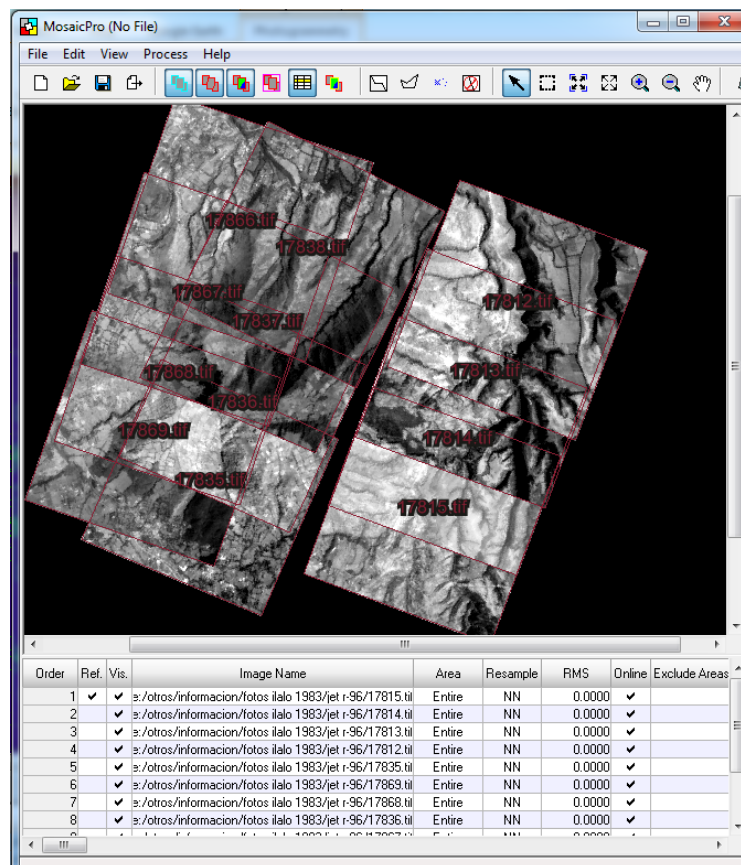
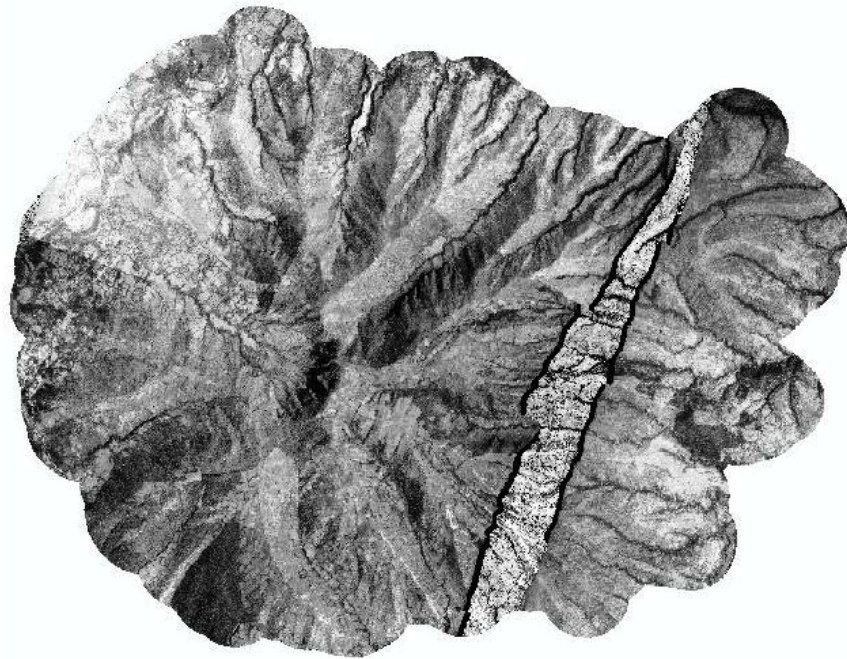
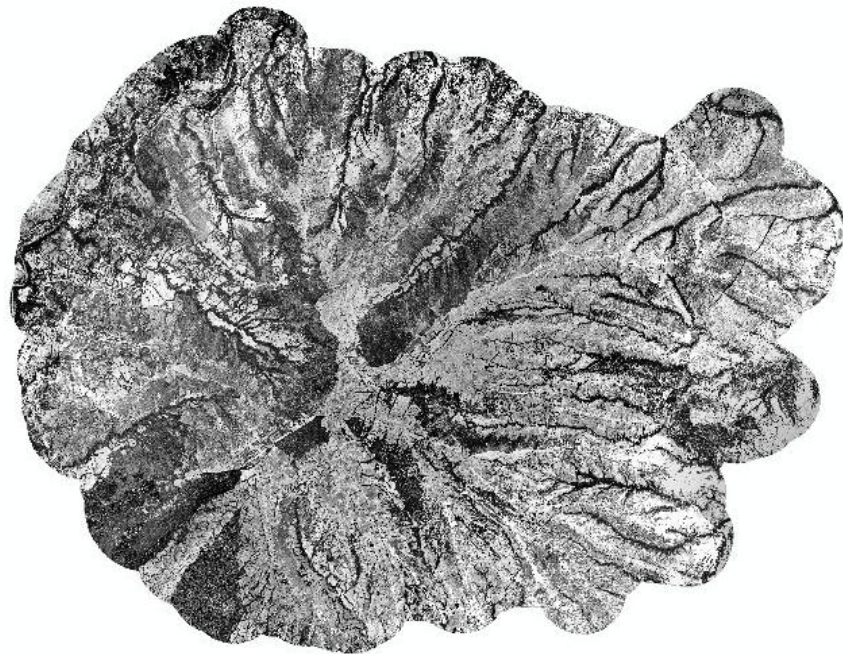


Figura 16: Elaboración del mosaico.





ORTOFOTOMOSAICO 1983



ORTOFOTOMOSAICO 1996

**Figura 17:** Ortofotomosaicos años: 1983, 1996.

### **3.5.2 DETERMINACIÓN DE LAS COBERTURAS NATURALES Y DE INTERVENCIÓN MEDIANTE FOTOINTERPRETACIÓN VISUAL BASADA EN LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER.**

La metodología empleada para la generación de los mapas de cobertura, se tomó como base la metodología Corine Land Cover, desarrollada por la Agencia Ambiental Europea (European Environmet Agency) en el año 2000 y que ha sido empleada en Colombia bajo la coordinación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en la elaboración del mapa de Cobertura de la Tierra a escala 1:100000 Nacional de Colombia.


Para el caso de estudio, se realizó una adaptación de la metodología considerando que la escala es a 1:5000 de tipo local, para la zona del Volcán Ilaló, en este sentido, previo a la generación de los mapas de cobertura naturales y de intervención se deben realizar consideraciones metodológicas y conceptuales iniciales como son: la leyenda temática y procedimientos de calibración/validación de campo.

#### **.Leyenda Temática**

La leyenda temática permite realizar una clasificación de una manera ordenada y lógica de las clases de uso y cobertura obtenidas de una imagen satelital. (Peralvo, 2010).

La leyenda temática empleada considera tanto a las coberturas naturales y de intervención estructuradas en clases temáticas organizadas jerárquicamente y que para este estudio fueron reorganizadas en tres niveles a partir de la Leyenda de Colombia publicada en el 2010 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) que tiene 6 niveles, en la (Tabla3). Se presenta la leyenda adaptada para el estudio.

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
<b>1. Territorios artificializados</b>	1.1 Zonas urbanizadas	1.1.1 Tejido urbano continuo
		1.1.2 Tejido urbano discontinuo
		1.2.1 Zonas industriales
	1.2 Zonas industriales y redes de comunicación	1.2.2 Red vial
		1.3.1 Instalaciones recreativas
	1.3 Zonas verdes artificializadas	
<b>2. Territorios agrícolas</b>	2.1 Cultivos transitorios	2.1.1 Cultivos transitorios
	2.2 Cultivos permanentes	2.2.1 Cultivos permanentes arbóreos
		2.3.1. Pastos limpios
	2.3 Pastos	2.3.2 Pastos enmalezados
	2.4 Agrícola heterogénea	2.4.1 Mosaicos de cultivos
		2.4.2 Mosaicos de pastos y cultivos
<b>3. Bosques y áreas seminaturales</b>	3.1 Bosques	3.1.1 Plantación forestal
	3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1 Herbazal
		3.2.2 Arbustal
		3.2.3. Arbustal/Herbazal

Continúa 

	3.3 Áreas sin o con poca cobertura vegetal	3.3.1 Tierras desnudas y degradadas
<b>4. Superficies de agua</b>	4.1 Aguas continentales	4.1.1 Río
		4.1.2 Laguna

**Tabla 3:** Leyenda temática adaptada en tres niveles jerárquicos.

Las clases o categorías empleadas para zona de Ijaló son menores a la leyenda original de (IDEAM, 2010) por cuanto se conservan categorías que exclusivamente se ocupan localmente en la zona del Ijaló y la leyenda original mantiene clases a nivel país. A continuación se presentan las definiciones de las clases empleadas.

**Territorios artificializados:** comprenden las zonas totalmente intervenidas de manera antrópica y contienen a su vez un segundo nivel estas son: zonas urbanas (Figura 18) redes de comunicación y zonas verdes artificializadas. Además se incluyen zonas industriales que principalmente, se tratan de los invernaderos que se encuentran en la zona del Ilaló e instalaciones recreativas correspondientes especialmente a piscinas de uso recreativo.



TEJIDO URBANO DISCONTÍNUO  
AÑO 2010

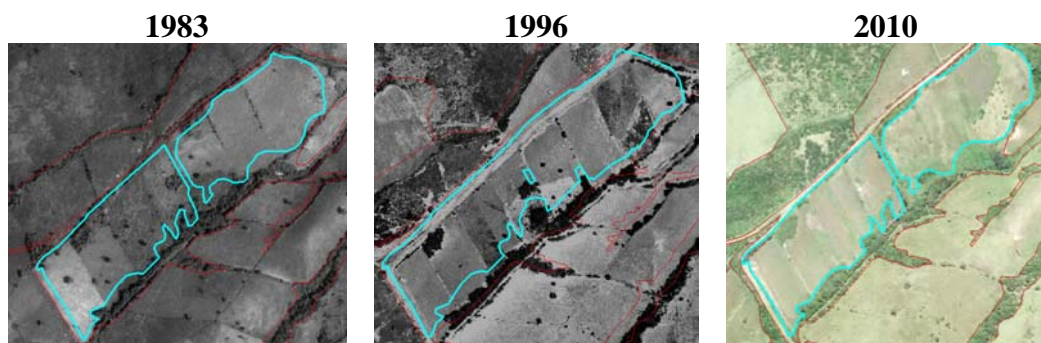


TEJIDO URBANO CONTÍNUO  
AÑO 2010

**Figura 18:** Ejemplo de Zonas urbanas

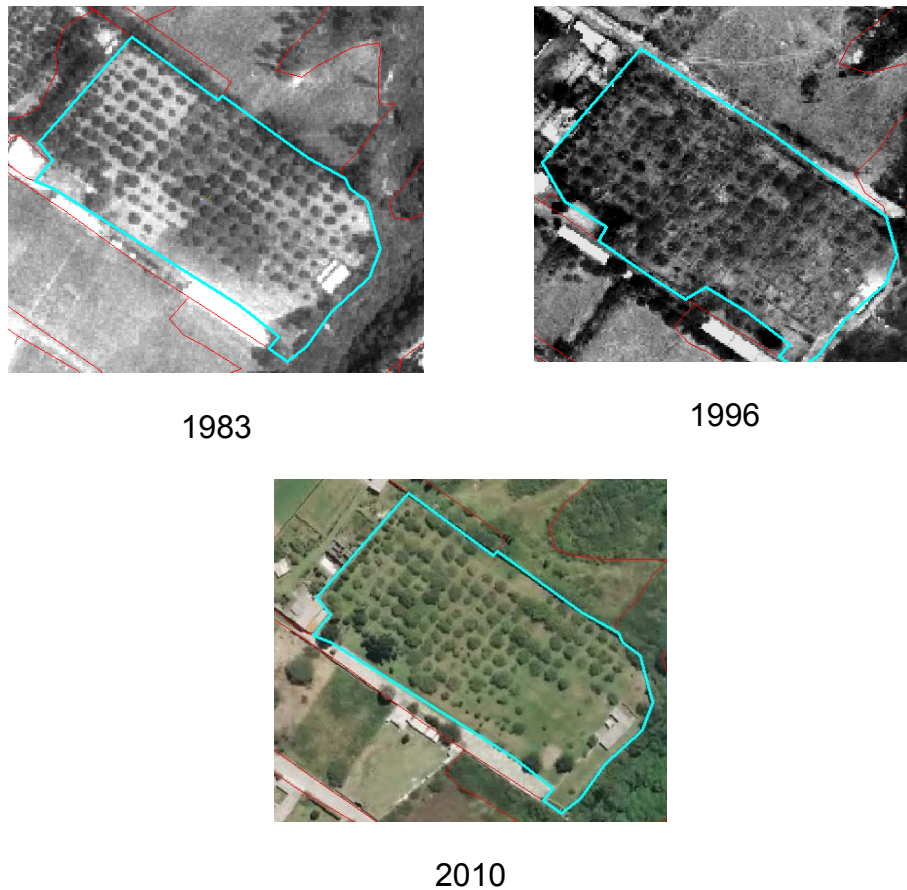
**Territorios agrícolas:** esta clase agrupa a las coberturas de tipo agrícolas como son los cultivos y pastos, en un segundo nivel se encuentran las categorías de: cultivos transitorios, cultivos permanentes, pastos y áreas agrícolas heterogéneas.

- Las categorías de cultivos transitorios (Figura 19) se refiere a los cultivos conocidos como de ciclo corto en cuyo caso las plantaciones deben volver a plantarse luego de su cosecha y su ciclo de desarrollo es de pocos meses hasta máximo un año. Para el caso de Ilaló, correspondería a cultivos de maíz, papas, habas, arveja, frejol u hortalizas.



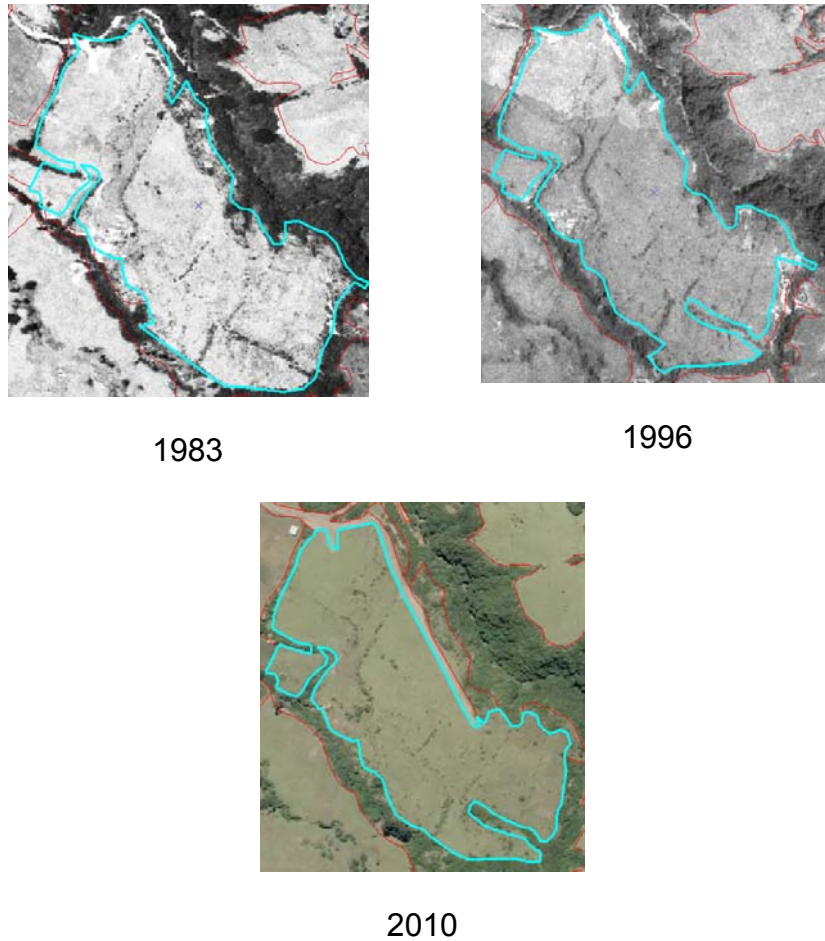
**Figura 19:** Ejemplo de cultivos transitorios

- Los cultivos permanentes arbóreos corresponden a las categorías donde el ciclo vegetativo es mayor al año y donde no es necesario volver a sembrar una nueva semilla. Para la zona de estudio, corresponden a zonas donde existen principalmente plantaciones árboles frutales como: aguacate, mandarina, limón, guaba, chirimoya, etc. (Figura 20).



**Figura 20:** Ejemplo de cultivos permanentes arbóreos

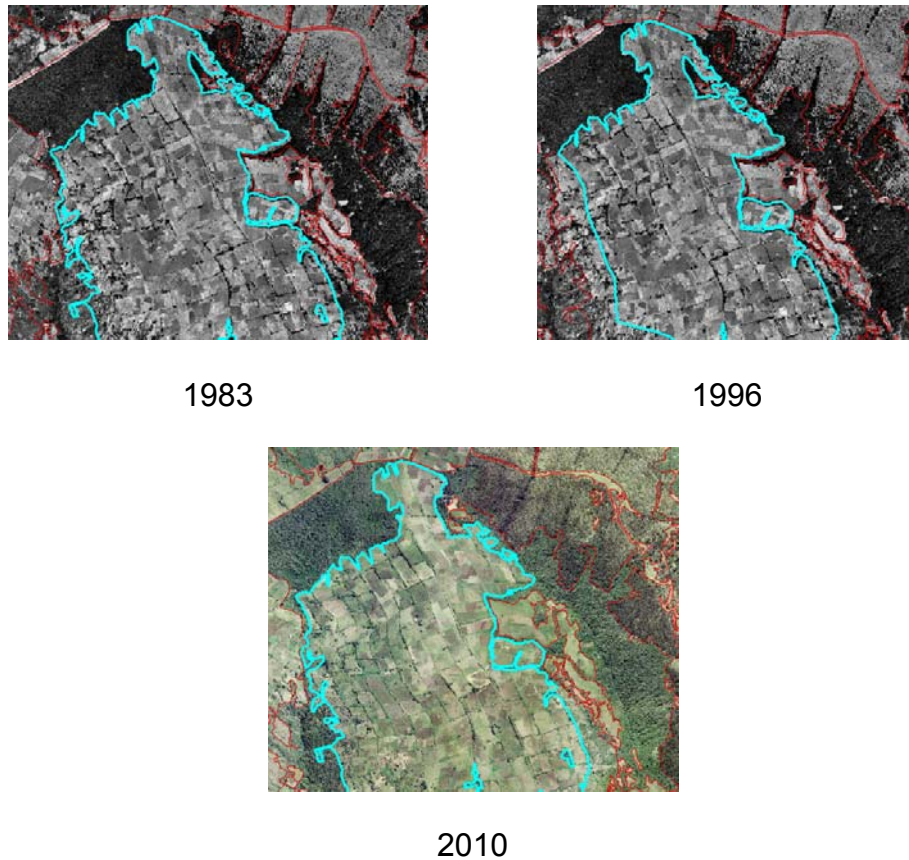
- Las áreas de pastos son específicas para las zonas ganaderas, aunque en los recorridos realizados, se comprobó que no existe cría de ganado extensiva sino de tipo doméstico. En esta categoría se encuentran los pastos limpios es decir aquellas áreas donde los pastos ocupan áreas completas (Figura 21) y donde existe la presencia de categorías mixtas que se detalla en las áreas agrícolas heterogéneas. También existe la presencia de pastos enmalezados.



**Figura 21:** Ejemplo de pastos limpios

- Las áreas agrícolas heterogéneas, corresponden a las categorías mixtas donde se encuentran las mezclas de categorías de cultivos y pastos principalmente. Para el Ilaló, se evidenció que se encuentran: mosaicos de cultivos (mezcla de cultivos transitorios y permanentes) y mosaicos de pastos con cultivos (mezcla de pastos con cultivos transitorios y/o permanentes). (Figura 22).





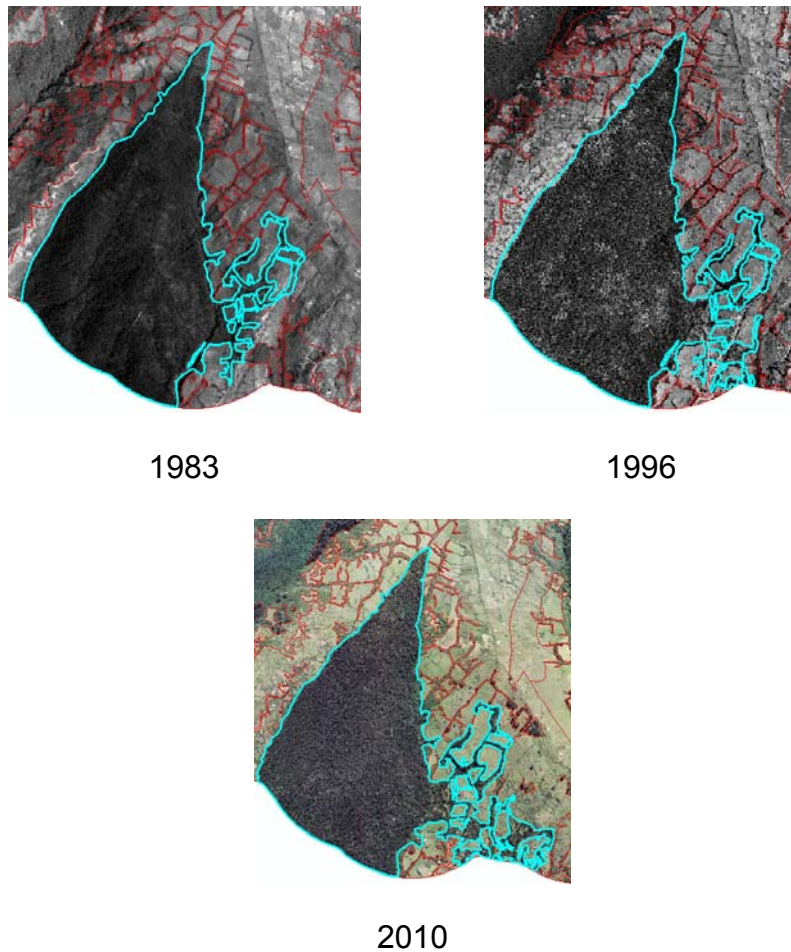
**Figura 22:** Ejemplo de Mosaicos de pastos y cultivos

**Bosques y áreas seminaturales:** en esta clase se agrupan coberturas vegetales de bosque, arbusto, herbáceo y áreas sin o con poca cobertura vegetal.

- De acuerdo a la (FAO, 2001), Un bosque es el “Terreno con una cubierta de copas de árboles (densidad de la masa) en más de un 20 por ciento de la superficie. Bosque de carácter continuo con árboles que suelen alcanzar más de unos 7 metros de altura y pueden producir madera.

Comprende las formaciones forestales cerradas y espesas donde hay árboles de varios pisos y sotobosque, que cubren una gran proporción del suelo, y formaciones claras con una capa continua de hierba en la que la sinusia arbórea cubre por lo menos el 10 por ciento del suelo”.

En el área del Ilaló se encontraron plantaciones forestales que corresponden a bosques plantados con fines comerciales o de protección. (Figura 23)



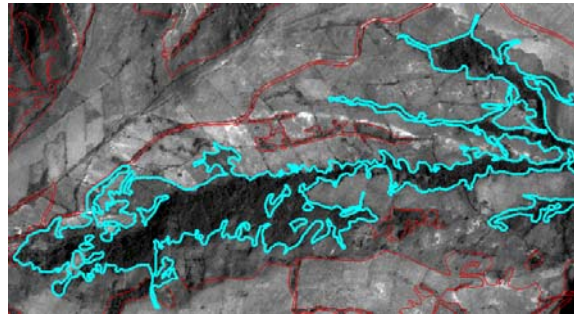
**Figura 23:** Ejemplo de Plantación forestal

- Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, corresponde a las categorías donde existe la presencia de coberturas vegetales naturales con poca o ninguna intervención humana. En el área del Ilaló se presentan principalmente a tres subcategorías: herbazal, arbustal y arbustal/herbazal.

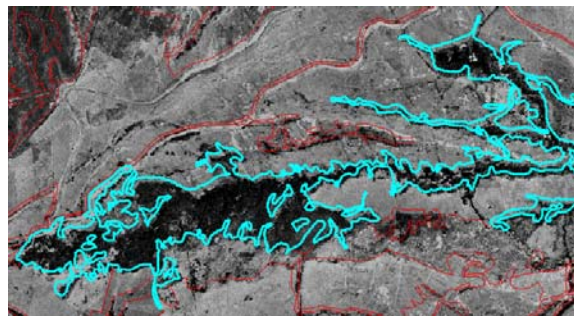
Los herbazales se constituyen por el conjunto de hierbas que son plantas no leñosas de consistencia blanda en todos sus órganos. (Fon Quer, 1982).

La clase arbustal se compone de vegetación arbustiva desarrollada en forma natural. La característica de un arbusto radica en poseer el tallo leñoso y permanente con varias ramificaciones y sin copa definida (FAO, 2001). Para el caso del Ilaló esta clase se encuentran bastante densificada por lo que correspondería a la categoría de arbustal denso de la leyenda CORINE LAND COVER. (Figura24)

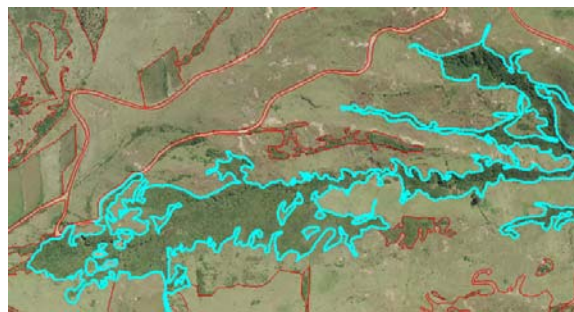
El arbustal/herbazal constituye una clase mixta que posee una mezcla entre arbustos y herbazales.



1983



1996

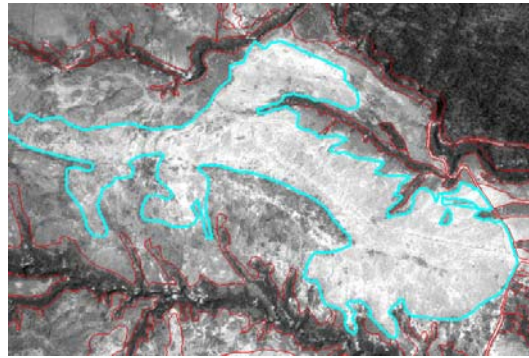


2010

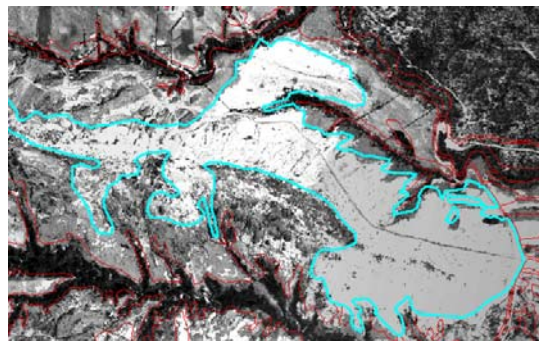
**Figura 24:** Ejemplo de arbustal

- Áreas sin o con poca vegetación, en esta clase se agrupan las áreas donde no existe o es muy escasa la presencia de vegetación, como son zonas erosionadas, zonas arenosas o afloramientos rocosos. En la zona

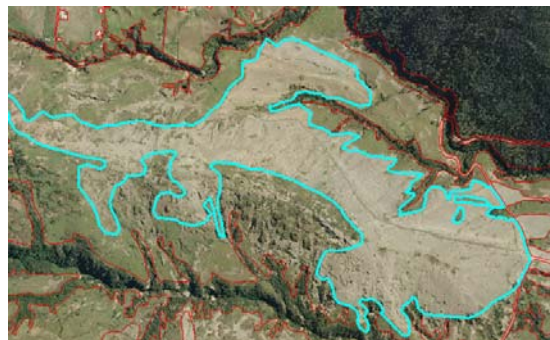
de Ilaló se evidenciaron que existen varias áreas de tierras desnudas y degradadas. (Figura 25)



1983



1996



2010

**Figura 25:** Ejemplo Tierra desnuda y degradada

- Superficies de agua: en esta categoría se incluye los cuerpos de agua. Para el caso de Ilaló, el principal cuerpo de agua corresponde al río San Pedro que atraviesa la zona de estudio en sentido sur – norte. (Figura26)



**Figura 26:** Río San Pedro


#### **.Levantamiento de puntos de calibración/comprobación de campo**

Para la identificación o interpretación de las categorías resulta fundamental el conocer el área en la que se está trabajando, para lo cual se deben realizar salidas de campo de calibración para el levantamiento de información de la cobertura de acuerdo a la leyenda temática con la que se esté trabajando.

Dentro de los procedimientos a realizarse en campo, tanto para calibración como para la validación están: registrar la posición del punto visitado y la toma de fotografías que respalden las coberturas que se estén identificando.

El posicionamiento de los puntos se realiza con ayuda de un receptor GPS navegador y por cada punto levantado se llena una ficha con atributos básicos que servirán al intérprete para identificar las clases (Tabla 4).

Nombre Atributo	Tipo	Tamaño	Descripción
<b>Codigo</b>	Txt	20	Código del punto de calibración
<b>Nombre</b>	Txt	50	Corresponde al nombre del sitio visitado
<b>Este_m</b>	Double		La coordenada de proyección TM Quito en el eje X (ESTE) en Datum WGS84
<b>Norte_m</b>	Double		La coordenada de proyección TM Quito en el eje Y (NORTE) en Datum WGS84
<b>Altitud_m</b>	Double		La altura sobre el nivel medio del mar obtenida por la conversión de la altura elipsoidal del GPS mediante

Continúa 

			el modelo geopotencial DMA
<b>Acimut_g</b>	Short Integer		El acimut al sitio que se hace referencia
<b>Distancia_m</b>	Double		Distancia aproximada hacia el sitio que se hace referencia
<b>Coberturas</b>	Txt	50	Describe la cobertura a nivel III encontrada en el sitio
<b>Observación</b>	Txt	50	Cualquier observación referente a la cobertura presentada en el sitio
<b>Foto</b>	Txt	100	Señala la dirección en el servidor de datos donde se encuentra el archivo fotográfico tomado en el punto
<b>Fecha</b>	Date	DD/MM/YYYY Y	Fecha en que fue tomado el punto
<b>Receptor_GPS</b>	Txt	50	El modelo de GPS utilizado

**Tabla 4:** Atributos empleados en la ficha de puntos de campo



### .Digitalización

Para iniciar con el proceso de digitalización se definió que la unidad mínima de mapeo (UMM) sería de 70 m<sup>2</sup> considerando que los mapas de cobertura serían a escala 1:5000 y la unidad mínima a distinguirse en la carta en papel es de 1/3 mm, entonces:

$$UMM = UMD \times E$$

Ecuación 1. Determinación de Tamaño de celda .

Fuente: (Ariza López & Atkinson Gordo, 2006)

Dónde:

UMM = unidad mínima mapeo;

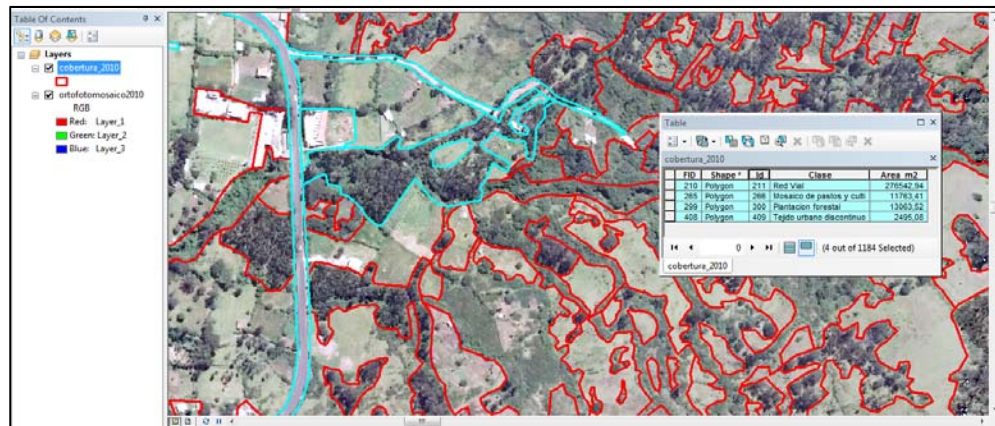
UMD = unidad mínima distinguible;

E = escala;

$$UMM = \frac{1}{3} mm \times 5000 \times \frac{1m}{1000mm} = 1,67m$$

La unidad mínima a distinguirse en la cartografía es de 1.67 m, considerando que la un polígono es apreciable en el mapa desde una dimensión de 5 mm. x 5 mm. Implicaría que este polígono en tamaño real sería de 8.33 m x 8.33 m es decir que cubriría un área o Unidad Mínima de Mapeo (UMM) de ~70 m<sup>2</sup>.



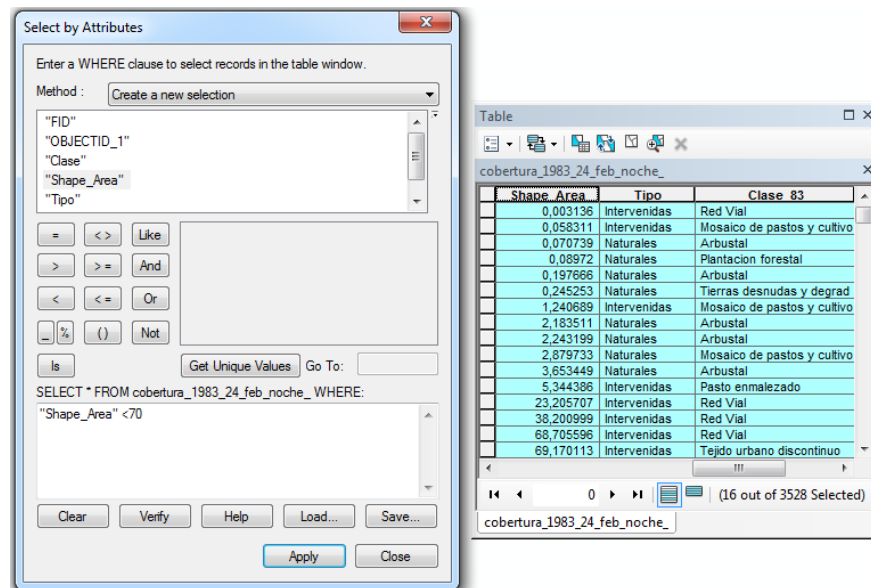


**Figura 28:** Interfaz de digitalización y atribución temática del mapa de cobertura 2010.

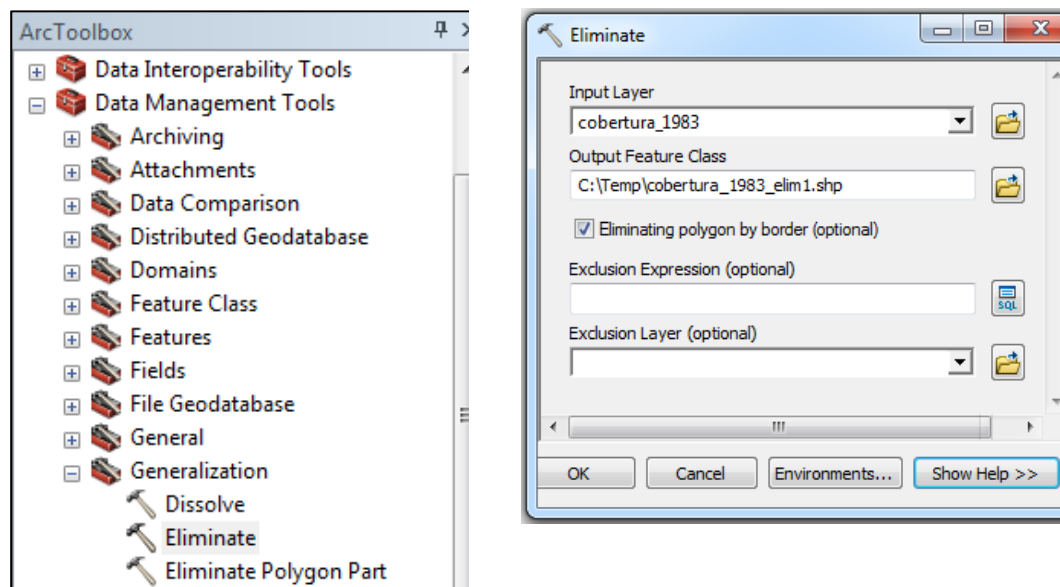
### .Procesos de Edición

Para finalizar la generación de los mapas de cobertura se realizaron procesos de edición final, que consistieron en corregir errores de geometría resultantes del proceso de digitalización, a cada mapa de cobertura generado se le realizó una última edición de la eliminación de ruido y topología.

La eliminación de ruido consistió en eliminar áreas que producen ruido en el mapa, es decir aquellas áreas que se encontraban bajo la Unidad Mínima de mapeo (UMM), como se mencionó en el proceso de digitalización esta UMM fue de  $\sim 70 \text{ m}^2$  (Figura 29). Para la eliminación de ruido se emplearon las herramientas de generalización Eliminate de ArcToolBox esta herramienta permite que los polígonos menores a la UMM se generalicen agregándolos al vecino con el que comparte mayor longitud de borde “Eliminatin polygon by border” (Figura 30).

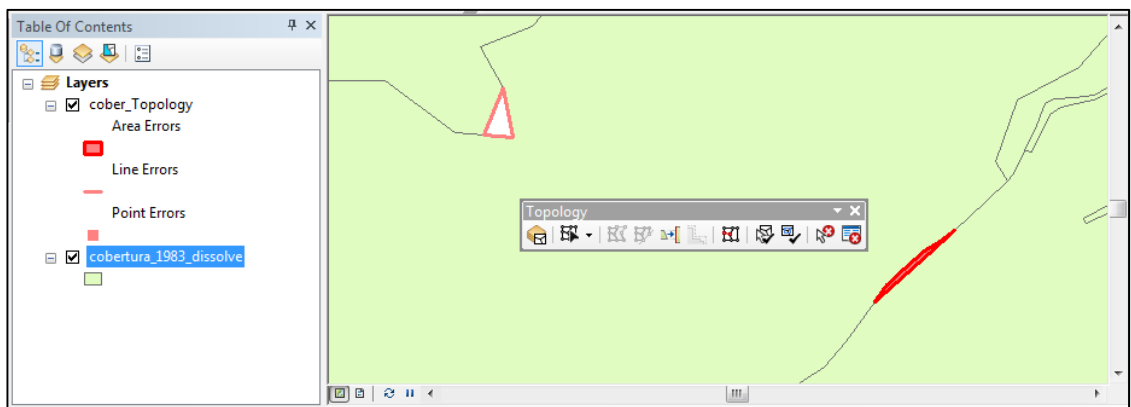


**Figura 29:** Selección de áreas <70 m<sup>2</sup> para la eliminación de ruido para el Mapa de cobertura de 1983.



**Figura 30:** Herramienta de eliminación "Eliminate" de ArcToolBox para el Mapa de Cobertura de 1983.

Una vez realizada la eliminación de ruido, se realizó la edición de topología (Figura 31) para lo cual se consideraron dos reglas básicas: sobreposición de polígonos “must not overlap” y vacíos “must no have gaps” el valor de tolerancia empleado fue de 0,3 m considerando que la escala de trabajo fue de 1:5000.



**Figura 31:** Ejemplos de edición topológica del Mapa de Cobertura 1983.

## RESULTADOS

### 3.6 CAMBIOS DE COBERTURA NATURAL EN LAS FRECUENCIAS 1983, 1996 Y 2010.

El resultado de la serie histórica 1983 – 2010 se detalla en Tabla 5 y (Figuras 32,33-39), que estas están representadas al nivel III, nivel II y nivel I. Se los puede visualizar en el (ANEXO B5-B6-B7 a nivel III), la cual se puede identificar que las áreas naturales tienen a las clases de mayor tamaño, es así que durante la serie histórica juntas sobrepasan el 50% del área total, las clases naturales de mayor tamaño fueron: Arbustal (>21%), Plantación forestal (>10%), Herbazal (>12%) y Arbustal/Herbazal (>8%).

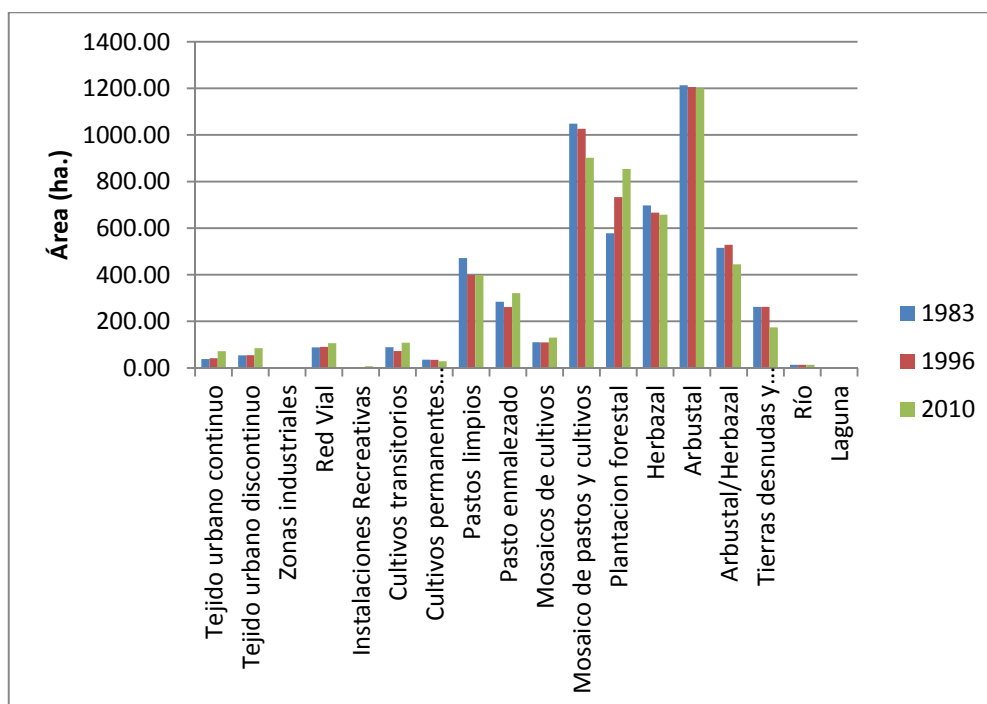
Las clases representativas en áreas de intervención en función del área corresponden a: Mosaicos de pastos y cultivos (>16%), Pastos limpios (>7%), Pastos enmalezados (>4%) y Mosaicos de cultivos (>2%). El resto de clases ocupan áreas menores a las anteriores y no alcanzan al 2%.

CÓDIGO	CLASE	Área	%	Área	%	Área	%
		(ha) 1983		(ha) 1996		(ha) 2010	
111	Tejido urbano continuo	37,99	0,69	41,91	0,76	71,85	1,3
112	Tejido urbano discontinuo	53,76	0,98	54,72	0,99	84,61	1,54
121	Zonas industriales	3,47	0,06	1,41	0,03	3,73	0,07
122	Red Vial	88,43	1,61	90,53	1,64	106,22	1,93
131	Instalaciones Recreativas	4,01	0,07	3,86	0,07	7,01	0,13
211	Cultivos transitorios	88,7	1,61	72,85	1,32	107,95	1,96
221	Cultivos permanentes arbóreos	35,7	0,65	34,78	0,63	28,72	0,52
231	Pastos limpios	471,8	8,57	398,69	7,24	398,5	7,24

Continúa →

232	Pasto enmalezado	283,85	5,15	261,45	4,75	320,83	5,83
241	Mosaicos de cultivos	110,06	2	109,69	1,99	130,43	2,37
242	Mosaico de pastos y cultivos	1048,63	19,04	1026,72	18,64	902,13	16,38
311	Plantación forestal	578,02	10,5	733,39	13,32	853,86	15,51
321	Herbazal	697,67	12,67	666,81	12,11	657,76	11,94
322	Arbustal	1213,18	22,03	1205,87	21,9	1200,25	21,8
323	Arbustal/Herbazal	515,55	9,36	528,24	9,59	444,94	8,08
331	Tierras desnudas y degradadas	262,22	4,76	262,11	4,76	174,24	3,16
411	Río	13,8	0,25	13,8	0,25	13,8	0,25
412	Laguna	0,1	0	0,1	0	0,1	0
<b>TOTAL</b>		<b>5506,92</b>	<b>100</b>	<b>5506,92</b>	<b>100</b>	<b>5506,92</b>	<b>100</b>

**Tabla 5:** Serie histórica 1983, 1996 y 2010 de Coberturas en el área de estudio.



**Figura 32:** Frecuencias de la serie histórica 1983, 1996 y 2010 de Coberturas en el área de estudio.

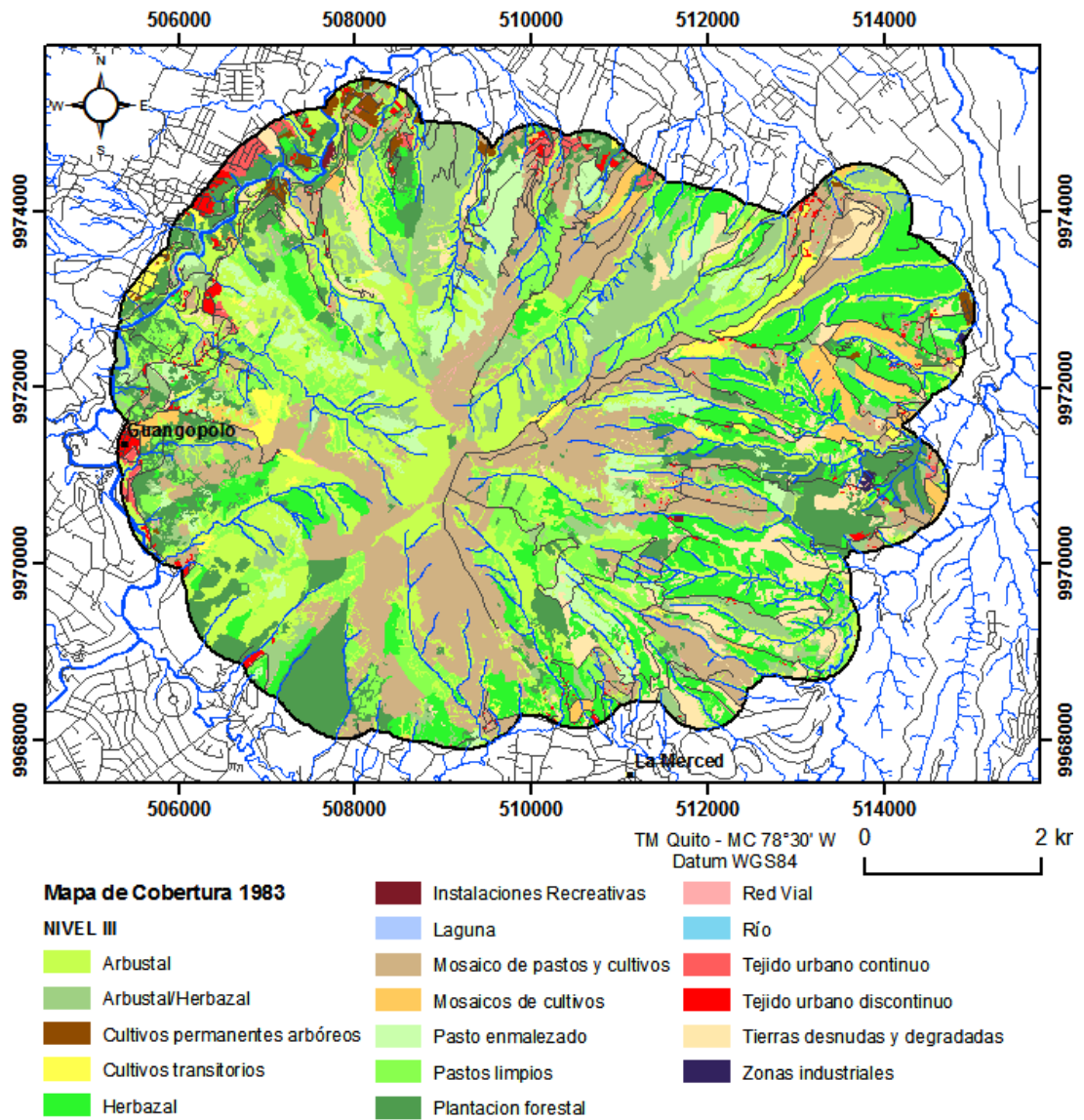
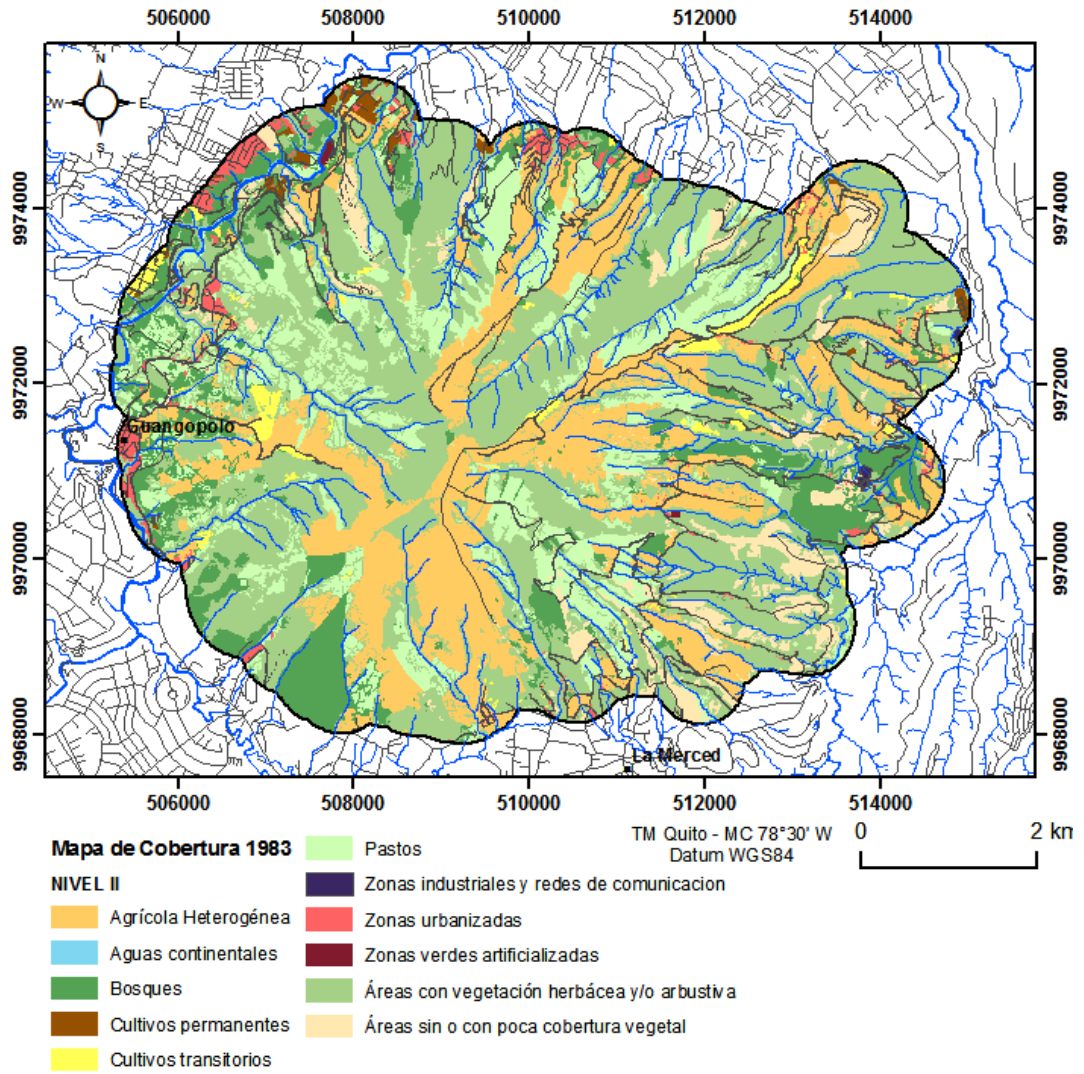
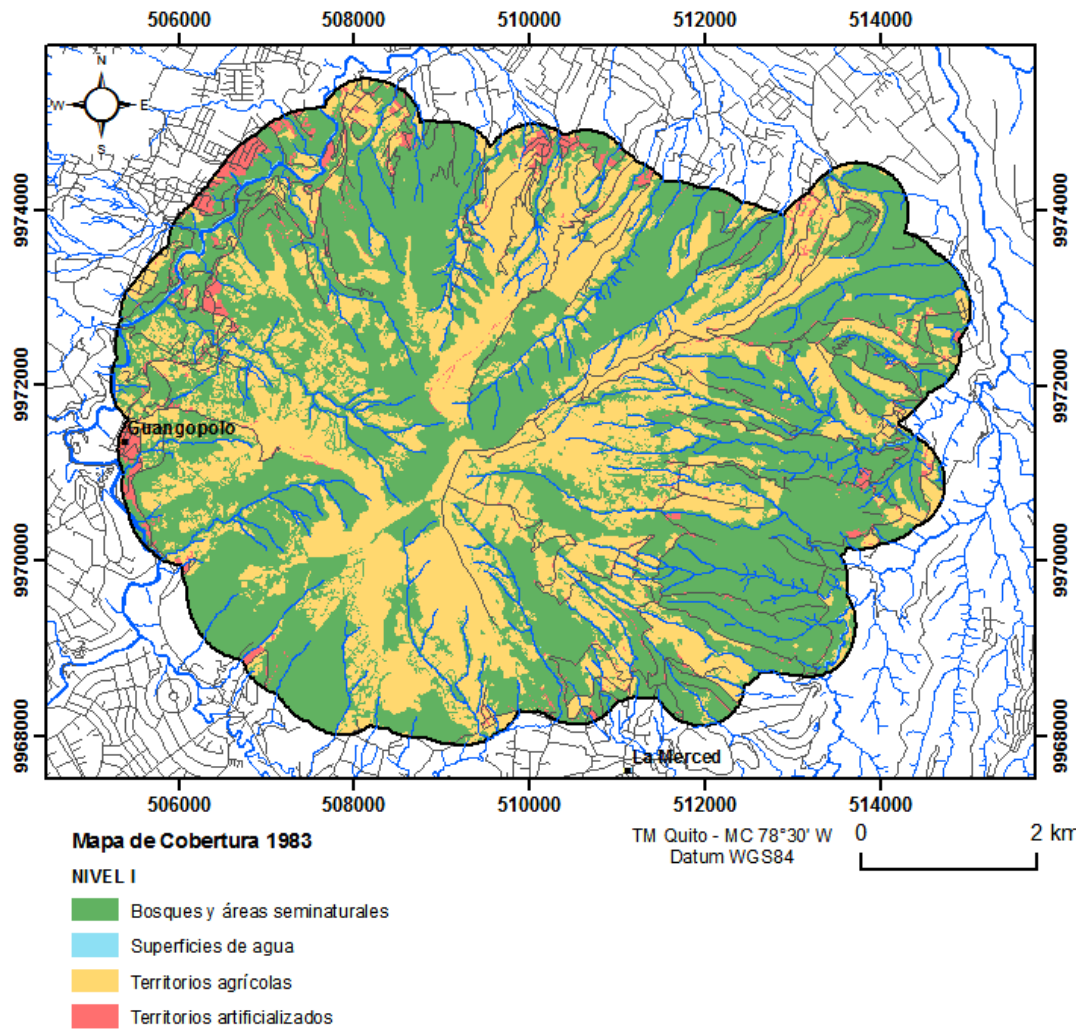


Figura 33: Mapa de Cobertura del año 1983 del área de estudio. NIVEL III





**Figura 34:** Mapa de Cobertura del año 1983 del área de estudio. NIVEL II



**Figura 35:** Mapa de Cobertura del año 1983 del área de estudio. NIVEL I

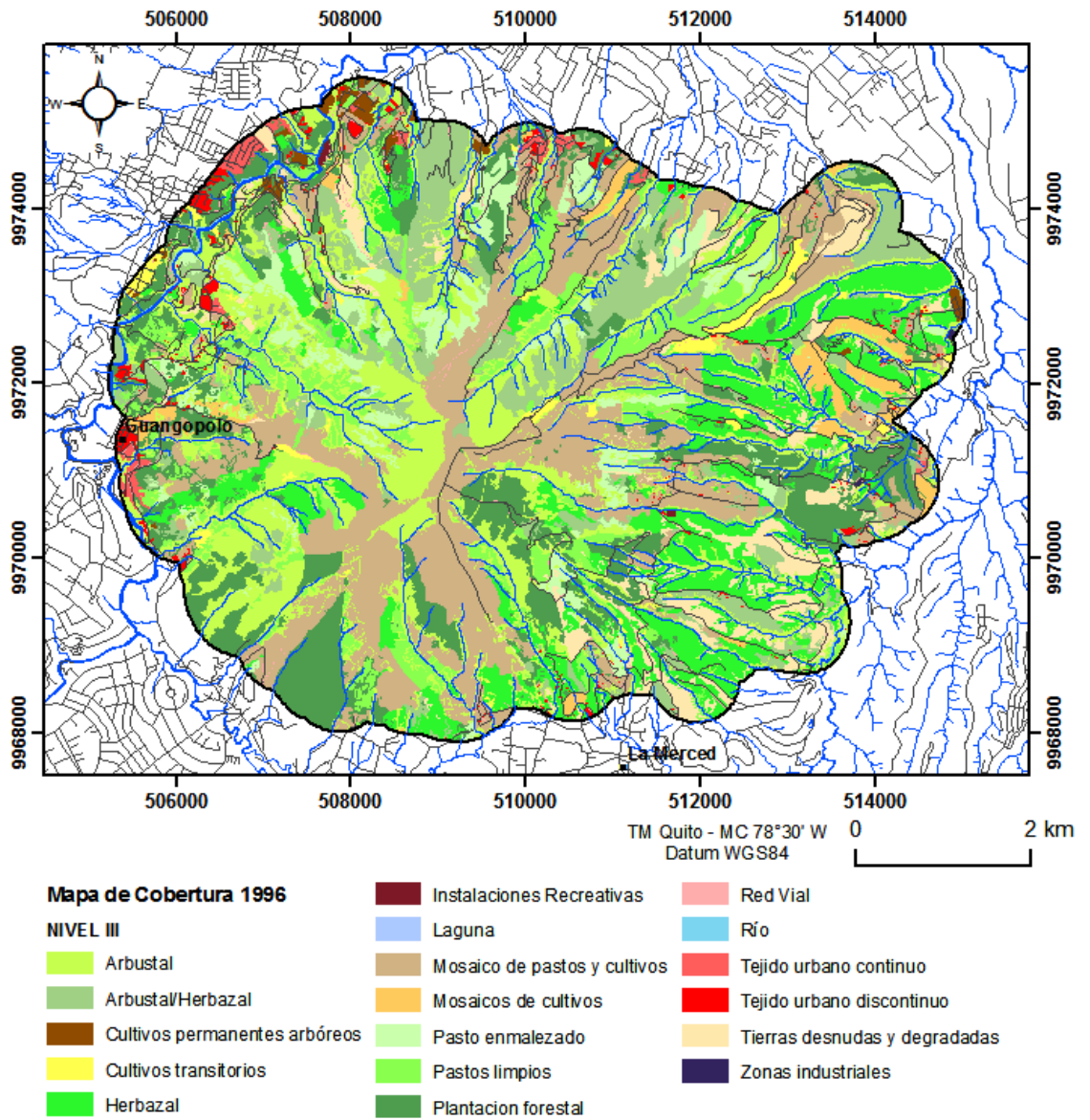


Figura 36: Mapa de Cobertura del año 1996 del área de estudio. NIVEL III

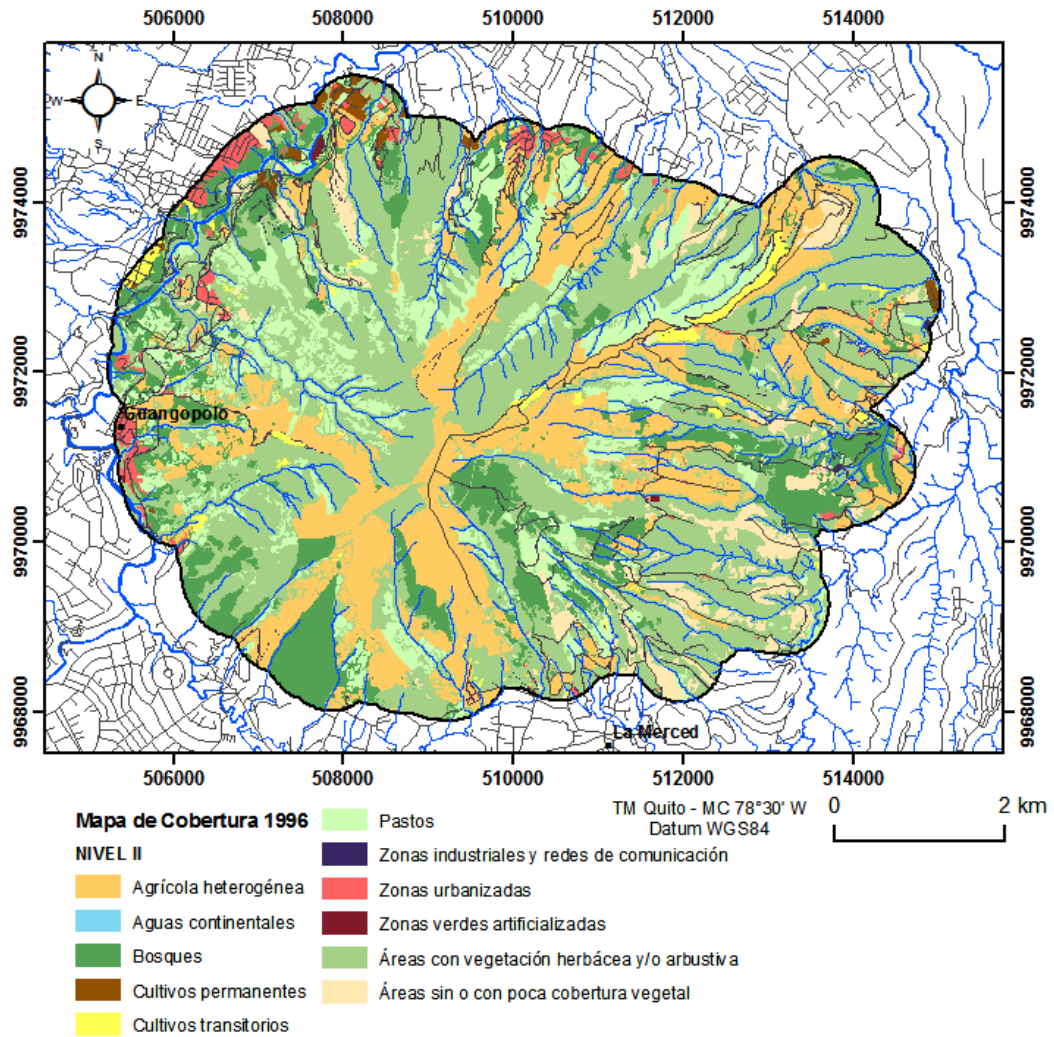
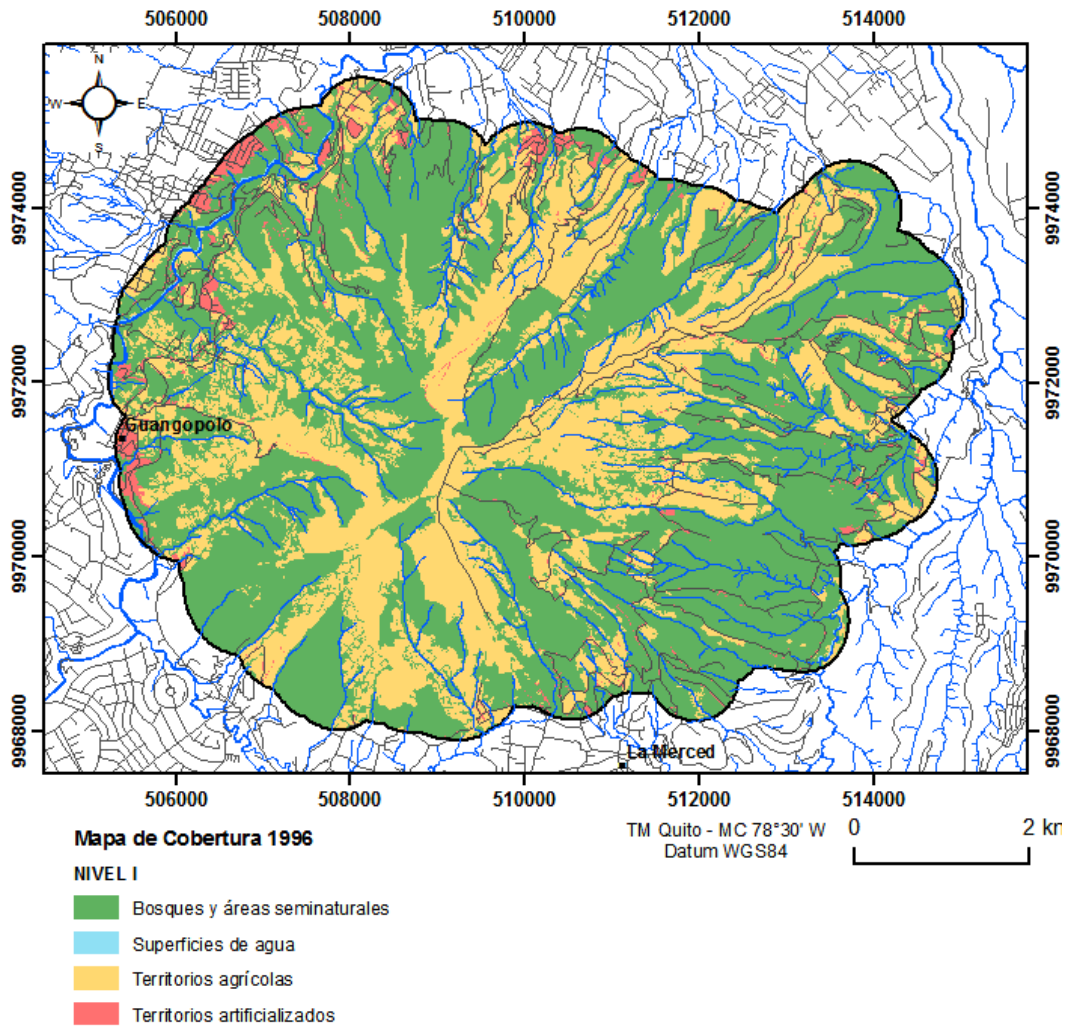


Figura 37: Mapa de Cobertura del año 1996 del área de estudio. NIVEL II



**Figura 38:** Mapa de Cobertura del año 1996 del área de estudio. NIVEL I

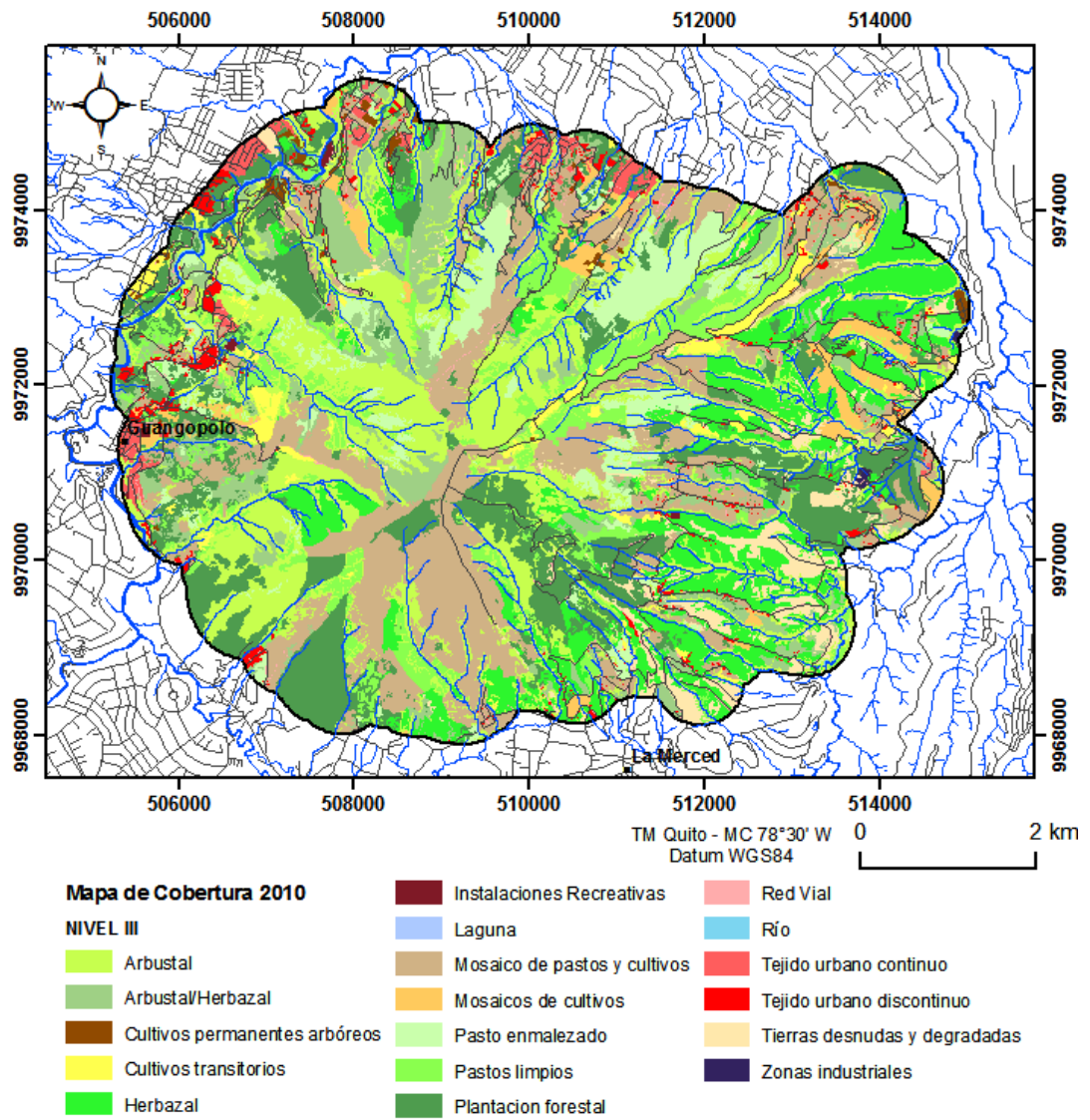


Figura 39: Mapa de Cobertura del año 2010 del área de estudio. NIVEL III

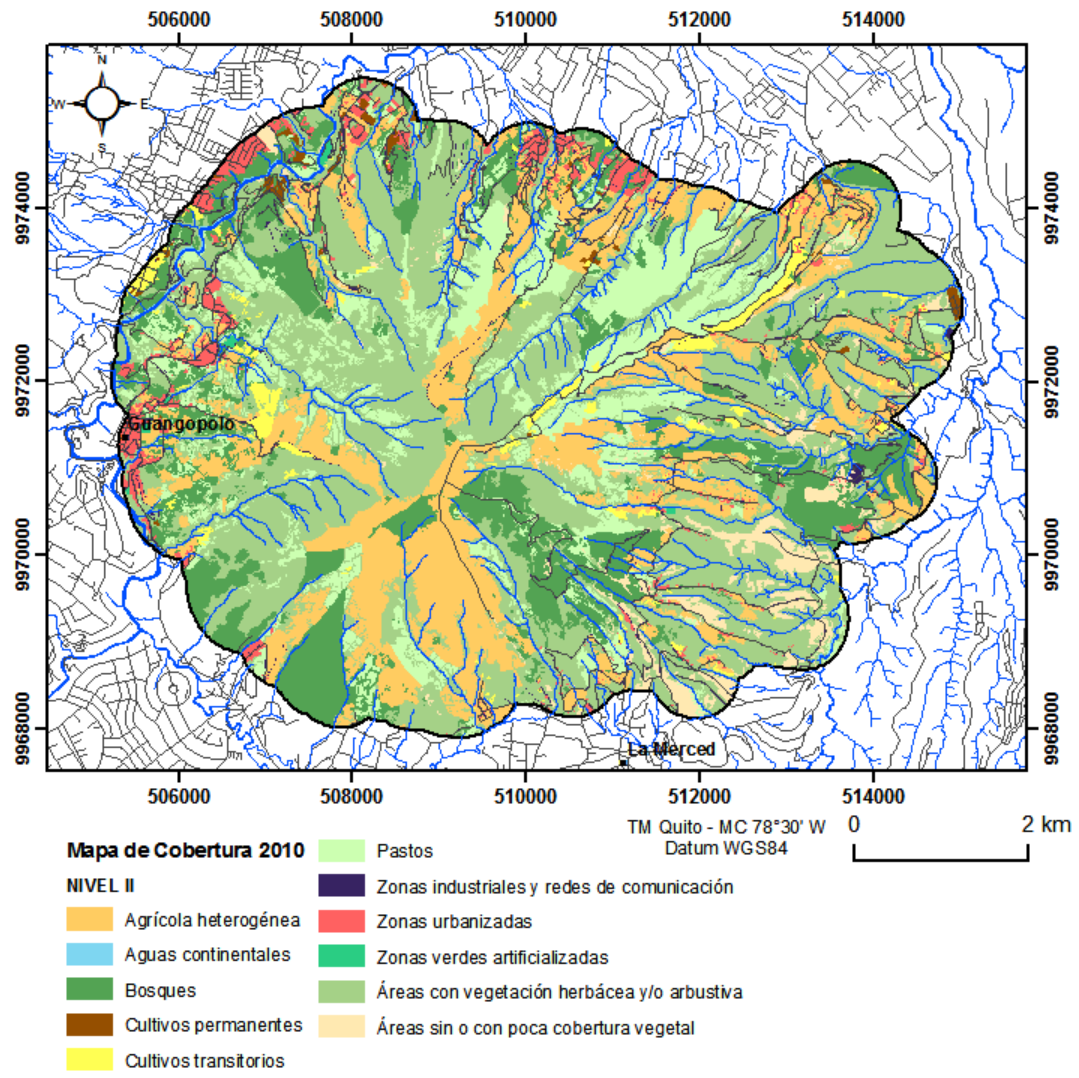


Figura 40: Mapa de Cobertura del año 2010 del área de estudio. NIVEL II

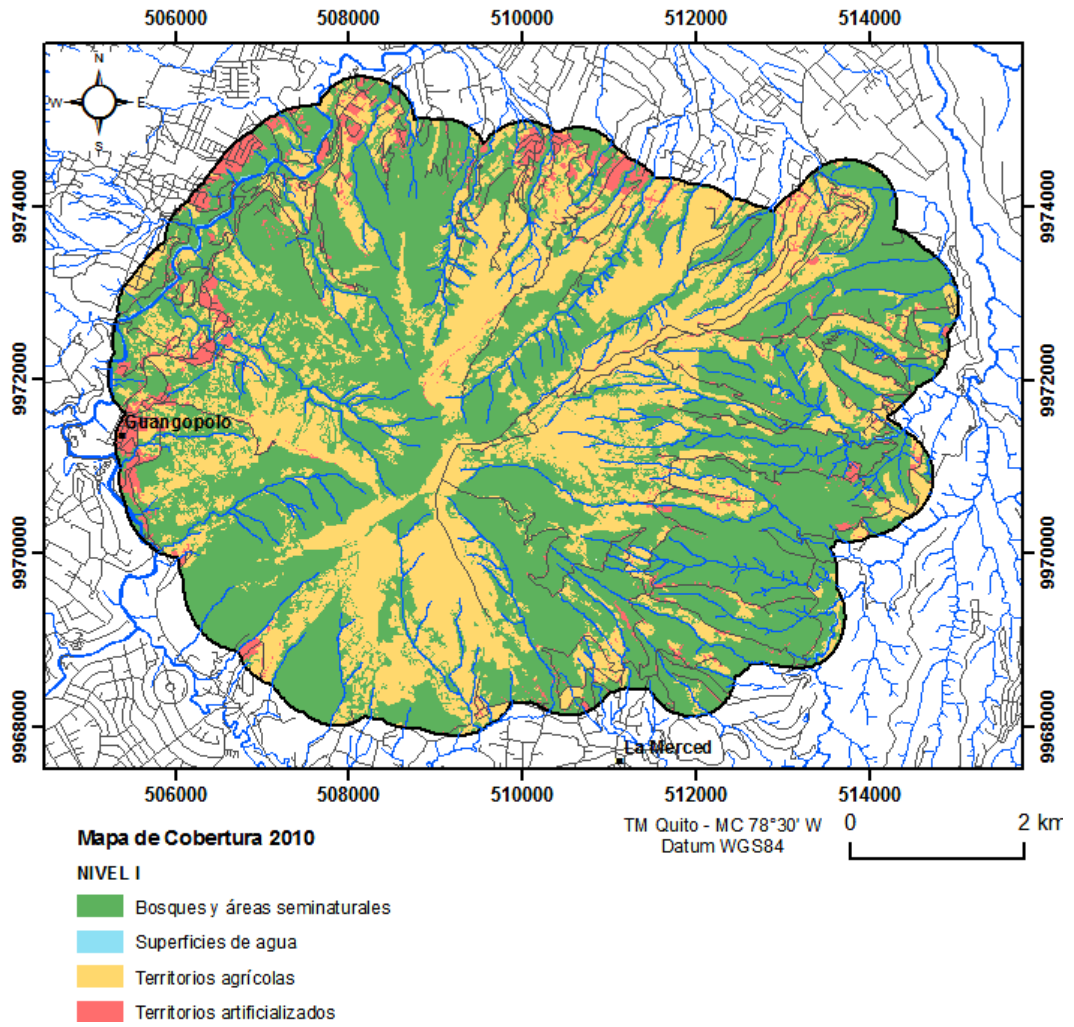


Figura 41: Mapa de Cobertura del año 2010 del área de estudio. NIVEL I



Para analizar el comportamiento de la cobertura natural en la serie histórica se realizó un proceso comparativo, entre todos los mapas de cobertura generalizados en dos clases principales: cobertura natural e intervenida y se determinaron las tasas de cambio de coberturas naturales y los cambios de coberturas naturales por período.

### **.Tasas de cambio de las coberturas naturales por períodos**

Para analizar los resultados se realizó el cálculo de tasas de cambio, que tiene la intención de identificar la cantidad de ha/año que aumenta o disminuye de la clase analizada para lo cual se empleó la Ecuación 2 (Basado en la ecuación de la tasa de deforestación empleada por el Ministerio del Ambiente. Enero 2010).

$$Tasa = \frac{Cob. Nat._{t_1} - Cob. Nat._{t_0}}{t_1 - t_0}$$

Ecuación 2. Determinación de Tasa de cambio.

Dónde:

Cob. Nat. = cobertura natural analizada;

$t_1$  = año final

$t_0$  = año inicial

$t_1 - t_0$  = período de análisis;

Las tasas de cambio obtenidas para el Ilaló se detallan en la Tabla 6, se determinó que la clase Arbustal es estable apenas disminuye 1 ha/año en el período 1983-1996 y no varía significativamente entre 1996-2010, las plantaciones forestales mantiene un progresivo incremento de 12 ha/año entre 1983-1996 y 8ha/año entre 1996-2010, los herbazales mantienen disminución durante los dos períodos y la clase Arbustal/herbazal aumenta levemente y luego disminuye.

Código	Clase	1983 – 1996 ha/año	1996 – 2010 ha/año
311	Plantación forestal	12	8
321	Herbazal	-2	-1
322	Arbustal	-1	0
323	Arbustal/Herbazal	1	-6

**Tabla 6:** Tasas de cambio de las coberturas naturales en los períodos 1983-1996 y 1996-2010.

### **.Cambios de las coberturas naturales por períodos**

Empleando como insumos los mapas de cobertura vegetal generados en este estudio, se realizó el análisis de cambios de cobertura natural en comparación con las coberturas intervenidas; para lo cual se realizó un cruce

sistemático de los tres mapas generados de este cruce se obtuvieron 8 casos que combinan el comportamiento de las coberturas naturales e intervenidas durante la serie histórica (Tabla 7) y (Figura 42) las combinaciones se presentaron de la siguiente manera:

El primer caso, corresponde a áreas permanentes de coberturas naturales, es decir que la cobertura natural se ha mantenido durante toda la serie histórica 1986 a 2010, este caso el 56,84% del área de estudio del Ilaló y es la mayor de todas respecto al área de estudio.

En el segundo caso se reportan las coberturas naturales que se mantuvieron en 1983 y 1996, ocupa un área de 4,30% del área de estudio.

Los casos tres y cuatro son los que ocuparon el 0,94% y 0,66% del área respectivamente. El caso 3, representa a las áreas naturales de 1986 que mantuvieron intervenciones hasta 1996 y 2010. El caso 4, concierne a las coberturas naturales que sufrieron intervenciones en 1996 y nuevamente pasa a cobertura naturales hasta el 2010.

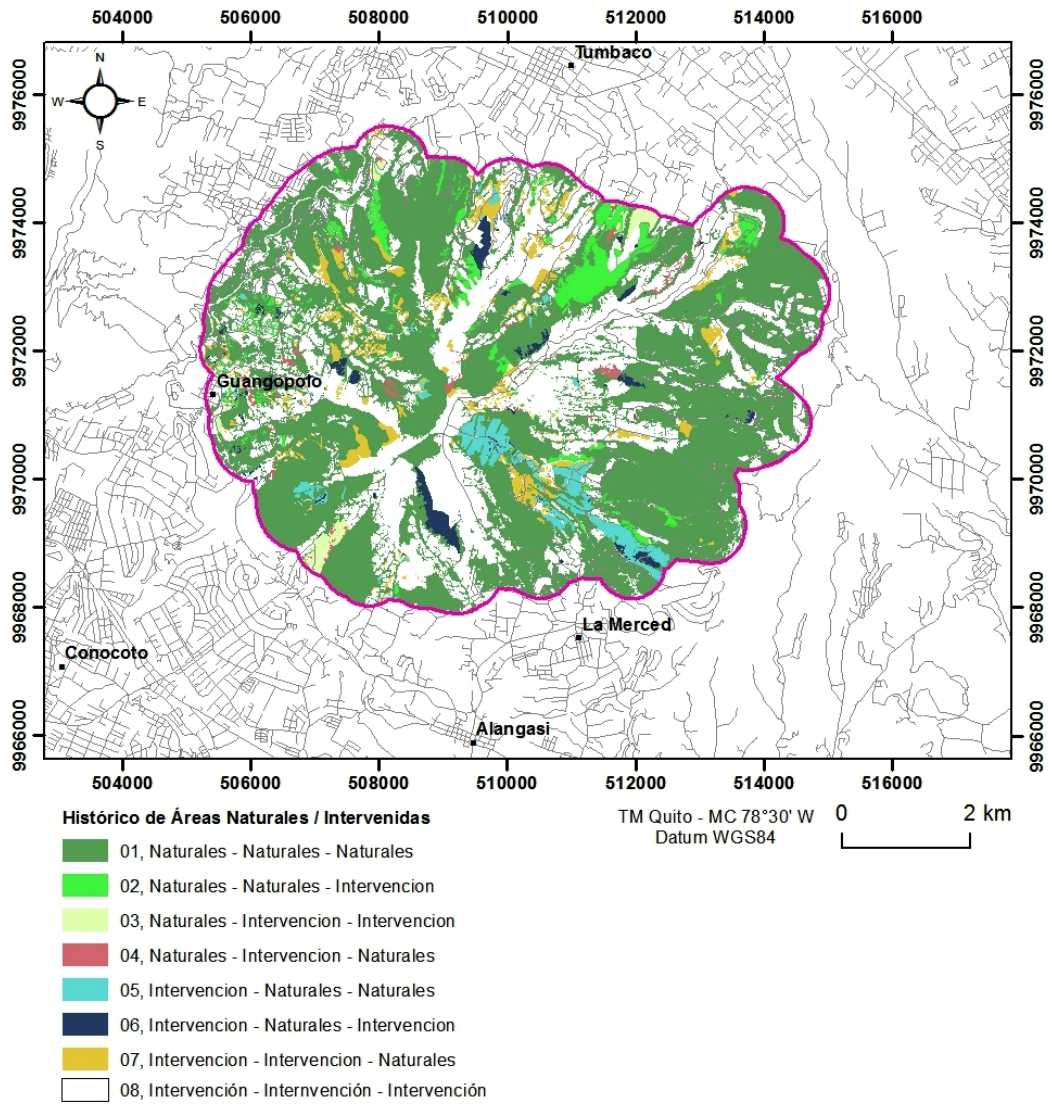
Los casos 5, 6 y 7 corresponden a las áreas que mantenían intervención en 1983 y que posteriormente y de manera alternada pasaron a ser áreas

naturales en 1996 y/o 2010; estos casos ocuparon: 2,53%, 1,56% y 3,94% respectivamente.

El último caso es el 8 y corresponde a las áreas de intervención permanente durante la serie histórica 1986 a 2010 y ocupa el 29,23% del área.

<b>Caso</b>	<b>Cambios de cobertura natural</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
<b>1983 - 1996 - 2010</b>			
<b>1</b>	Naturales - Naturales - Naturales	2959,48	56,84
<b>2</b>	Naturales - Naturales - Intervención	223,94	4,30
<b>3</b>	Naturales - Intervención - Intervención	48,69	0,94
<b>4</b>	Naturales - Intervención - Naturales	34,61	0,66
<b>5</b>	Intervención - Naturales - Naturales	131,99	2,53
<b>6</b>	Intervención - Naturales - Intervención	81,10	1,56
<b>7</b>	Intervención - Intervención - Naturales	205,08	3,94
<b>8</b>	Intervención - Intervención - Intervención	1522,07	29,23
<b>TOTAL</b>		<b>5206,96</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 7:** Serie Histórica 1986 a 2010 de áreas naturales/intervenidas.

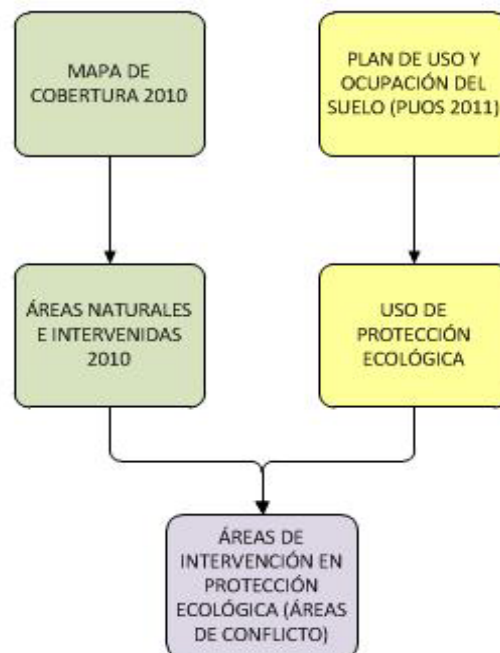


**Figura 42:** Mapa de la Serie Histórica 1983 a 2010 de áreas naturales/intervenidas.

### 3.7 COMPARACIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES 2010 DEL ILALÓ CON LA NORMATIVA ESTABLECIDA EN EL MDMQ, AL AÑO 2011 Y DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE CONFLICTO PUOS.

El modelo de comparación toma como insumos básicos las áreas naturales e intervenidas determinadas mediante el Mapa de Cobertura de 2010 y de la normativa del Plan de Uso y Ocupación del Suelo (PUOS) 2011 se extrae el Uso de Protección Ecológica. Las áreas de conflicto de uso se determinaron al localizar las áreas intervenidas que existieron hasta el 2010 y que no tienen compatibilidad con el uso de Protección Ecológica del PUOS 2011.

(Diagrama 4).

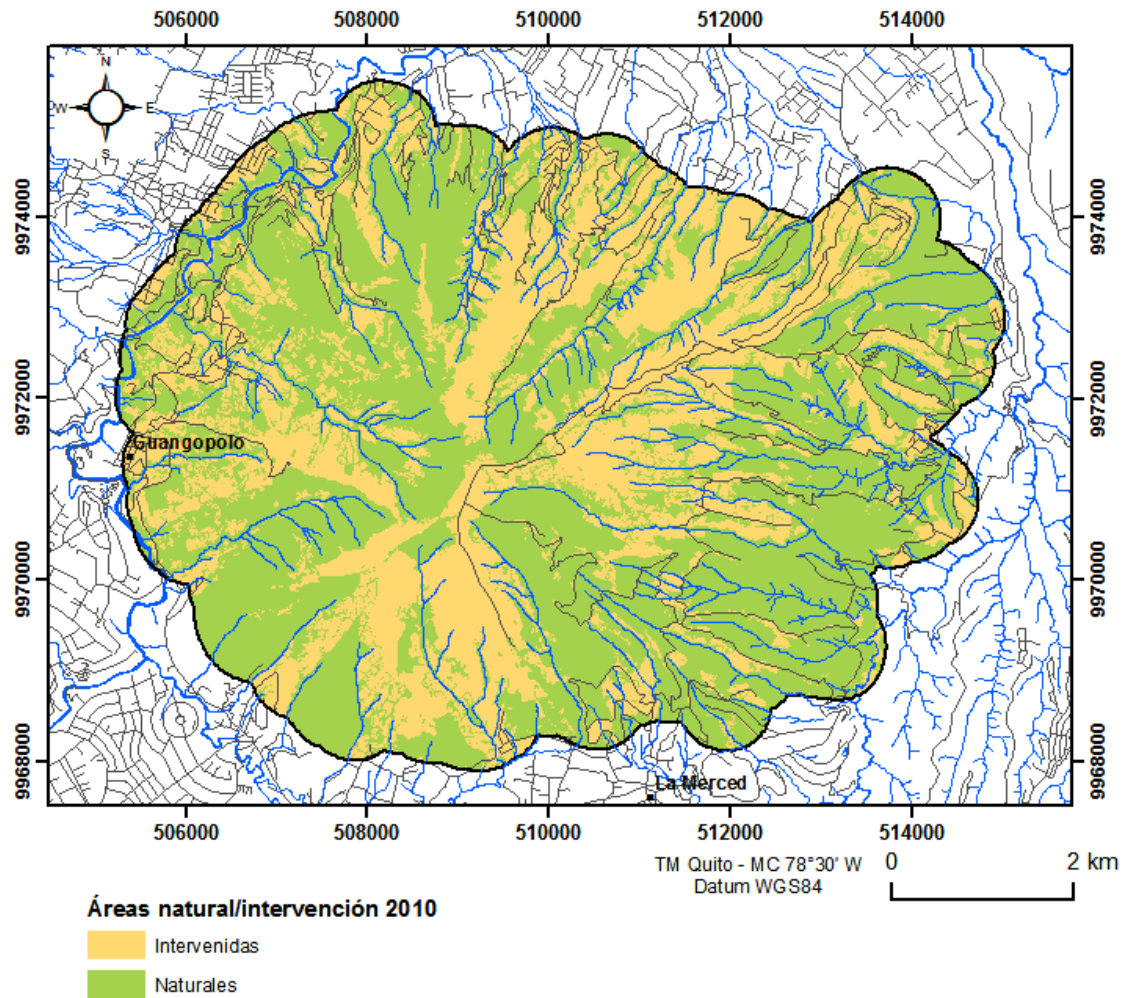


**Diagrama 4:** Modelo para comparar las áreas naturales 2010 del Cerro Ilaló con la normativa del PUOS 2011.

Para realizar la comparación, en lo que corresponde al Mapa de cobertura realizado con el ortofotomosaico del año 2010, se determinaron las áreas naturales y de intervención (Figura 43) para lo cual se agruparon las clases de cobertura en estas dos categorías acorde a la tabla 8, de esta manera se determinó que el 39,54% del área de estudio esta intervenida y el 60,46% del área corresponden a áreas naturales.

CLASES	TIPO DE ÁREA	ÁREA 1983 (ha.)	%	ÁREA 1996 (ha.)	%	ÁREA 2010 (ha.)	%
Tejido urbano continuo	INTERVENCIÓN	2240.28	40.68	2110.51	38.32	2177.19	39.54
Tejido urbano discontinuo							
Zonas industriales							
Red vial							
Instalaciones recreativas							
Cultivos transitorios							
Cultivos permanentes arbóreos							
Pastos limpios							
Pastos enmalezados							
Mosaicos de cultivos							
Mosaicos de pastos y cultivos							
Plantación forestal							
Herbazal							
Arbustal							
Arbustal/Herbazal							
Tierras desnudas y degradadas							
Río							
Laguna							
<b>TOTAL</b>		<b>5506.92</b>	<b>100</b>	<b>5506.92</b>	<b>100</b>	<b>5506.36</b>	<b>100</b>

**Tabla 8:** Clases de Intervención y Naturales en los Mapas de Cobertura periodos 1983.1996, y 2010



**Figura 43:** Mapa de áreas naturales e intervenidas 2010 en el área de estudio.

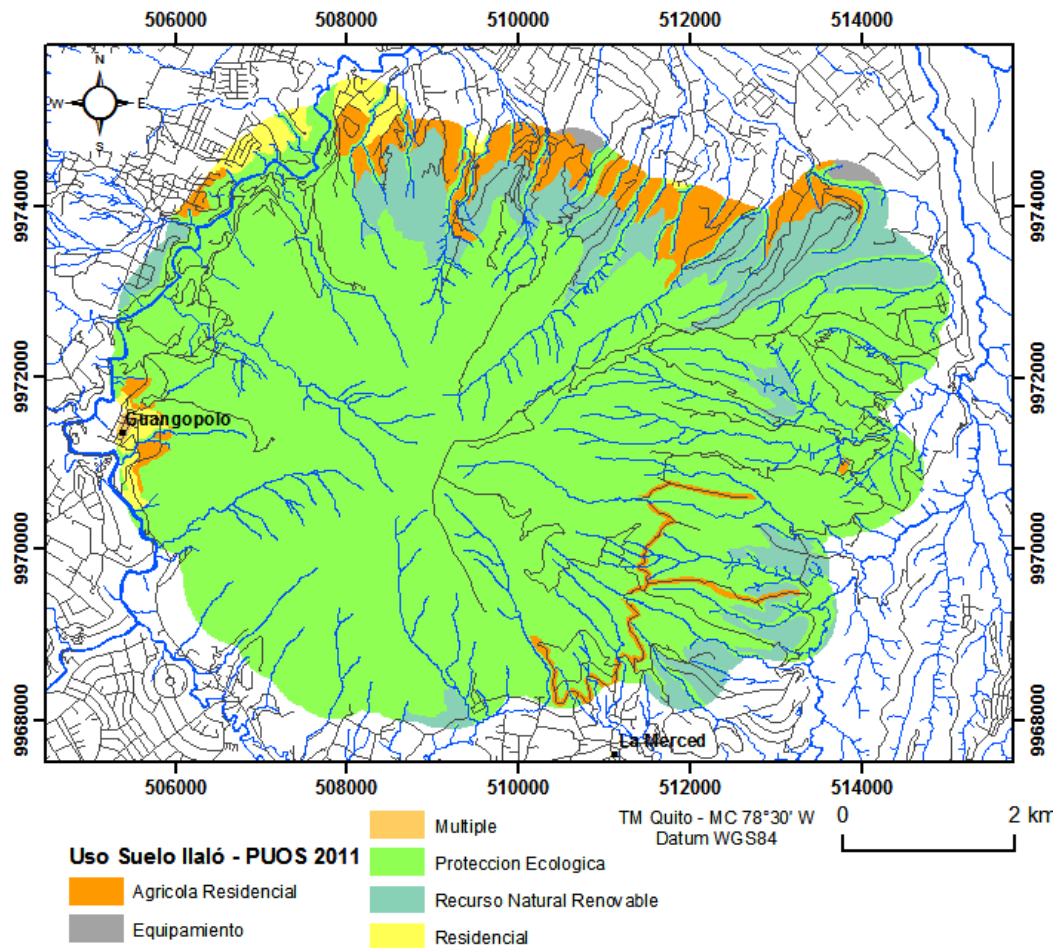
Para realizar el modelo comparativo se empleó el área de Protección Ecológica que define el PUOS la cual se describió en el ítem 1.10. Actualmente el PUOS mantiene 4438,85 ha de Protección Ecológica en el área de Estudio del Ilaló lo que representa que más del 80% del área se destina a protección



(Tabla 9). Cabe resaltar que en el costado sur-oriental y dentro del área de protección existe una zona de uso agrícola residencial, que ocupa un área de 46,80 ha y que se encuentra a lo largo de un área de influencia de un eje vial formado por intervenciones de los pobladores de la zona. (Figura 44).

<b>Nro.</b>	<b>USO SUELO</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
1	Agrícola Residencial	336,14	6,10
2	Equipamiento	18,13	0,33
3	Múltiple	4,05	0,07
4	Protección Ecológica	4438,85	80,60
5	Recurso Natural Renovable	608,98	11,06
6	Residencial	100,77	1,83
<b>TOTAL</b>		<b>5506,92</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 9:** Uso de Suelo del PUOS 2011 en el área de estudio.

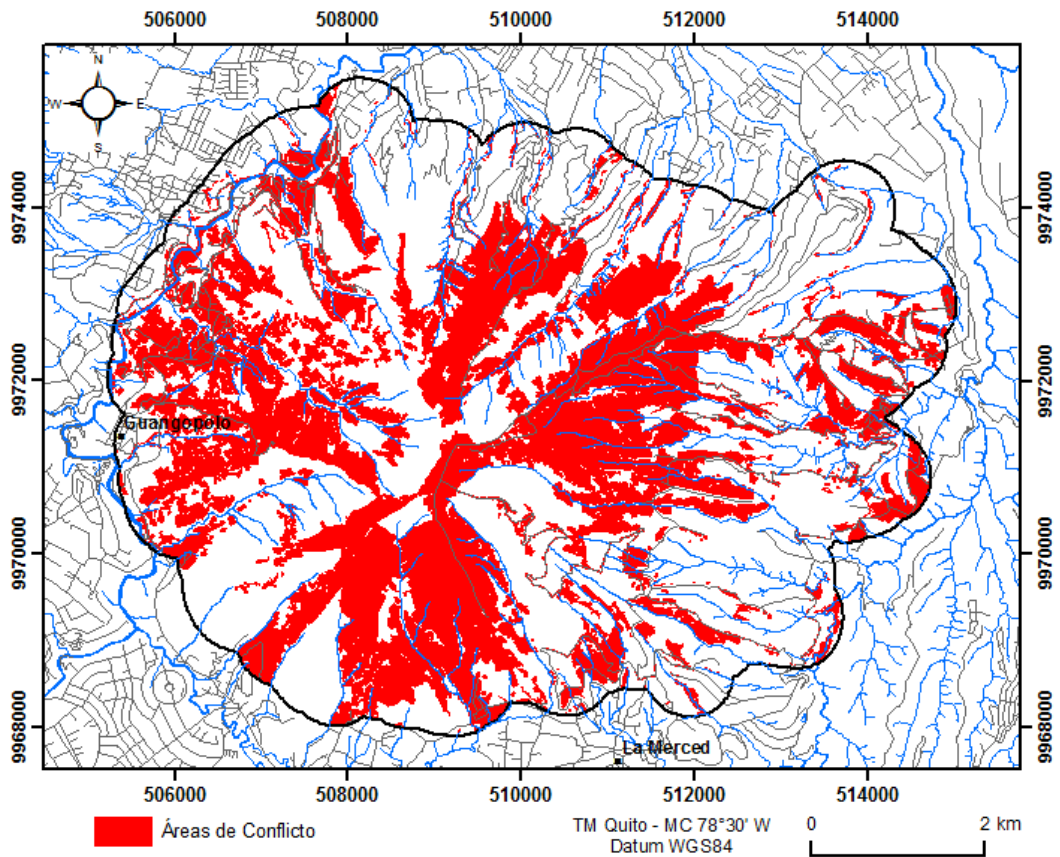


**Figura 44:** Mapa de Uso de Suelo según el PUOS 2011 en el área de estudio.

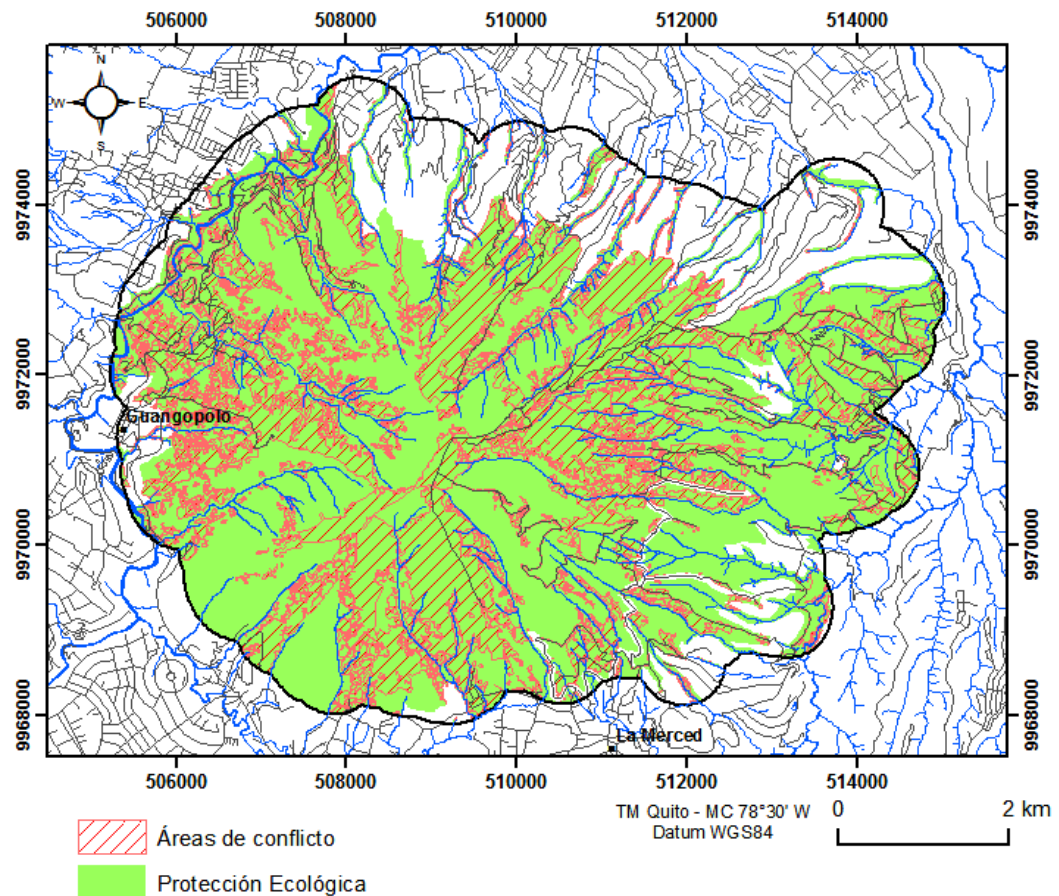
Fuente: STHYV-MDMQ

El modelo dio como resultado, las áreas de conflicto en relación al área de Protección Ecológica que dicta la normativa municipal y las áreas que han sido intervenidas realmente (Figura 45), también se lo puede visualizar en el (Anexo B9), es así que se obtuvo que existen un área de conflicto de 1668,87 ha. Que

representa el 30,30%, el área es bastante representativo ya que implica que casi la tercera parte del área de estudio se encuentra en área de conflicto en relación a la protección ecológica que establece la normativa del DMQ. (Figura46)



**Figura 45:** Mapa de Áreas de Conflicto.



**Figura 46:** Mapa de Áreas de Conflicto en relación al PUOS 2011.

### 3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PROCESO MULTITEMPORAL

Como resultado del proceso multitemporal se detectó que la clase que siempre mantuvo un crecimiento fue la plantación forestal (revisar ítem 3.6 se reporta resultados proceso multitemporal áreas naturales), de esta clase se registró que las tasas de crecimiento fueron de 12 ha/año y 8 ha/año. Además se registró tasas de cambio negativas en las categorías

agropecuarias, especialmente en los mosaicos de pastos y cultivos que presentaron tasas de cambio de: -2 ha/año entre 1983-1996 y -8 ha/año entre 1996-2010 (Tabla 10).

<b>Código</b>	<b>Clase</b>	<b>1983 - 1996 ha/año</b>	<b>1996 – 2010 ha/año</b>
<b>211</b>	Cultivos transitorios	-1	2
<b>231</b>	Pastos limpios	-6	0
<b>232</b>	Pasto enmalezado	-2	4
<b>241</b>	Mosaicos de cultivos	0	1
<b>242</b>	Mosaico de pastos y cultivos	-2	-8

**Tabla 10:** Tasas de cambio de las coberturas agrícolas en los períodos 1983-1996 y 1996-2010.

Para analizar el proceso multitemporal entre las clases se generaron matrices de transición, las cuales contrastan las clases que fueron en un inicio y en qué medida pasaron a otra clase, en la diagonal principal se registran los valores que se mantuvieron sin cambios en el período analizado, estas matrices cuadradas suelen usarse comúnmente en estadística y es conocida como matriz de probabilidades de transición P o matriz de la cadena. Para el estudio se elaboraron matrices por cada período de estudio, es decir para 1983-1996 y 1996-2010 (en el ANEXO A3) se encuentran las matrices completas.

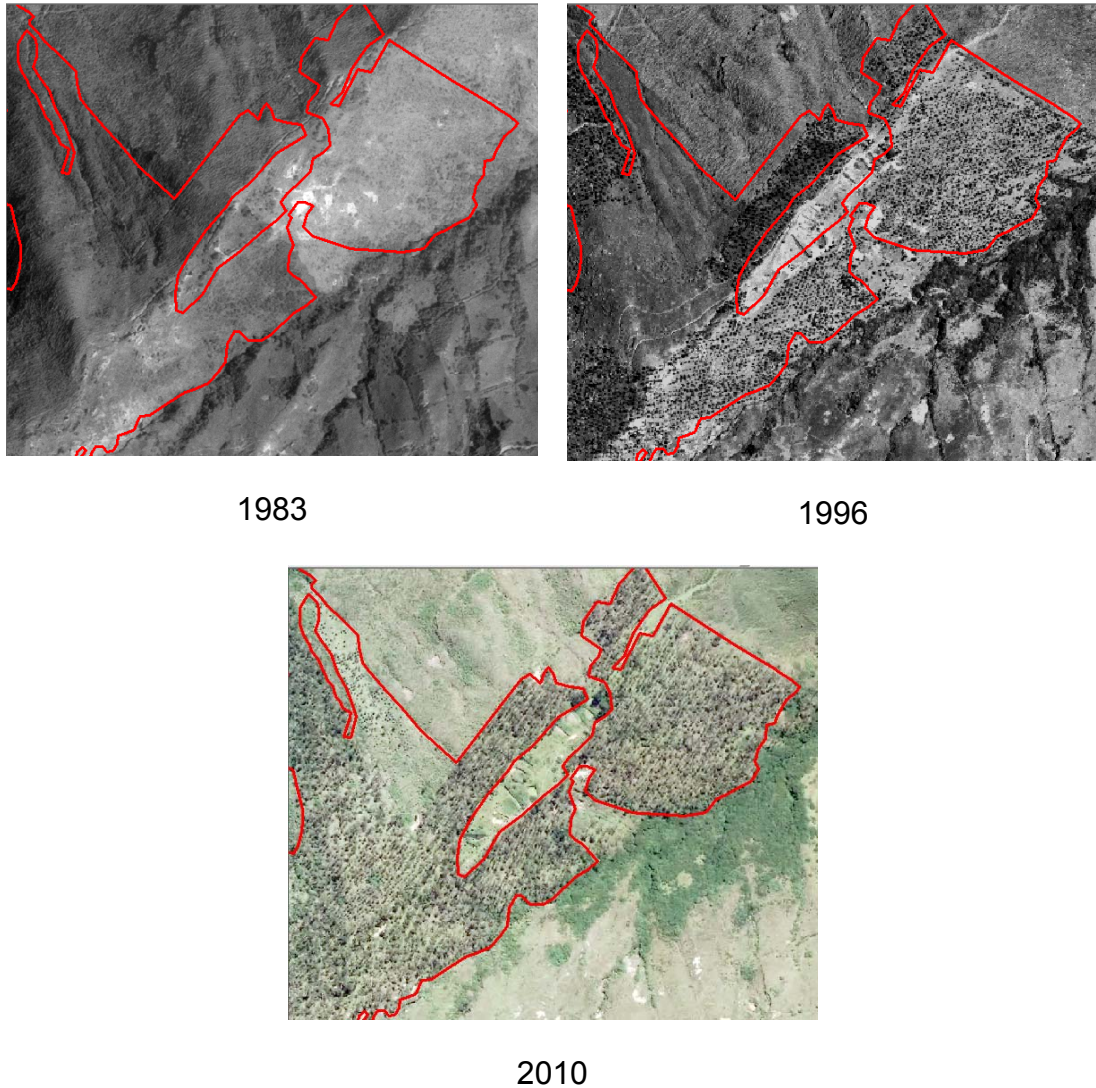
Se registró también la particularidad que las coberturas agrícolas presentan descenso en el período 1983-1996 y nuevamente se recuperan en el período

1996-2010, según lo analizado en las tasas de cambio. Por otra parte la matriz de transición 1983-1996 registraron que: pastos limpios, pastos enmalezados, mosaicos de pastos y cultivos, herbazales y arbustal/herbazal se convierten en plantaciones forestales (Tabla 11 y Figura 47). Los pastos limpios y mosaicos de pastos y cultivos son los que en mayor área se transforman en plantaciones forestales en 63 y 47 ha/período.

La matriz de transición 1983-1996 también evidenció, que las categorías agrícolas también sufren cambios hacia otras coberturas naturales como: herbazal, arbustal y arbustal/herbazal. Los herbazales se incrementaron especialmente en zonas que fueron mosaicos de pastos y cultivos en 39 ha/período. La clase arbustal/herbazal también se incrementa especialmente en áreas que originalmente fueron herbazales en 40 ha/período.

Clase		311	321	322	323
Cultivos transitorios	211		3		
Cultivos permanentes arbóreos	221				
Pastos limpios	231	63		2	10
Pasto enmalezado	232	27	1	3	4
Mosaicos de cultivos	241				
Mosaico de pastos y cultivos	242	47	39	1	6
Plantación forestal	311	-	8	2	1
Herbazal	321	14	-		40
Arbustal	322	4	3	-	11
Arbustal/Herbazal	323	18	1	19	-

**Tabla 11:** Matriz de transición 1983-1996 hacia áreas naturales (ha/período)



**Figura 47:** Muestra cercana a la cumbre el Ilaló de presencia de pasto limpio (1983) y Plantación Forestal (1996 y 2010).

En el período 1996-2010, se registró una dinámica de cambio de clases agrícolas hacia clases naturales y también entre las mismas clases naturales, se mantiene la tendencia de crecimiento de plantación forestal a cambio de las

áreas agrícolas, las transiciones más altas se registraron en los arbustales y pasto enmalezado con 53 y 39 ha/periodo respectivamente hacia plantaciones forestales. Los herbazales y arbustales también crecen principalmente por la transición de la clase arbustal/herbazal en 41 y 51 ha/periodo respectivamente. La clase arbustal/herbazal se incrementa especialmente en 54 ha/periodo a partir de los arbustales (Tabla 12).

Clase		311	321	322	323
<b>Cultivos transitorios</b>	211			2	
<b>Cultivos permanentes arbóreos</b>	221	1			1
<b>Pastos limpios</b>	231	27	9	23	11
<b>Pasto enmalezado</b>	232	39	1	24	12
<b>Mosaicos de cultivos</b>	241	9	3		
<b>Mosaico de pastos y cultivos</b>	242	26	12	16	16
<b>Plantación forestal</b>	311	-	1	7	12
<b>Herbazal</b>	321	33	-	7	21
<b>Arbustal</b>	322	53	1	-	54
<b>Arbustal/Herbazal</b>	323	19	41	51	-
<b>Tierras desnudas y degradadas</b>	331	4	19	7	7

**Tabla 12:** Matriz de transición 1996-2010 hacia áreas naturales (ha/periodo)

De la experiencia recogida en campo se pudo comprobar que la mayor parte de estas plantaciones corresponden a bosques de eucalipto



(Figura48), históricamente el eucalipto se introdujo al Ecuador en 1865, especialmente en la zona interandina como la del Ilaló. (FAO, 2012).



**Figura 48:** Bosque de eucalipto en la zona alta del Ilaló

### **3.9 PROPUESTAS DE LÍMITES DE CONSERVACIÓN NATURAL Y DE RECUPERACIÓN DE ÁREAS INTERVENIDAS**

#### **3.9.1 PROPUESTA DE LÍMITE DE CONSERVACIÓN NATURAL EN EL VOLCÁN ILALÓ.**

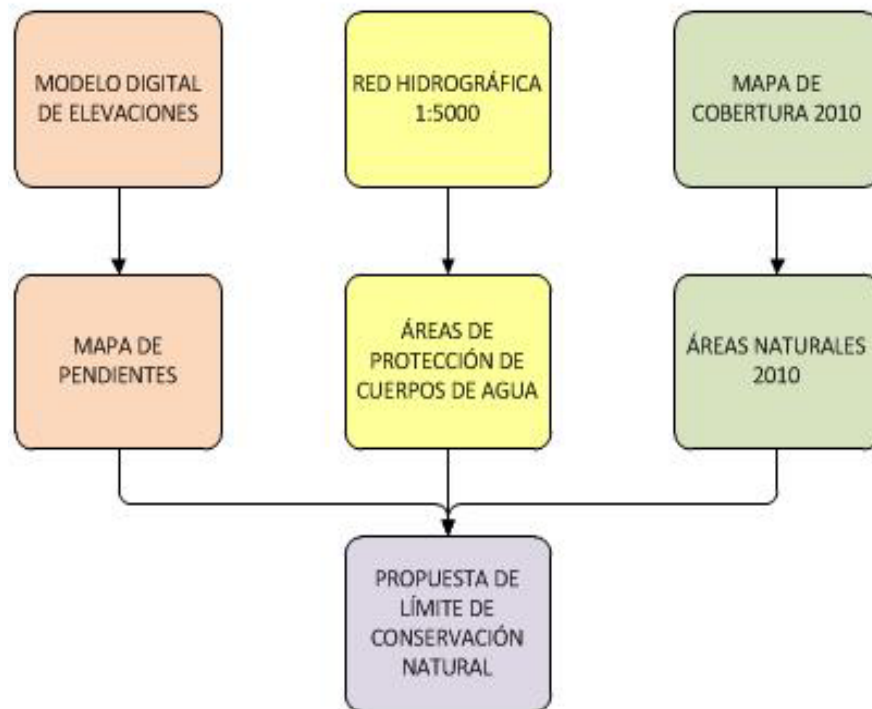
La conservación de áreas naturales es una necesidad imperativa en la actualidad considerando que de acuerdo al cuarto informe de evaluación de los Expertos de Cambio Climático se estima que el 17.4% de todas las emisiones

de gases de efecto invernadero producidas por el sector forestal es antropogénica y ocasionadas por la deforestación y la degradación de bosques (IPCC, 2007)

FAO considera que la deforestación es el “Cambio del bosque con agotamiento de la cubierta de copas arbóreas a menos del 10 por ciento. Los cambios dentro de una misma clase forestal (de bosque espeso a bosque claro) que afectan negativamente a la masa o al lugar y, en particular, reducen su capacidad de producción, se denominan degradación forestal y se consideran una cosa distinta de la deforestación”. (FAO, 1997)

Una reunión de expertos definió a la degradación forestal como la “reducción de la capacidad del bosque de proporcionar bienes y servicios” (FAO. O. d., 2002)

De las premisas descritas anteriormente se consideró necesario generar un modelo para determinación una propuesta de límite de conservación natural en el Ilaló. El modelo parte de tres principios que corresponden a: las pendientes, áreas de protección, áreas de protección de ríos y áreas naturales. (Diagrama5)



**Diagrama 5:** Modelo para delimitar una Propuesta de límite de conservación natural en el Ilaló.

### **.Mapa de Pendientes**

Del recorrido realizado en campo se pudo comprobar que en la zona del Ilaló existe una destacada presencia de zonas naturales así como la presencia de intervención humana a través de cultivos, (Figura 49), se consideró necesario considerar el generar un mapa de pendientes y que sea uno los parámetros para el modelamiento para establecer un límite de conservación natural. De esta manera asumiendo que el suelo de la zona permite realizar

actividades agrícolas, un factor de importancia para determinar esta aptitud agrícola son las pendientes, las cuales se sintetizan la topografía del suelo que se está caracterizando, su importancia radica en la influencia que tiene para la determinación de erosión del suelo, el control de esta erosión y en la labranza del suelo para la agricultura. La erosión va directamente relacionada a la pendiente del terreno, es decir a mayor pendiente mayor erosión del suelo se presentará por escorrentía del agua de lluvia (FAO., 2000)



Zonas naturales



Zonas de Intervención (cultivos)

**Figura 49:** Recorrido realizado en campo zona del Ilaló

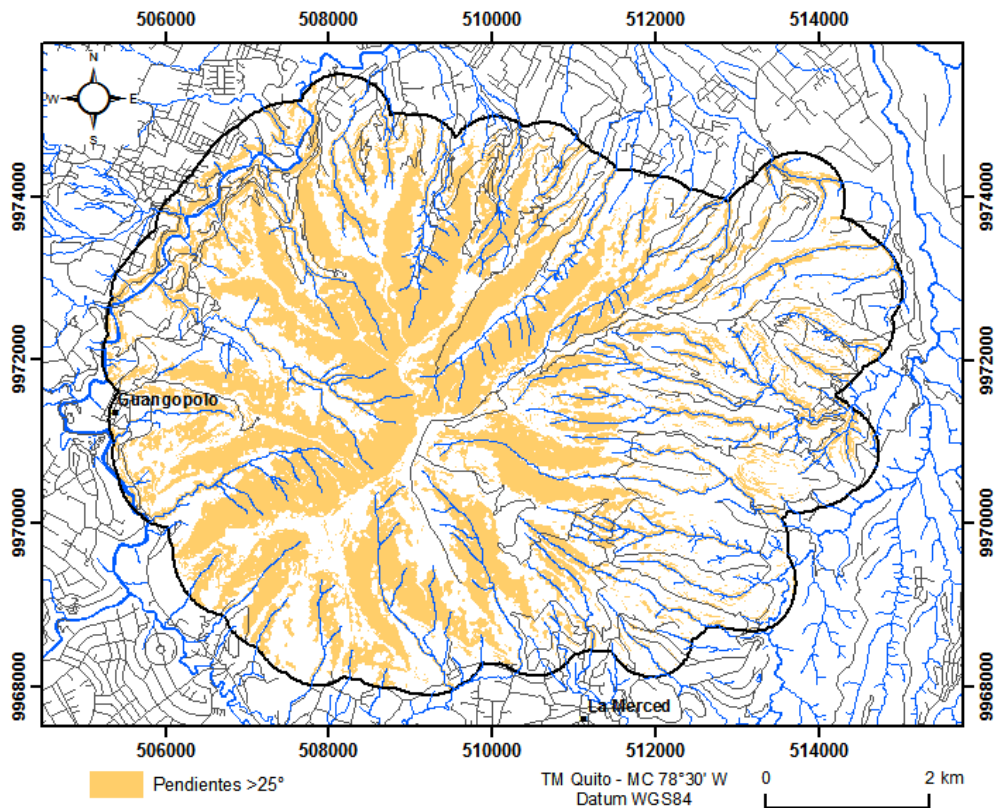
Desde el punto de vista de la gestión de una cuenca hidrográfica se considera también que para las pendientes son importantes para determinar el uso de tierras de una cuenca hidrográfica y sirve como base para clasificar la capacidad de tierras, planificación de usos y la conservación. (Sheng T, 1992)

El mapa de pendientes se generó a partir del modelo de elevaciones generado con las curvas de nivel de la cartografía a escala 1:5000 para la generación de las ortofotos. Las pendientes se clasificaron en dos clases  $0^\circ$  a  $25^\circ$  para fines agrícolas y  $> 25^\circ$  para bosques de protección o uso forestal (Sheng T, 1992)

En el área del Ilaló el 61,13% se encuentra en el rango de los  $0 - 25^\circ$  y el restante 38,87 % se encuentra sobre los  $25^\circ$  de pendiente (Tabla 13), la mayor parte de las áreas con pendientes se encuentran en las divisorias de aguas de las microcuencas que descienden desde la cumbre del Ilaló, cabe recordar que el Volcán Ilaló por lo cual se presentan las pendientes más fuertes en las estribaciones (Figura 50).

Rango Pendientes( $^\circ$ )	Área (ha)	%
<b>0 - 25 <math>^\circ</math></b>	336	61,13
	6,54	
<b>&gt;25 <math>^\circ</math></b>	214	38,87
	0,32	
<b>TOTAL</b>	550	100,0
	6,86	0

**Tabla 13:** Áreas de las Pendientes en grados en el Área del Ilaló.



**Figura 50:** Mapa de Pendientes en la zona de estudio.

### **.Áreas de protección de los cuerpos de agua**

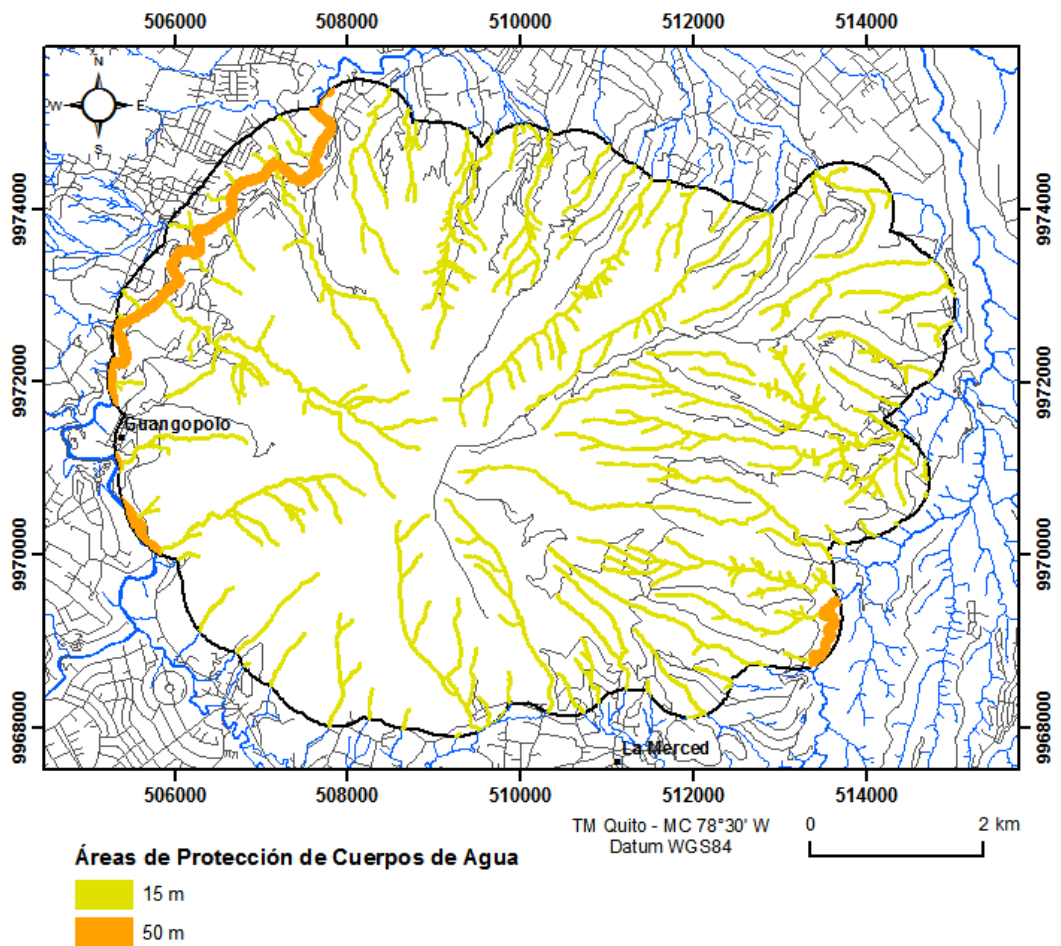
El agua es un recurso muy valioso en la naturaleza como para los seres humanos, de tal manera que es necesario precautelar la protección de los cuerpos de agua de la contaminación por actividades humanas como son las actividades agrícolas, crecimiento urbano, construcción de carreteras o actividades mineras. Directa o indirectamente el cambio en el paisaje causa impactos sobre los ecosistemas o sobre los recursos hídricos. (Facts., 2014).

El Ilaló por encontrarse dentro del DMQ debe cumplir con normativas establecidas para la protección de los cuerpos de agua y otros recursos hídricos, (Tabla 14) por lo cual el MDMQ estableció en la Ordenanza Metropolitana Nro. 172 el artículo 118 para las “Áreas de protección de los cuerpos de agua, ríos, lagunas, embalses y cuencas hidrográficas” en el numeral 1 instaura que serán áreas de protección los lechos de los cuerpos de agua y las superficies que los rodean.

En el artículo 2 generaliza que para los cuerpos de agua se guardará una franja de protección de 15 m de ancho medidos horizontalmente en las márgenes del cuerpo de agua. Para los ríos el artículo 3 la franja de protección es de 50 m desde la orilla del río (MDMQ, 2011)(Figura 51)

<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>Franja Protección (m)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
<b>Ríos dobles</b>	50	83,30	15,09
<b>Simples</b>	15	468,68	84,91
<b>TOTAL</b>		<b>551,92</b>	<b>100,00</b>

**Tabla 14:** Áreas de Protección de Cuerpos de Agua.



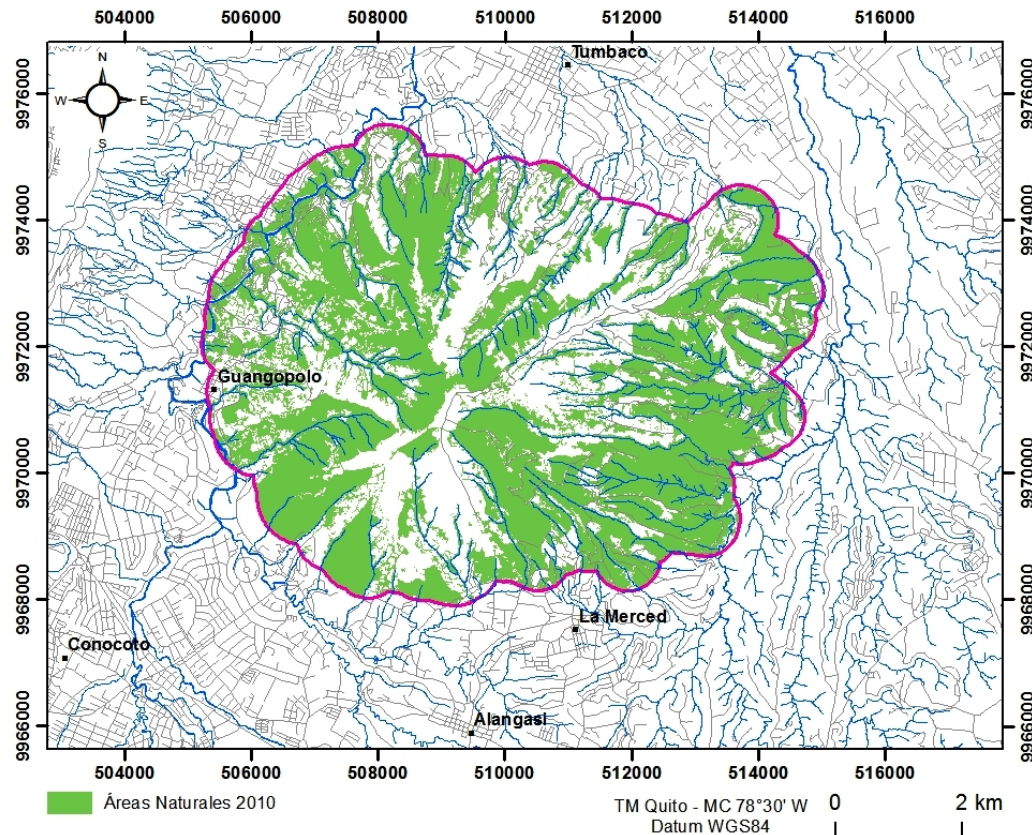
**Figura 51:** Mapa de Áreas de Protección de Cuerpos de Agua en la zona de estudio.

### Áreas naturales 2010

Como se reportó en el ítem 3.7 y tabla 8, las áreas naturales que se obtuvo del mapa de cobertura de 2010, (Figura 52), comprende a las clases de plantación forestal, arbustal, herbazal, arbustal/herbazal, tierras desnudas y degradadas, río y laguna; en total se reportó que esta área ocupa 3329,17 ha.



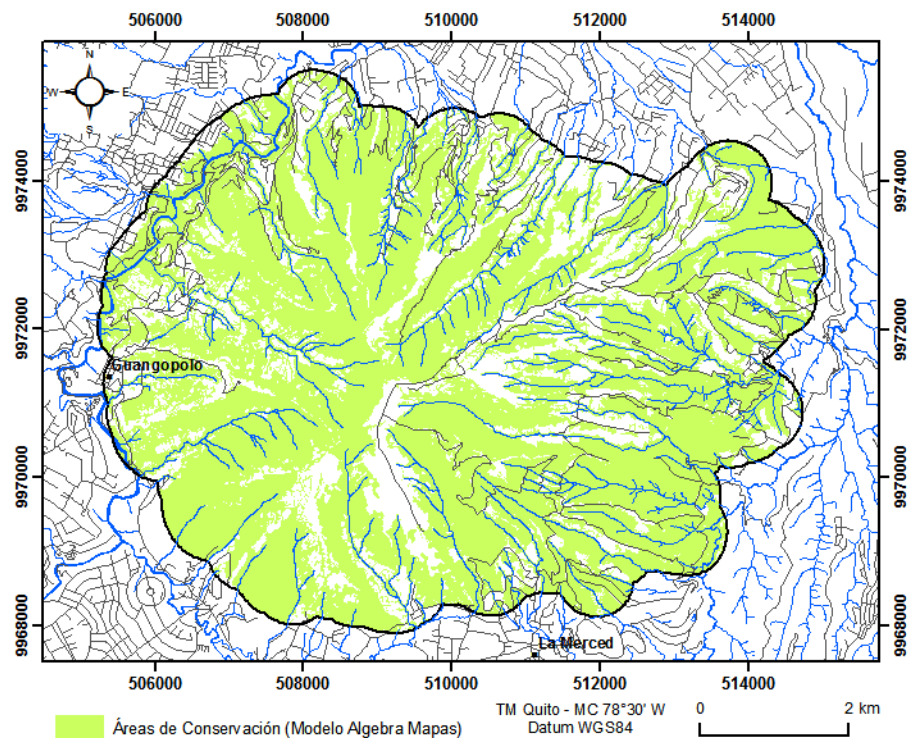
Del área de estudio que representa el 60,46% por lo que ocupa un área bastante considerable.



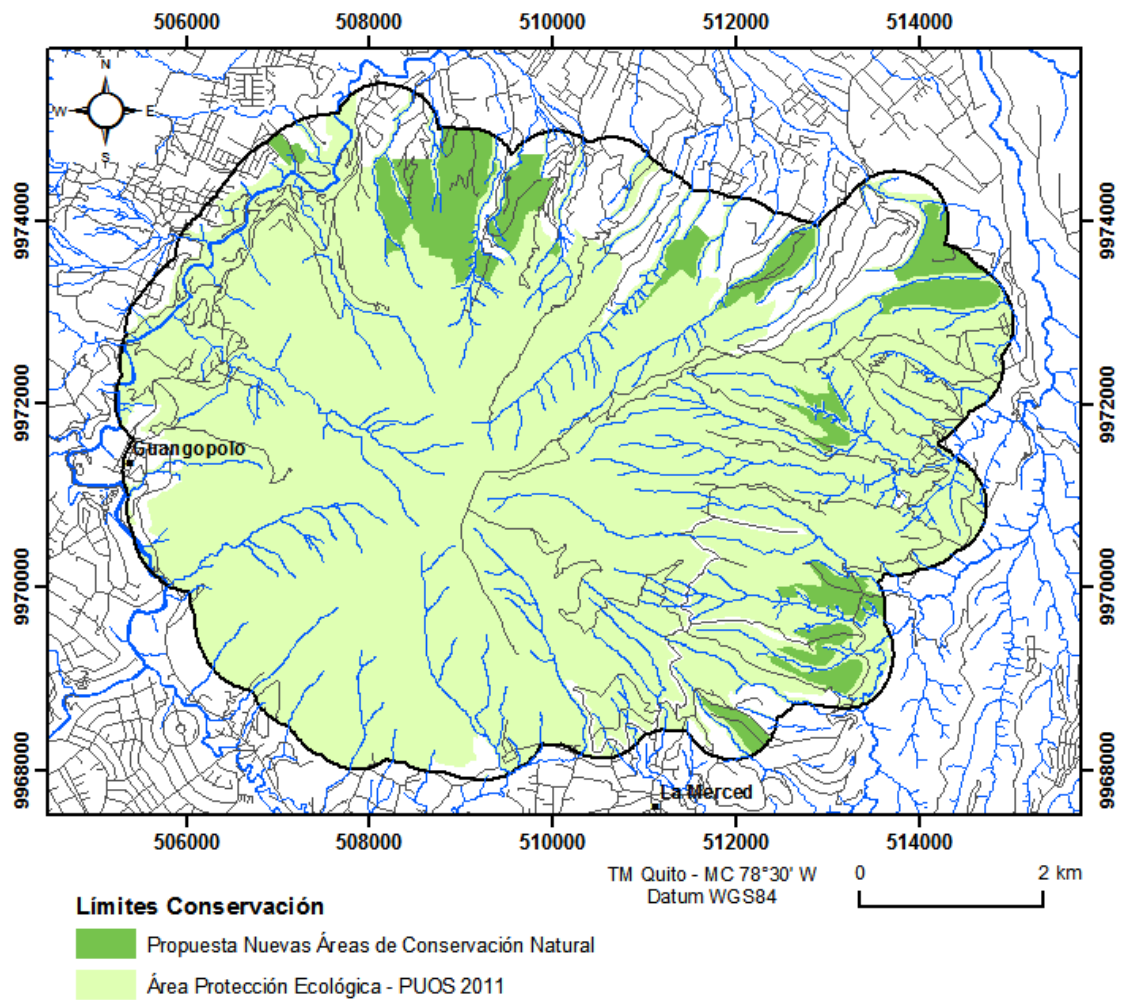
**Figura 52:** Mapa de Áreas naturales 2010 en el área de estudio.

Resultado del modelo descrito, se obtuvo una área propuesta de Conservación Natural, esta área recoge criterios netamente biofísicos como son: la topografía (pendientes), protección o conservación de fuentes de agua y la presencia de vegetación, todos estos criterios tomaron de base normas o sugerencias de entidades especializadas en regulación y conservación como son: MDMQ y FAO. El resultado obtenido determinó que el área a conservarse

corresponde a 4081,91 ha. (Figura 53) esta área al ser generada mediante un álgebra de mapas su geometría es discontinua, por lo cual se realizó un proceso de edición visual para controlar que las áreas a editarse realmente se puedan integrar a la protección, para lo cual se empleó como apoyo el ortofotomosaico del 2010 y se complementaron las áreas que ya se encuentran protegidas dentro del PUOS, de esta manera se sugiere agregar 391,71ha. Adicionales que permitirán conectar y llenar áreas que se actualmente se encuentran sin protección y aisladas (Figura 54). También se puede visualizar en el (Anexo B8)



**Figura 53:** Mapa de Áreas de Conservación obtenida mediante el modelo y álgebra de mapas para el llaló.



**Figura 54:** Mapa de Áreas de Conservación propuesto para el Ilaló.

### 3.9.2 Propuesta de recuperación de áreas intervenidas

En el ítem anterior se determinaron zonas de Conflicto en el área del Ilaló, según las visitas realizadas en campo se pudo comprobar que en mayor medida las intervenciones corresponden a las actividades agrícolas en la parte

media y alta del Volcán Ilaló, mientras que en la parte baja estas actividades agrícolas se están convirtiendo en tejido urbano discontinuo. De esta manera, las propuestas de recuperación se enfocan a estas zonas, por lo que es indispensable reconocer el tipo de intervenciones que han existido, para determinar un tratamiento adecuado para su recuperación, se priorizaron tres tipos de intervenciones que se pueden encontrar: quemas, áreas erosionadas y pérdida de vegetación natural.

#### **.La recuperación de zonas quemadas**

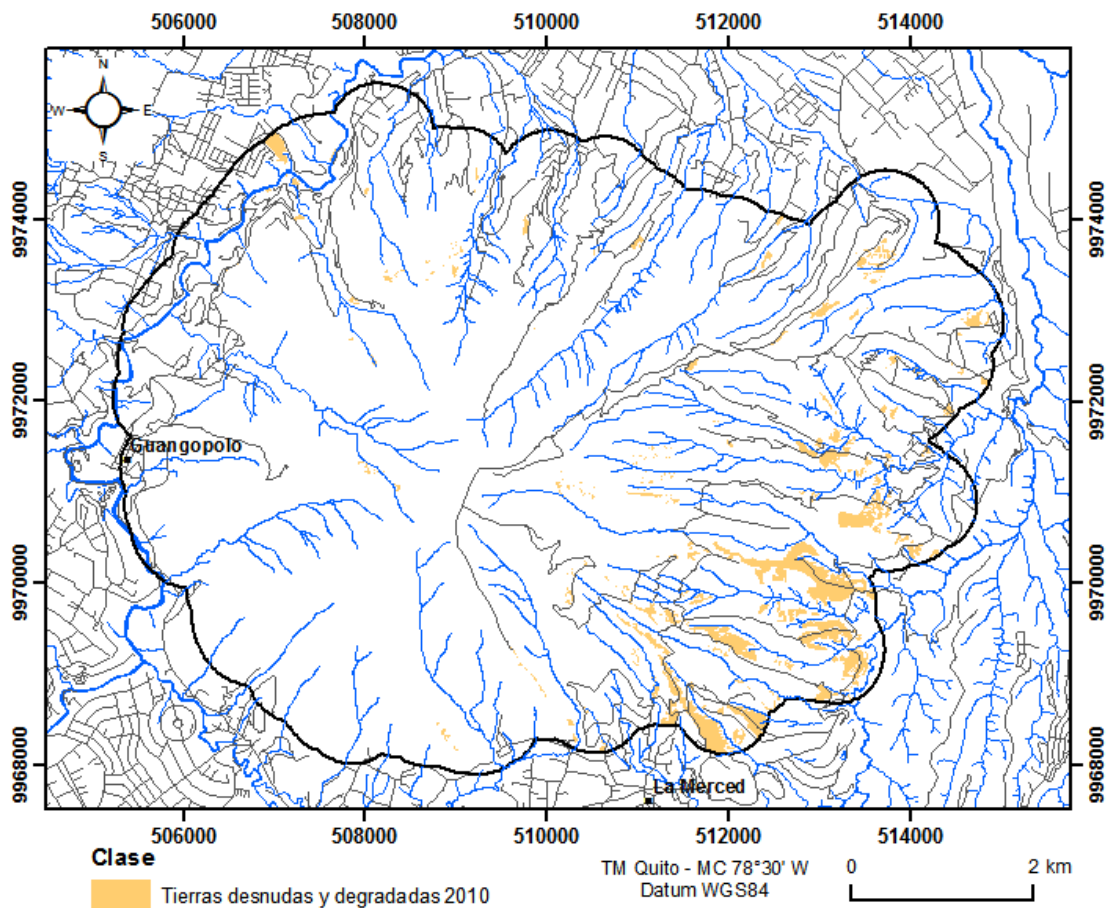
Aunque en el estudio realizado no se detectaron extensiones de quemas, cabe recordar que en los últimos años se reportaron varias quemas en la época seca de la zona Andina del Ecuador, en el Ilaló también se han reportaron incendios como sucedió en el año 2012 (LaHora, 2012).

Si la quema no ha sido muy intensa, inicialmente puede tener efectos benéficos a corto plazo, por cuanto deposita en el suelo nutrientes que servirán a la vegetación auto regenerada, pero si la incidencia de quemas es recurrente puede terminar por trastornar totalmente la vegetación natural y degradar en gran medida el ecosistema natural sobrepasando el punto de retorno, efectos negativos a largo plazo pueden causar inmovilización y lavado de nutrientes aprovechables, secado del suelo, falta de regeneración natural y empobrecimiento de la composición de la vegetación (Hofstede, 1997).

El proceso más adecuado para la recuperación de zonas quemadas, debería empezar en corto tiempo, sería recomendable iniciar con la siembra de herbazales de crecimiento rápido ayudada de una cubierta protectora o mulch (compost, restos de cortezas, viruta, paja, cascarilla de arroz) esta sería una protección de la escorrentía superficial (Manual de Lombricultura, 2012). Posteriormente, se debería realizar una plantación de especies arbustivas o arbóreas, para estabilizar los ecosistemas forestales teniendo en cuenta que se deben emplear especies nativas (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008).

#### **. Pérdida de vegetación natural y Zonas de erosión del suelo**

Las zonas de erosión se producen por varios factores, principalmente por la fuerza de gravedad y la intervención de la naturaleza o actividades humanas, en el primer caso la exposición del suelo al agua y viento son los principales causantes y en el segundo caso las actividades que afectan de manera directa sobre la cobertura vegetal, estas actividades pueden ser provocadas por la agricultura o construcción, en su mayor parte por la eliminación de cubierta vegetal y fuertes pendientes del terreno (U. Nacional de Colombia, 2012). En la zona del Ilaló se reportaron 174 ha de áreas erosionadas (Tierras desnudas y degradadas) en el año 2010, la mayor parte de esta clase se encuentra ubicada en los flancos orientales del Ilaló (Figura 55).



**Figura 55:** Zonas erosionadas (Tierras desnudas y degradadas) dentro del área de estudio.

Es muy importante recuperar la vegetación perdida, por cuanto permite detener la erosión del suelo especialmente por escorrentía, además que ayuda a conservar la humedad del suelo y proteger drenajes naturales. En este sentido, se puede destacar el Programa de “Recuperación de la cubierta vegetal, a través de la Forestación y Reforestación” desarrollada por el Fondo

para la Protección del Agua (FONAG), cuyos estudios y experiencias de campo han permitido realizar la plantación de especies forestales y forestación en las áreas de fuentes de agua, en ambos casos con especies nativas y tomando en cuenta el involucramiento de comunidad (FONAG, 2008).

Entre las actividades a seguirse con base a la experiencia del FONAG en la Recuperación de cubierta vegetal se encuentran:

- Realizar estudios específicos en las áreas de interés
- Identificación de sitios de interés
- Alianzas con las comunidades cercanas
- Plantación en sitio con especies nativas
- Crear y fortalecer viveros comunales
- Cuidado y mantenimiento de las plantaciones
- Apoyo a las comunidades en la formación de granjas integrales, con el propósito de brindar a las comunidades participantes un desarrollo intensivo a corto y mediano plazo.
- Identificar y seleccionar fuentes semilleras, para asegurar la producción de plantas de calidad.

El involucramiento de varios actores es muy importante para la sostenibilidad de este tipo de proyectos, entre éstos pueden encontrarse a:

comunidades locales, organizaciones educativas, gubernamentales y no-gubernamentales (FONAG, 2008).

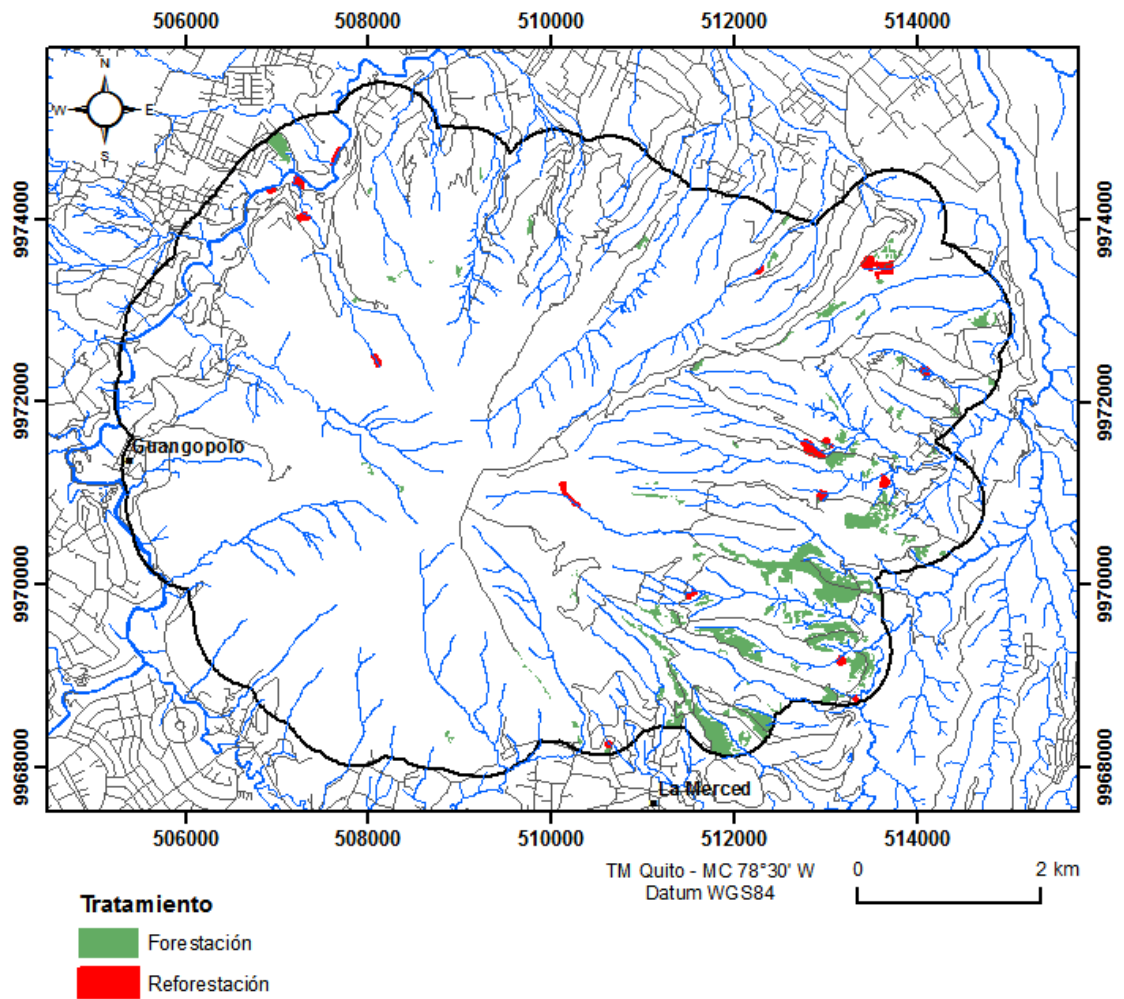
La recuperación de áreas intervenidas debe ser prioritaria en las zonas erosionadas, de esta manera con apoyo del mapa de cobertura de la tierra del 2010 se seleccionaron estas zonas que corresponden a la clase de Tierras desnudas y degradadas. Se proponen dos tratamientos de recuperación la forestación y la reforestación; en ambos casos se prioriza a las áreas de mayor tamaño ( $>2000 \text{ m}^2$ ), las áreas asignadas para la forestación corresponden aquellas que se encuentran totalmente degradadas y reforestación para aquellas zonas con menos degradación.

Se determinaron que se deben forestar alrededor de 152,30 ha y reforestar 9,62 ha, estas áreas fueron verificadas con ayuda del orotofotomosaico y se confirmó que existen áreas muy degradadas por lo cual el porcentaje de forestación es muy alto llegando al 94,06% (Tabla 15 y Figura 56). También se puede visualizar en el (Anexo B10).

Código	Tratamiento	Área (ha)	%
1	Forestación	152,30	94,06
2	Reforestación	9,62	5,94
TOTAL		161,92	100,00

**Tabla 15:** Áreas prioritarias para forestación y reforestación en el Ilaló.





**Figura 56:** Mapa de áreas prioritarias para forestación y reforestación en el Ilaló.

En el (Anexo C1) se encuentra el desarrollo de la propuesta en base al diagnóstico, modelo territorial, políticas, programas, objetivos, proyectos y responsables de la ejecución del proyecto.

## CAPÍTULO IV

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Se concluye que los objetivos de la investigación se cumplieron tanto el modelamiento, estudio multitemporal y demás propuestas realizadas en el plan.
- Se determinaron las coberturas vegetales de los periodos correspondientes a los años 1983, 1996 y 2010.
- Es concluyente que se debe emplear una leyenda que acoja la realidad del sitio de estudio tanto en escala como tipos de coberturas, es así que la leyenda empleada se adaptó de la leyenda de CORINE, esta leyenda considera tanto las coberturas naturales y de intervención, estructuradas todas en clases temáticas organizadas jerárquicamente.
- Se concluye que fue indispensable para el mapeo de coberturas definir umbrales de áreas mínimas a ser digitalizadas por lo que se utilizó la Unidad Mínima de mapeo de 70 m<sup>2</sup>.
- Se determinó que en el 2010 el 39,54% del área de estudio se encontraba como área intervenida y el 60,46% como área natural.
- Se presentó una área de conflicto entre áreas intervenidas del mapa de coberturas del 2010 y el uso de protección ecológica que dicta la norma

del Plan de Uso y Ocupación del Suelo de 1668,87 ha. lo que representa el 30,30% del área.

- La cobertura de plantaciones forestales mantiene un progresivo incremento en todos los períodos: 12 ha/año entre 1983-1996 y 8ha/año entre 1996-2010
- Las áreas que se han mantenido como coberturas naturales durante toda la serie histórica 1986 a 2010, es de 56,84% del área de estudio del Ilaí y las áreas de intervención permanente durante la serie fue de 29,23%, el resto ha sufrido procesos de intervención y posible recuperación.
- La propuesta de nuevas zonas de Conservación Natural se obtuvieron mediante el empleo de criterios netamente físicos, regulatorios y conservación de: la topografía (pendientes), protección de fuentes de agua y la presencia de vegetación al 2010, que se maneja en el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y FAO.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda realizar un monitoreo continuo con sensores remotos de media y alta resolución espacial, para determinar el cambio de cobertura con la finalidad de mantener, controlar y gestionar la conservación de áreas naturales a largo plazo.
- En referencia a la recuperación de coberturas naturales se recomienda continuar, mejorar y apoyar programas de recuperación

de cubierta vegetal por parte de autoridades ambientales, además es muy importante la participación de Instituciones de Educación Superior, especialmente las carreras en ciencias de la vida, la ciencias de la tierra y la construcción, que mediante su especialización generen proyectos de investigación

- Se sugiere que haya implementación de actividades relacionadas directamente con las comunidades con el fin de que se realice enriquecimiento forestal en las zonas donde existe mayor degradación de las coberturas vegetales.
- Se recomienda que haya actualización de los límites de los Planes de Uso y Ocupación del Suelo.
- Se recomienda para la reforestación, emplear especies nativas, en las superficies sobreutilizadas y en laderas con pendientes pronunciadas, estas pueden ser: guarano (*Mimosa albida*), uña de gato (*Mimosa quitensis*), arrayán (*Myrcianthes rhopaloides*), mora (*Rubus adenotrichos*), romerillo (*Hypericum laricifolium*), taxo (*Passiflora mixta*), estas especies señaladas tienen la virtud que, combinadas, forman una cobertura vegetal que impide en absoluto la erosión del suelo por efecto de la lluvia, así como la libre escorrentía superficial, dando lugar al almacenamiento de agua en el suelo, para recupera la cubierta vegetal.

- Se recomienda para el enriquecimiento forestal, emplear especies nativas maderables como: cedro andino (*Cedrela montana*), quishuar (*Buddleja* sp.), nogal o tocte (*Junglans neotropica*), aliso (*Alnus acuminata*), y combinadas con especies frutales como: Aguacate (*Persea americana*) chirimoya (*Anona cherimola*), coco Andino (*Parajubea cocoides*), guaba (*Inga edulis*). Estas especies ayudan a aumentar la diversidad biológica, aumentando así el valor ecológico y económico del bosque, ya que se le estaría dando un enriquecimiento apropiado a los bosques naturales intervenidos, y así previniendo el cambio a otros usos de la tierra.
- Se recomienda que el presente proyecto sea sociabilizado en las administraciones zonales del valle de los Chillos y Tumbaco, que están representadas por sus directores, a fin de que estos entes reguladores, propicien un mejor desarrollo de las actividades del sobreuso agropecuario de pastos y cultivos en los principales cauces y quebradas.
- Se sugiere que los entes reguladores del MDMQ, representados por la Secretaría de Territorio Hábitat y Vivienda (STHYV), regidos por su máxima autoridad, apliquen controles más exhaustivos y minuciosos para evitar infracciones a la norma y se exija el cumplimiento del Plan de uso y ocupación del suelo (PUOS), y por ende se dé pleno cumplimiento de este.

**BIBLIOGRAFÍA**

- *Modelo Territorial DMQ.* (2011).
- *Manual de Lombricultura.* (2012). Recuperado el enero de 2014, de <http://www.manualdelombricultura.com/glosario/pal/192.html>
- Ambiente, S. (2011-2016). *AGENDA AMBIENTAL DE QUITO.*
- Ariza López, F., & Atkinson Gordo, A. (2006). *Metodologías de control posicional. Visión general y Análisis Crítico. informe CT-148 de AENOR.* Universidad de Jaén.
- Brito&Coelho., J.-L. (2002). *FOTOGRAMETRIA DIGITAL.* Río de Janeiro.
- Cornejo, R. (1983).
- DMQ. (2006--2010). *PLAN GENERAL DE DESARROLLO TERRITORIAL.* QUITO.
- Facts., G. (30 de Enero de 2014). <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hídricos/1-2/4-efectos-acciones-humanas.htm>. Obtenido de <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hídricos/1-2/4-efectos-acciones-humanas.htm>.
- FAO. (1997). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.*
- FAO. (2001). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Forest Resources Assesment - Survey of tropical forest*

*cover and study of change processes. FAO Forestry Paper No. 130.*

Roma.

- FAO. (2012). *Los eucaliptos como árboles en plantaciones*. Recuperado el 2014, de <http://www.fao.org/docrep/004/ac459s/ac459s04.htm>
- FAO. (2000). *En O. d. Agricultura; manual on integrated soil management and conservation practices*. Roma.
- FAO., O. d. (2002). *Proceedings: Second Expert Meeting on Harmonizing Forest-related Definition for Use by Varios Stake-holders*. Roma.
- Fon Quer, P. (1982). *Diccionario de Botánica, 1244 p.* Barcelona: Labor.
- FONAG. (2008). En *Recuperación de cubierta vegetal, Fondo para la protección del Agua* (págs. 5-9). Quito.
- Hofstede, R. (septiembre de 1997). Recuperado el diciembre de 2013, de <http://www.condesan.org/e-foros/cdpp/cdpp43.htm>
- IDEAM. (2010). En I. d. Ambientales., *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100000*. (pág. 72 p). Bogotá, D.C.
- IPCC. (2007).
- Jaurequi, L. (2005). *Fotogrametría*. Venezuela: Universidad de los Andes.
- LaHora. (agosto de 2012). *La Hora*. Recuperado el 28 de 01 de 2014, de [http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101373973#.UwzPI\\_I5OSo](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101373973#.UwzPI_I5OSo)

- Lima, M. V. (2005). *Image 2000 and CLC 2000 Products and Methods*.
- MDMQ - STHV. (2011). *Municipio del Distrito Metropolitano de Quito - Secretaria de Territorio Hábitat y Vivienda. Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012 -2002, 136 p.* Quito D.M.
- MDMQ. (2011). *MEMORIA TECNICA DEL MAPA DE COBERTURA VEGETAL DEL DMQ.*
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Inventario de Tecnologías disponibles en España para la lucha contral desertificación.* Madrid.
- Olade, B. A. (s.f). Informe Geovulcanológico.
- Peralvo, M. (2010).
- PGDP. (2002-2022). *Plan General de Desarrollo Provincial.*
- PSA, E.-Q. (2007). *PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO DEL CERRO ILALÓ. QUITO.*
- Saavedra&Vinuesa, A. I. (ABRIL de 2013).  
*<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6461>. Recuperado el 15 de ABRIL de 2014, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6461>:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6461>*
- Sauer, W. (1965).
- Sheng T, .. (1992). *Manual de Campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. 185p.* Roma.



- Silva, J. (1998). *Método para o estabelecimento de áreas prioritarias para a consevación de la Amazonia Legal*. Brasil.
- Silva, S. (1999). *Diagnóstico das restingas do Brasil*. Brasil.
- Teledetección, A. E. (1987).
- U. Nacional de Colombia. (2012). *Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el enero de 2014, de [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007223/lecciones/lect8/lect8\\_2.html](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/2007223/lecciones/lect8/lect8_2.html)
- V. Perdigao, A. A. (1997). *Thechnical and methodological guide for updatind CORINE Land Cover database*. Luxemburgo.
- Valencia -Anaya, G.-J. (2009). *Revista Ingenierías Universidad de Medellin*, 41.