



RESUMEN.

El presente trabajo se desarrolla en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica, en lo referente a la elaboración de mapas temáticos. El área de estudio escogida para el desarrollo del tema, ha sido la subcuenca del Río Machángara, en la cual luego de recopilar la mayor cantidad de información, se procedió con la elaboración y cálculos de mapas sobre el estudio de esta zona, para lo cual se ha utilizado dos tipos de coordenadas que son: WGS 84 y PSAD 56.

Para la realización de este trabajo se ha utilizado la herramienta del Arc Gis, de las cuales se utilizaron las extensiones de Arc Map y Arc Scene, las mismas que nos permiten la elaboración de los Mapas Temáticos así como también establecer una serie de cálculos a partir de los datos existentes. La finalidad de este trabajo es brindar un conocimiento más concreto y preciso de la subcuenca del Río Machángara, para lo cual se utilizó los conocimiento impartidos durante el curso de Graduación, en el módulo 6, llamado “Sistemas de Información Geográfica”, todos este estudio se lo realizado enfocado a la carrera de Ingeniería Civil.

Palabras Claves: Arc Gis, Machangara, Subcuenca, Sistemas de Información Geográfica, Mapas Tematicos.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	12
AGRADECIMIENTO	13
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	1
CAPITULO 1. Generalidades	14
1.1 Introducción.	14
1.1.1 Datos	14
1.1.2 Recurso Humano	15
1.1.3 Procedimientos	16
1.1.4 Análisis.	16
1.2 Conceptos generales acerca de los SIG	17
1.2.1 Definiciones Globales:	18
1.2.2 Definiciones Funcionales:	19
1.2.3 Definiciones Tecnológicas:	20
1.3 Utilización de los SIG en Proyectos civiles.	22
1.3.1 Transporte.	22
1.3.2 Recursos Hídricos.	22
1.3.3 Gestión de Activos	22
1.3.4 Vigilancia del Medio Ambiente.	23
1.4 El avance e importancia de los SIG en la actualidad.	23
1.5 Funcionamiento de los SIG.	25
1.5.1 Representación de Datos:	26
1.5.2 Captura de los datos.	30
1.5.2.2 Proyecciones, sistemas de coordenadas y reproyección:	32
1.5.3 Modelo topológico.	32
1.5.4 Redes	32
1.5.5 Superposición de mapas	33
1.5.6 Cartografía automatizada	33



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1.5.7	Geoestadística.....	34
1.5.8	Geocodificación.....	34
CAPITULO 2. Imagen de la cuenca del río Machángara.....		35
2.1	Introducción.....	35
2.2	Ubicación de la Cuenca del río Machángara.....	37
2.3	Mapa Base.....	39
2.4	Imagen Satelital.....	40
2.5	Modelo Digital del Terreno.....	41
2.6	Subcuencas Hidrográficas.....	42
CAPITULO 3. Medio Físico.....		43
3.1	Centros Poblados.....	43
3.2	Clima.....	44
3.3	Geomorfología.....	45
3.4	Geología.....	46
3.5	Pendientes.....	47
3.6	Suelo.....	48
3.7	Vías.....	49
CAPITULO 4. Medio Biológico.....		50
4.1	Cobertura y uso de suelo.....	50
4.2	Jerarquización Ambiental de Microcuencas.....	51
4.3	Lugares de Protección.....	52
4.4	Lugares de Afección.....	53
4.5	Conflicto de Uso de Suelo.....	54
4.6	Zonas Susceptibles de Erosión.....	55
CAPITULO 5. Población y Demografía.....		56
5.1	División político administrativa Provincial.....	56
5.2	División Político Administrativa Cantonal.....	57
5.3	División Político Administrativa Parroquial.....	58
5.4	Densidad Poblacional.....	59
5.4.1	Densidad Poblacional Total por Parroquias.....	59
5.4.2	Densidad Poblacional Hombres por Parroquias.....	60
5.4.3	Densidad Poblacional Mujeres por Parroquias.....	61
CAPITULO 6. Recursos Hídricos.....		62



UNIVERSIDAD DE CUENCA

6.1	Aprovechamiento Hidráulico.....	62
6.2	Cobertura de Isotermas.	63
6.3	Cobertura de Isoyectas.....	64
6.4	Meses Secos.	65
6.5	Déficit Hidráulico.	66
CAPITULO 7. Imagen en 3d de la Subcuenca importada desde el ARCSCE.		67
CAPITULO 8. Cálculos a Partir de Mapas Construidos.		71
8.1	Cálculo del Área de las Subcuenca del Río Machángara.	71
8.2	Cálculo de las Longitudes de Ríos.....	71
8.3	Explicación del Mapa del Modelo Digital del Terreno.....	72
8.4	Estudio de las Lagunas Existentes.	72
8.5	Cálculo del Área de las Microcuencas.	74
8.6	Centros Poblados.	75
8.7	Tipos de Clima, con la superficie que estos abarcan.	76
8.8	Estudio de la Geomorfología.	77
8.9	Estudio de la Geología.	79
8.10	Cálculo de las Pendientes.	81
8.11	Clasificación de Suelos.....	82
8.12	Inventario Vial.	87
8.13	Área de la Cobertura del Suelo.	88
8.14	Estudio de la Degradación Ambiental.	89
8.15	Estudio de las Zonas de Protección.....	90
8.16	Calculo de las Zonas de Afección.	92
8.17	Cálculo del Área producto de la clasificación por el conflicto en el Suelo.....	93
8.18	Estudio de las Zonas Susceptibles a la Erosión.	94
8.19	Área de las Provincias que Conforman la Subcuenca.	96
8.20	Área de los Cantones que Conforman la Subcuenca.....	97
8.21	Área de los Parroquias que Conforman la Subcuenca.....	98
8.22	Densidad Poblacional Total.....	99
8.23	Densidad Poblacional Hombres.	100
8.24	Densidad Poblacional Mujeres.....	101
8.25	Calculo de Isotermas.	102
8.26	Calculo de Isoyectas.....	103



UNIVERSIDAD DE CUENCA

8.27	Calculo de Áreas referente a los Meses Secos.	104
8.28	Calculo de Áreas referente al Déficit Hídrico.	105
CAPITULO 9. Conclusiones y Recomendaciones.		106
CAPITULO 10. Bibliografía.		108
SOFTWARE.....		108



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Figura 1-1: Imagen del Satélite capturando datos en la Tierra.	15
Figura 1-2: Personal de operación de los SIG.....	15
Figura 1-3: Componentes de un SIG.	16
Figura 1-4: Composición de las capas y datos para generar un mapa.	17
Figura 1-5: Tareas que realiza un SIG.....	19
Figura 1-6: Ejemplo de los componentes de un mapa.	23
Figura 1-7: Satélite Chileno puesto en órbita en el año del 2010.	25
Figura 1-8: Formación de mapas con sus diferentes capas de datos vectoriales.....	26
Figura 1-9: Datos en formato Raster.	27
Figura 1-10: Datos en formato Vectorial.	28
Figura 1-11: Comparación entre datos Raster y Vectoriales.	30
Figura 1-12: ArcPad es un software de mapeo de campo móvil, y de recopilación de datos diseñado para los profesionales de SIG.	30
Figura 1-13: Receptor GPS integrado diseñado para dotar de una herramienta efectiva y de bajo costo a la fuerza de trabajo, para el mantenimiento y actualización de la infraestructura que soporta su sistema SIG.	31
Figura 1-14: Avión no tripulado con una envergadura de 1.8 mts y peso de 2 kg (puede llevar hasta 500 gr de carga útil) Son idóneos para el seguimiento de grandes infraestructuras, actualización cartográfica para administraciones públicas, captura de imágenes georreferenciadas.....	31
Figura 1-15: Cálculo de la ruta óptima entre dos puntos, a partir de la ayuda de la página www.openstreetmap.com	33
Figura 1-16: Precisión y generalización de un mapa en función de su escala.....	33
Figura 1-17: Modelo de relieve sombreado generado por interpolación a partir de un Modelo Digital del Terreno.	34
Figura 1-18: Mapa de Puntos de ventas en zonas urbanas, dividido por clientes mayoristas y minoristas.....	34
Figura 2-1: Fotografía de la Presa de Chanlud ubicada en la parte alta de la subcuenca del Río Machángara.	36
Figura 2-2: Presa Daniel Palacios.....	37
Figura 7-1: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.....	67
Figura 7-2: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.....	68
Figura 7-3: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.....	69
Figura 7-4: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.....	69
Figura 7-5: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.....	70
Figura 8-1: Área de Lagunas.	74
Figura 8-2: Área de Microcuencas.....	75
Figura 8-3. Área de tipo de clima.....	77
Figura 8-4: Área de Geomorfología.....	79
Figura 8-5: Área de las Formaciones Geológicas.	80
Figura 8-6: Área de Pendientes en Grados.	82



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Figura 8-7: Área de Suelo	86
Figura 8-8: Longitud de Vías.	88
Figura 8-9: Área Cobertura de Suelo.	89
Figura 8-10: Área de Jeraquerización Ambiental.	90
Figura 8-11: Área de Mosaico.	91
Figura 8-12: Área de Pasto.	91
Figura 8-13: Área de Vegetación Leñosa.	92
Figura 8-14: Área de Conflicto de Suelo.	94
Figura 8-15: Área de Zonas Susceptibles a la Erosión.	96
Figura 8-16: Área de DPA Provincial.	97
Figura 8-17: Área de DPA Cantonal.	98
Figura 8-18: Área de DPA Parroquial.	99
Figura 8-19: Área de Cobertura de Isotermas.	103
Figura 8-20: Área de Cobertura de Isoyetas.	104
Figura 8-21: Área d Meses Secos.	105
Figura 8-22: Área de Déficit Hídrico.	106



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 8.1: Subcuenca.</i>	71
<i>Tabla 8.2: Centros Educativos</i>	71
<i>Tabla 8.3: Ríos</i>	72
<i>Tabla 8.4: Lagunas</i>	73
<i>Tabla 8.5: Microcuencas</i>	74
<i>Tabla 8.6: Centros Poblados.</i>	76
<i>Tabla 8.7: Tipo de Clima</i>	76
<i>Tabla 8.8: Geomorfología.</i>	78
<i>Tabla 8.9: Geología.</i>	80
<i>Tabla 8.10: Descripción Geológica.</i>	81
<i>Tabla 8.11: Pendientes en Grados.</i>	81
<i>Tabla 8.12: Suelo.</i>	83
<i>Tabla 8.13: Descripción del Suelo.</i>	85
<i>Tabla 8.14: Vías.</i>	87
<i>Tabla 8.15: Cobertura del Suelo.</i>	88
<i>Tabla 8.16: Jeraquerización Ambiental.</i>	89
<i>Tabla 8.17: Mosaico.</i>	90
<i>Tabla 8.18. Pasto.</i>	91
<i>Tabla 8.19: Vegetación Leñosa.</i>	91
<i>Tabla 8.20: Afección por vías principales</i>	92
<i>Tabla 8.21: Afección por Ríos.</i>	93
<i>Tabla 8.22: Conflicto de Suelo.</i>	94
<i>Tabla 8.23: Área Susceptible a la Erosión.</i>	95
<i>Tabla 8.24: DPA Provincial.</i>	96
<i>Tabla 8.25: DPA Cantonal.</i>	97
<i>Tabla 8.26: DPA Parroquial.</i>	99
<i>Tabla 8.27: Densidad Poblacional Total por Parroquias.</i>	100
<i>Tabla 8.28: Densidad Poblacional Hombres por Parroquias.</i>	101
<i>Tabla 8.29: Densidad poblacional Mujeres por Parroquias.</i>	102
<i>Tabla 8.30: Cobertura de Isotermas.</i>	102
<i>Tabla 8.31: Cobertura Isoyetas.</i>	103
<i>Tabla 8.32: Meses Secos.</i>	104
<i>Tabla 8.33: Déficit Hídrico.</i>	105



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Hugo Esteban Ortega Guaricela, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Hugo Esteban Ortega Guaricela

0104566468

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, **Hugo Esteban Ortega Guaricela**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Hugo Esteban Ortega Guaricela

0104566468

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA



Universidad de Cuenca.

Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Civil.

“Elaboración de Mapas tipo Atlas para la Subcuenca del Río Machángara”.

**Monografía de Graduación previa a la obtención del título de
Ingeniero Civil.**

Autor: Esteban Ortega.

Tutor: Ing. Ángel Espinoza.

**Cuenca., Ecuador.
2012**



DEDICATORIA

Esta Monografía va dedicada, primeramente a Dios, que ha sido un pilar fundamental y apoyo en todos los años de estudio y para la elaboración de este trabajo de graduación, ha sido el que nos ha ayudado a culminar esta monografía con éxito, siendo siempre un apoyo y guía.

A mis padres que han estado siempre a mi lado dándome un apoyo incondicional, no solo a lo largo de la carrera, sino también en todas las metas que me he puesto en mi vida, creo que sin ellos, nada de esto hubiera sido posible; les agradezco por siempre creer en mí y por inculcarme todos los valores y principios, que me han permitido ser la persona que soy ahora. A mis familiares y amigos que de una y otra manera, colaboraron y estuvieron presentes en cada etapa importante de mi vida, y siempre han estado ahí dando un consejo valioso que me permita seguir adelante.



AGRADECIMIENTO

Quiero hacer extensivo un agradecimiento, a todas esas personas que de una u otra manera, ayudaron para la elaboración y culminación de este trabajo de graduación, especialmente a mis padres y hermanas que siempre fueron un apoyo y son por las que lucho cada día, para cumplir con mis objetivos.

A todos los profesores que durante mi vida estudiantil, me inculcaron además de conocimientos valores, los cuales me ayudaron a tener una base sólida de criterios, los mismos que han podido ser aplicados en el presente trabajo. Al Ing. Ángel Espinoza, profesor de la Universidad de Cuenca, y tutor de esta monografía, que fue la guía para realizar adecuadamente la elaboración de la monografía, y a todas las personas que me brindaron la información necesaria para realizar el trabajo de graduación.

Quiero agradecer de manera especial al Ing. Jaime Guzmán, coordinador del curso de Grado llamado “Vialidad, transporte y construcciones”, ya que sin su ayuda, dedicación y coordinación; no se hubiera podido realizar este curso de grado, que nos ha dejado muchos conocimientos y una gran curiosidad para seguir estudiando y especializándonos en las diferentes ramas que ofrece la Ingeniería Civil.



CAPITULO 1. Generalidades.

1.1 Introducción.

Se requiere de conocimientos científicos y técnicos acerca de la geografía básica de un país, para realizar un correcto manejo de la superficie terrestre, tanto en su aspecto físico, como de localización; y también para la aplicación de los diseños para construir grandes obras de infraestructura.

Moverse con precisión en el espacio, ha sido uno de los aspectos más representativos en los últimos años, en lo que se refiere al avance de la tecnología y la ciencia. Es por ello que mediante el avance que se ha ido generando a nivel mundial, nos ha obligado a reorganizar los aspectos relacionados con el manejo de la geometría terrestre. La ingeniería hace parte de esta dinámica espacial, la cual está también, ligada a la dimensión del tiempo.

Hace algunos años, los modelos matemáticos tridimensionales de la superficie terrestre solían ser complicados y por tanto, poco empleados en el diseño de las obras civiles, pero, gracias a los adelantos científicos se están ampliando las fronteras del conocimiento humano y hoy en día, estos modelos son el desarrollo de novedosas tecnologías, las cuales nos han hecho comprender la importancia de los datos geográficos y nos han inducido a integrar la información geométrica, en todas las fases para la realización de proyecto y planificación de obras civiles.

Los programas de SIG (Sistema de Información Geográfica) proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema encargado del manejo de la base de datos.
- Una herramienta que permita las búsquedas geográficas, así como también su análisis y visualización.
- Una adecuada interfaz gráfica, que permita al usuario acceder fácilmente a las herramientas.

1.1.1 Datos.

Es probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico. Los datos geográficos y tabulares se los puede obtener por quienes implementan el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El objetivo del SIG es el integrar estos datos geográficos espaciales, con otros tipos de datos, como puede ser longitudes, áreas, poblaciones, etc. Dependiendo del área que se encuentre en estudio.

La captura de la información se logra mediante procesos de digitalización, procesamiento de imágenes de satélite, fotografías, videos, procesos aerofotogramétricos, entre otros.



Figura 1-1: Imagen del Satélite capturando datos en la Tierra.

1.1.2 Recurso Humano.

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, está limitada si no se cuenta con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; y que establece planes para aplicarlo en problemas del mundo real.



Figura 1-2: Personal de operación de los SIG.

1.1.3 Procedimientos.

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.

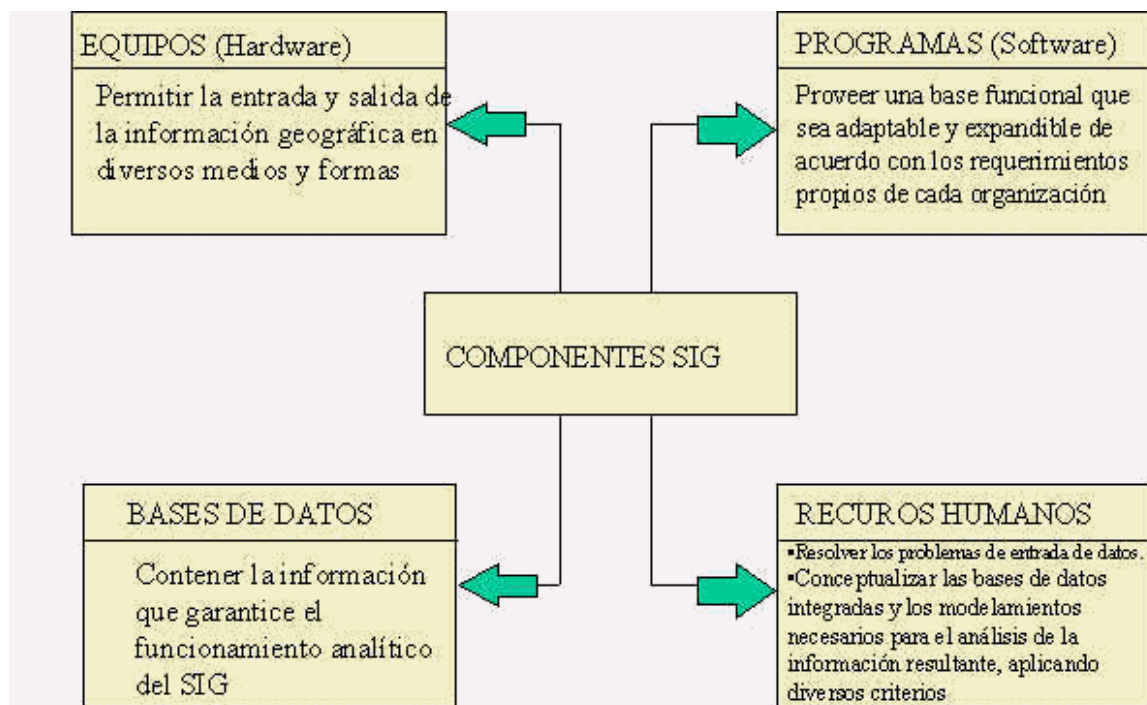


Figura 1-3: Componentes de un SIG.

1.1.4 Análisis.

Una función muy importante que contempla el procesamiento de un SIG, es la parte del análisis que se puede realizar tanto con los datos gráficos como con los datos no gráficos, se puede realizar un sin número de cálculos a partir de los datos obtenidos, así como también interactuar diferentes tipos de datos con la finalidad de realizar una estudio específico.

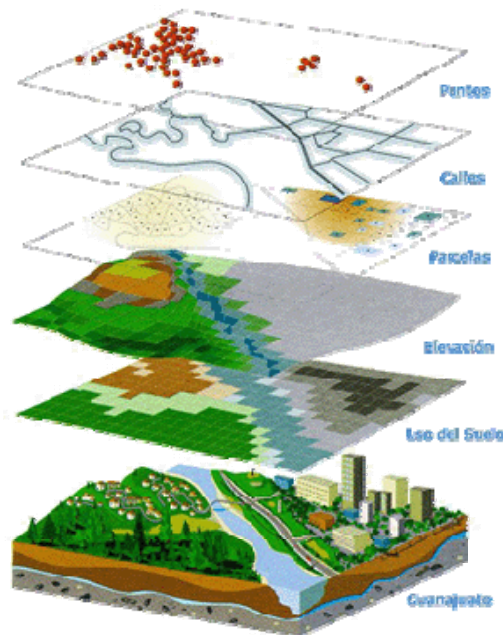


Figura 1-4: Composición de las capas y datos para generar un mapa.

La forma en la que se agrupan los diversos elementos constitutivos de un SIG quedan determinados por una serie de características comunes a varios tipos de objetos en el modelo, estas agrupaciones son dinámicas y generalmente obedecen a condiciones y necesidades bien específicas de los usuarios.

Lo que se conoce como categoría o cobertura, es a la unidad básica de agrupación de varios mapas, los cuales comparten algunas características comunes que se encuentran como temas relacionados a los objetos contenidos en los mapas. Sobre un mapa se definen objetos (tienen una dimensión y localización respecto a la superficie de la tierra), estos poseen atributos, y éstos últimos pueden ser de tipo gráfico o de tipo alfanumérico.

Se conoce como categorías, a un conjunto de mapas relacionados entre sí, a su vez a un conjunto de categorías se las conoce o denomina como un tema; y al conjunto de temas, los mismos que se encuentran en un área específica de estudio, se los agrupa en forma de índice temáticos o geoíndice del proyecto SIG. Es por ello que la jerarquía de un proyecto se compondrá por un geoíndice, categoría, objetos y atributos.

1.2 Conceptos generales acerca de los SIG.

El primer paso que se debe tomar, para trabajar en una rama específica o en una materia, será el establecimiento de un marco conceptual. Por lo que se debe intentar definir con la mayor precisión posible los **Sistemas de Información Geográfica**. Se va a comenzar por sintetizar, organizar y resumir las diferentes acepciones que existen de los SIG. El objetivo es crear el marco de referencia básico que nos permita hablar de los SIG. Además, se puede afirmar que “desde



que la idea de los SIG fue concebida hace unos 25 años han evolucionado de igual manera que su conceptualización” (BARREDO, 1996).

Es muy interesante el seccionamiento que se realiza sobre el concepto del SIG, Rodríguez Pascual (1993) advierte que al referirse a los temas de los Sistemas de Información Geográfica se puede aludir a tres aspectos: *disciplina, proyecto y software*.

Generalmente en el ámbito profesional se puede escuchar mencionar la siguiente frase “*he comprado un SIG*”, este hecho se lo menciona normalmente cuando se está haciendo referencia al *software* que se encuentra en el mercado comercializado por las diferentes empresas. También se puede escuchar “estoy montando un SIG”, se realiza este tipo de comentario cuando se está hablando de un proyecto, es decir, de la adquisición o uso de un programa, la recogida de la información, la introducción en el sistema, el análisis y la preparación para el manejo por parte de unos determinados usuarios. Finalmente si al momento de hablar de un SIG se lo hace de forma general, esto implica hablar del *software*, el *hardware*, los proyectos concretos que se organicen y cualquier otra aplicación, uso o elemento que esté relacionado con dicha tecnología.

Es por ello que para entender mejor al SIG, se enfocara una definición en base al primer aspecto antes mencionado, que es la disciplina, porque es el punto de vista que tiene mayor interés para la comprensión de estos sistemas.

A continuación se presentara una recopilación de definiciones, las mismas que fueron obtenidas de bibliografía, a estas definiciones se las clasificara según el aspecto que hace mayor hincapié, es decir se dividirá en definiciones: globales, funcionales y tecnológicas.

1.2.1 Definiciones Globales:

Son aquellas donde predomina la idea global y abstracta de la técnica. Se atiende a los objetivos generales de los SIG, sin especificar qué funciones realiza o los métodos concretos que utilizan. Son definiciones donde importa menos *el cómo y con qué*, e interesa más *el qué*.

A continuación se citaran algunas definiciones globales:

- Los SIG, más que una tecnología, son un instrumento nuevo de percepción y comprensión del territorio (DE ABREU, 1996).
- Un SIG es un intento más o menos logrado según los casos de constituir una visión esquemática de una realidad compleja (BOSQUE, 1994).
- Un Sistema de Información Geográfica puede ser concebido como una especialización de un sistema de bases de datos, caracterizado por su capacidad de manejar datos geográficos, que están georreferenciados y los cuales pueden ser visualizados como mapas (BRACKEN AND WEBSTER, 1992).

- Un SIG abarca tecnología de la información, gestión de la información, asuntos legales y de negocios, y conceptos específicos de materias de un gran abanico de disciplinas, pero es implícito en la idea de SIG que es una tecnología usada para tomar decisiones en la solución de problemas que tenga al menos una parte de componente espacial (MAGUIRE, GOODCHILD y RHIND, 1991).
- Vemos a un Sistema de Información Geográfica esencialmente como una herramienta para la investigación urbana y regional, análisis de políticas, simulación de actuaciones y planificación. Un SIG consiste en una base de datos que contiene datos referenciados espacialmente y, que tiene una serie de procedimientos y técnicas para la recogida, actualización y análisis de los datos (SCHOLTEN Y VAN DER VLINGT, 1990).

1.2.2 Definiciones Funcionales:

Atienden a las tareas que se puede realizar. En principio estos sistemas deben servir para un objetivo básico que es la comprensión y uso de datos espaciales. La coincidencia en las funciones de los SIG es plena en casi todas las definiciones dadas por los distintos autores, siendo las más repetidas las siguientes: introducción, almacenaje, recuperación, análisis, modelado y representación.



Figura 1-5: Tareas que realiza un SIG.

Aronoff (1991) las agrupa en cuatro grandes apartados: entrada de datos, uso de los datos, manipulación y análisis, y salida.

A continuación se citaran algunas definiciones:

- *Software* utilizado para automatizar, analizar y representar datos gráficos georreferenciados y organizados según un modelo topológico (AESIGT, 1993).
- Sistema computarizado que provee los siguientes cuatro conjuntos de operaciones para tratar datos georreferenciados: 1) entrada de datos; 2) uso de los datos (almacenamiento y recuperación); 3) manipulación y análisis; 4) salida (ARONOFF, 1991).



- Un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos (BURROUGH y MCDONNELL, 1997).
- Sistema para capturar, almacenar, validar, integrar, manipular, analizar y representar datos referenciados sobre la tierra (DOE, 1987).
- Un sistema de base de datos computarizados para captura, almacenaje, recuperación, análisis y visualización de datos espaciales (HUXHOLD, 1991).
- Un Sistema de Información Geográfica es una colección de tecnología de la información, datos y procedimiento de captación de información, almacenamiento, manipulación, análisis y presentación en mapas y estadísticas sobre características que puedan ser representadas en mapas (HUXHOLD AND LEVISOHN, 1995).
- Actualmente, puede ser considerado como SIG, los sistemas de *software* que incluyen cuatro funciones (entrada, almacenaje, manipulación, y análisis y representación); y debe realizar eficientemente las cuatro tareas (MARBLE, 1990).
- Un sistema de *hardware*, *software* y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA, 1990).
- Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, intercambiar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar y mostrar datos espacialmente referenciados a la tierra (RODRÍGUEZ PASCUAL, 1993).
- Un SIG no es simplemente un sistema informático para hacer mapas, aunque pueda crearlos a diferentes escalas, en diferentes proyecciones y con distintos colores. Un SIG es una herramienta de análisis. La mayor ventaja de un SIG es que permite identificar las relaciones espaciales entre características de varios mapas. Un SIG no almacena un mapa en sentido convencional, ni almacena una imagen concreta o vista de un área geográfica. En vez de ello, un SIG almacena los datos a partir de los cuales se puede crear la escala deseada, dibujada para satisfacer un producto. En suma un SIG no contiene mapas o gráficos, sino una base de datos. El concepto de las bases de datos es central para un SIG, y es la principal diferencia entre un SIG y un simple graficador o sistemas informático de cartografía, que solo puede producir buenos gráficos (UNDERTANDING GIS, 1995 - traducción de Torres Alfosea, 1995).

1.2.3 Definiciones Tecnológicas:

Serían aquellas que reflejan un interés especial por la técnica utilizada; es decir, destacan el uso de la informática como medio para el fin último: la comprensión de los datos espaciales.



Se presentara un listado de las definiciones Tecnológicas:

- Tecnología informática para gestionar y analizar la información espacial (BOSQUE, 1992).
- SIG como denominación de bases de datos computadorizada que contiene información espacial (CEBRIÁN, 1988).
- Modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas (RODRÍGUEZ PASCUAL, 1993).
- Sistema digital para el análisis y manipulación de todo tipo de datos geográficos a fin de aportar información útil para las decisiones territoriales (TOMLINSON, 1984).

No estaría concluida la definición, si no se esbozara una definición final de los Sistemas de Información Geográfica.

Un Sistema de Información Geográfica puede definirse como: ***Un sistema complejo en donde interactúa el hardware y software los mismos que tienen como finalidad la comprensión y análisis de los datos espaciales los mismo que se encuentran georreferenciados, cuyo objetivos es el ayudar a las actividades humanas en donde dichos datos cumplen un papel determinante.***

Además de las propiedades que se pueden extraer de las definiciones recogidas, y de esta última, se deben señalar otros aspectos que resumen o añaden ciertos matices a lo expuesto hasta ahora y que caracterizan a los SIG.

- ✓ El SIG permite establecer una relación entre la información espacial y temática, mediante una base de datos sofisticada.
- ✓ Es importante mencionar que la diferencia que existe entre una base de datos convencional y la base de datos que posee los SIG, es que esta última contiene entidades geográficamente localizadas. Es por ello que en un SIG la posición de las entidades constituye el eje del almacenamiento, recuperación y análisis de los datos.
- ✓ Poseen una importante capacidad de visualización a través de mapas, de la información geográfica compleja.
- ✓ Es una tecnología basada en la integración de la información.
- ✓ La información que es unificada, se la puede establecer en diferentes estructuras, las cuales permiten realizar funciones como: análisis, visualización, edición, etc.
- ✓ Los límites y diferencias entre los SIG, los programas de diseño asistido por computador (CAD), los de cartografía temática y los de tratamiento de imágenes son especialmente difusos. Aunque sus diferencias estriban sobre todo en el modelo de datos y en las capacidades de análisis de información espacial.



- ✓ Por todas las razones explicadas anteriormente, es posible que estos sistemas sean un área de contacto de diferentes tipos de aplicaciones informáticas, las cuales están destinadas al manejo de información con diferentes propósitos y formas.; por ejemplo: programas estadísticos, gestores de bases de datos, programas gráficos, hojas de cálculo, procesadores de texto, etc.

1.3 Utilización de los SIG en Proyectos civiles.

La tecnología que ofrece la herramienta conocida como Sistemas de Información Geográfica, es de vital importancia para los proyectos de Ingeniería Civil, ya que es capaz de intervenir en la gestión, así como también en el análisis y la integración de una gran cantidad de información que se necesita para los proyectos civiles. Esta información que se maneja e interviene en proyectos civiles, generalmente se presenta como archivos tipo CAD, así como de mapas detallados, investigaciones geológicas, fotografías aéreas, hojas de cálculo, flujo de tráfico, etc.

A continuación se muestra los diferentes tipos de ramas para lo que es necesario el uso del SIG.

1.3.1 Transporte.

Los proyectos de transporte utilizan los SIG para reunir datos para mejorar la toma de decisiones, por ejemplo se puede realizar mapas en donde se encuentre información como: niveles de servicio de intersecciones, velocidades medias en las vías, zonas de accidentes, demoras en semáforos, intersecciones conflictivas, etc. Mediante la ayuda de los SIG, es posible elaborar una base de datos estadística que permita tomar decisiones para mejorar la calidad de tráfico en la zona de estudio.

1.3.2 Recursos Hídricos.

Es una herramienta vital para el área de recursos hídricos, ya que nos permite definir las áreas de las cuencas, también nos permite establecer todos los parámetros físicos que en ella se pudieran encontrar, esta herramienta proporciona a los planificadores una base de datos que sirve para la planificación de su trabajo, el inventario de los equipos y el análisis de flujo.

1.3.3 Gestión de Activos.

SIG es una base muy sólida para la vigilancia del uso y la distribución de activos, seguimiento de la ubicación, condición y edad de bienes de capital e infraestructura, y la medición de los ciclos de vida de los activos, los costes de mantenimiento y depreciación. Esta herramienta es muy popular en lo que se refiere a los estudios de ordenamientos territoriales.

1.3.4 Vigilancia del Medio Ambiente.

Esta herramienta es muy utilizada para los proyectos ambientales, especialmente se tiene como una asignatura en la carrera de Ingeniería Ambiental, ya que permite definir áreas de estudio, también realizar un correcto seguimiento de las mismas en relación a la evolución que estas tienen con el tiempo. Existe la posibilidad de realizar estudios ambientales con el uso de esta herramienta ya que permite recolectar, integrar, administrar y visualizar la información geográfica.

El Ingeniero Civil al coordinar o estar integrado en equipos multidisciplinarios que atienden las disciplinas anteriores, requiere de nociones y elementos básicos para iniciarse en el manejo de estos sistemas. Tiene la ventaja de sus extensas bases de conocimiento en planeación, hidrología, construcción, así como su capacidad de abstracción, generación de modelos e identificación de procesos, gracias también a la formación matemática adquirida durante su formación profesional.

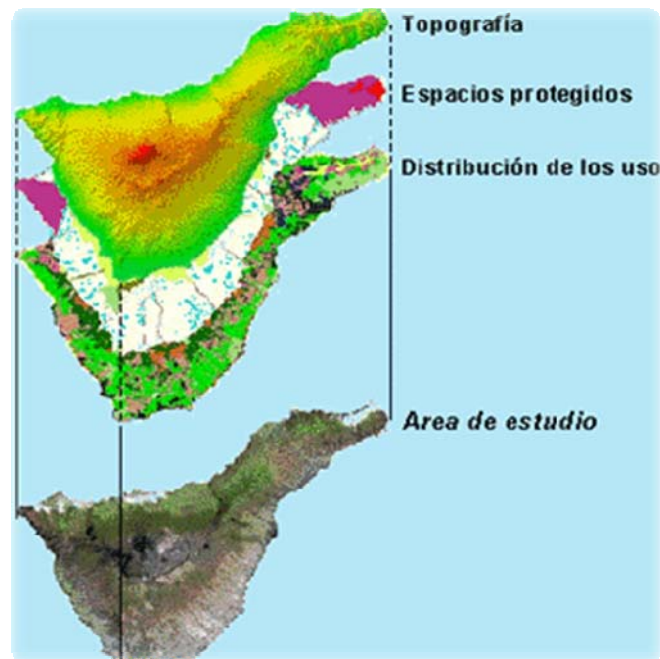


Figura 1-6: Ejemplo de los componentes de un mapa.

1.4 El avance e importancia de los SIG en la actualidad.

El primer sistema “formal” de información geográfica, fue diseñado en el país de Canadá en el año de 1962; posteriormente se comenzó a trabajar en la unidad de cartografía experimentada, la cual se encontraba en el Reino Unido, pero no fue hasta la década de los 80’s cuando surgió la comercialización de los SIG.

En la década de los 60’s y 70’s, fue en donde se empezó a usar la tecnología del computador digital para el desarrollo de la tecnología automatizada, la mayoría de



estos programas estuvieron dirigidos al trabajo cartográfico, muy pocos fueron por el campo del manejo de datos espaciales, pero estos se basaron en dos tendencias:

- La producción automática de dibujos con un alto nivel de calidad.
- La producción de información basada en el análisis espacial pero con el costo de una baja calidad gráfica.

Para la producción automática de dibujos, lo que se hizo fue basarse en la tecnología de diseño asistido por computador (CAD), el mismo que se dio en los años ochenta. Este procedimiento permite aumentar la productividad en la generación y actualización de los mapas cartográficos. Básicamente el modelo CAD maneja este tipo de información espacial como dibujos electrónicos los cuales se encuentran compuestos por entidades gráficas, que se encuentran organizadas en planos de visualización o capas. Cada capa de un dibujo en específico es capaz de contener toda la información de los puntos en la pantalla. Estos conjuntos de puntos organizados por planos de visualización se guardan en un formato vectorial; posteriormente a la simbología se le adicionó una variable "inteligente" al incorporar el texto.

Pronto los SIG se comienzan a utilizar en cualquier disciplina que necesite la combinación de planos cartográficos y bases de datos como: Ingeniería Civil: diseño de carreteras, presas y embalses. Estudios medioambientales. Estudios socioeconómicos y demográficos. Planificación de líneas de comunicación. Ordenación del territorio. Estudios geológicos y geofísicos. Prospección y explotación de minas, entre otros.

La madurez en el uso de estas tecnología se da en los años 90, aya que se comenzó a expandir el uso de la herramienta a nuevos campos, por ejemplo se comienza utilizar este tipo de sistemas para el ámbito comercial, ya que permiten tener información geográfica de por ejemplo: sitios de ventas, rutas cortas, planificación de ventas, proveedores, etc. Lo que hace que se necesiten cada vez más ordenadores de gran potencia, pero que a la vez sean asequibles al público.

Posteriormente con todos los avances y con la aparición de empresas destinadas a la elaboración de este tipo de programas, así como a la facilidad de la obtención de los datos, se comienza a ver que este tipo de tecnología trasciende hacia los teléfonos móviles, los cuales por ejemplo tratan de solucionar problemas como el tráfico, encontrar con mayor facilidad los lugares comerciales, etc. Este tipo de herramientas son utilizadas hoy en día por la mayoría de personas, ya que son de gran ayuda y debido también a la rapidez del internet con el que se cuenta. Se debe mencionar que así como se ha dado un gran avance y evolución durante el tiempo de este tipo de herramientas, se espera que estas con el paso de los años vayan perfeccionándose y brindando muchas más utilidades.

El avance que ha tenido el SIG, va de la mano con la facilidad y calidad de los datos obtenidos durante todos estos años, gracias a los satélites se ha visto una evolución más rápida en este tipo de campos, es por ello que en el año de 1998 se

empezaron a colocar en distintas órbitas una serie de familias de satélites, luego en el año 2003, se obtuvieron con mayor precisión fotografías digitales de la superficie de la tierra con resoluciones que oscilan entre 10 metros y 50 centímetros. Para así al final poder utilizar lo que se conoce como una Imagen Inteligente.

Las imágenes pancromáticas, multiespectrales, hiperespectrales, radar, infrarrojas, térmicas, crearán un mundo virtual digital a nuestro alcance. Este nuevo mundo cambiará radicalmente la percepción que tenemos sobre nuestro planeta.



Figura 1-7: Satélite Chileno puesto en órbita en el año del 2010.

1.5 Funcionamiento de los SIG.

En esta sección, se mostrara de una forma breve, como se realiza el funcionamiento de los Sistemas de Información Geográfica, es por ello que para comprender de una forma más clara, se ha dividido en dos características particulares, que son: la componente espacial y la temática de cada uno de los datos. Como se mencionó anteriormente, la base de datos de los SIG no solamente almacena datos alfanumérico si no también realiza una delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos; por ejemplo, un río que discurre por su cauce, el cual tiene una forma geométrica particular plasmada en un plano, tiene también otros datos asociados como niveles de contaminación, profundidad, anchura, flora, fauna, pesca, etc.

Es por ello que cuando se trabaja en un SIG, se debe realizar un trabajo en ambas partes antes mencionadas, es decir en la parte espacial como en la parte temática; lo que se hace es emplear conjuntamente una cartografía y bases de datos; al unir ambas partes se constituye una única base de información, en este caso geográfica.

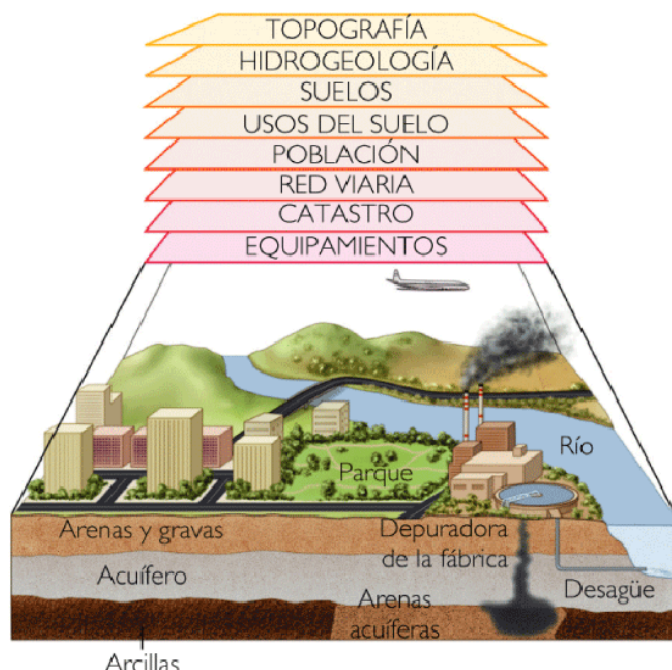


Figura 1-8: Formación de mapas con sus diferentes capas de datos vectoriales.

1.5.1 Representación de Datos:

Con una adecuada representación de los datos dados en los SIG, se puede representar una serie de capas temáticas, las mismas que pueden representar el suelo y sus usos, los términos municipales, la red hidrográfica, las infraestructuras viarias-carreteras, la distribución de equipos y servicios, etc. Con esta información el potencial usuario de este tipo de sistemas, podrá analizar las capas para obtener resultados dependiendo del objetivo que tengan sus estudios.

Los SIG cuentan con una particularidad, que es que transmiten datos que se tiene en la realidad de una zona y no solo una imagen determinada del área de estudio. Pero para poder pasar esta realidad a un proyecto SIG, es importante tener un correcto proceso de abstracción; que permitirá pasar esta realidad a una forma más simplificada y de fácil entendimiento.

Para garantizar la eficacia y el éxito al momento de la realización de un proyecto utilizando los Sistemas de Información geográfica, es necesario contar con datos que sean de calidad, actualizados y lo más completos posibles, puesto que éstos serán el principal activo del sistema de información. Estos datos deberán estar en formato digital, ya que esta es la forma con la que maneja la información este sistema.

Para la creación de datos, se trabaja generalmente con modelos digitales, el método más utilizado es el que a partir de un mapa impreso con información tomada en campo se transfiere a un sistema CAD, el mismo que se encuentra georreferenciado.

En los SIG existen dos tipos de presentación de datos, los mismos que se describirán a continuación:

1.5.1.1 Raster.

En este caso, se divide el espacio en cuadrículas llamadas píxeles, que representan las unidades de información espacial. Para conseguir localizar cada una de estas cuadrículas se establece un sistema de referencia compuesto por filas y columnas, que conjuntamente con la extensión del mapa y el tamaño del píxel, permiten averiguar en qué parte del mapa se está posicionado. En este formato, cada píxel posee un valor o código asignado, que corresponde al tipo de información temática que representa dicho píxel.

Cuanto menor sea el tamaño del píxel, mayor será la precisión a la hora de representar los objetos geográficos contenidos en la base de datos, dotando al sistema de una resolución más alta. Sin embargo, a mayor número de filas y columnas, es decir, a mayor resolución, más esfuerzo será necesario en el proceso de captura de la información y, por lo tanto, serán necesarios ordenadores más potentes para procesar la misma.

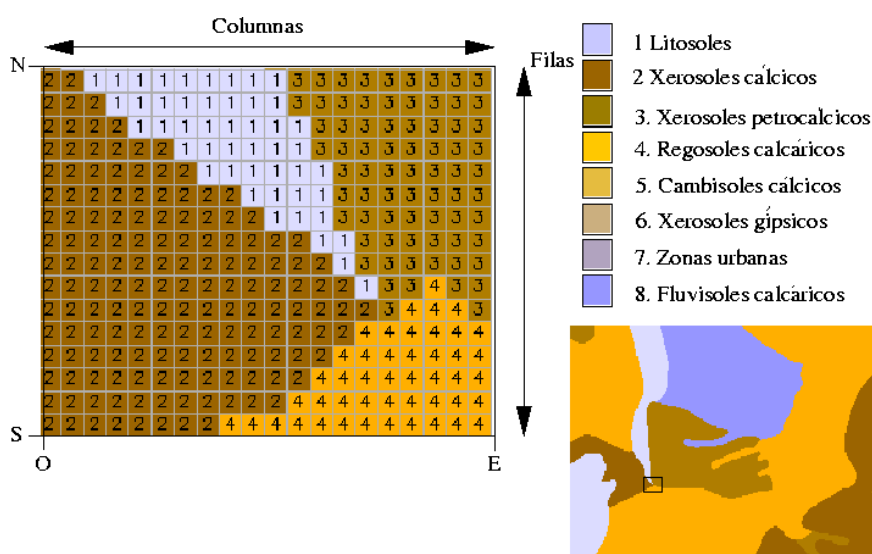


Figura 1-9: Datos en formato Raster.

1.5.1.2 Vectorial.

En este formato, la información se representa mediante puntos y líneas que definen los límites o fronteras, estableciendo un sistema de coordenadas que permite localizar cada objeto y mantener las propiedades geométricas de cada una de las figuras. Para representar un punto se emplean un par de coordenadas (x,y), para

una línea lo que se utiliza es un conjunto de coordenadas correspondientes a sus vértices (x_1y_1 ; x_2y_2 ; $x_3y_3...$) y para una área, es decir, un polígono, lo que se usa es un circuito cerrado de puntos. De esta forma, un mapa quedará reducido a un conjunto de coordenadas, utilizadas para representar los puntos, líneas y áreas.

Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres elementos geométricos: el punto, la línea y el polígono.

- **Puntos:** Se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia. En otras palabras: la simple ubicación. Los puntos transmiten la menor cantidad de información de estos tipos de archivo y no son posibles las mediciones.
- **Líneas o polilíneas:** Las líneas unidimensionales o polilíneas son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. De igual forma que en las entidades puntuales, en pequeñas escalas pueden ser utilizados para representar polígonos. En los elementos lineales puede medirse la distancia.
- **Polígonos:** Los polígonos bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.

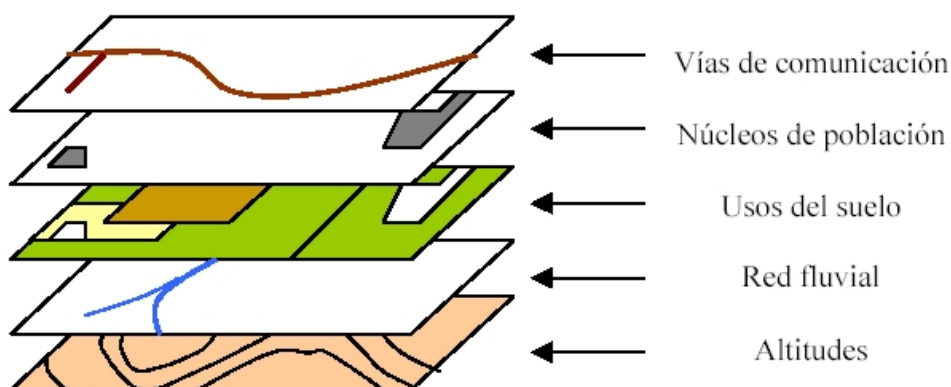


Figura 1-10: Datos en formato Vectorial.



1.5.1.3 Ventajas y Desventajas de los Modelos Raster y Vectorial.

1.5.1.3.1 Ventajas:

Vectorial.

- La estructura de los datos es compacta. Almacena los datos sólo de los elementos digitalizados por lo que requiere menos memoria para su almacenamiento y tratamiento.
- Codificación eficiente de la topología y las operaciones espaciales.
- Buena salida gráfica. Los elementos son representados como gráficos vectoriales que no pierden definición si se amplía la escala de visualización.
- Tienen una mayor compatibilidad con entornos de bases de datos relacionales.
- Las operaciones de re-escalado, reproyección son más fáciles de ejecutar.
- Los datos son más fáciles de mantener y actualizar.
- En algunos aspectos permite una mayor capacidad de análisis, sobre todo en redes.

Raster:

- La estructura de los datos es muy simple.
- Las operaciones de superposición son muy sencillas.
- Formato óptimo para variaciones altas de datos.
- Buen almacenamiento de imágenes digitales.

1.5.1.3.2 Desventajas:

Vectorial.

- La estructura de los datos es más compleja.
- Las operaciones de superposición son más difíciles de implementar y representar.
- Eficacia reducida cuando la variación de datos es alta.
- Es un formato más laborioso de mantener actualizado.

Raster.

- Mayor requerimiento de memoria de almacenamiento. Todas las celdas contienen datos reglas topológicas son más difíciles de generar.
- Las salidas gráficas son menos vistosas y estéticas. Dependiendo de la resolución del archivo raster, los elementos pueden tener sus límites originales más o menos definidos.

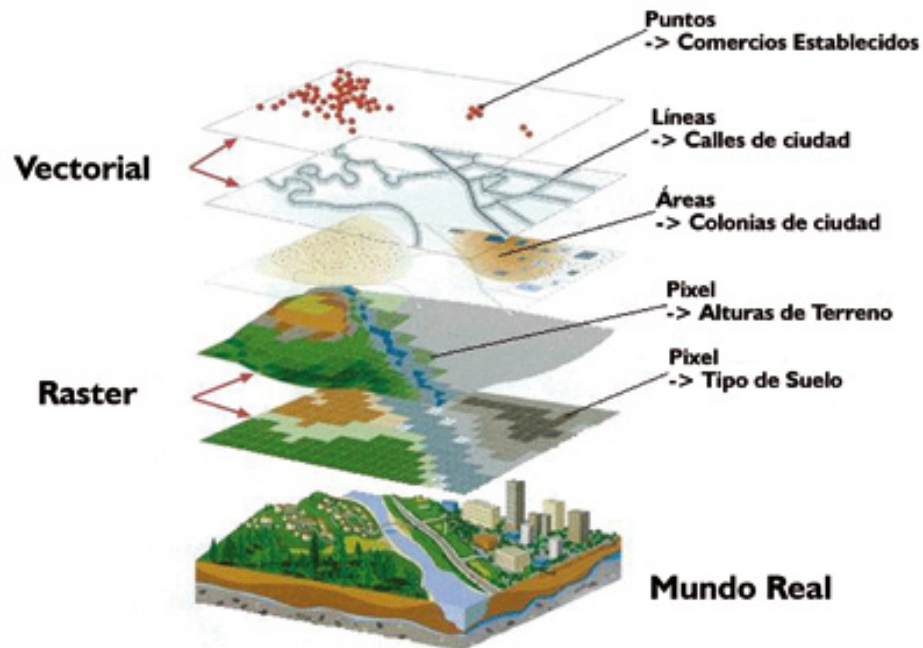


Figura 1-11: Comparación entre datos Raster y Vectoriales.

1.5.2 Captura de los datos.

La captura de datos y la introducción de información en el sistema consumen la mayor parte del tiempo de los profesionales de los SIG. Hay una amplia variedad de métodos utilizados para introducir datos en un SIG almacenados en un formato digital.



Figura 1-12: ArcPad es un software de mapeo de campo móvil, y de recopilación de datos diseñado para los profesionales de SIG.

A continuación se listara los diferentes tipos de datos que pueden ser ingresados a un SIG:

- Los datos impresos en papel o mapas en película PET
- Mapas Cartográficos
- Los datos obtenidos de mediciones topográficas
- Las coordenadas de posición tomadas a través un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) también pueden ser introducidas directamente en un SIG.



Figura 1-13: Receptor GPS integrado diseñado para dotar de una herramienta efectiva y de bajo costo a la fuerza de trabajo, para el mantenimiento y actualización de la infraestructura que soporta su sistema SIG.

- Sensores, como cámaras, escáneres o LIDAR acoplados a plataformas móviles como aviones o satélites.
- Fotografías aéreas.
- La tele-observación por satélite proporciona otra fuente importante de datos espaciales.



Figura 1-14: Avión no tripulado con una envergadura de 1.8 mts y peso de 2 kg (puede llevar hasta 500 gr de carga útil) Son idóneos para el seguimiento de grandes infraestructuras, actualización cartográfica para administraciones públicas, captura de imágenes georreferenciadas



1.5.2.1 Conversión de datos raster-vectorial:

Una gran herramienta que ofrece los SIG, es que pueden realizar una reestructuración de los datos para transformarlos en diferentes formatos. Por ejemplo, es posible convertir una imagen de satélite a un mapa de elementos vectoriales mediante la generación de líneas en torno a celdas con una misma clasificación determinando la relación espacial de estas, tales como proximidad o inclusión. Al proceso inverso de conversión de datos vectorial a una estructura de datos basada en una matriz raster se le denomina rasterización.

1.5.2.2 Proyecciones, sistemas de coordenadas y reproyección:

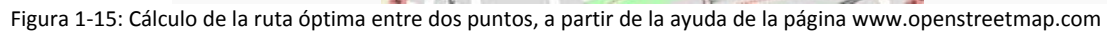
Antes de analizar los datos en el SIG la cartografía debe estar toda ella en una misma proyección y sistemas de coordenadas. Para ello muchas veces es necesario reproyectar las capas de información antes de integrarlas en el Sistema de Información Geográfica.

1.5.3 Modelo topológico.

Un SIG puede reconocer y analizar las relaciones espaciales que existen en la información geográfica almacenada. Estas relaciones topológicas permiten realizar modelizaciones y análisis espaciales complejos. Así, por ejemplo, el SIG puede dividir los terrenos o catastros que son atravesados por una vía, o también puede establecer zonas de peligro a partir de los ríos, como por ejemplo zonas de inundación.

1.5.4 Redes.

El Sistema de Información Geográfica, permite establecer el cálculo de las rutas más óptimas entre dos puntos, teniendo en cuenta tanto direcciones y sentidos de circulación como direcciones prohibidas, etc. Este tipo de utilidad que presenta, son comúnmente utilizadas en el ámbito comercial, ya que permite el ahorro de tiempo, así como de combustible. También son ampliamente utilizados en la planificación del transporte de una zona, las redes hidráulicas, en fin toda gestión en lo que se refiere a la infraestructura vial.



Es posible realizar una combinación de varios conjuntos de datos espaciales como puntos, líneas, polígonos. Para así poder crear otro conjunto de datos vectoriales. La unión de capas o la superposición de las mismas, es capaz de combinar las características geográficas y las tablas de atributos de todas ellas en una nueva capa. Con esto es posible interactuar los datos para obtener un producto específico dependiendo del tema de estudio.

1:500

1:10.000

Los SIG son usados en la creación de cartografía digital como herramientas que permiten realizar un proceso automatizado o semiautomatizado de elaboración de mapas denominado cartografía automatizada.

1.5.7 Geoestadística.

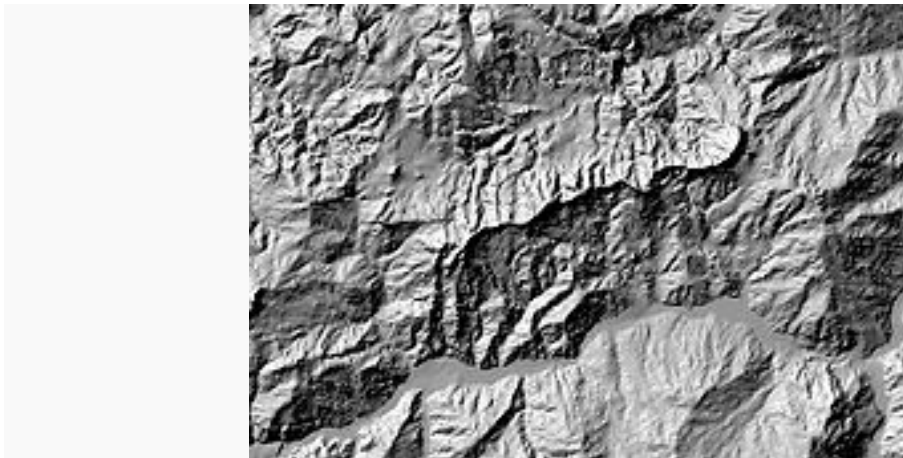


Figura 1-17: Modelo de relieve sombreado generado por interpolación a partir de un Modelo Digital del Terreno.

Lo que se busca con la geoestadística es realizar predicciones a partir de datos espaciales concreto con el análisis de patrones espaciales. A diferencia de las aplicaciones estadísticas comunes, en la geoestadística se emplea el uso de la teoría de grafos y de matrices algebraicas para reducir el número de parámetros en los datos. Tras ello, el análisis de los datos asociados a entidad geográfica se llevaría a cabo en segundo lugar.

1.5.8 Geocodificación.



Figura 1-18: Mapa de Puntos de ventas en zonas urbanas, dividido por clientes mayoristas y minoristas.



Geocodificación se la conoce por asignar coordenadas geográficas a puntos determinados en un mapa, estos puntos por lo general son direcciones y puntos de interés.

CAPITULO 2. Imagen de la cuenca del río Machángara

2.1 Introducción.

El estudio la subcuenca del río Machángara es de vital importancia para la Ciudad de Cuenca, ya que suministra actualmente alrededor de 1000 l/s para el abastecimiento del agua potable de la ciudad, así como también de comunidades aledañas. Se dice que gracias a la subcuenca del Machángara el 40 % de la ciudad de Cuenca posee agua potable, el restante se lo proporciona la planta de tratamiento del Cebollar, y en estos últimos años se ha incorporado al sistema la planta de tratamiento de Yanuncay. Es por ello que el estudio de esta subcuenca debe ser tomado con la mayor responsabilidad, ya que un correcto manejo de la misma podrá garantizar este recurso por muchos años.

Uno de los aspectos más importantes que posee esta zona, es que en ella se encuentra los embalses del Labrado con una reserva de agua de aproximadamente 6 Hm³ y el embalse de Chanlud con 17 Hm³, los cuales se encuentran sobre los ríos Chulco y Machángara respectivamente. Gracias a ello la empresa encargada de la generación de energía eléctrica ELECAUSTRO, tiene una potencia instalada en las centrales de Saucay y Saymirin de 38,4 Mw, lo que genera una energía de 200 millones de Kw al año, el cual es integrado al sistema nacional interconectado de energía eléctrica. Es por ello que se ha considerado a la subcuenca alta del Machángara como un ecosistema estratégico, el mismo que debe ser conservado, protegido y manejado, ya que esta área cumple con unas funciones vitales para la ciudad de cuenca, las comunidades aledañas y por qué no para País.

La subcuenca del río Machángara es considerada un espacio de vida que debe ser expresado en indicadores de genética, condición por la cual el Ministerio del Ambiente en el año 1985, publicó en el Registro Oficial que el 77% de la superficie total de la subcuenca se encuentra en el área de Bosque y Vegetación Protectora Machángara – Tomebamba.

En este espacio se captura alrededor de 304,29 hectómetros cúbicos por año de agua lluvia (ETAPA, 2007), condición que ha permitido que la subcuenca sea un importante aporte al desarrollo de la región austral a través de la generación de múltiples servicios.



Figura 2-1: Fotografía de la Presa de Chanlud ubicada en la parte alta de la subcuenca del Río Machángara.

A parte de la generación de agua potable, así como también de la generación de energía eléctrica, en la subcuenca del Machángara se aprovecha las aguas turbinadas, las cuales son devueltas al ríos luego de la generación eléctrica; ya que captan alrededor de 700 litros por segundo, los mismo que son conducidos al canal de riego del Machángara, que beneficia a 2325 usuarios en 584 hectáreas, así como también se capta otros 700 litros por segundo, los que van al canal Checa-Sidcay-Ricaurte, para el canal de 12 kilómetros, el cual beneficia alrededor de 800 agricultores en 800 hectáreas de terreno.

Un aspecto importante que se debe mencionar de esta zona, es que en la parte baja de la misma se encuentra el parque industrial de la Ciudad de Cuenca, el mismo que ocupa las aguas del río Machángara, para sus distintos usos, se estima que alrededor de 120 empresas son beneficiarias directamente de los recursos hídricos de la subcuenca.

Finalmente se debe mencionar que la Subcuenca del Machángara, es una parte fundamental de la cuenca del río Paute. En donde se tiene el Sistema Hidroeléctrico Paute Integral, cuando concluya su construcción, aportará con cerca de 2.300 megavatios, MW, al Sistema Nacional Interconectado, con lo que generará el 50 por ciento de la energía eléctrica del Ecuador y se afianzará como la zona de producción hidroeléctrica más importante del país. Así que no solo el estudio y un correcto plan de manejo generara un beneficio específico para la ciudad de Cuenca y sus alrededores, si no también beneficiara a la producción de agua para la cuenca del río Paute beneficiando así a todo el sistema energético ecuatoriano, aspecto que según las políticas actuales es uno de los puntos que el gobierno ha puesto más énfasis en la creación y generación de energía renovable.



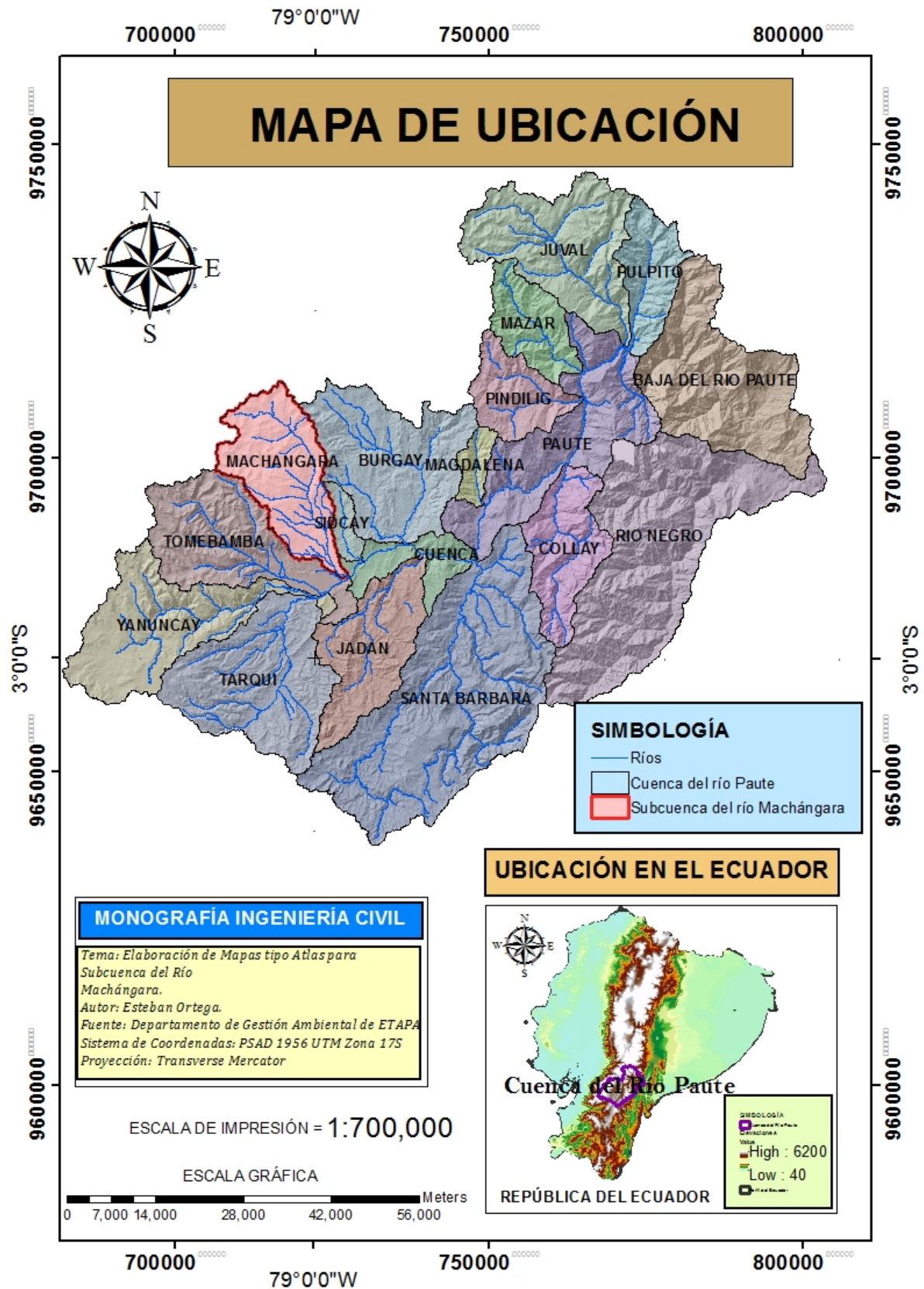
Figura 2-2: Presa Daniel Palacios.

2.2 Ubicación de la Cuenca del río Machángara.

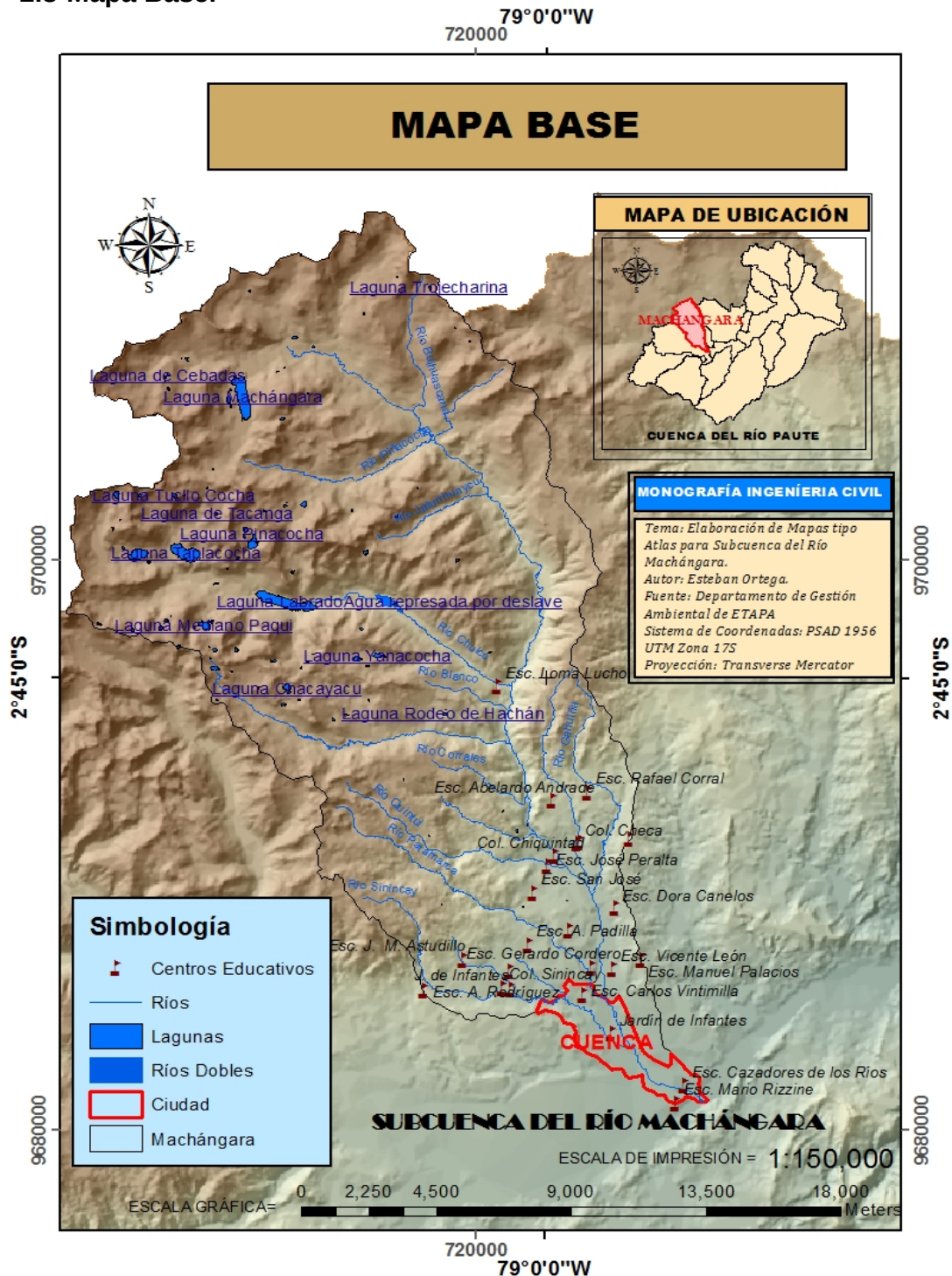
Como se mencionó anteriormente, la Subcuenca del Machángara se encuentra dentro de la Gran Cuenca del Río Paute, esta se encuentra en la parte noroccidental (Longitud W 78° 58' 30" hasta 79° 90' 00", Latitud S 02° 48' 00" hasta 02° 36' 00"). Se encuentra ubicada en el austro ecuatoriano, al noroeste de la Ciudad de Cuenca y contempla las provincias de Azuay y Cañar.

Está ubicada entre los 2500 y más de 4000 metros sobre el nivel del mar, en una zona de características climáticas con temperaturas que van de los 8 a los 14 grados centígrados, en la zona baja y en la alta.

La Subcuenca abarca las parroquias de Checa, Chiquintad, Sinincay, Sayausi, Octavio Cordero Palacios, Ricaurte, Sidcay, Jerusalén, Nazón, Turupamba, Cojitambo, Déleg, Javier Loyola, Solano; ocupando así un territorio de aproximadamente 32.545 hectáreas, con una población aproximada de 70685 habitantes.



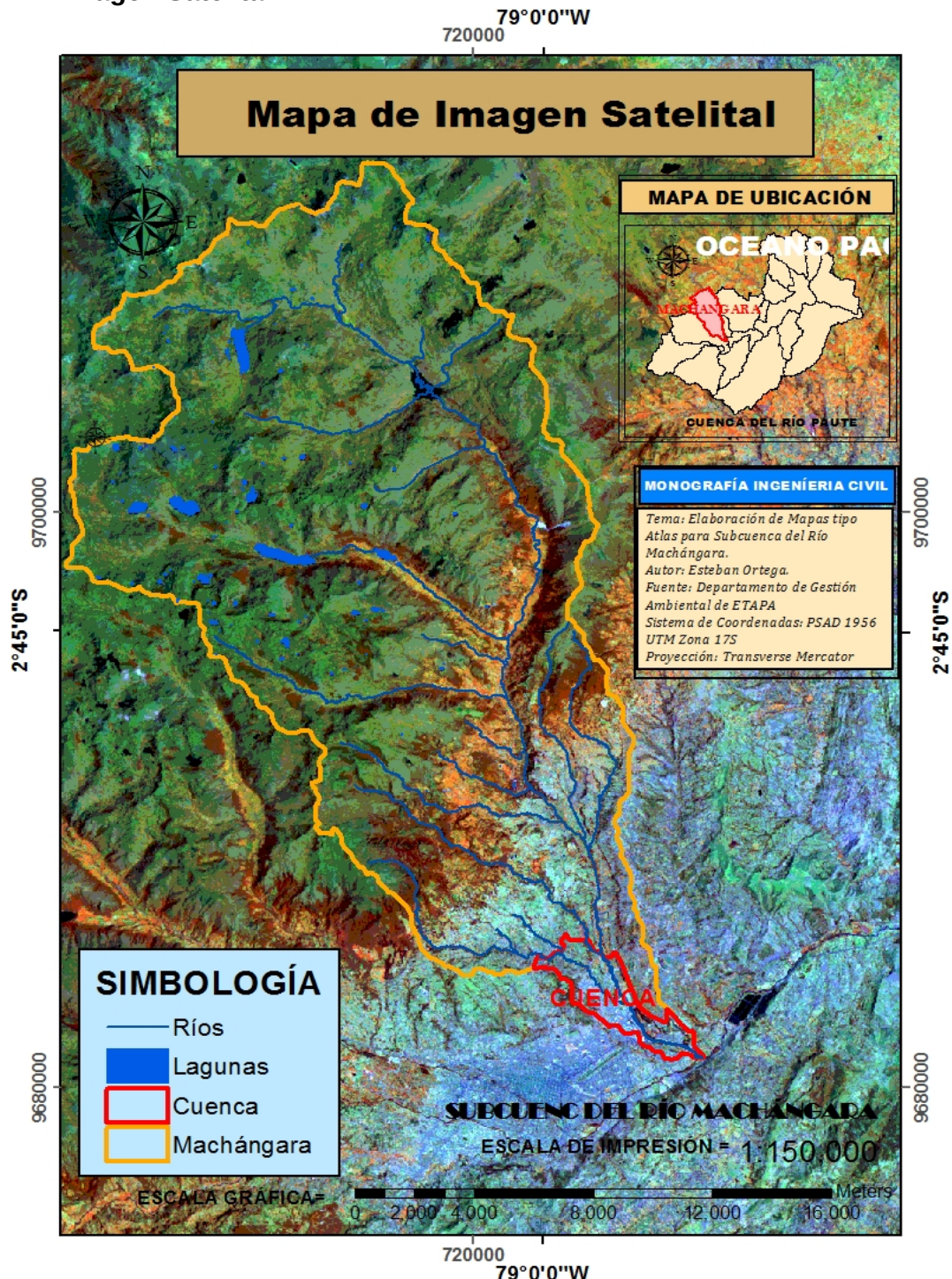
2.3 Mapa Base.



En este mapa se representa los principales componentes de la subcuenca como los centros educativos, ríos, lagunas, el perímetro que ocupa la Ciudad en la zona de estudio. Esto nos servirá como base para la realización de los mapas presentados posteriormente.

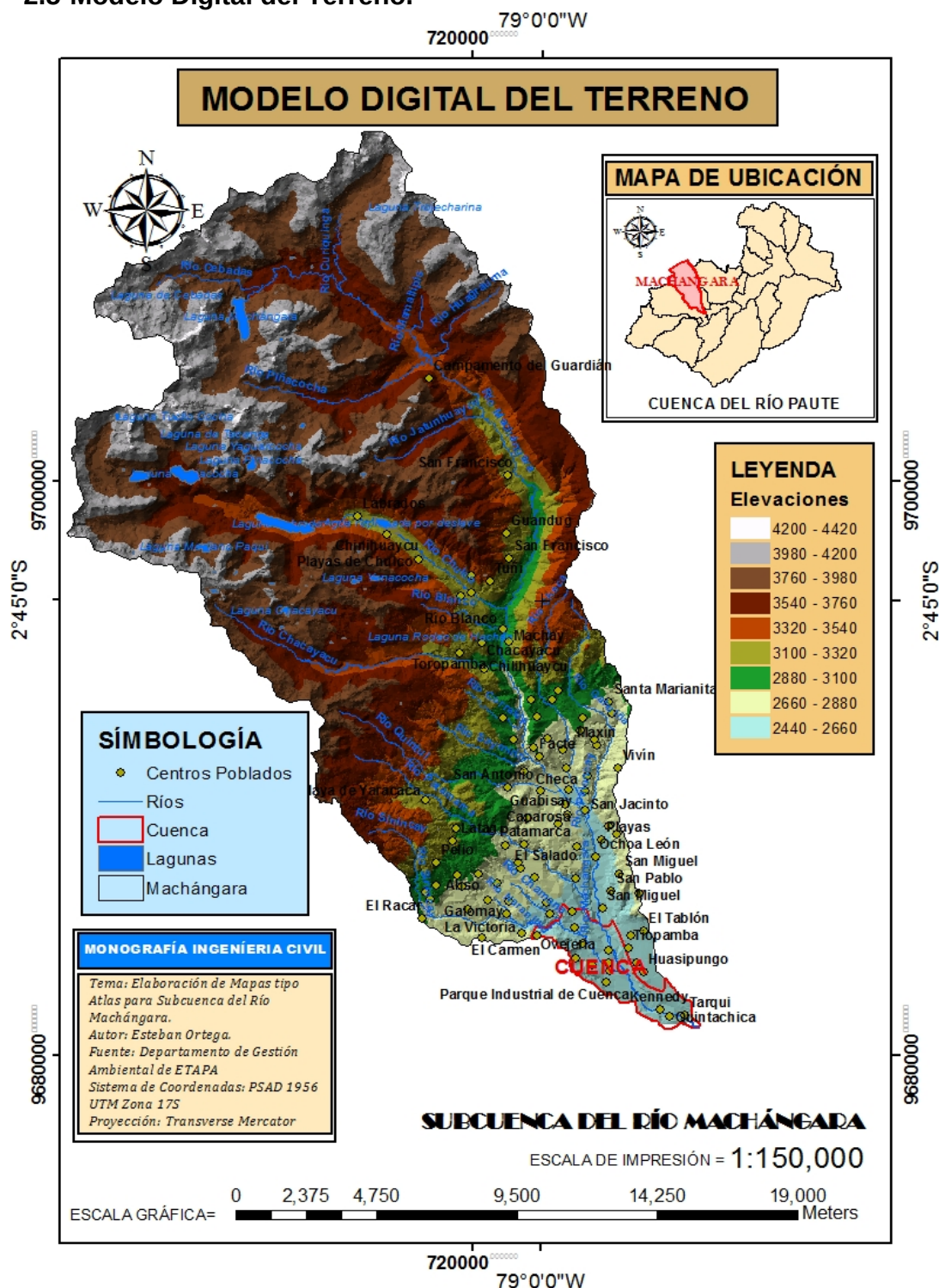


2.4 Imagen Satelital.



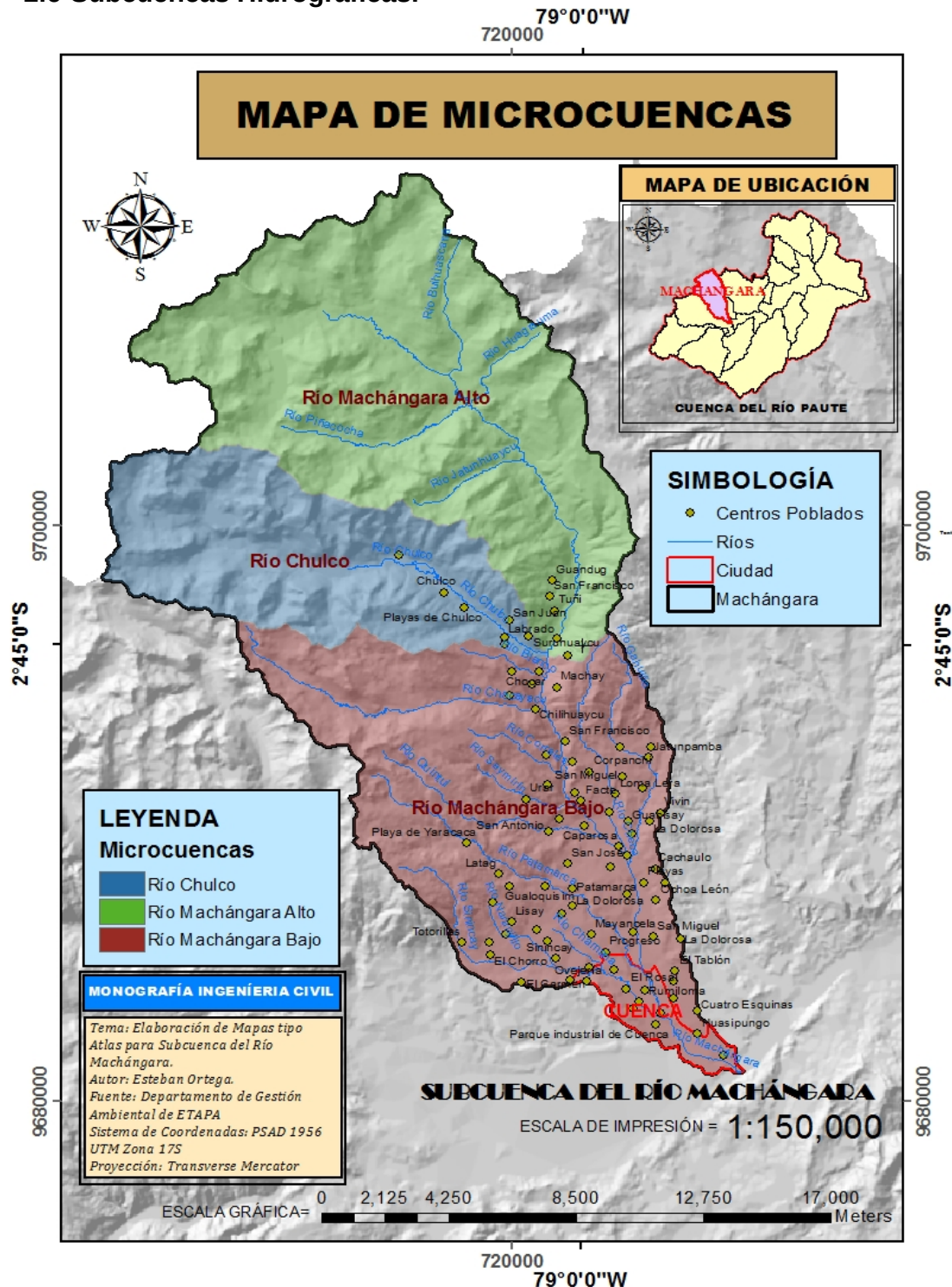
En esta mapa se encuentra la imagen satelital, la misma que sirve de base para la generación de los archivos vectoriales y raster, que nos permiten realizar un estudio más profundo y detallado. La imagen satelital es de mucha importancia ya que es por lo general con la información que se parte para realizar un estudio de este tipo.

2.5 Modelo Digital del Terreno.



El mapa del Modelo Digital del Terreno, nos permite visualizar de una manera más clara la forma y altitud de la zona. Es importante mencionar que a partir de este tipo de mapas es posible obtener mucha información como: pendientes, estudio Hidrológico, elevaciones, etc.

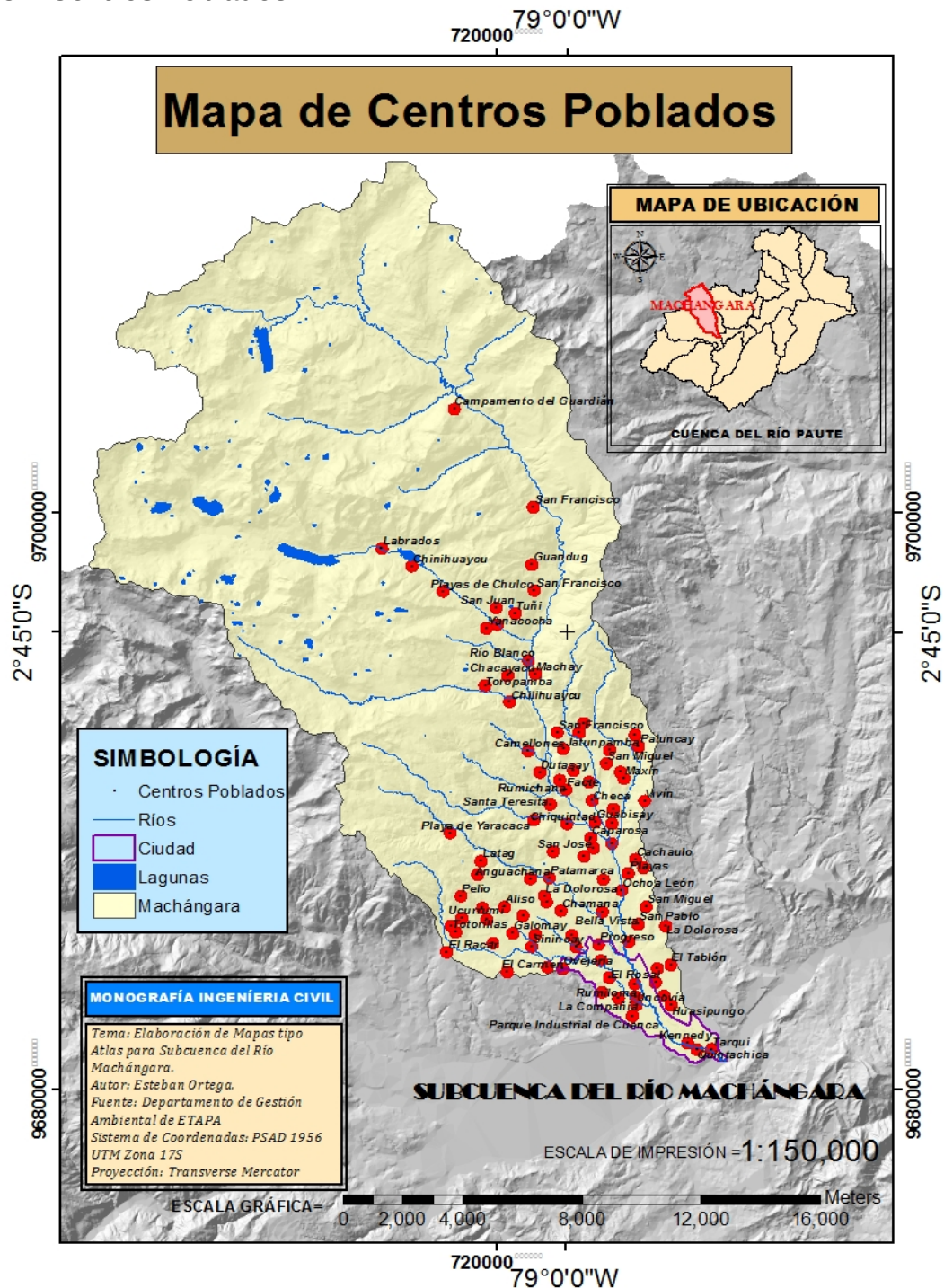
2.6 Subcuencas Hidrográficas.



A la subcuenca del Machángara se la ha dividido en 3 microcuencas, las mismas que se las puede observar en el mapa presentado; estas se encuentran divididas en relación a los afluentes más importantes que forman la Subcuenca.

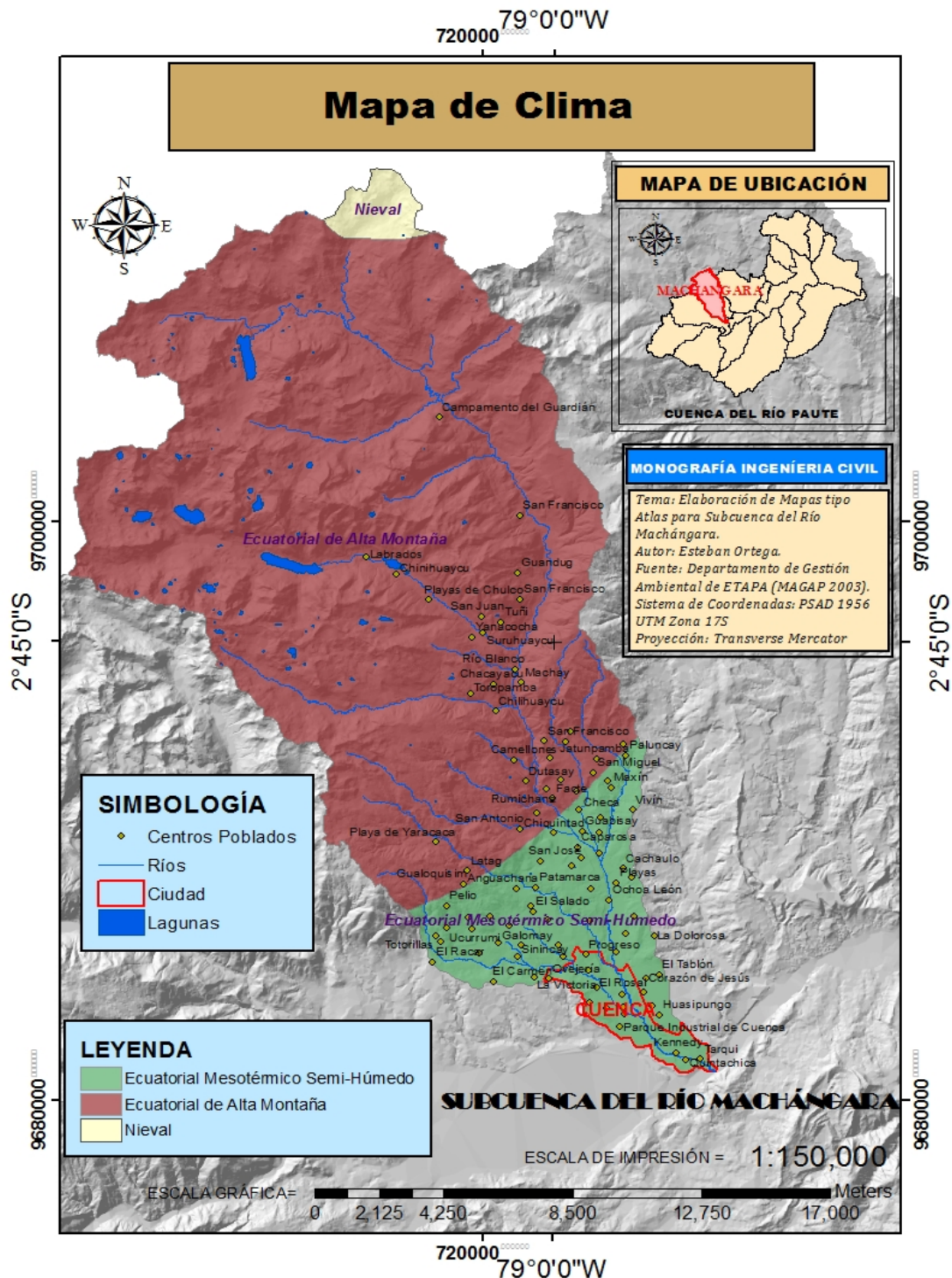
CAPITULO 3. Medio Físico.

3.1 Centros Poblados.



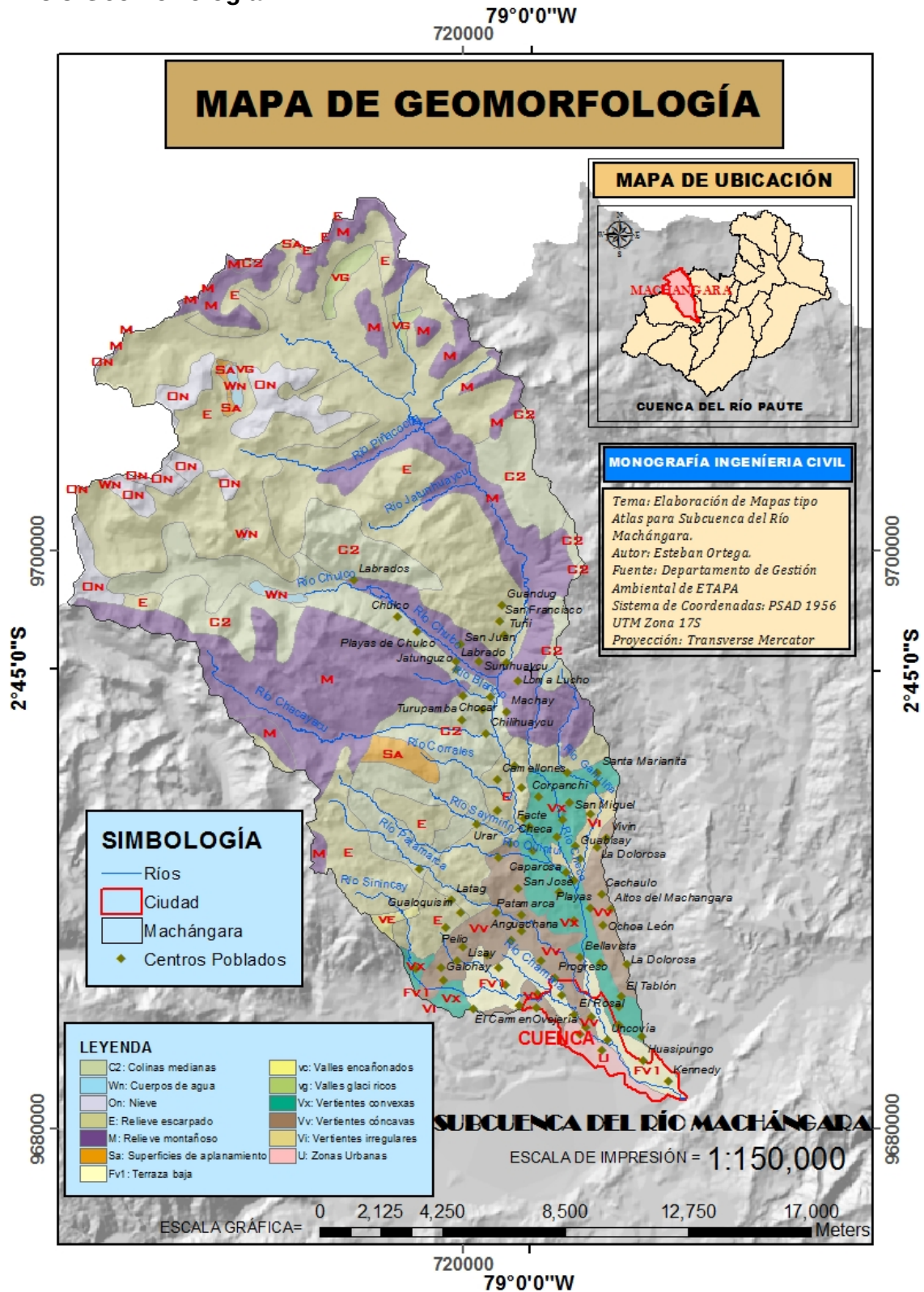
El mapa presenta los lugares en donde existen los denominados centros poblados de la subcuenca. Para una mayor comprensión de los pueblos, se ha generado un buffer a partir de la ubicación que este posee en el mapa, es por ello que se representan con un círculo de color rojo.

3.2 Clima.



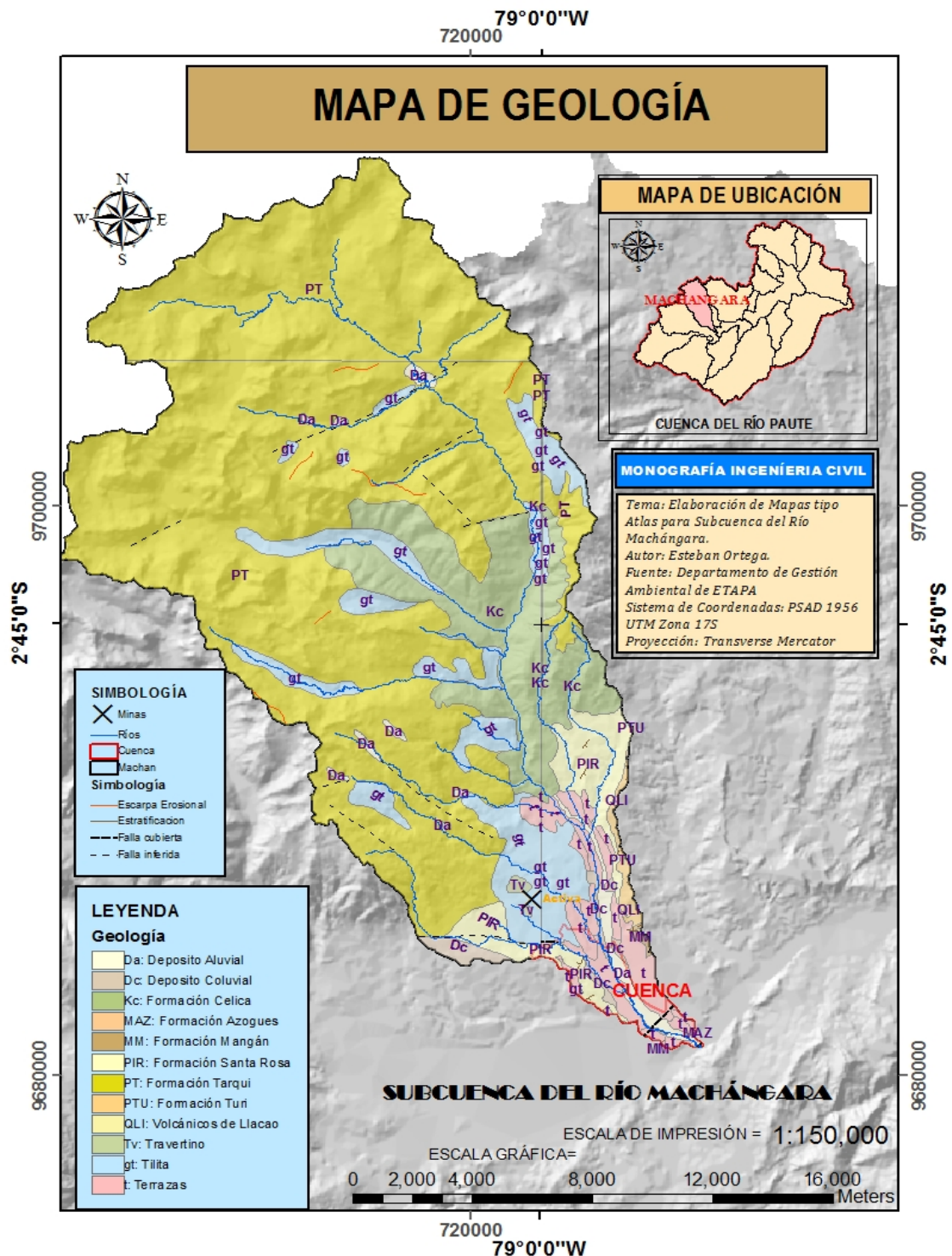
Este mapa indica las diferentes zonas climáticas que se presentan en la zona de estudio, estas se encuentran definidas por elementos como: precipitación, temperatura y factores climáticos (latitud, altitud y localización).

3.3 Geomorfología.



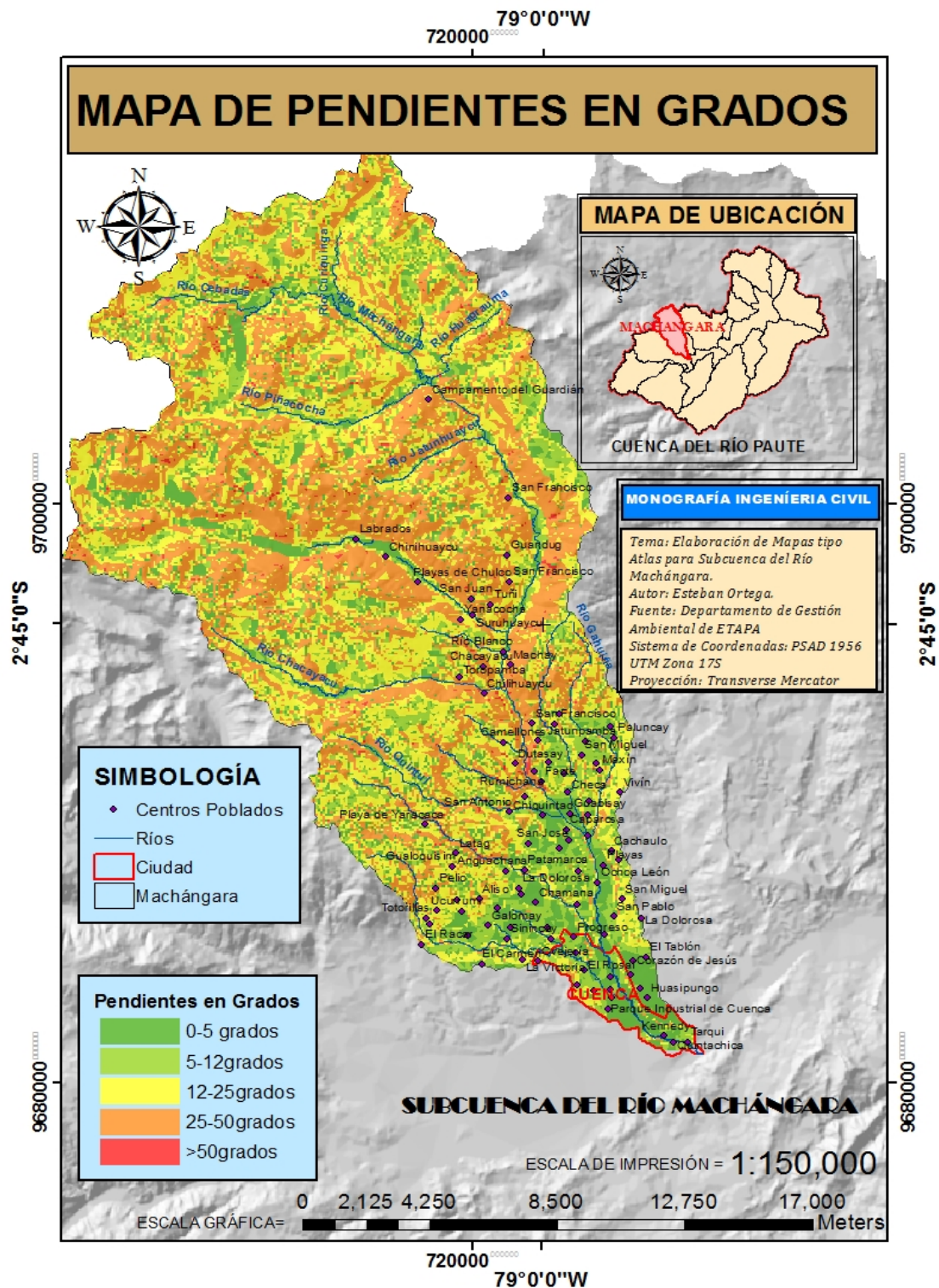
El mapa presentado representa la forma que posee la superficie en estudio.

3.4 Geología.



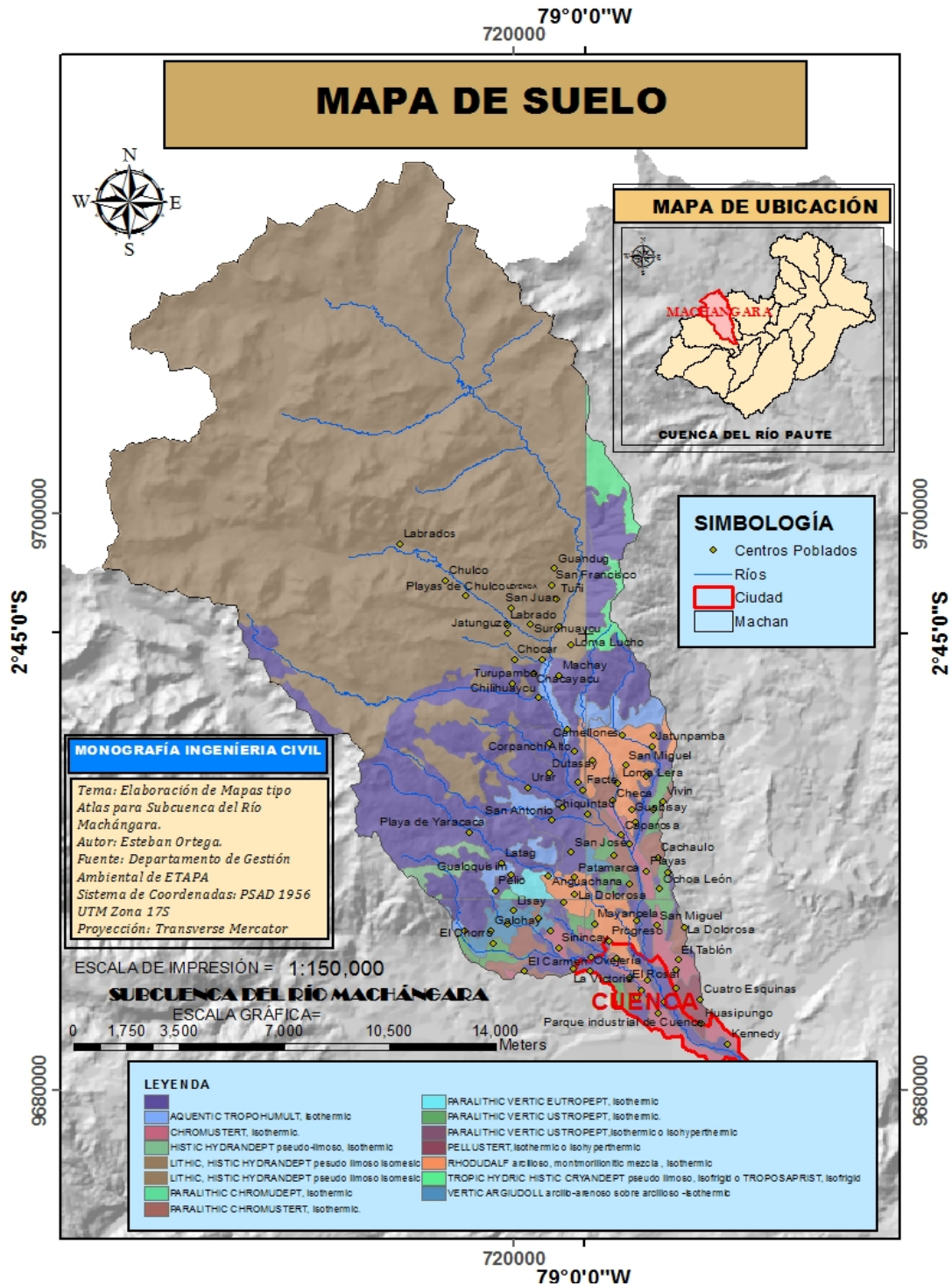
Este mapa nos permite identificar, cuales son los materiales de los que se encuentra compuesto la zona de estudio, así como la estructura interna que posee.

3.5 Pendientes.



En el mapa presentado nos muestra como es la variación de la pendiente, este mapa tiene relación directa con la geomorfología y las curvas de nivel y elevaciones que se dan.

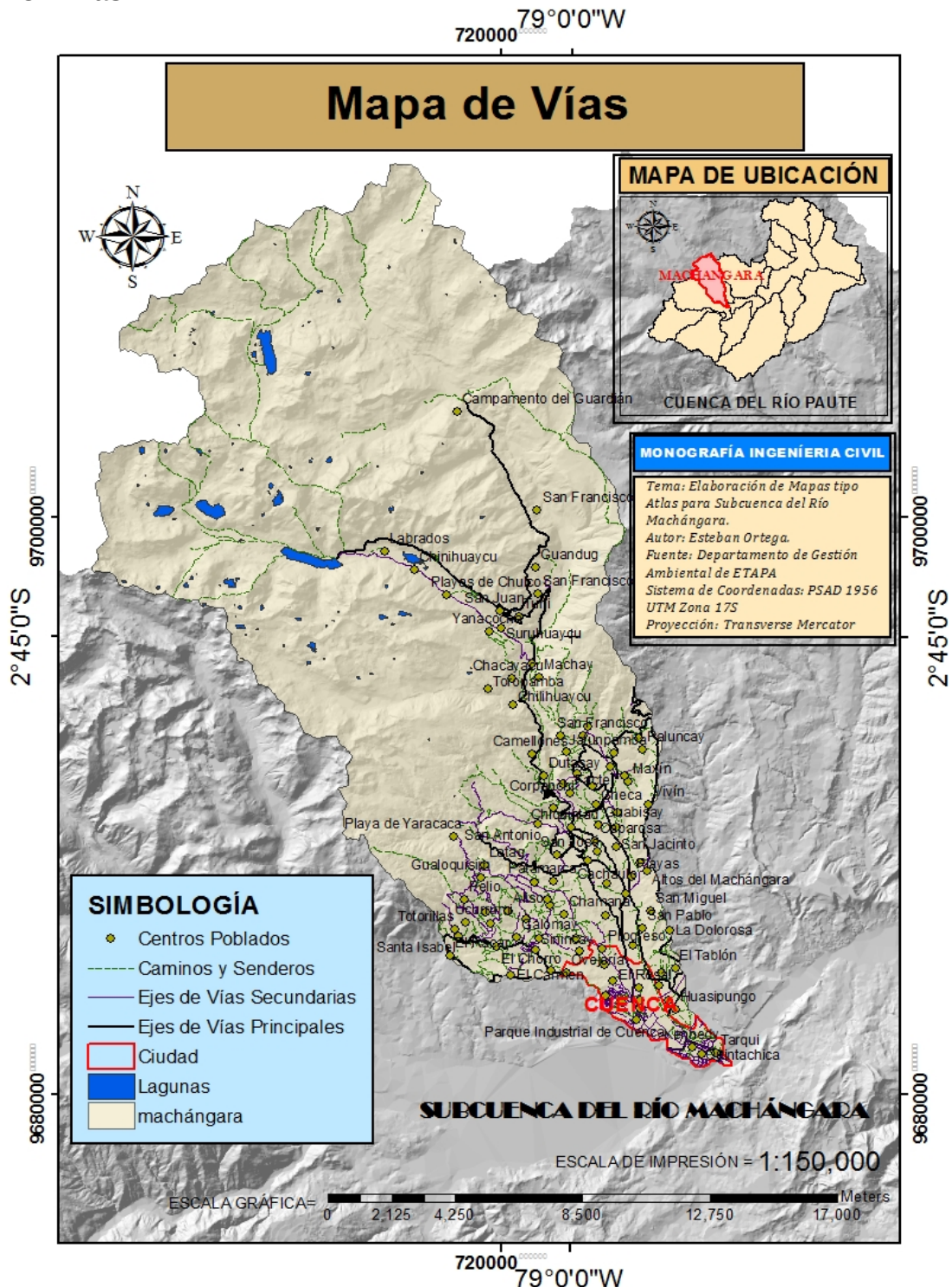
3.6 Suelo.



Lo que se desea presentar con el mapa expuesto, es la taxonomía, es decir una clasificación del suelo, el cual viene dado por: su uso posible, la limitación que este tiene, la temperatura y el posible uso que se podría dar al suelo.



3.7 Vías.

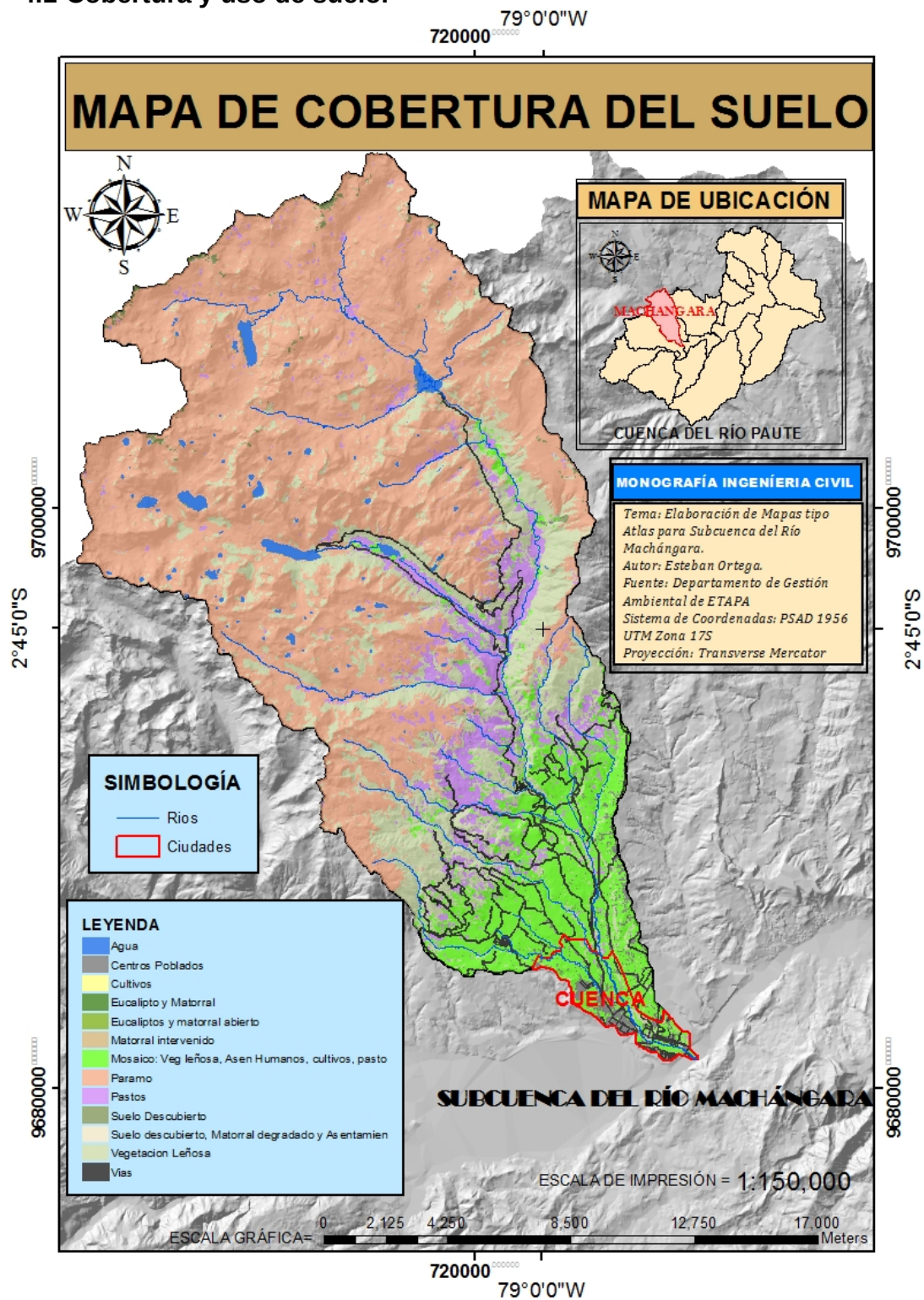


El mapa de vías es muy importante en cualquier proyecto que se realice, ya que nos permite tener los datos de los tipos de vías existentes, así como también el lugar por donde pasan cada una de ellas, y la longitud que poseen.



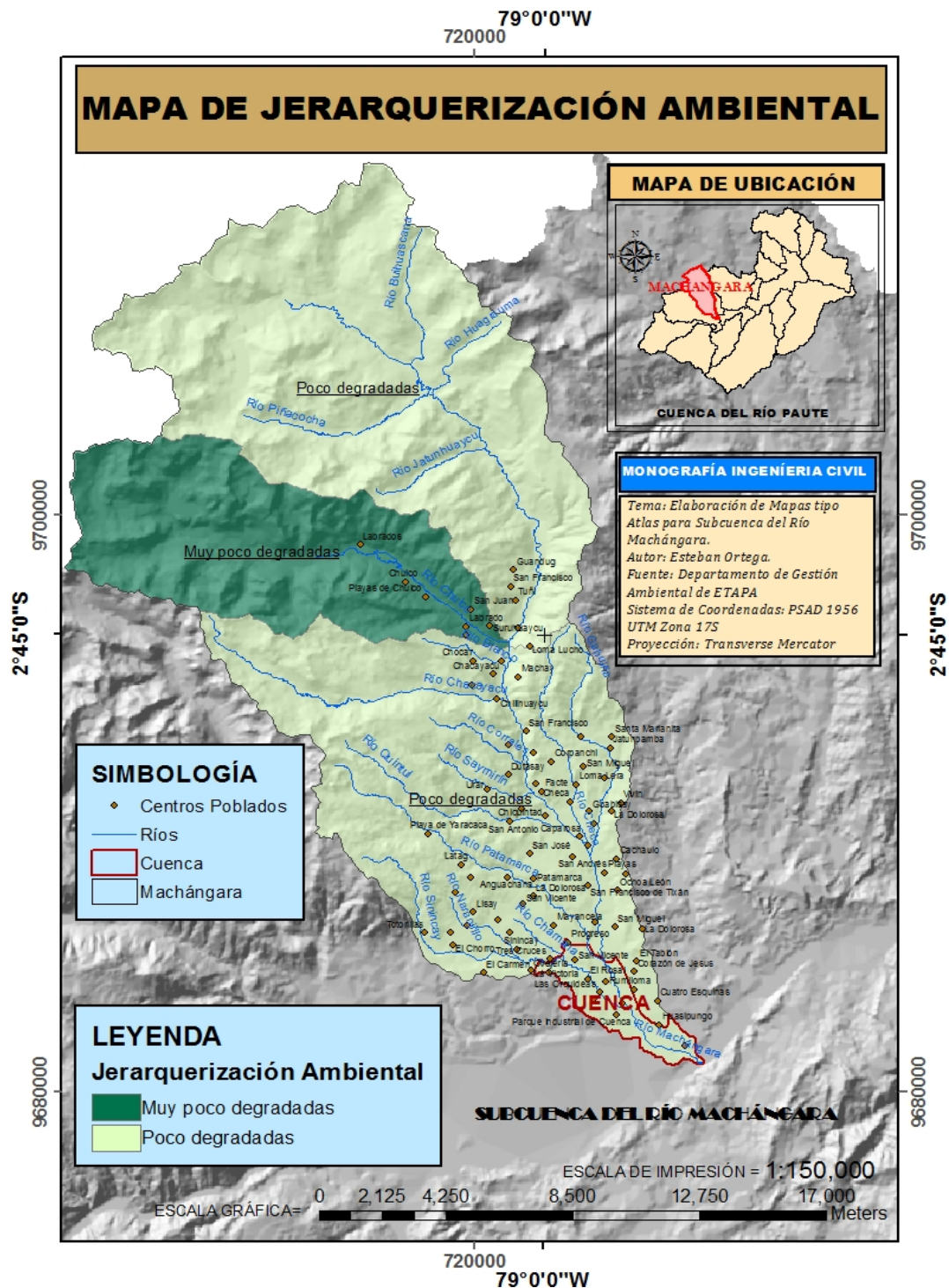
CAPITULO 4. Medio Biológico.

4.1 Cobertura y uso de suelo.



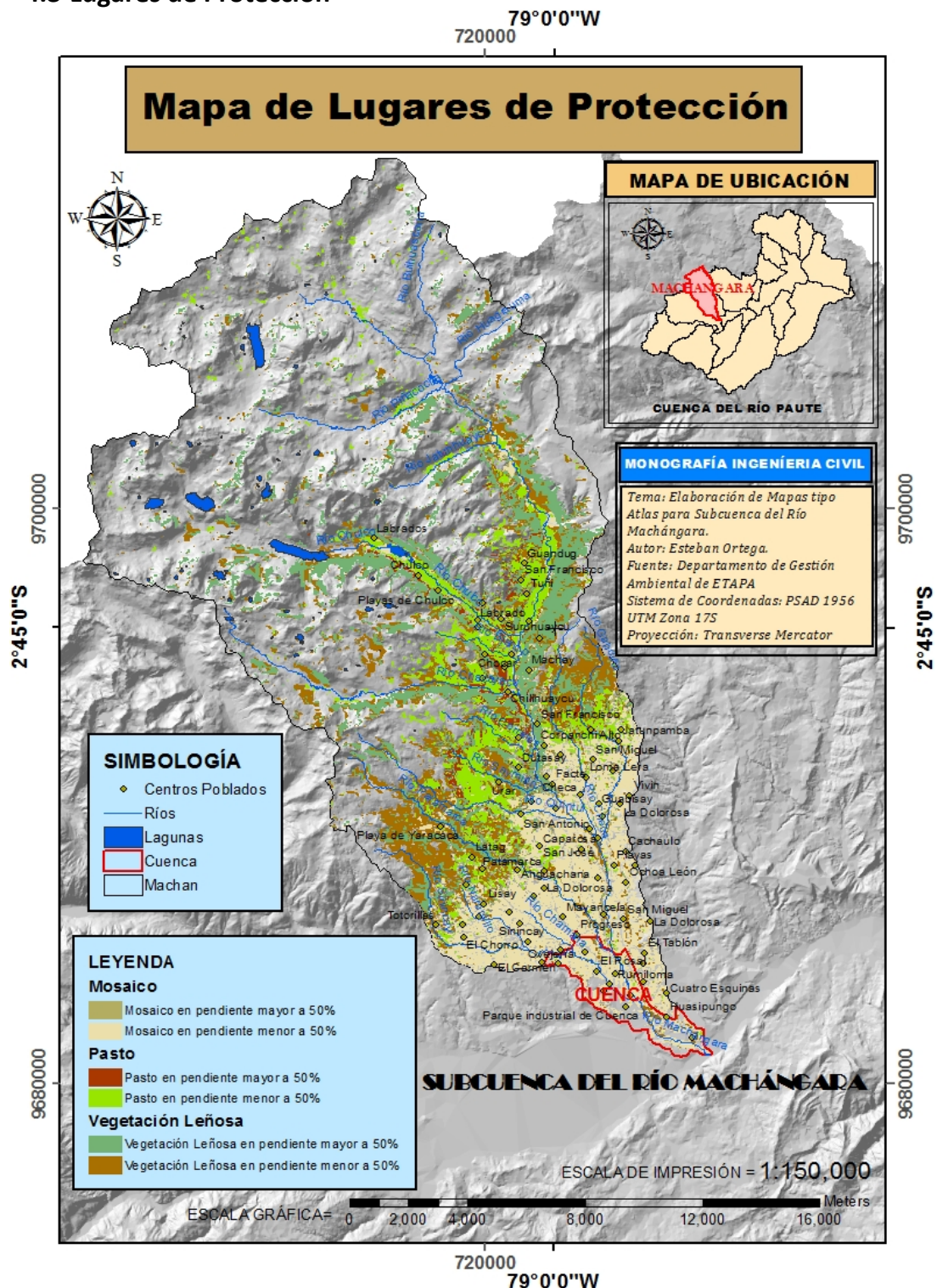
El mapa presentado, nos muestra cuales son los tipos de elementos por lo que se encuentra compuesto la cobertura del suelo en el área de estudio.

4.2 Jerarquización Ambiental de Microcuencas.



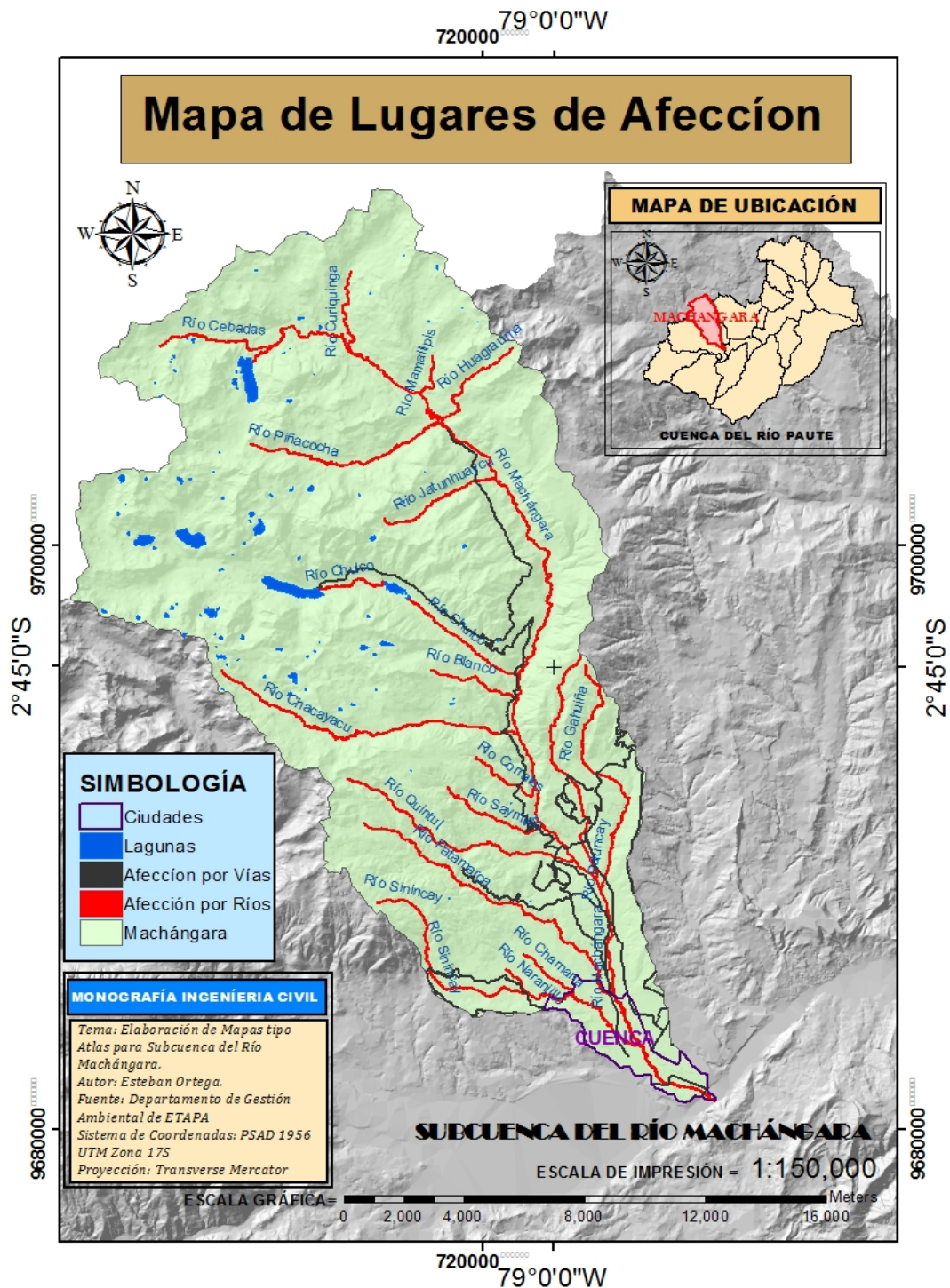
Se presenta una división por zonas de degradación ambiental, lo que permite tener un conocimiento acerca de cómo se encuentra la parte ambiental de la subcuenca, teniendo en cuenta que esta área se encuentra declarada como un zona protegida.

4.3 Lugares de Protección



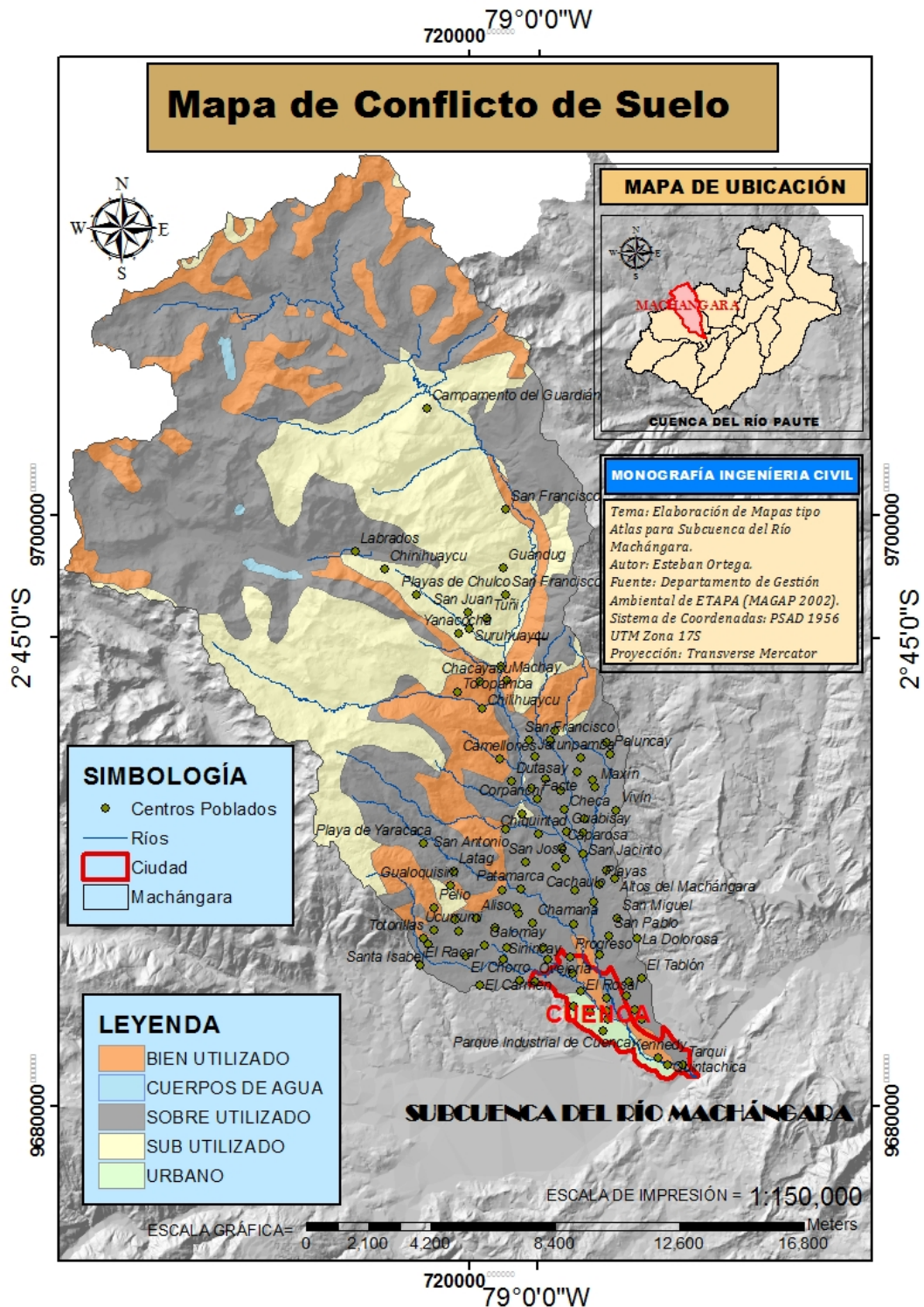
Se puede apreciar en este mapa los lugares considerados como zonas de protección, es decir zonas vulnerables y de importancia que permiten ofrecer todos los beneficios que esta Subcuenca brinda a sus sectores aledaños.

4.4 Lugares de Afección.



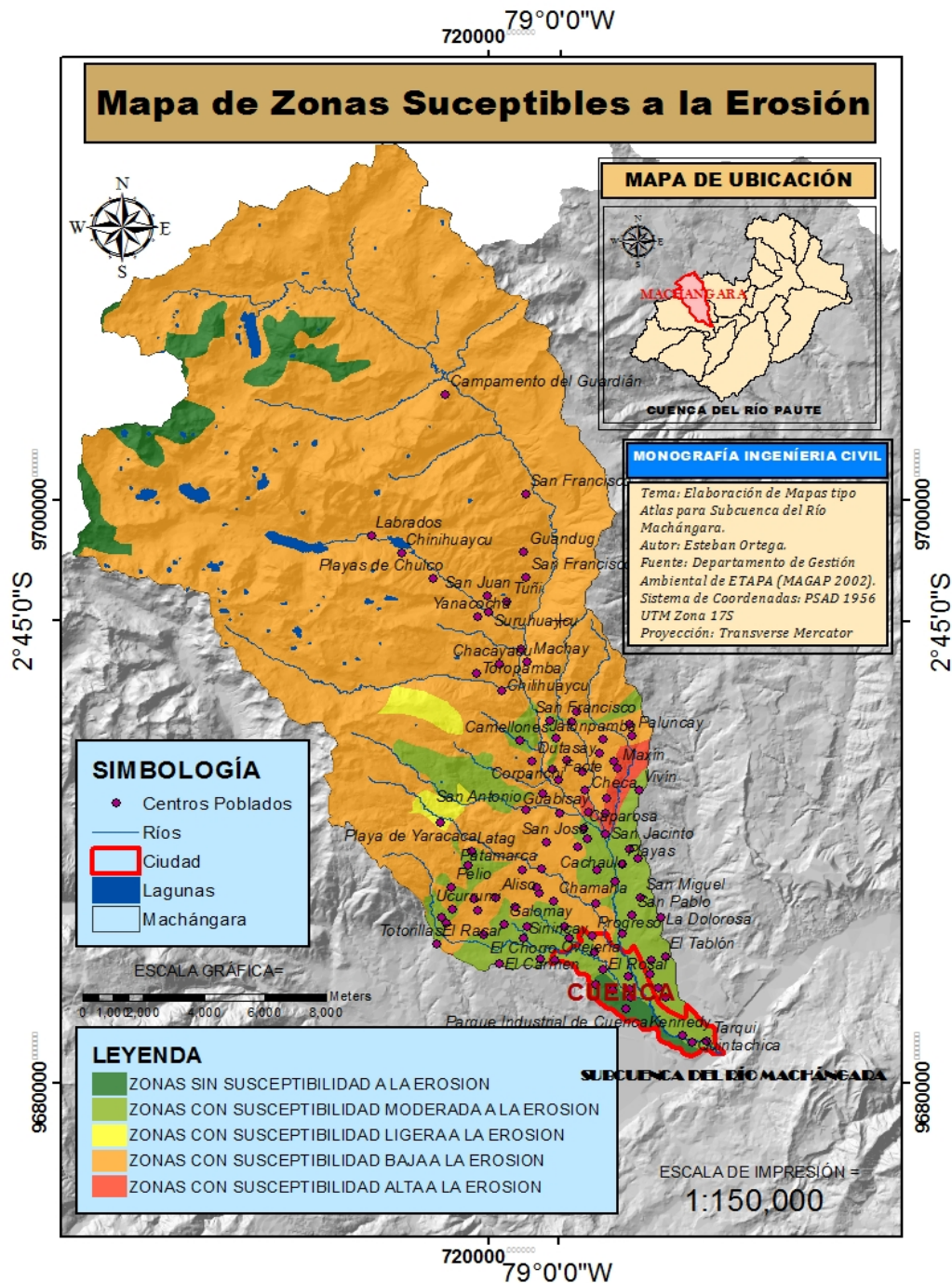
Para la realización de este mapa, se ha tomado en cuenta el valor de la afección que se da para las vías, especialmente las denominadas como de primer orden, así como también para los ríos, es decir que no se podrá construir ni utilizar dicho espacio de terreno.

4.5 Conflicto de Uso de Suelo.



Este mapa nos muestra las zonas en donde el suelo se encuentra bien utilizado, sobre utilizado, subutilizado, este criterio se toma como resultados de la comparación de la aptitud de la tierra frente al uso actual del mismo.

4.6 Zonas Susceptibles de Erosión.



Este mapa presenta las zonas que se encuentran susceptibles a la erosión. Es decir a la degradación y el transporte de suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra.

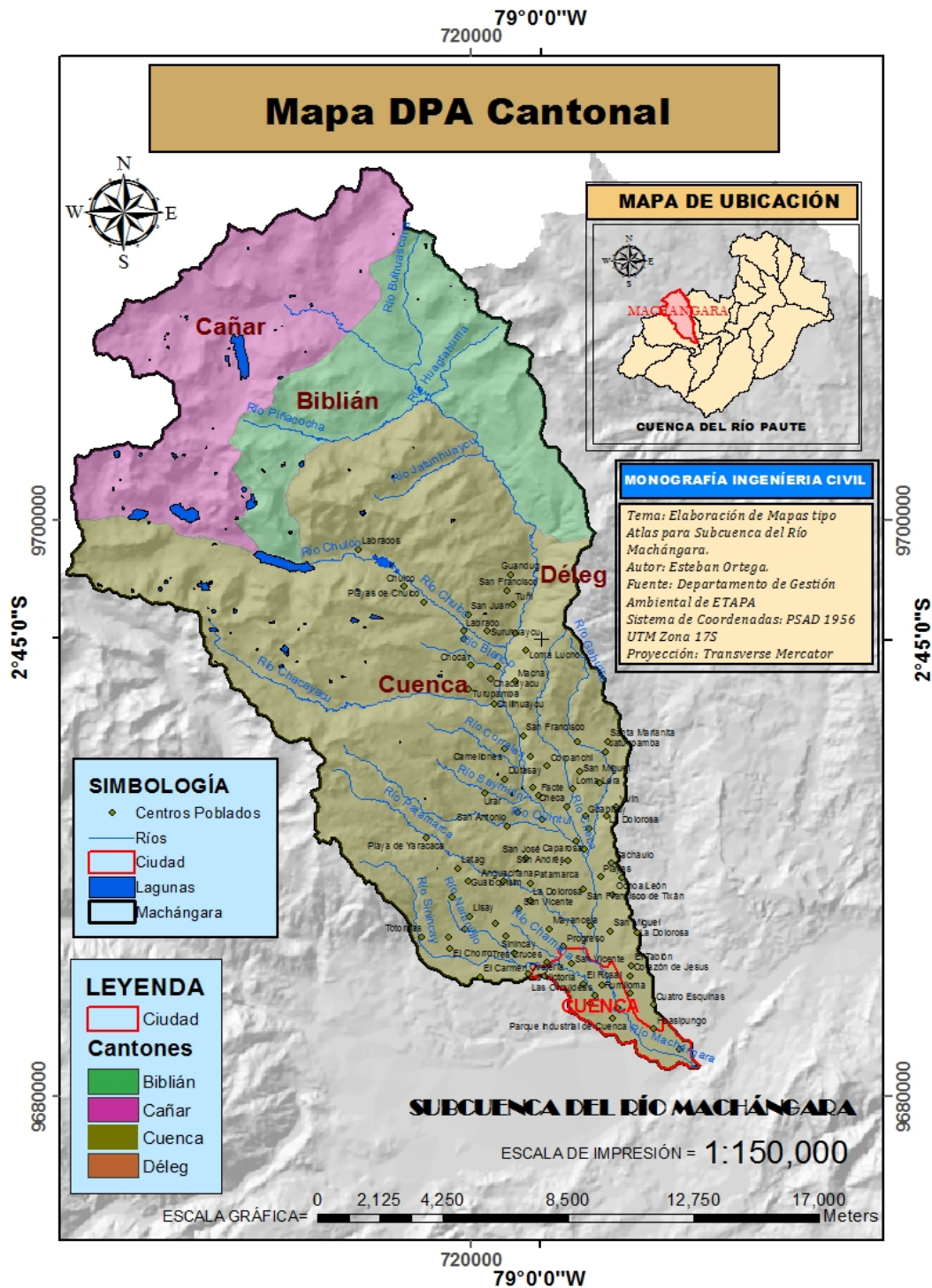


CAPITULO 5. Población y Demografía.

5.1 División político administrativa Provincial.



5.2 División Político Administrativa Cantonal.

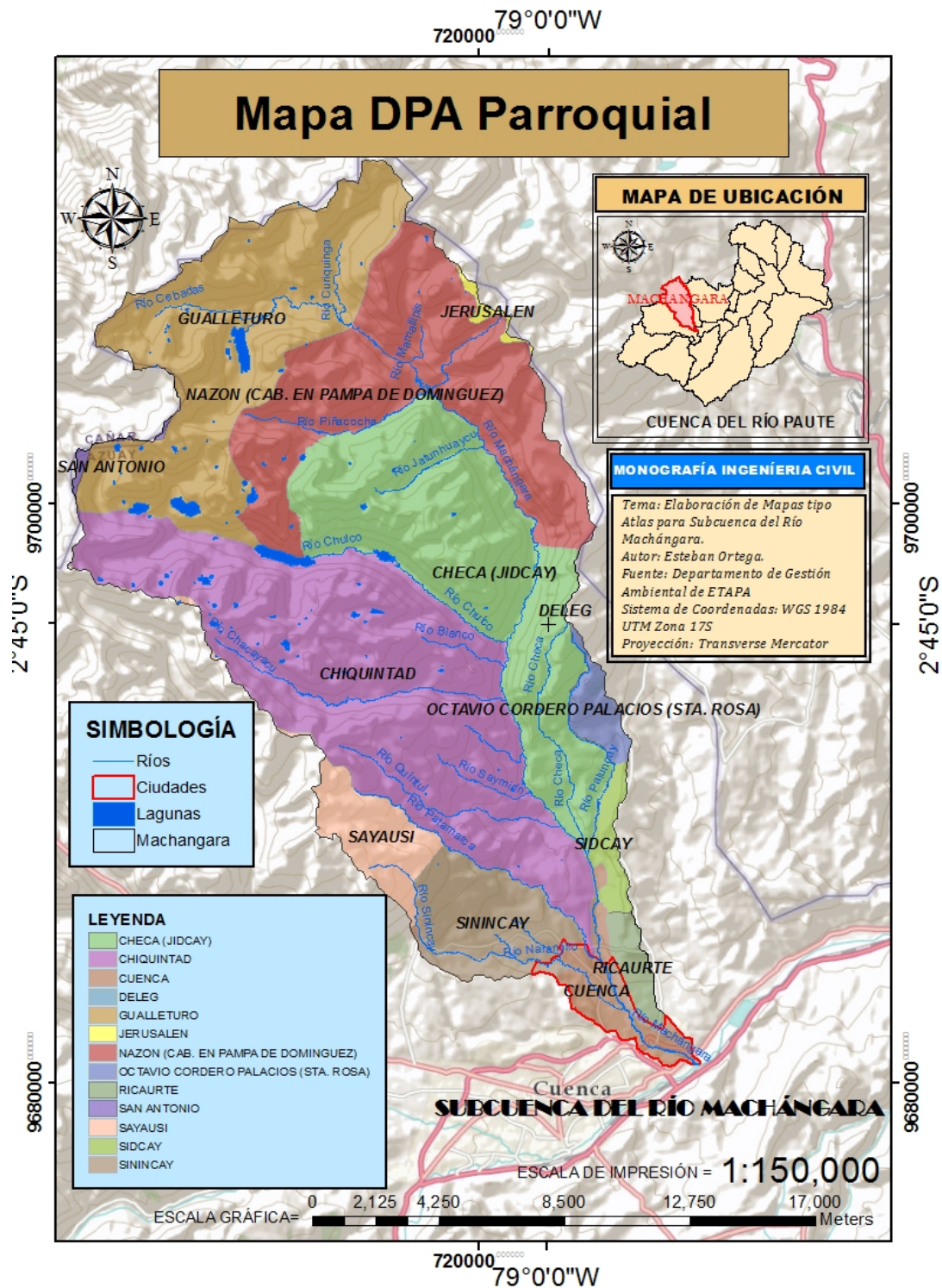


En este mapa se puede observar el nombre del cantón si como también la ubicación que este posee.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

5.3 División Político Administrativa Parroquial.

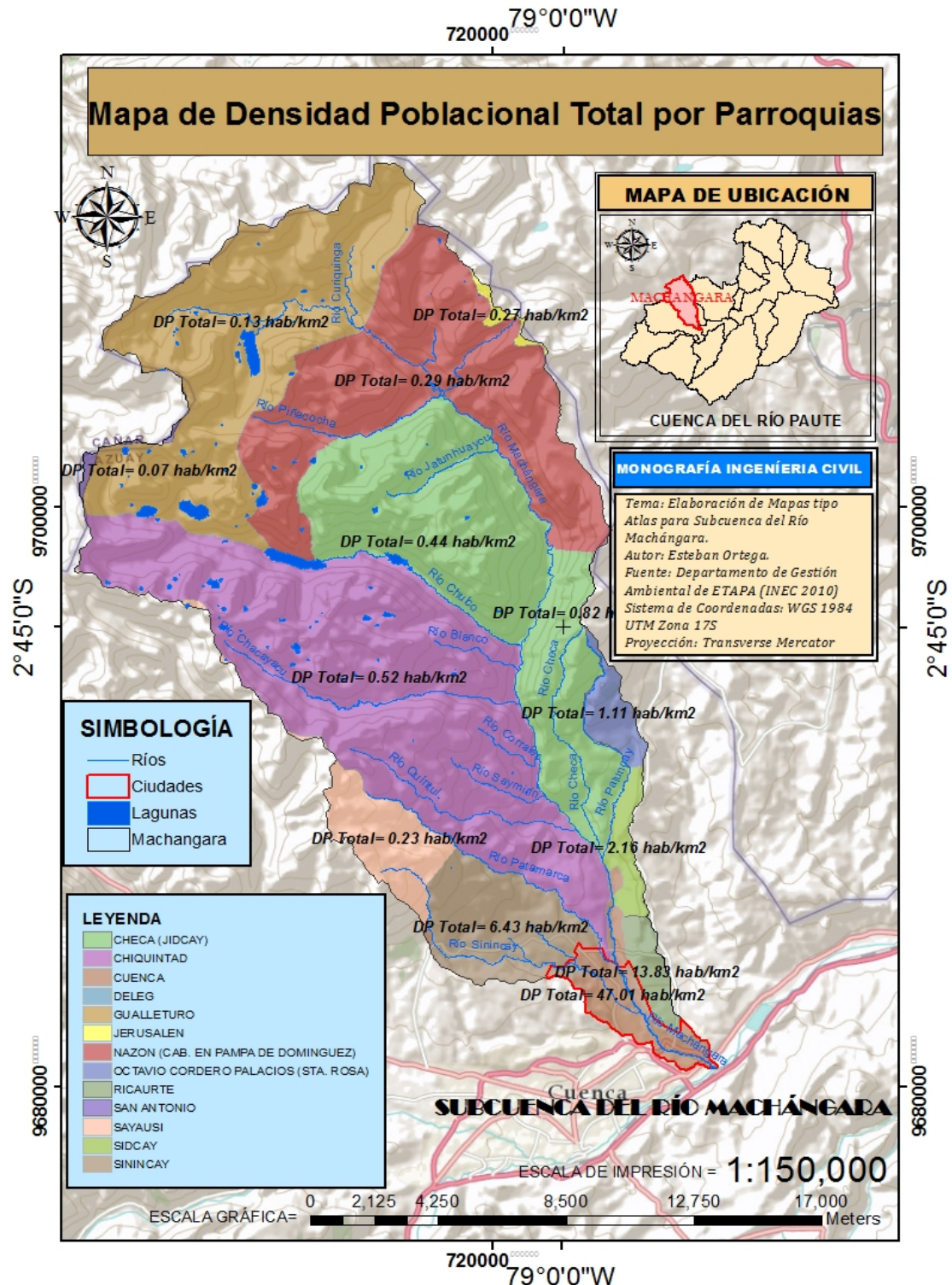


Muestra la división política administrativa en base a las Parroquias que ocupan la subcuenca del Río Machángara.



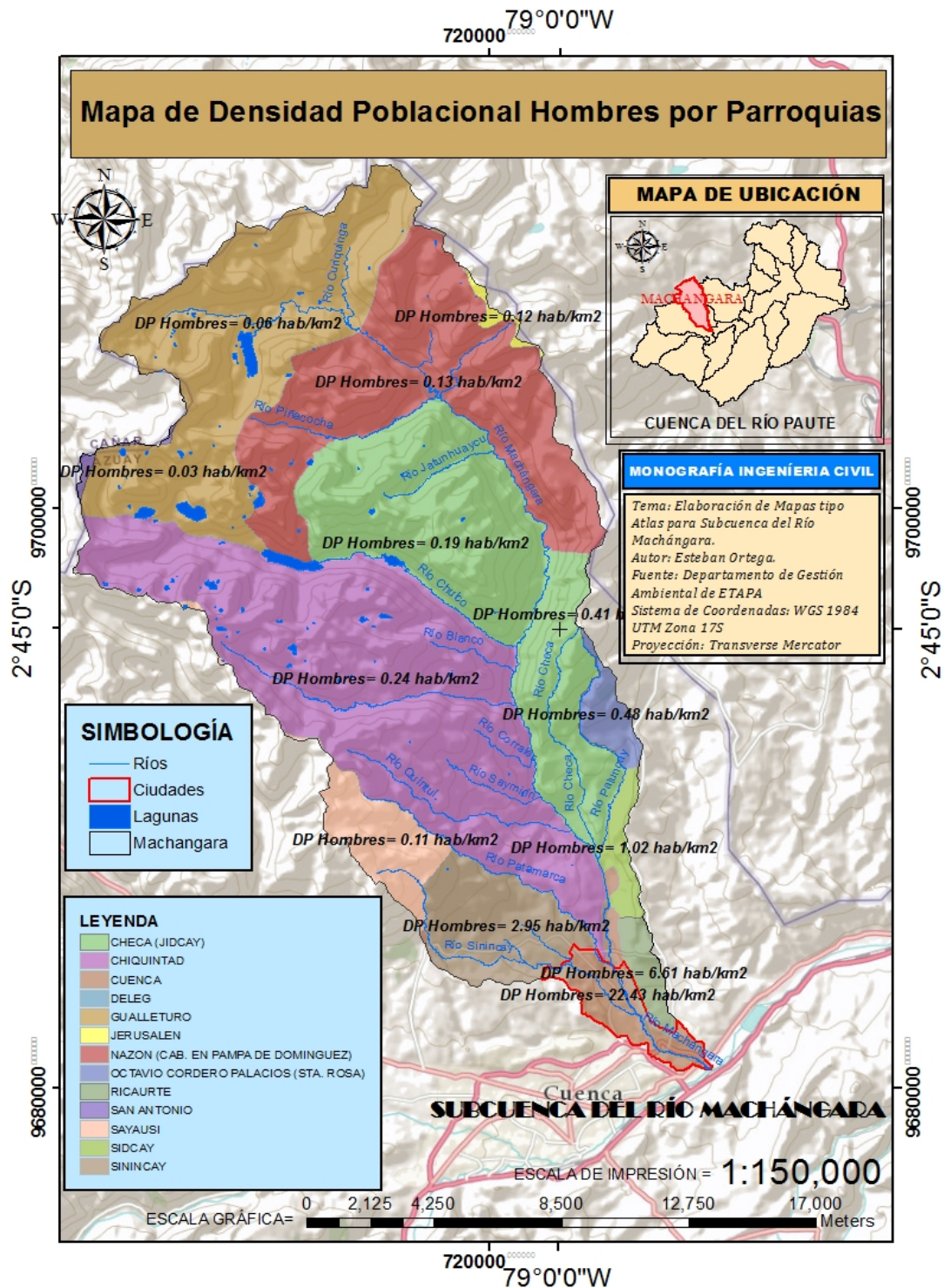
5.4 Densidad Poblacional.

5.4.1 Densidad Poblacional Total por Parroquias.



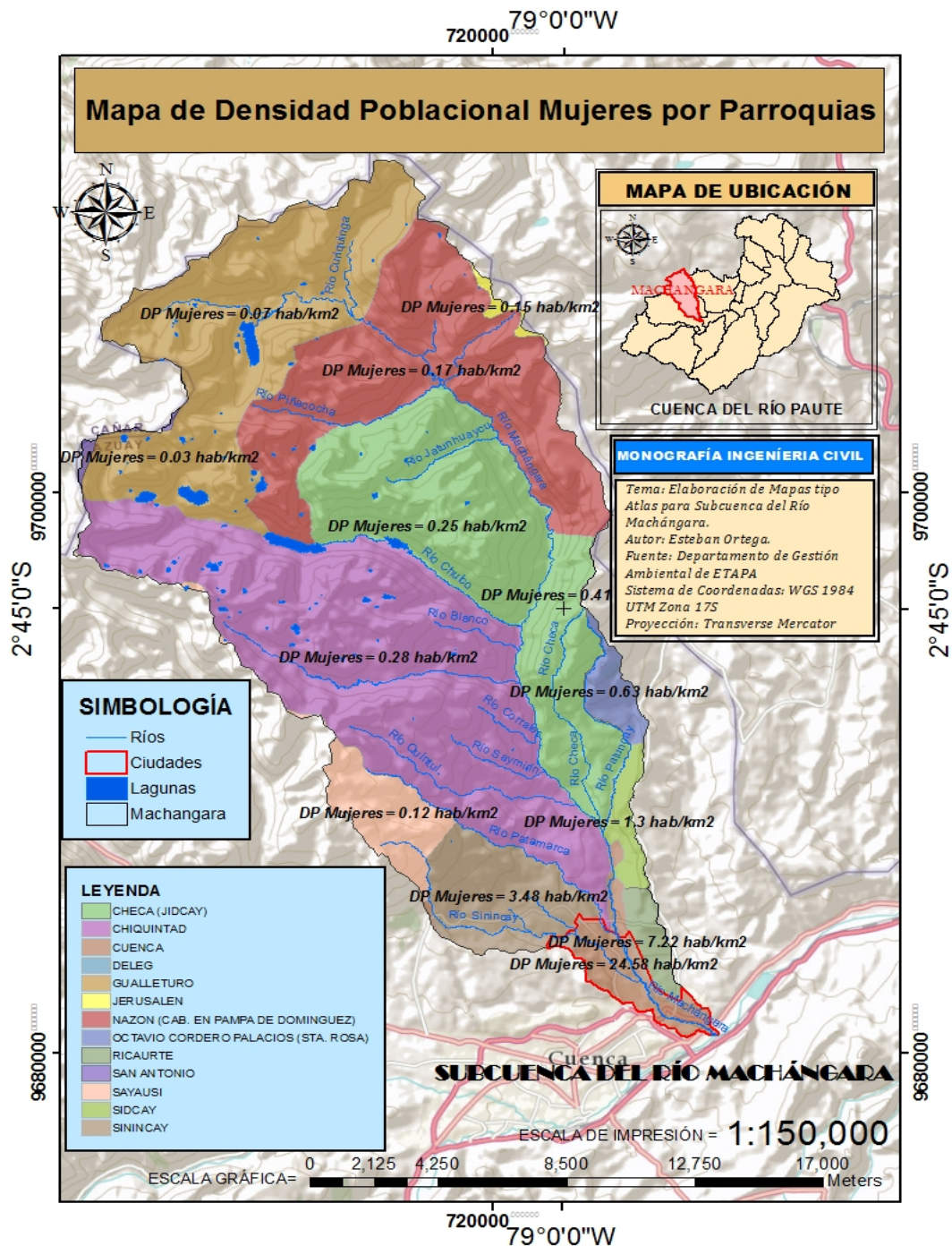
El mapa presentado, representa el estudio de la población total existente por parroquias.

5.4.2 Densidad Poblacional Hombres por Parroquias.



El mapa presentado, representa el estudio de la población hombres existentes por parroquias.

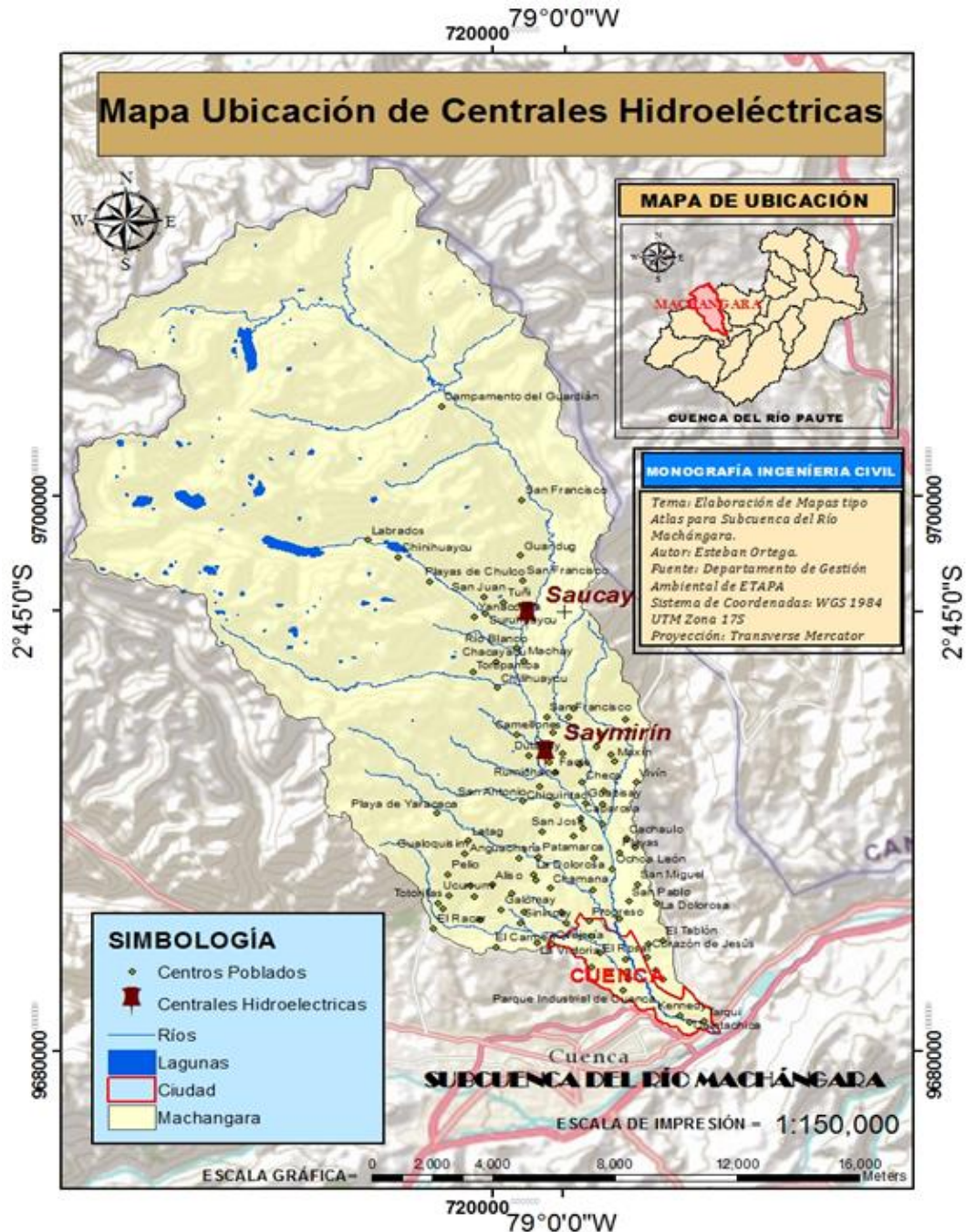
5.4.3 Densidad Poblacional Mujeres por Parroquias.



El mapa presentado, representa el estudio de la población de mujeres existentes por parroquias.

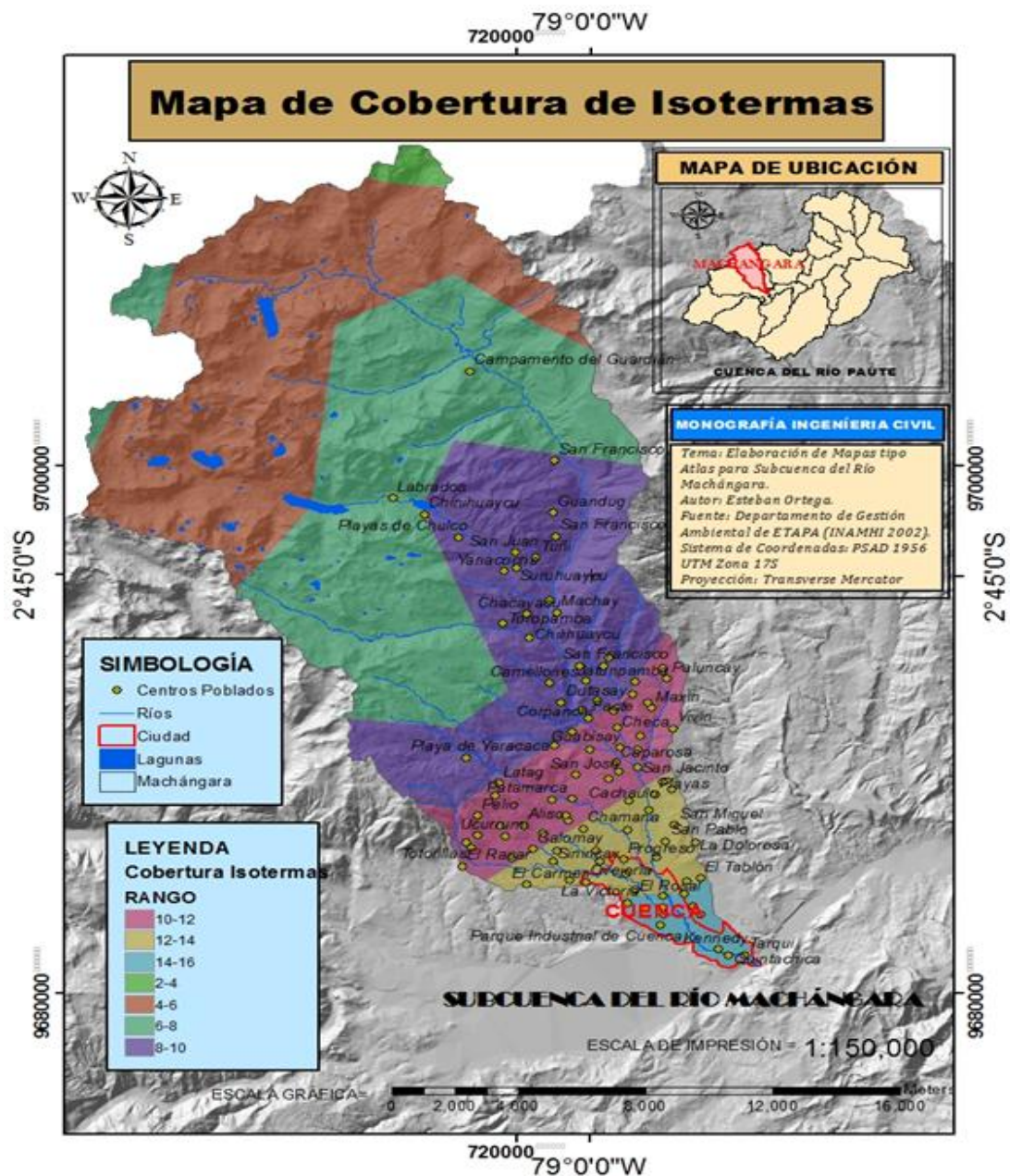
CAPITULO 6. Recursos Hídricos.

6.1 Aprovechamiento Hidráulico.



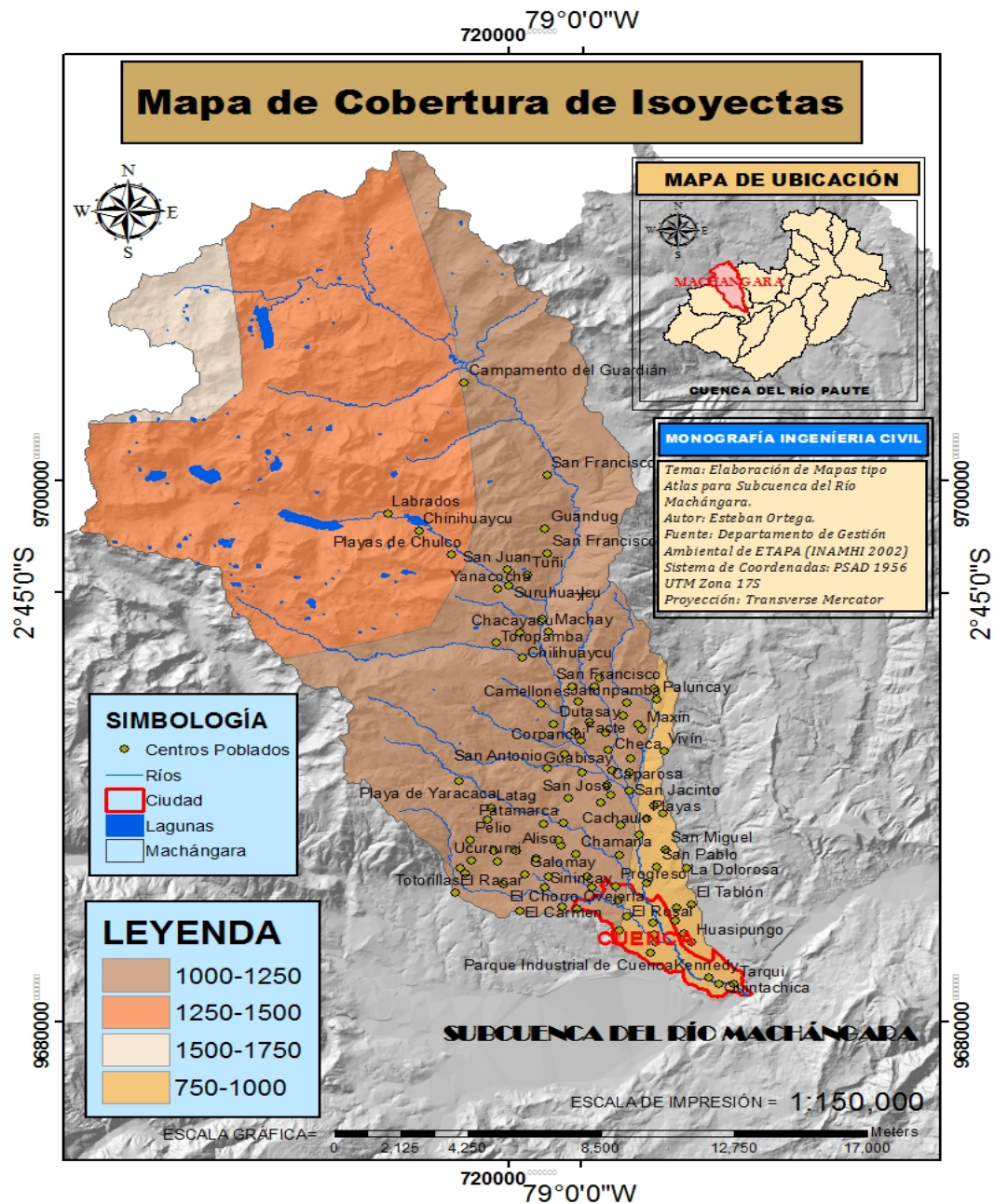
En este mapa se puede observar los lugares en donde se encuentran actualmente las Centrales Hidroeléctricas, los que nos da una idea de las zonas de aprovechamiento hidráulico.

6.2 Cobertura de Isothermas.



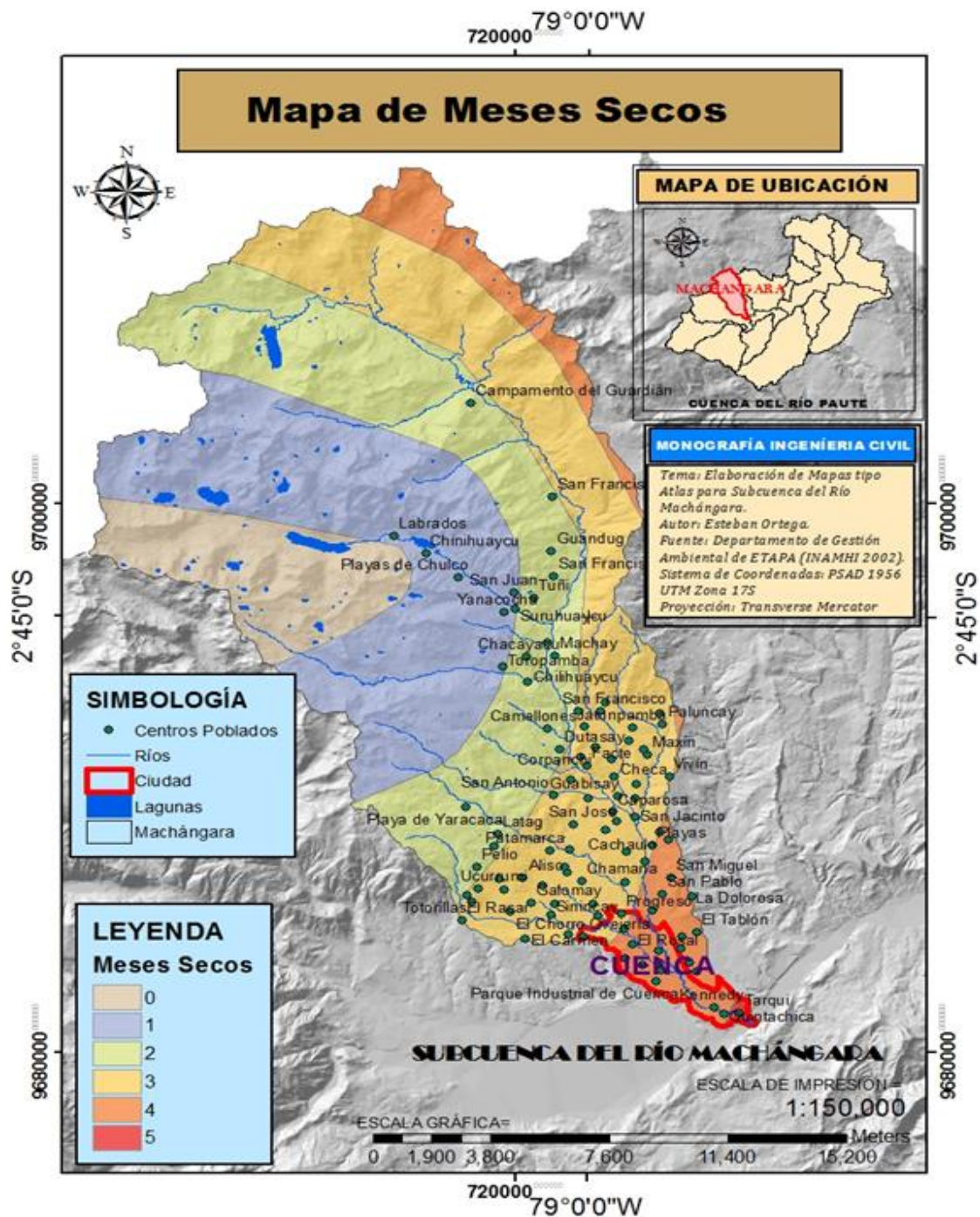
Este mapa nos muestra las zonas de temperatura presentes, las mismas que son tomadas de periodos anuales para una serie de 25 años. Este mapa se generó a partir de curvas isothermas que son líneas que unen puntos de igual valor de temperatura.

6.3 Cobertura de Isoyectas.



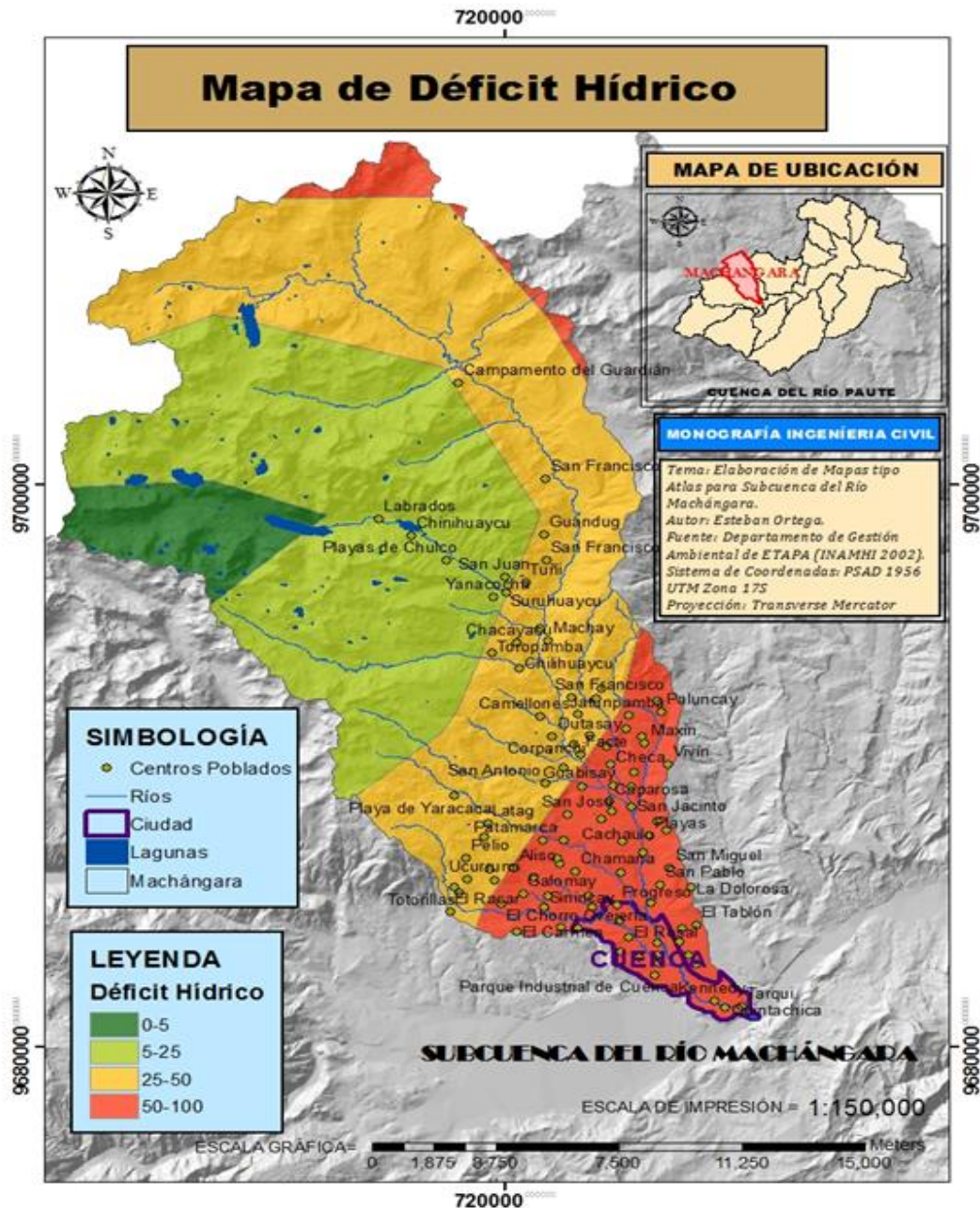
El mapa de Cobertura de Isoyectas, se encuentra formado por líneas que unen los puntos en donde se produce la misma precipitación, lo que determina el régimen pluviométrico del lugar o zona, estimándose como lugar seco o húmedo o estación húmeda o de humedad constante. Corresponde a los promedios anuales de precipitación de una serie de 25 años.

6.4 Meses Secos.



El Mapa presentado, representa los meses de sequía que se produce en un año.

6.5 Déficit Hidráulico.



Se presenta en el mapa expuesto el déficit hídrico presente, es decir la carencia de recursos propios con los que poder cubrir las demandas de un área concreta.

CAPITULO 7. Imagen en 3d de la Subcuenca importada desde el ARCSCENE.

En este capítulo, lo que se ha tratado es mostrar diferentes vistas de la subcuenca de estudio, para lo cual se utilizó una extensión del Programa utilizado ARC GIS 10, llamada ARCSCENE, la cual nos permite establecer modelos en 3d para una mejor visualización de la zona de estudio.

Los archivos vectoriales que se han venido utilizando en la creación de los mapas, se utilizaron también en el modelamiento de las imágenes que se mostraran a continuación.

Se partió del archivo Tin creado a partir de las curvas de nivel, a este se le añadieron las capas de vías, las cuales esta representadas de color negro, también se utilizó el archivo que contiene los ríos existentes en la subcuenca, para una mayor comprensión se le ha colocado un color azul y a la vez se ha aumentado la escala; un archivo importante fueron los centros poblados a los mismo que se les realiza una extrucción, es por ello que se ven las imagen cilindros de color café, y se realizó lo mismo para los lugares de localización de las centrales hidroeléctricas. Mientras que de color gris se colocó el área comprendida de la ciudad de Cuenca.

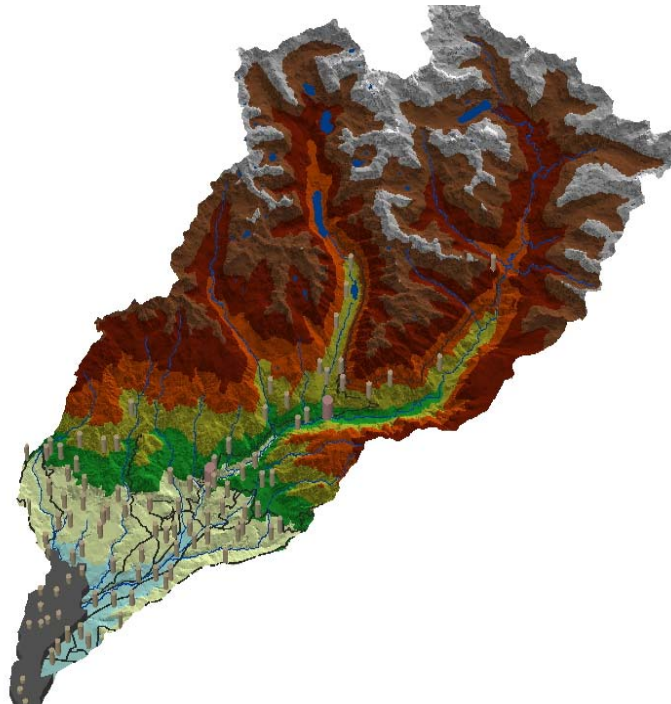


Figura 7-1: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.

Con la ayuda de estas imágenes, es posible identificar de una manera más precisa los puntos en donde se encuentran los centros poblados, así como también las lagunas, las vías, ríos, etc. Este tipo de imágenes son muy importantes cuando se realiza el estudio de catastro en una zona, ya que es posible extruir a cada edificación dependiendo del número de lotes, o se las puede calificar por el material de que se encuentran hechas, así como también por el área. Sirve mucho para la planificación y control urbano, lo que genera un ordenado crecimiento de las construcciones realizadas.

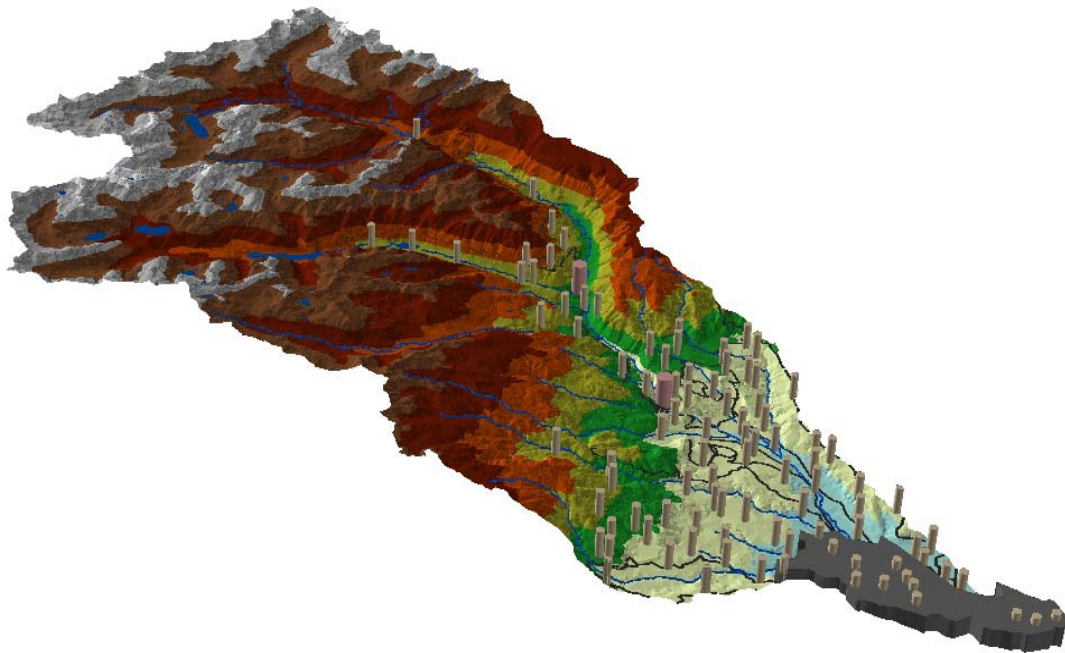


Figura 7-2: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.

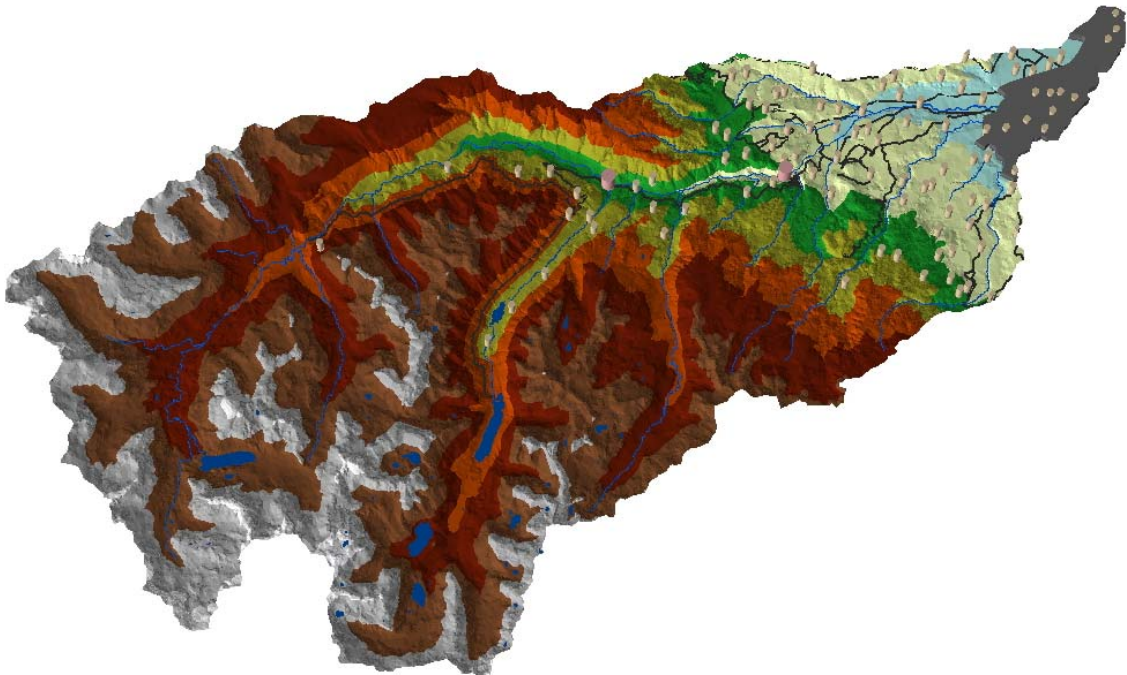


Figura 7-3: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.

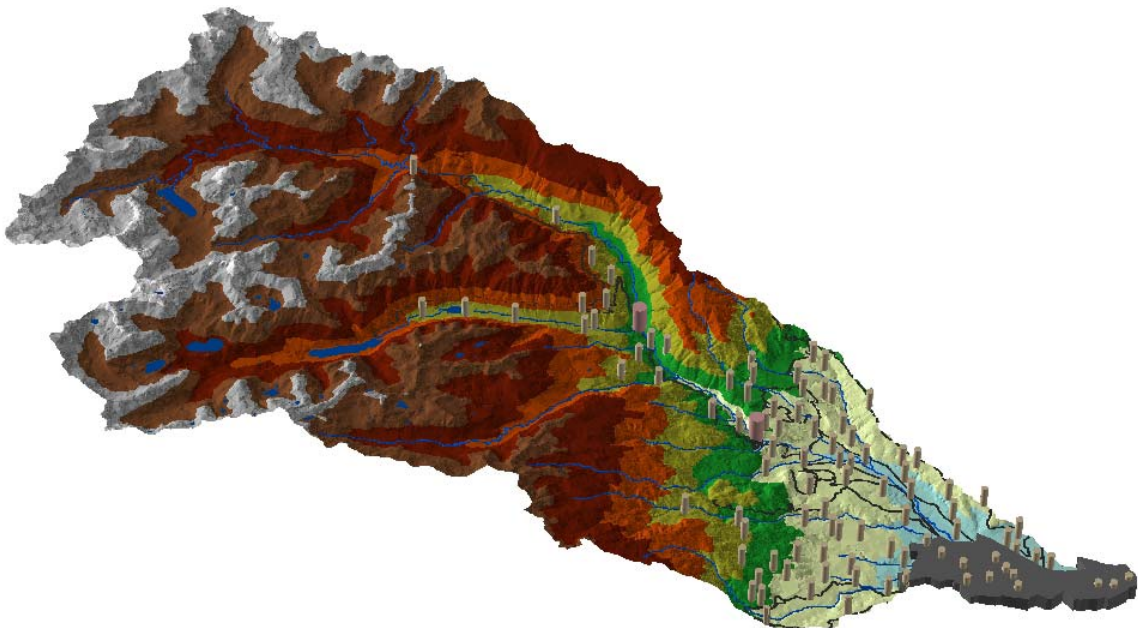


Figura 7-4: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

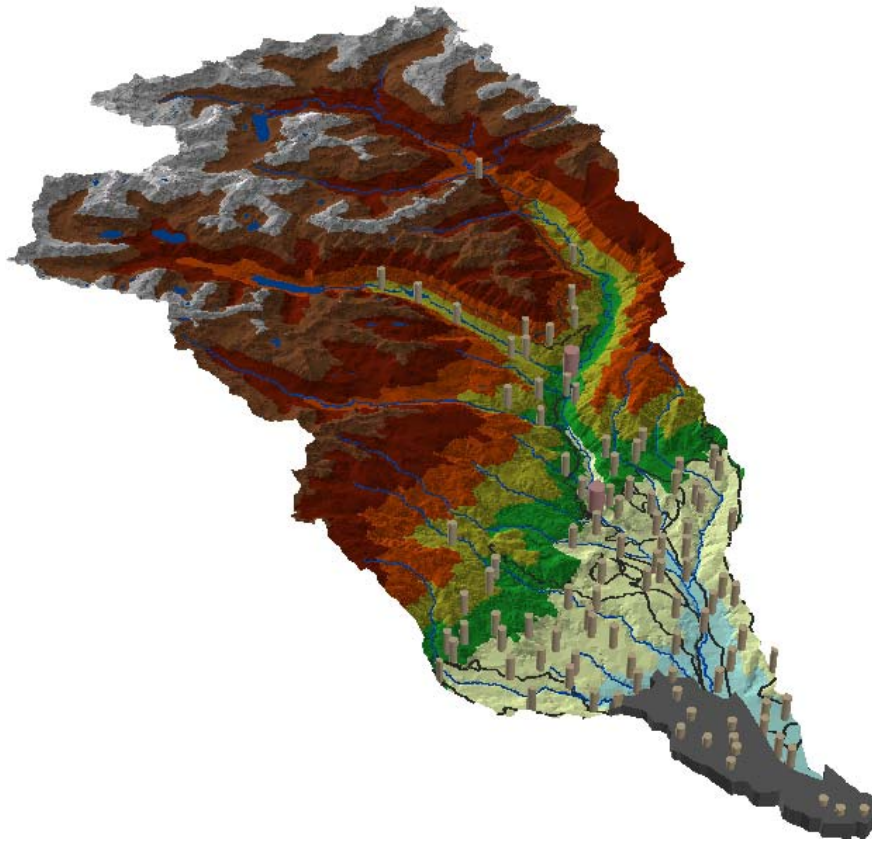


Figura 7-5: Vista en 3d de la Subcuenca del Río Machángara.



CAPITULO 8. Cálculos a Partir de Mapas Construidos.

8.1 Cálculo del Área de las Subcuenca del Río Machángara.

A partir del Mapa Base realizado en el capítulo 2, se pudieron obtener una serie de datos representativos, los cuales se mostraran a continuación.

Para comenzar con el estudio de una zona, es indispensable conocer el área comprendida, es por ello que en el cuadro se presenta el área de la Subcuenca representada en Ha.

Subcuenca	
Nombre	Área (ha)
MACHÁNGARA	32545.20

Tabla 8.1: Subcuenca.

A continuación se presentara la lista de Centros Educativos que se encuentran en la zona de estudio, la misma que se podrá apreciar de una mejor manera en el Mapa Base presentado en el Capítulo 2.

Nombre de los Centros Educativos	
Esc. Mario Rizzine	Esc. A. Padilla
Esc. Cazadores de los Ríos	Esc. Roberto Espinoza
Jardín de Infantes	Esc. Dora Canelos
Esc. Carlos Vintimilla	Esc. San José
Esc. A. Rodríguez	Esc. José Peralta
J. de Infantes	Col. Chiquintad
Col. Sinincay	Col. Checa
Esc. Carolina de F. Cordero	Esc. Leopoldo Mera
Esc. Vicente León	Esc. Clodoveo Dávila
Esc. Gerardo Cordero	Esc. Abelardo Andrade
Esc. Manuel Palacios	Esc. Rafael Corral
Esc. J. M. Astudillo	Esc. Loma Lucho

Tabla 8.2: Centros Educativos

8.2 Cálculo de las Longitudes de Ríos.

Un aspecto muy importante, al momento de la realización del Mapa Base, es que se puede obtener la longitud de cada río que se encuentra dentro de la Subcuenca de estudio. A continuación se mostrara una lista de los mismos con la respectiva longitud obtenida en el cálculo:

Ríos del Machángara	
Nombre del Río	Longitud (m)
Sin Nombre	3530.08
Río Blanco	3324.11
Río Buihuascana	5495.65
Río Chacayacu	13472.70



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Río Chamana	2431.40
Río Checa	9265.46
Río Chulco	7612.53
Río Corrales	4365.96
Río Gahuiña	6122.02
Río Huagrahuma	2996.64
Río Huagrauma	1201.26
Río Jatunhuaycu	4529.34
Río Machángara	39314.34
Río Naranjillo	3609.31
Río Paluncay	3871.20
Río Patamarca	13468.01
Río Piñacocha	7841.77
Río Quintul	9221.07
Río Saymirín	4095.79
Río Sinincay	14052.22
Longitud Total	159820.86

Tabla 8.3: Ríos

Debido a la longitud que poseen, se podrá destacar a los Ríos Chacayacu y Patamarca, así también se destaca el Río Machángara como el más largo ya que posee una longitud de 39314.34 metros. También se debe mencionar que dentro de la subcuenca del Machángara se tiene una longitud total de ríos de 159820.86 metros, hecho que refleja la importancia que esta Subcuenca representa esta zona para el entorno, ya que debido a su gran longitud de ríos y por ende de cantidad de recurso hídrico, estos aguas son aprovechadas de diferente forma.

8.3 Explicación del Mapa del Modelo Digital del Terreno.

El modelo digital del terreno presentado en el Mapa del Modelo Digital del Terreno, se lo realizó a partir de las curvas de nivel que se encuentra a escala 1:25000. En base a esta información se procedió a generar un TIN en el programa, el mismo que permite definir un modelo digital del terreno.

Para la generación de este mapa, se partió como se indicó en el capítulo 1 de un archivo shape, el mismo que contempla datos en formato vectorial.

De aquí se saca la conclusión que la subcuenca posee una altura mínima de 2440 msnm, mientras que llega a su elevación máxima de 4420 msnm. Como es lógico la parte más alta se encuentra en el Sector Noroeste, mientras que la parte más baja se encuentra en el Sector Sur-Este, es decir la parte más baja se encuentra en la ciudad de Cuenca. En el mapa se puede observar en los picos que se encuentra de color blanco como las zonas más altas, mientras las zonas que se encuentran de color celeste como las zonas de menor elevación.

8.4 Estudio de las Lagunas Existentes.

Para el cálculo del área de las lagunas existentes, se partió del Mapa del Modelo Digital del Terreno. Este mapa nos permite observar la forma que posee la Subcuenca, es decir la mayoría de las lagunas se encuentran en las zonas más

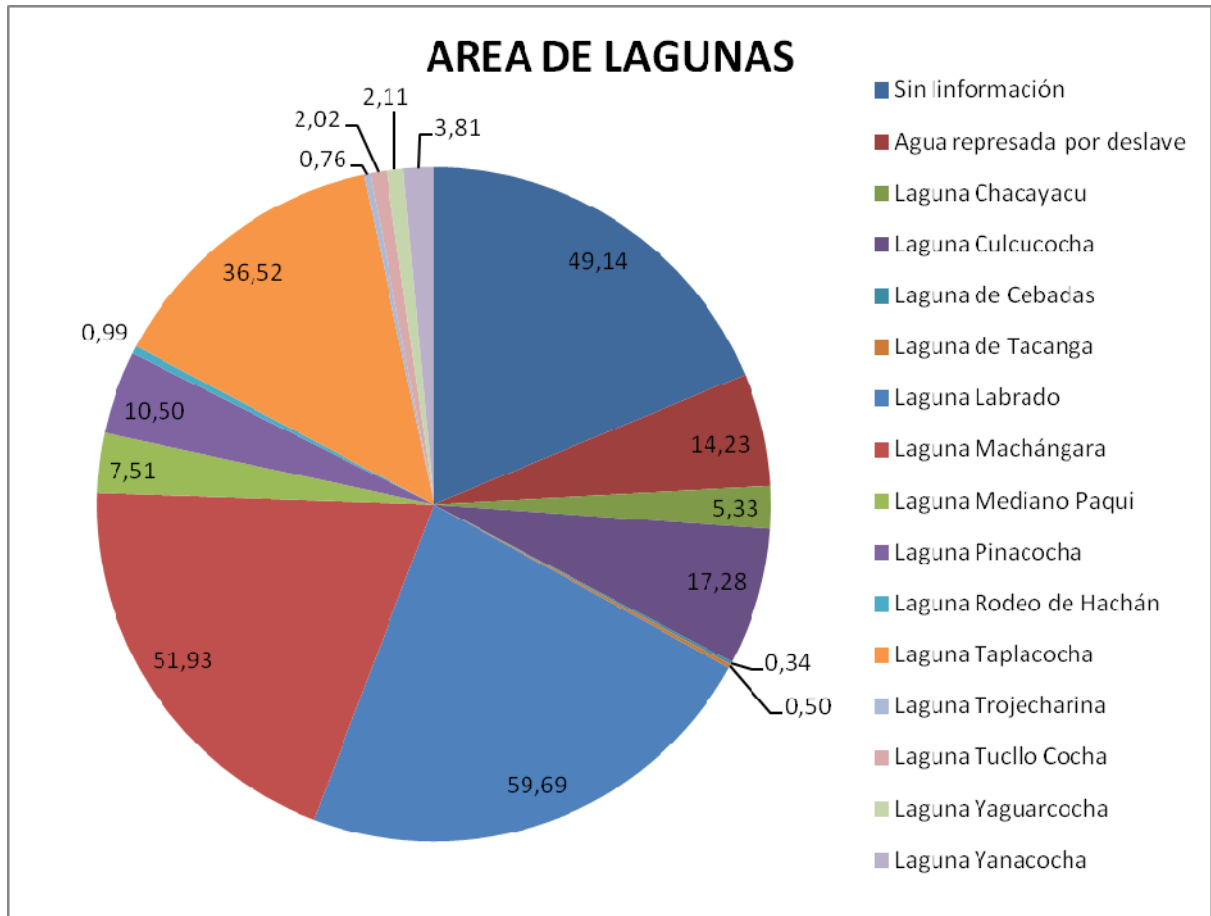


altas, de ahí se derivan los ríos, los mismo que van formando cauces que se encuentran con una pendiente, que se dirige hacia la ciudad de Cuenca, Los mismo que forman el río Machángara, el cual atraviesa por la zona del parque industrial.

ÁREA DE LAGUNAS	
Nombre de Lagunas	Área (ha)
Sin Información	49.14
Agua represada por deslave	14.23
Laguna Chacayacu	5.33
Laguna Culcucocha	17.28
Laguna de Cebadas	0.34
Laguna de Tacanga	0.50
Laguna Labrado	59.69
Laguna Machángara	51.93
Laguna Mediano Paqui	7.51
Laguna Pinacocha	10.50
Laguna Rodeo de Hachán	0.99
Laguna Taplacocha	36.52
Laguna Trojecharina	0.76
Laguna Tucllo Cocha	2.02
Laguna Yaguarcocha	2.11
Laguna Yanacocha	3.81
Área Total	262.66

Tabla 8.4: Lagunas

Según los cálculos realizados, las lagunas de Labrado y de Machángara son las que poseen una mayor área, y por ende un mayor volumen de retención. Es por ello que la empresa ELECAUSTRO ha decidió que estas lagunas son óptimas para realizar las represas existentes, que posteriormente generaran energía eléctrica. Se debe tener presente también la Laguna denominada Taplacocha que con una área de 36.02 ha, puede ser una fuente de recursos hídricos, los mismo que posteriormente pueden ser utilizados también para la generación de energía eléctrica, o para la regulación del caudal. Se puede observar en el mapa que existe una área considerable de agua que se encuentra represada por embalse, esta se encuentra en la parte baja de la laguna de Labrado, zona que se debe tener en cuenta, ya que será necesario realizar un correcto control del volumen de esta agua para que no afecte al entorno y estructuras civiles que las rodea; esta zona se podrá considerar como una zona de riesgo.



8.5 Cálculo del Área de las Microcuencas.

<i>Microcuencas</i>	
Nombre	Área (ha)
Río Chulco	6622.950
Río Machángara Alto	13237.870
Río Machángara Bajo	12684.390

De estas microcuencas se debe mencionar que la que menor tamaño es la microcuenca del Río Chulco, mientras que las dos microcuencas restantes poseen similares áreas, siendo la de mayor área la microcuenca del Río Machángara Alto con una área de 13527.87 ha.

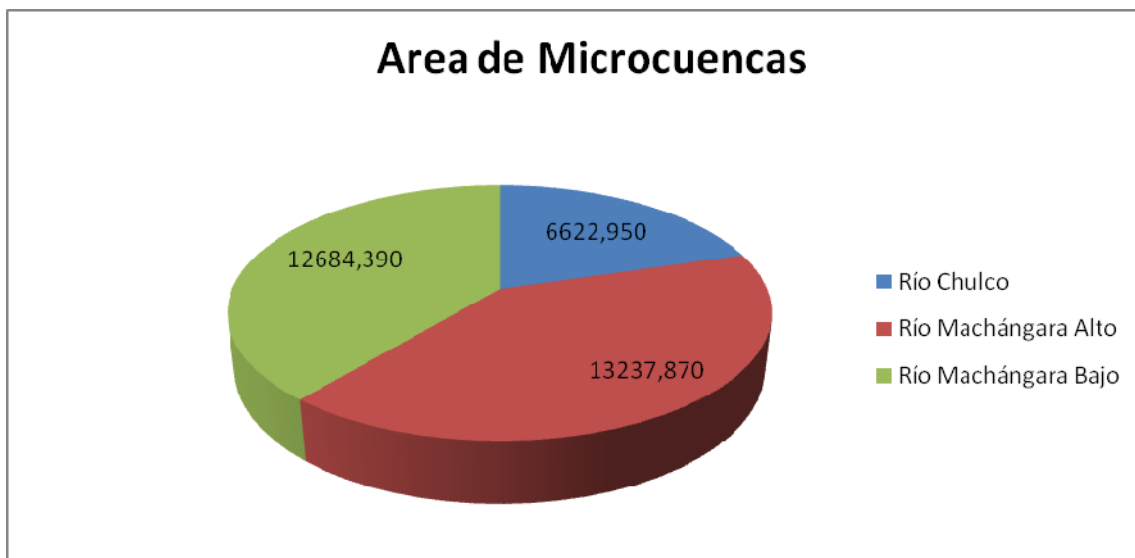


Figura 8-2: Área de Microcuencas.

8.6 Centros Poblados.

Con la ayuda del Mapa de Centros Poblados, se ha podido obtener una lista de los centros poblados que contienen la Subcuenca.

Nombre de los Centros Poblados		
Kennedy	Lisay	Rumichana
Huasipungo	San Vicente	Cruzpamba Maxin
Parque Industrial de Cuenca	La Dolorosa	Dutasay
Uncovía	Pelio	San Miguel
Cuatro Esquinas	Ochoa León	Corpanchi
La Compañía	San Francisco de Tixán	Corpanchi Alto
Las Orquideas	Patamarca	Jatunpamba
Tiopamba	Anguachana	Camellones
Rumiloma	Gualoquisim	Santa Marianita
El Rosal	Altos del Machángara	Pampa de Totora
El Carmen	Playas	San Francisco
Ovejería	Latag	Chilihuaycu
Corazón de Jesus	Cachaulo	Turupamba
La Victoria	San Andrés	Machay
El Tablón	San José	Chacayacu
San Vicente	San Jacinto	Río Blanco
Tres Cruces	Caparosa	Chocar
Sinincay	Playa de Yaracaca	Loma Lucho
El Chorro	El Zapatero	Jatunguzo
Progreso	San Antonio	Billepotrero



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Totorillas	Chiquintad	Labrado
Galohay	La Dolorosa	Suruhuaycu
Pampa de Rosas	Guabisay	San Juan
La Dolorosa	Santa Teresita	Turi
San Miguel	Vivin	Playas de Chulco
Mayancela	Checa	San Francisco
Sigcho Cochas	Facte	Chulco
Bellavista	Urar	Guandug
La Dolorosa	Loma Lera	Labrados

Tabla 8.6: Centros Poblados.

Según lo presentado en el Mapa de Centros Poblados, esta zona se encuentra una gran número de centros poblados, los mismo que se vuelven más densos a medida que estos se encuentran en zonas de menor altura, esto se debe a que en las zonas de menor altura se posee un clima más cómodo y se encuentran más cerca de la ciudad de Cuenca, es en donde se efectúa el mayor movimiento comercial de la zona. Lo que nos da un indicador del movimiento que pueden hacer las personas de los centros poblados, es decir que estos tienden a movilizarse hacia la ciudad que se encuentra más cerca de su ubicación, que en este caso es la Ciudad de Cuenca.

8.7 Tipos de Clima, con la superficie que estos abarcan.

Con la ayuda del Mapa de Clima, se ha podido realizar los cálculos del área que contiene cada tipo de Clima, el mismo que se presentara a continuación:

Tipos de Clima	
Clima	Área (ha)
Ecuatorial de Alta Montaña	27476.02
Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo	4538.16
Nieval	531.02
Área Total	32545.20

Tabla 8.7: Tipo de Clima

Se puede observar que la Subcuenca en su mayoría posee un clima denominado como Ecuatorial de alta montaña, como es lógico en las partes más altas de la misma se encuentra un tipo de clima Nieval, y a medida que desciende la altura en la Subcuenca se encuentra un clima Mesotermico Semi-Humedo, el mismo que es el que posee la ciudad de Cuenca y sus alrededores. A continuación se presentará una breve explicación de lo que contempla cada tipo de clima existente:

Ecuatorial de Alta Montaña: También conocido como clima de páramo. Se da en la altitud de las montañas y por ende se produce un clima muy frío. La temperatura se encuentra comprendida entre los 4 y 8 °C, la cual se encuentra tomada de un

promedio anual. La vegetación característica de esta zona es de paramo, pajonal. Las precipitaciones anuales son de 800 a 2.00 mm y caen leve pero prolongadamente.

Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo: Este tipo de clima posee 2 estaciones lluvias, que por lo general oscilan entre los meses de Febrero-Mayo y los de Octubre-Noviembre. Este tipo de clima se encuentra en los valles comprendido en la Sierra Ecuatoriana, su temperatura oscila entre los 12 y 20 °C. La vegetación por la que se compone el tipo de zonas en donde se encuentra este tipo de clima, se ha ido modificando a través del tiempo, por ejemplo con la llegada de los españoles, ya que ellos eligieron este tipo de lugares para asentar las principales ciudades que se tiene hoy en día.

Nival: Se encuentra en alturas mayores a los 4000 msnm, comprenden temperatura entre 0 y 4 °C.

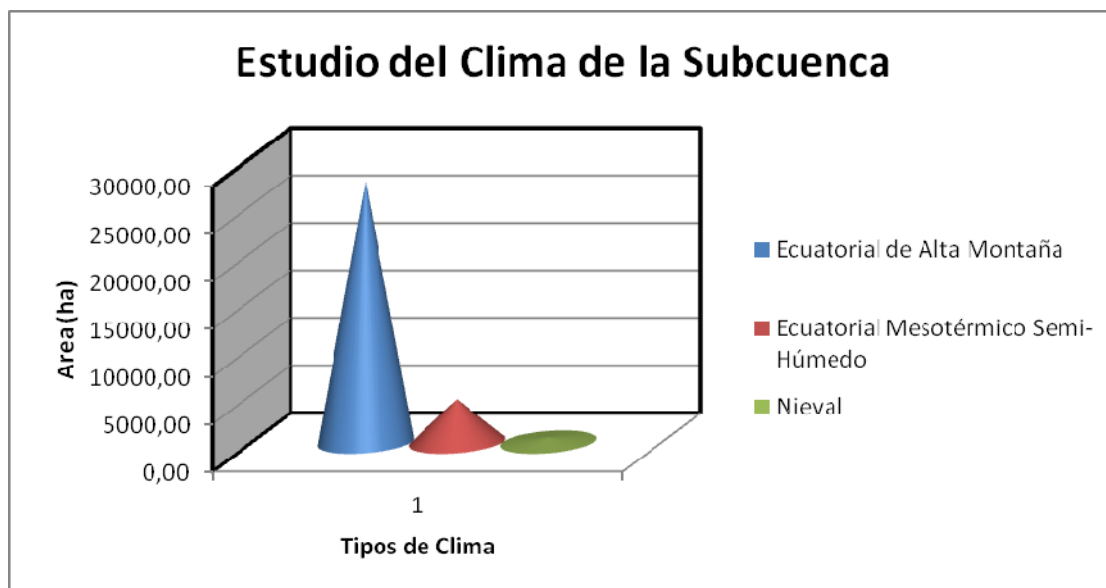


Figura 8-3. Área de tipo de clima

8.8 Estudio de la Geomorfología.

Utilizando el Mapa de Geomorfología que se encuentra expuesto en el capítulo 3, se han obtenido los siguientes resultados.

Geomorfología	
Descripción	Área (Ha)
Colinas medianas	5532.900
Cuerpos de agua	132.090
Nieve	1275.040
Relieve escarpado	12703.060
Relieve montañoso	7464.590



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Superficies de aplanamiento	285.030
Terraza baja	935.380
Valles encañonados	82.560
Valles glaciáricos	218.540
Vertientes cóncavas	1768.300
Vertientes convexas	1654.700
Vertientes irregulares	256.870
Zonas Urbanas	236.190
Área Total	32545.2500

Tabla 8.8: Geomorfología

El relieve escarpado es el que ocupa la mayor superficie en esta cuenca, lo mismo que tiene lógica ya que por ella atraviesa la cordillera de los Andes, la que se encuentra formada por esta particular forma. También se debe mencionar que posee un porcentaje apreciable de relieve montañoso. El área Urbana se debe a que en la cuenca en estudio se encuentra una parte de la ciudad de Cuenca, El área de la ciudad de Cuenca que se encuentra dentro de la Subcuenca del Machángara es de 806.66 ha, es decir que de esta área alrededor del 30 % es parte de la zona urbana comprendida en la zona de estudio.

En la parte Noroeste, se puede apreciar la existencia de nieve, lo que nos indica que en dicha zona se encuentra la zona más alta de la Subcuenca, esto se apreciara más adelante conforme se vayan presentando los mapas.

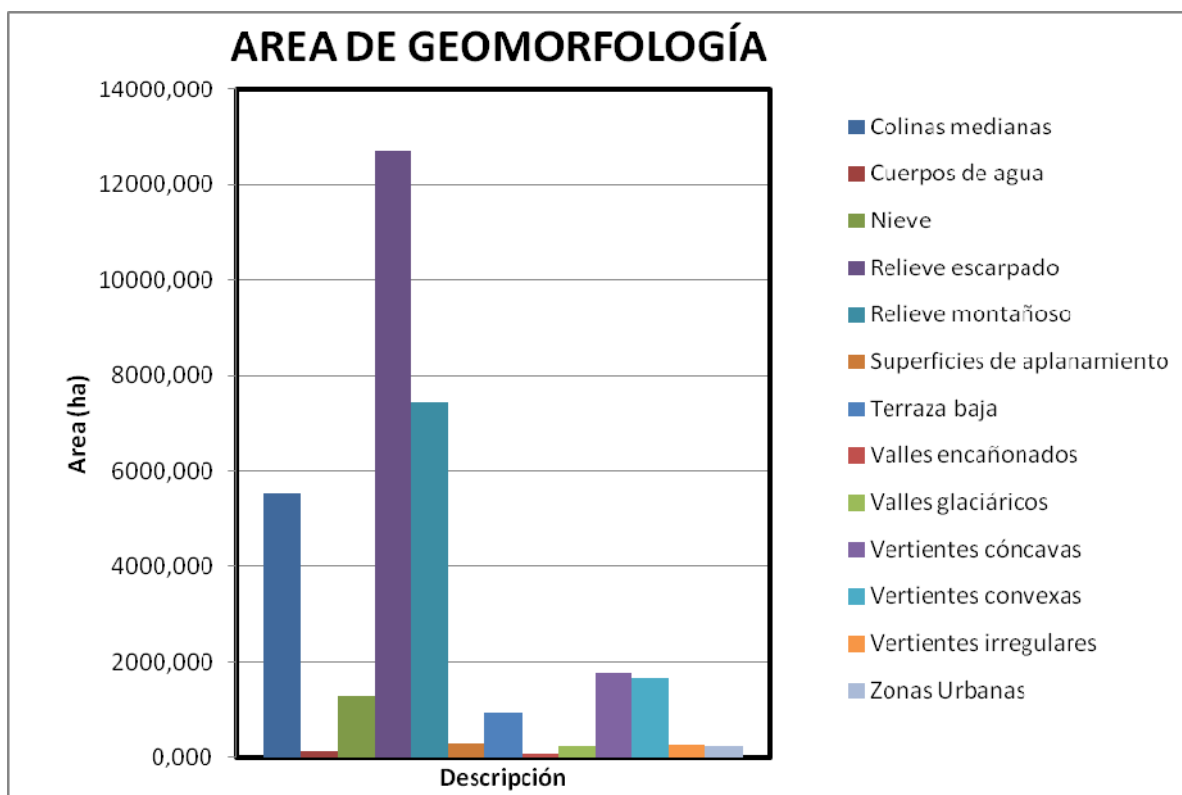


Figura 8-4: Área de Geomorfología

8.9 Estudio de la Geología.

Una vez realizado el Mapa de Geología, se ha podido ubicar geográficamente, todos los tipos de composición y estructura de la zona, así como también del área que ocupa cada una de estas, por lo que a continuación se presentan los siguientes resultados:

<i>Geología</i>	
Nombre	Área (Ha)
Depósito Aluvial	438.97
Depósito Coluvial	272.87
Tilita	3096.10
Formación Celica	3793.52
Formación Azogues	0.64
Formación Mangán	34.98
Formación Santa Rosa	1238.67
Formación Tarqui	22321.36
Formación Turi	159.83
Volcánicos de Llacao	11.94
Terrazas	1170.34



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Travertino	48.54
Área (ha)	32587.76

Tabla 8.9: Geología.

La Subcuenca del Machángara se encuentra mayormente conformada por la formación Tarqui, la misma que es de la era del cuaternario, del periodo del Pleitoceno. Esta formación se encuentra compuesta de toba, riolita, andesita, etc. También es importante destacar que en las zonas de encauzamiento de los ríos predomina la tilitas.

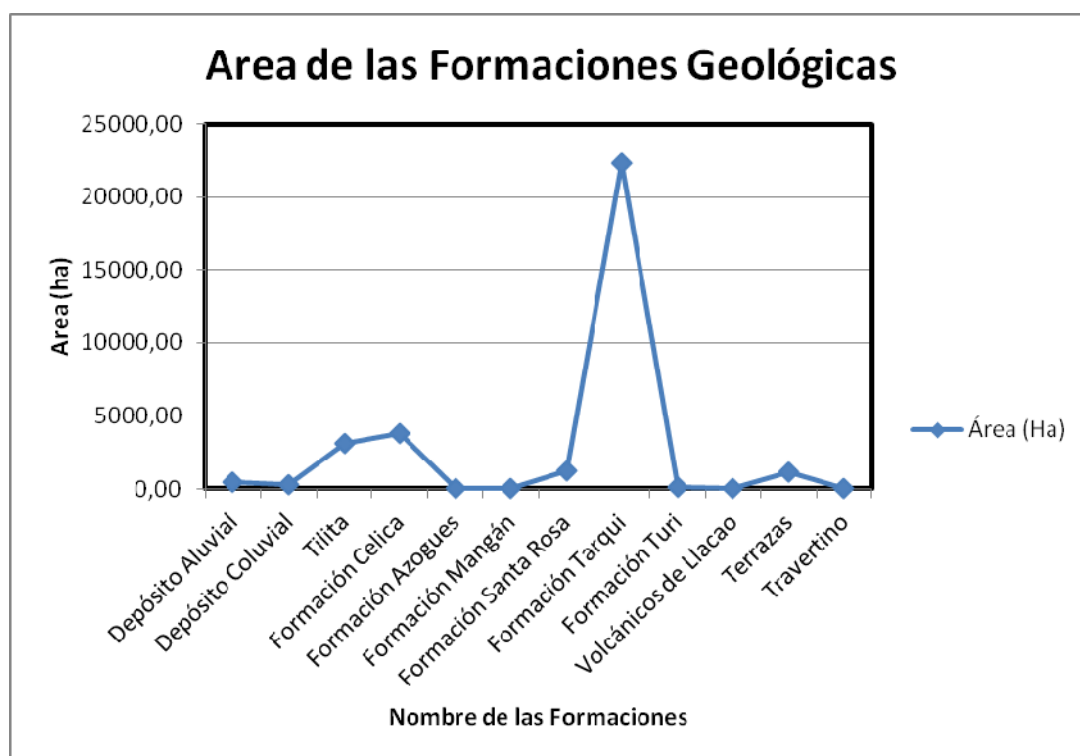


Figura 8-5: Área de las Formaciones Geológicas.

A continuación se presentara una tabla en donde se indica el contenido de las formaciones geológicas existentes:

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA SUBCUENCA DEL MACHÁNGARA				
Símbolo	Descripción	Formación	Periodo	Era
gt	Tilita		PLEISTOCENO	CUATERNARIO
Da	Deposito aluvial		HOLOCENO	CUATERNARIO
Kc	Andesita, n; toba, h	Formación Celica	CRETÁCEO	MESOZOICO
Kc		Formación Celica 2500m	CRETÁCEO	PALEOZOICO MESOZOICO
t	Terraza primera		HOLOCENO	CUATERNARIO
t	Terraza segunda			CUATERNARIO



UNIVERSIDAD DE CUENCA

t	Terraza tercera			CUATERNARIO
t	Terraza cuarta			CUATERNARIO
t	Terraza quinta			CUATERNARIO
Tv	Travertino		HOLOCENO	CUATERNARIO
PIR	Arenisca, a conglomerado, g lutitas, lu	Formación Sta Rosa. Grupo Ayancay	PLIOCENO	TERCIARIO
PIR	Conglomerado de base	Formación Santa Rosa 500 m. Grupo Ayancay (M-PI)	PLIOCENO	TERCIARIO
Dc	Deposito coluvial		HOLOCENO	CUATERNARIO
PT	Toba, h; riolita, r; andesita, n	Formación Tarqui	PLEISTOCENO	CUATERNARIO
PT		Formación Tarqui 1000m	PLEISTOCENO	CUATERNARIO
MM	Vetas de carbón, Cañari-vetas de carbón Washington	Formación Mangan 2200m Grupo Ayancay (M-PI)	MIOCENO	TERCIARIO
QLI	Volcánicos Llacao			
PTU	Conglomerado de base	Formación Turi 0-200m	PLEISTOCENO	CUATERNARIO
MAZ	Localmente conglomerado de base	Formación Azogues 15-280m. Grupo Azogues (MA)	MIOCENO	TERCIARIO

Tabla 8.10: Descripción Geológica.

8.10 Cálculo de las Pendientes.

Pendientes en Grados	
Grados	Área Ha
0-5 grados	5526.01
5-12 grados	4072.52
12-25 grados	11517.13
25-50 grados	11140.69
>50 grados	251.94
Suma Total	32508.29

Tabla 8.11: Pendientes en Grados.

El mapa de Pendientes en grados, se ha creado a partir de las curvas de nivel de la Subcuenca, de ahí se ha realizado una transformación del archivo vectorial en uno raster (pendientes), el mismo que permitió definir las pendientes existentes, dando los resultados antes presentados, en donde se tiene que la zona dentro de la Subcuenca con mayor extensión es la que comprende pendientes entre 12 y 50 grados en su totalidad, es decir que la zona posee desniveles considerables, lo que concuerda con los datos presentados en la geomorfología, en donde dio como resultado que la mayor parte posee relieve escarpado y relieve montañoso. Existe



una pequeña zona que posee una pendiente comprendida entre 0-5 grados que se encuentra en la parte más baja de la misma en lo que respecta a su altura, mientras que a medida que aumenta la altitud, también aumenta la pendiente, existiendo también una zona de 251.94 ha con una pendiente mayor a los 50 grados, que se podría considerar como una zona de riesgo ya que debido a su gran pendiente, esta zona puede ser propensa a una deslizamiento, hecho que se debería verificar teniendo en cuenta la geología del sector, para ver si este es o no una zona de riesgo.

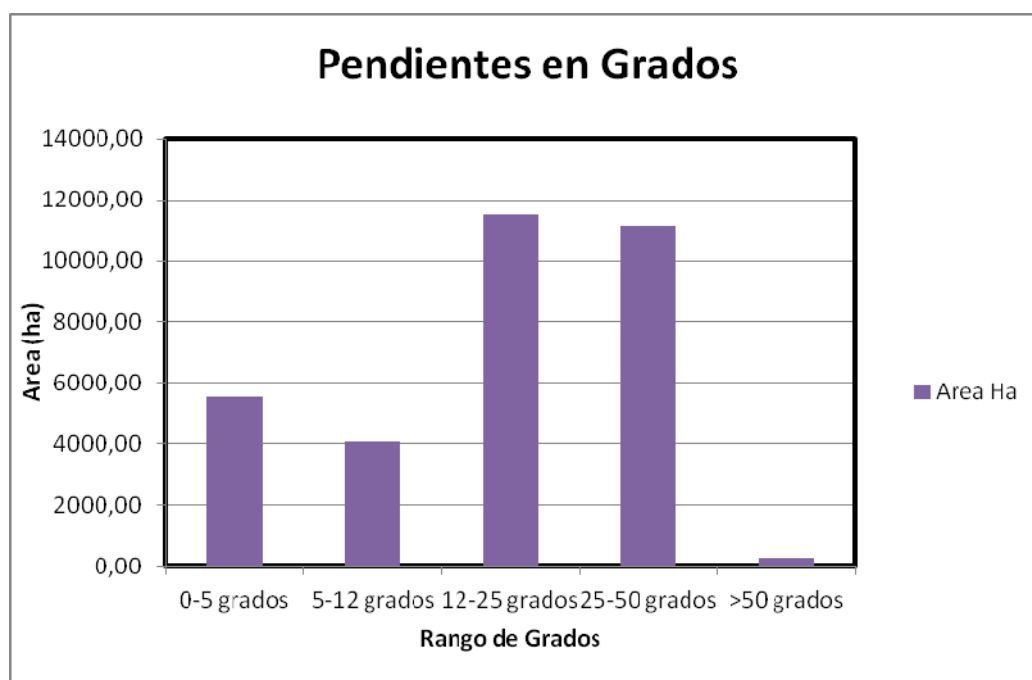


Figura 8-6: Área de Pendientes en Grados.

8.11 Clasificación de Suelos.

El Mapa de Suelos, nos permite tener una serie de clasificaciones comprendidas por el tipo de suelo que se encuentra en la Subcuenca del Machángara. Según la Taxonomía del mismo se ha calculado el área que este ocupa, así como también se presentara una breve descripción y clasificación de los suelos que se encontraron.

Suelo	
Taxonomia	Área (ha)
	6316.74
AQUENTIC TROPOHUMULT, isothermic	587.13
CHROMUSTERT, isothermic.	684.68
HISTIC HYDRANDEPT pseudo-limoso, isothermic	142.46
LITHIC, HISTIC HYDRANDEPT pseudo limoso isomesic	21664.09



UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARALITHIC CHROMUDEPT, isothermic	20.04
PARALITHIC CHROMUSTERT, isothermic.	645.48
PARALITHIC VERTIC EUTROPEPT, isothermic	102.53
PARALITHIC VERTIC USTROPEPT, isothermic.	467.14
PARALITHIC VERTIC USTROPEPT, isothermic o isohyperthermic	0.26
PELLUSTERT, isothermic o isohyperthermic	152.19
RHODUDALF arcilloso, montmorillonitic mezcla , isothermic	1072.19
TROPIC HYDRIC HISTIC CRYANDEPT pseudo limoso, isofrigid o TROPOSAPRIST, isofrigid	405.40
VERTIC ARGUODOLL arcillo-arenoso sobre arcilloso –isothermic	288.42
Área Total	32548.75

Tabla 8.12: Suelo.

Se puede observar, que la mayor área comprendida por el tipo de suelo es de 21664.09 ha, el mismo que es LITHIC, HISTIC HYDRANDEPT pseudo limoso isomesic, que comprende: suelo sobre rocas < 50 cm de profundidad, suelo muy negro, pseudo-limoso muy unctoso esponjoso, tixotropico con una retención de agua a pF 3 sobre muestra sin desecación de 100 a 200 de agua p 100 de suelo seco a 105°C, el mismo que actualmente se encuentra como: Pastos de paramo con Stipa lchu o matorral muy húmedo. Con una temperatura de suelo a 50 cm de profundidad que varía entre los 10 y 13 °C.

Se presenta también que el posible uso de este suelo es de pasto con bajo rendimiento, La altura que se tiene en esta zona de suelo se encuentra entre 3000 a 3600 msnm, con una ondulación suave de planicies glaciares o fuertes pendientes del páramo. Son suelos derivados de cenizas volcánicas muy finas o en parte; las mismas que se encuentra a una larga distancia de los volcanes. La limitación de estos tipos de suelos se da debido a que se tiene heladas, frio y nubosidad.

A continuación se mostrara una tabla completa, del mapa de suelo, en donde se puede observar la temperatura del suelo, el uso posible que tiene el suelo, el tipo de relieve que posee el mismo, la limitación y el uso actual del que se está dando; todo esto en concordancia con la taxonomía y una breve descripción de las características del mismo.

Suelo						
Características	Taxonomía	Uso Actual	Limitación	Relieve	Temperatura del Suelo	Uso Posible
Suelo, negro pseudo limoso, muy unctoso y esponjoso. Retención de agua a pF 3 sobre muestra sin desecación más de 100 de agua y menos de 200, agua p.100 de suelo seco a 105°C	HISTIC HYDRANDEPT pseudo-limoso, isothermic	Pequeño bosque húmedo o pobres pastos de poco rendimiento	Nubosidad, exceso de agua	Altura de 2500 a 3200m. Ondulación suave o fuertes pendientes. Suelos derivados de cenizas muy finas a larga distancia de los volcanes	Temperatura de suelo a 50 cm de profundidad de 13 a 16°C	Bosque muy húmedo
Combinación de suelos Dr-Gf						
Suelo arcillo-arenoso un poco vertical de 30 a 50cm de profundidad o mas	VERTIC ARGUODOLL arcillo-arenoso sobre arcilloso –isothermic	Todas las partes cultivadas	Erosión, solifluxión.	Concavidad de las vertientes sobre tobas volcánicas	Temperatura de suelo, a 50cm de	Maíz



UNIVERSIDAD DE CUENCA

					profundidad, de 13 a 22°C	
Suelo arcilloso medio profundo de 40 a 60 cm de espesor encima del material más o menos duro poco meteorizado	PARALITHIC CHROMUSTERT, isothermic.	Nada	Drenaje	Suelo generalmente derivado de tobas volcánicas o de arcilla marina o de otras rocas básicas. De poca pendiente	Temperatura de suelo de 13 a 20/22 °C a 50 cm de profundidad	Tierra templada fría: trigo. Tierra templada: Maíz. Tierra caliente: Arroz – algodón – pastos – caña
Suelo arcilloso pardo rojizo oscuro con alto contenido de cationes de cambio más de 25 me p.100 g de suelo pH agua <6 pH KC1<5	RHODUDALF arcilloso, montmorillonitic mezcla , isothermic	Cultivado	Nada	Suelo derivado de toba volcánica o arcilla marina o material sedimentario. Pendiente muy variable.	Temperatura de suelo de 13 a 20/22°C a 50cm de profundidad	Maíz
Horizonte negro de 20 a 40cm de espesor. Suelo amarillo, arcillo-limoso con manchas de color o un poco rojizo. Posibilidad de algunas acumulaciones duras de hierro	AQUENTIC TROPOHUMULT, isothermic	Pastos bosque de montaña	Drenaje, fertilizante, toxicidad, aluminio	Suelo pendiente abajo de las vertientes o en parte plana aluvial o coluvial. Posibilidad de recubrimiento de ceniza	Temperatura de suelo a 50 cm de profundidad 13 a 20°C	Reforestación
Suelos poco profundos igual a 20 a 30 cm de espesor, erosionados sobre pendientes , encima de un material más o menos duro						
Suelo arcilloso profundo de más de 60cm de espesor encima del material duro poco meteorizado	CHROMUSTERT, isothermic.	Nada	Drenaje	Suelo generalmente derivado de tobas volcánicas o de arcilla marina o de otras rocas básicas. De poca pendiente.	Temperatura de suelo de 13 a 20/22°C a 50cm de profundidad	Tierra templada fría: trigo. Tierra templada: Maíz. Tierra caliente: Arroz – algodón – pastos – caña
Suelo arcilloso, corto espesor 20 a 40cm encima del material más o menos duro, poco meteorizado	PARALITHIC VERTIC USTROPEPT, isothermic.	Nada	Drenaje mecanización (afloramientos) falta de agua	Suelo generalmente derivado de tobas volcánicas o de arcilla marina o de otras rocas básicas. De fuerte pendiente	Temperatura de suelo de 13 a 20/22 °C a 50 cm de profundidad	Tierra templada fría: trigo. Tierra templada: Maíz. Tierra caliente: Arroz – algodón – pastos – caña
Combinación de suelos Vc-Vs						
Suelo arcilloso negro oscuro profundo sobre más de 1m. Chroma de suelo húmedo de 1,5	PELLUSTERT, isothermic o isohyperthermic	Nada	Drenaje, peligro de inundación	Suelo de parte plana o en concavidad. Plano o pendiente débil	Temperatura de suelo de 13 a 20/22 °C a 50cm de profundidad	Tierra templada. Maíz-pastos. Tierra caliente: Algodón – pastos
Suelo arcilloso profundo de más de 60cm de espesor encima del material duro poco meteorizado	CHROMUSTERT, isothermic.	Nada	Drenaje	Suelo generalmente derivado de tobas volcánicas o de arcilla marina o de otras rocas básicas. De poca pendiente.	Temperatura de suelo de 13 a 20/22°C a 50cm de profundidad	Tierra templada fría: trigo. Tierra templada: Maíz. Tierra caliente: Arroz – algodón – pastos – caña
Combinación de suelos Dv/R, Dv-Gf						
Suelo sobre rocas a < 50 cm, suelo muy negro, pseudo-limoso muy unctuosos esponjoso, tixotropico. Retención de	LITHIC, HISTIC HYDRANDEPT pseudo limoso isomesic	Pastos de paramo con Stipa Ichu o	Heladas, frío , nubosidad	Altura de 3000 a 3600m. Ondulación suave de planicies glaciares o fuertes pendientes	Temperatura de suelo a 50 cm de	Pastos con bajos rendimientos



UNIVERSIDAD DE CUENCA

agua a pF 3 sobre muestra sin desecación de 100 a 200 de agua p 100 de suelo seco a 105 °C		matorral muy húmedo		del páramo. Suelos derivados de cenizas volcánicas muy finas o en parte. A larga distancia de los volcanes	profundidad de 10 a 13 °C	
No está completo en las hojas						
No existe este Id						
Suelo arcilloso poco espesor 20 a 40cm encima del material más o menos duro poco meteorizado	PARALITHIC VERTIC EUTROPEPT, isothermic	Nada	Profundidad, mecanización difícil	Suelo derivado de material muy básico como tobas volcánicas arcilla marina con o sin carbonato. Pendientes más fuertes	Temperatura de suelo de 13 a 20/22 °C a 50cm de profundidad	Tierra templada: Pastos. Tierra caliente: Arroz, pastos
Combinación de suelos Gf-Dw						
Suelo negro pseudo-limoso muy unctoso y esponjoso. Muchas veces un horizonte orgánico de 20 a 30cm de espesor en la parte superior del perfil pardo negro oscuro. Más información ver leyenda	TROPIC HYDRIC HISTIC CRYANDEPT pseudo limoso, isofrigid o TROPOSAPRIST, isofrigid	Pastos con Stipa Ichu	Heladas, frío, nubosidad	Parte muy alta y fría de la Sierra a larga distancia de los volcanes. Más de 3400m de altura. Ondulación suave de las planicies glaciares o fuertes pendientes	Temperatura de suelo a 50 cm de profundidad menos de 10 °C	Pastos de bajos rendimientos
Suelo arcilloso superficial de menos 20cm espesor encima del material más o menos duro poco meteorizado. Suelo asociado con afloramientos de este material duro poco meteorizado erosionado. Suelo de coluvión sobre las pendientes o erosionado	PARALITHIC VERTIC USTROPEPT, isothermic o isohyperthermic	Nada	Afloramientos, falta de agua	Suelo generalmente derivado de tobas volcánicas o de arcilla marina o de otras rocas básicas. De fuerte pendiente	Temperatura de suelo de 13 a 20/22 °C a 50cm de profundidad	Nada

Tabla 8.13: Descripción del Suelo.

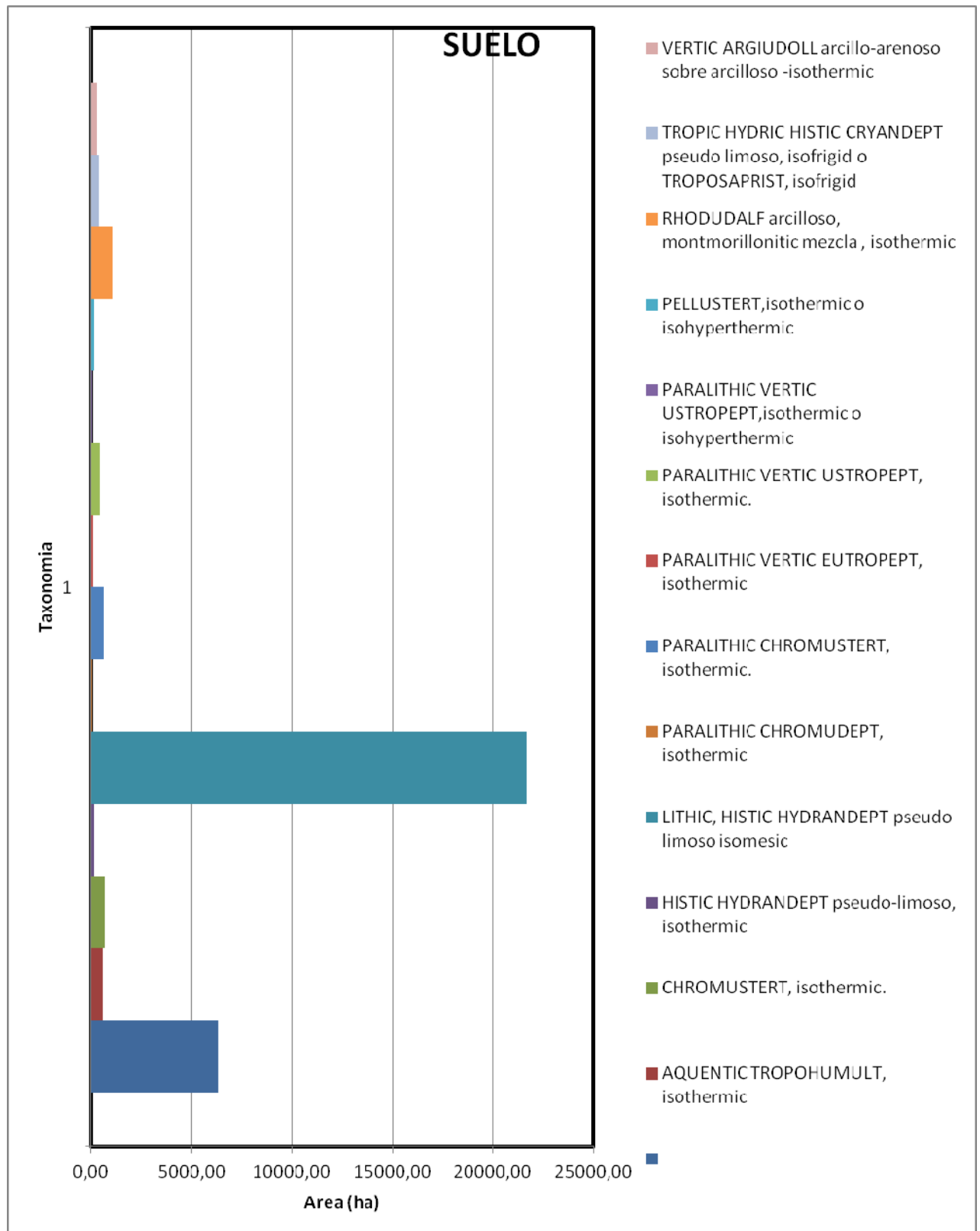


Figura 8-7: Área de Suelo



8.12 Inventario Vial.

En el Mapa de Vías, se obtuvo un inventario de las vías existentes en las Subcuenca, las mismas que se encuentran representadas por los ejes de las mismas; en donde se diferencié o se caracterizó tres tipos de vías que son:

Vías Principales: Estas vías contienen las carreteras de primer orden las mismas que unen las ciudades y centros poblados importantes, esta vías por lo general se encuentran en condiciones óptimas para su uso y posee un ancho de aproximadamente 12 metros, estas vías se encuentran construidas de pavimento asfáltico o pavimento rígido. El flujo vehicular que alimenta estas vías es procedente de las vías secundarias.

Vías Secundarias: Son las vías conocidas también como de segundo orden, se caracterizan por ser de menor tráfico y unen poblaciones medias, Estas vías también comprende las que se encuentran formando parte de la zona de urbana de la ciudad de Cuenca, poseen un ancho promedio de 8 metros y generalmente son construidas de pavimento flexible.

Caminos y Senderos: Estas vías poseen una ancho promedio de 5 metros y generalmente son caminos abiertos por la gente del sector o vías que se encuentran conformadas por lastre. Estas vías son las que conectan sectores aislados, por lo que son de menor importancia, no poseen un flujo considerable.

Longitud de Vías	
Tipo	Longitud (m)
Vías Principales	99328.78
Vías Secundarias	120290.67
Caminos-Senderos	257713.63
Longitud Total	477333.08

Tabla 8.14: Vías.

Con el cálculo realizado se tiene como lógico que los caminos y senderos tiene una mayor longitud, mientras que las vías secundarias poseen una longitud media, y las de mayor importancia son las que se encuentran con una menor longitud, esto se produce principalmente por que el flujo vehicular es alto y proviene de las vías alternas; y principalmente se debe a que el costo de construcción y diseño de este tipo de carreteras son elevados, por lo que se las ubica en lugares estratégicos de manera que a menor costo benefician a la mayor cantidad de usuarios.

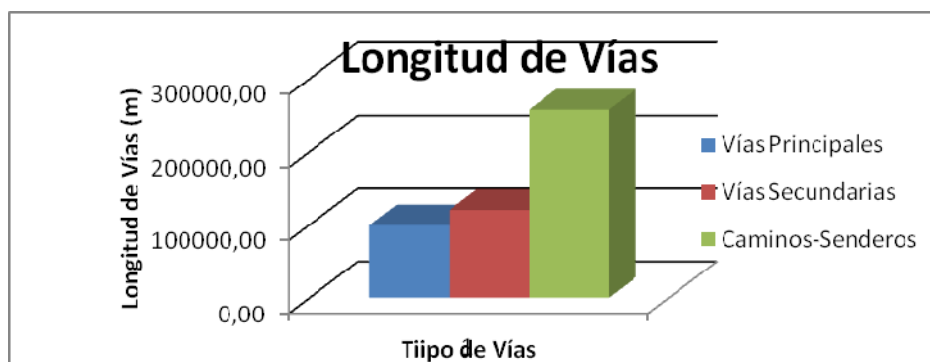


Figura 8-8: Longitud de Vías.

8.13 Área de la Cobertura del Suelo.

Con la ayuda del Mapa de Cobertura del Suelo, se ha podido definir las zonas por las que se encuentra formado el suelo en su parte superficial, lo que nos brinda un conocimiento sobre el tipo de actividad que se puede dar en cada zona, y también verificar si estas zonas son o no aptas para el uso que se les está dando, caso contrario se debería tomar medidas para poder regular el uso del suelo, para así mantener un ecosistema adecuado.

Cobertura del Suelo	
Descripción	Área (Ha)
Agua	334.89
Centros Poblados	376.84
Cultivos	2.20
Eucalipto y Matorral	0.58
Eucaliptos y matorral abierto	0.75
Matorral intervenido	0.40
Mosaico: Vegetación leñosa, Asen Humanos, cultivos, pasto	3839.20
Páramo	18467.04
Pastos	2463.88
Suelo Descubierto	180.06
Suelo descubierto, Matorral degradado y Asentamiento	1.02
Vegetación Leñosa	6418.63
Vías	481.66
Área Total	32567.15

Tabla 8.15: Cobertura del Suelo.

En concordancia con el mapa realizado de suelo, se tiene que la mayor cobertura que presenta el suelo de la subcuenca es el páramo con una área de 18467.04 ha; se debe destacar que se tiene una área considerable de 334.89 ha, debido al gran número de lagunas que se tiene en ese sector, la subcuenca del Machángara posee 6418.63 ha de vegetación leñosa, una área considerable de pasto, lo que demuestra porque el Ministerio del Ambiente considera a el sector de estudio como una área de bosque y de vegetación protegida.

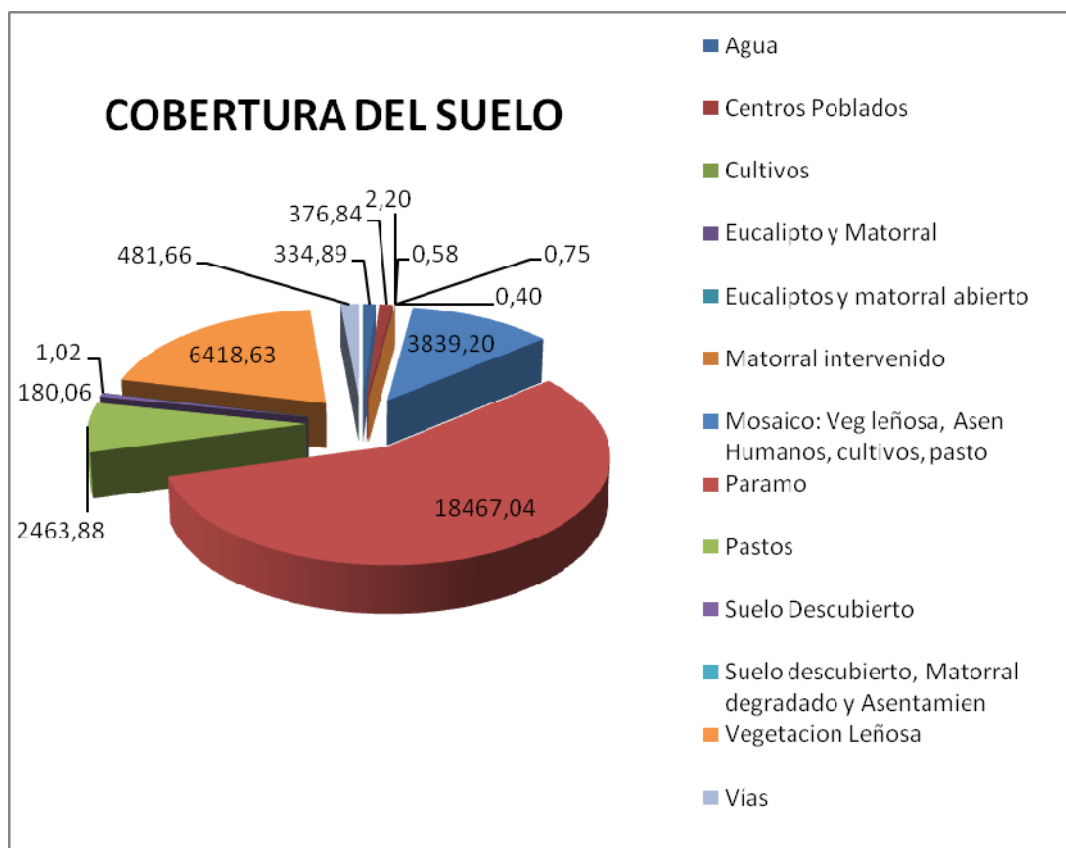


Figura 8-9: Área Cobertura de Suelo.

8.14 Estudio de la Degradación Ambiental.

Para el cálculo de la degradación ambiental, se basó en el Mapa de Jerarquización Ambiental, el mismo que nos da una clasificación del estado ambiental en el que se encuentra las diferentes zonas. Es por ello que se presenta los resultados obtenidos a partir del análisis de dicho mapa:

<i>Jerarquización Ambiental de Microcuencas</i>	
Proceso	Área (Ha)
Muy poco degradadas	6622.95
Poco degradadas	25922.26
Área Total	32545.21

Tabla 8.16. Jeraquerización Ambiental.

Como se sabe esta subcuenca se encuentra dentro de una zona protegida por el Ministerio del Ambiente, es por ello que esta decisión se ve reflejado en la parte ambiental de la misma, ya que posee un poco degradación ambiental, a esta jeraquerización se la hizo en función a las microcuencas existentes, es decir que la microcuenca que se encuentra muy poco degradada es la Chulco, Mientras que las Microcuencas de Machángara Alto y bajo se encuentra poco degradadas.

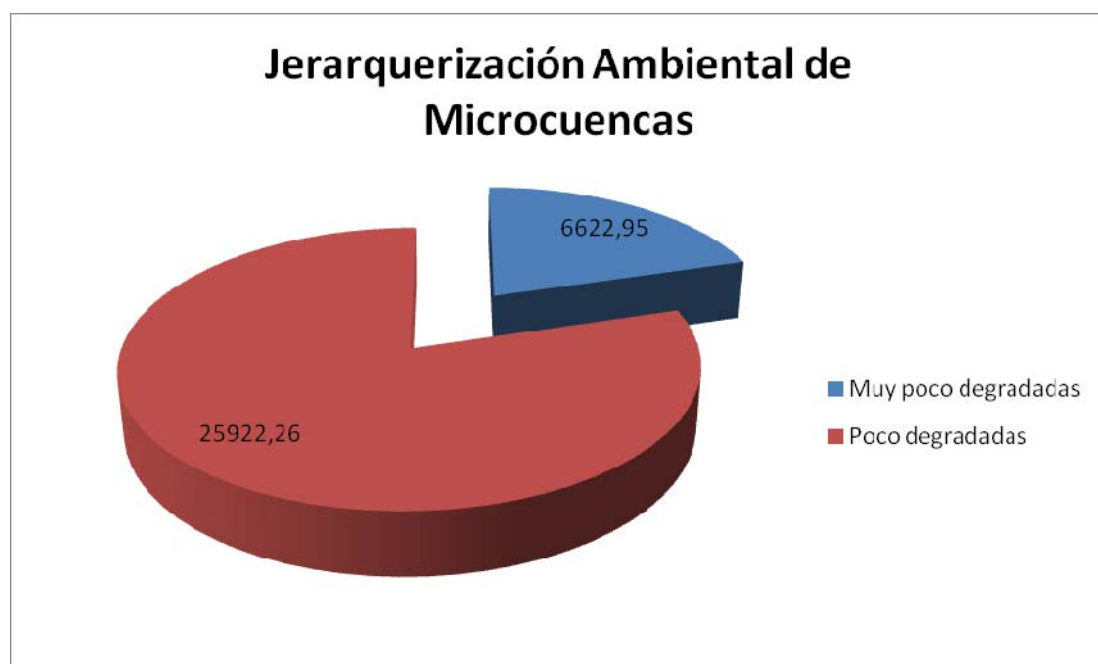


Figura 8-10. Área de Jerarquerización Ambiental.

8.15 Estudio de las Zonas de Protección.

Basándonos en el Mapa de Lugares de Protección, se ha definido los diferentes lugares considerados como de protección, para lo cual se han definido 3 tipos de suelo a ser protegidos que son: Mosaico, pasto, vegetación leñosa. Estos a su vez se han dividido según las pendiente que posean, es decir si son mayores o menores al 50%.

Mosaico	
Descripción	Área (Ha)
Mosaico en pendiente mayor a 50%	169.65
Mosaico en pendiente menor a 50%	3528.94
Área Total	3698.59

Tabla 8.17: Mosaico.

El mosaico comprende básicamente suelos con vegetación leñosa, asentamientos humanos, cultivos y zonas de pasto. A estos suelos se les ha considerado como un conjunto o másico para poder obtener un área más representativa que nos permita establecer una idea más clara de las zonas a ser protegidas en la subcuenca. Estos suelos se encuentran alrededor de un 10% del área total de la zona de estudio, y a su vez la mayor parte se la puede encontrar en pendientes menores al 50 %.

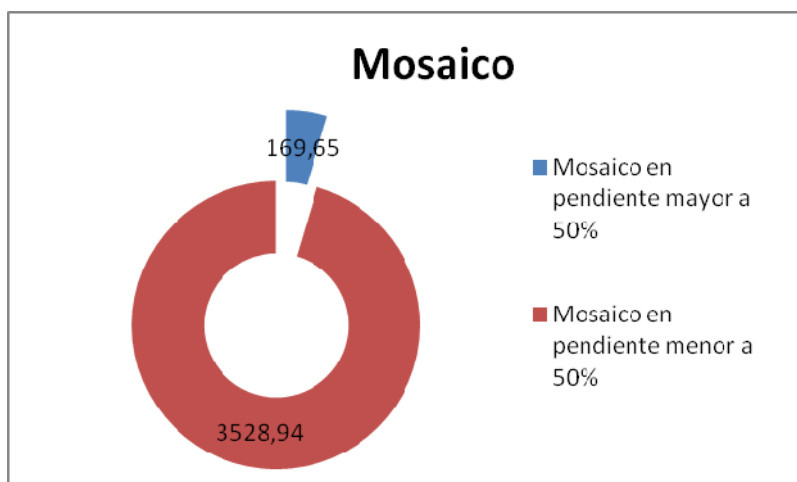


Figura 8-11: Área de Mosaico.

<i>Pasto</i>	
Descripción	Área (Ha)
Pasto en pendiente mayor a 50%	317.52
Pasto en pendiente menor a 50%	2151.48
Área Total	2469.00

Tabla 8.18. Pasto.

El pasto es la zona que posee la menor área a ser protegida, también la mayor parte de la misma se encuentra en pendientes menores al 50%,

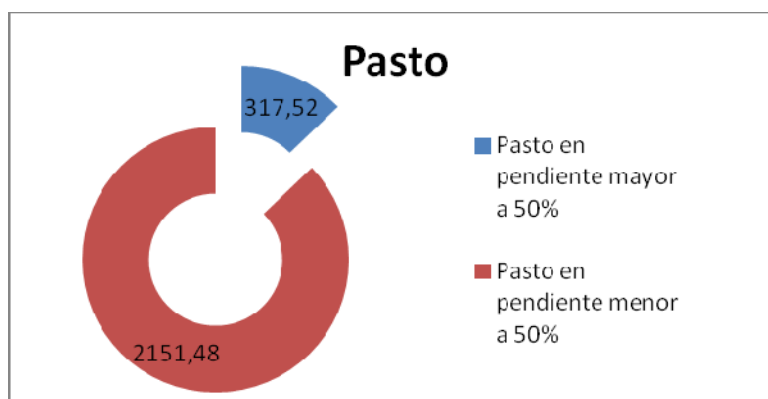


Figura 8-12: Área de Pasto.

<i>Vegetación Leñosa</i>	
Descripción	Área (Ha)
Vegetación Leñosa en pendiente mayor a 50%	3093.59
Vegetación Leñosa en pendiente menor a 50%	3167.28
Área Total	6260.87

Tabla 8.19: Vegetación Leñosa.

Con una área comprendida entre el 20% del área total de la subcuenca, la vegetación leñosa se divide en similares proporciones según las pendientes, sean esta mayores o menores al 50%, Esta área es de vital importancia, así como la de paramo, ya que es la que regula el caudal que va hacia los ríos, los mismo que van hacia las diferentes zonas de aprovechamiento de dicho recurso.

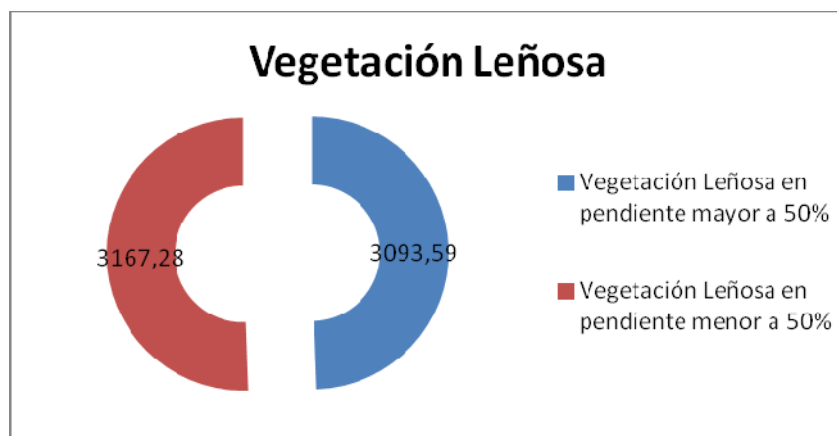


Figura 8-13: Área de Vegetación Leñosa.

Debido a todas estas zonas consideradas como protegidas, es que durante algunos años, se ha convertido este sector como una zona de amortiguamiento del impacto ambiental, como se vio en el mapa de jerarquización ambiental, la subcuenca no posee zonas de peligro Ambiental, lo que hace que se produzca una serie de beneficios no solo para el sector de la subcuenca si no también a las zonas que estos recursos pueden beneficiar, como por ejemplo la ciudad de Cuenca. Entre algunas de los beneficios que se producen al mantener una correcta zona protegida mencionaremos: mantenimiento de la calidad del agua, se genera o convierte las zonas en suelos productivos, se convierte a sector en una zona de estética y calidad visual, se mantiene la biodiversidad, etc.

8.16 Cálculo de las Zonas de Afección.

A partir del Mapa de Zonas de Afección, en donde se tiene como principio establecer una zona de protección a las vías como a los ríos, en donde no se tenga permitido el utilizar esta superficie para un uso particular, lo que ayuda a un conservación y posible ampliación de las vías, así como también a la conservación de los cauces de ríos y una protección para posibles inundaciones, es por ello que se por fines prácticos se ha establecido el valor de 50 metros para los ríos y de 40 metros para las vías, estos tomados desde los ejes de los mismos, obteniendo los siguientes resultados:

Zonas de Afección	
Zona	Área (ha)
Vías Principales	412.52

Tabla 8.20: Afección por vías principales



La zona de afección en relación a las vías de primer orden encontradas en la zona, es de 421.52 ha, en donde no se debería realizar construcciones ni utilizar dicho terreno para ocupaciones de ningún tipo.

Afección por Ríos	
Nombre	Área (ha)
Río Blanco	17.79
Río Cebadas	22.25
Río Chacayacu	66.86
Río Chamana	13.75
Río Checa	52.97
Río Chulco	42.57
Río Corrales	15.40
Río Curiquina	17.82
Río Gahuiña	33.45
Río Guagua Hipis	7.69
Río Huagrauma	14.85
Río Jatunhuaycu	23.24
Río Machángara	268.24
Río Mamallipis	9.02
Río Naranjillo	18.66
Río Paluncay	21.44
Río Patamarca	65.22
Río Piñacocha	41.52
Río Quintul	49.51
Río Saymirín	22.47
Río Sinincay	61.13
Área Total	885.85

Tabla 8.21: Afección por Ríos.

Para una mayor comprensión se ha presentado estos resultados divididos para cada río que forma la Subcuenca del Machángara, este valor es proporcional al valor de la longitud de cada río. Se puede observar claramente como con la ayuda de los SIG se puede delimitar una zona de afectación. La misma que desde ahora podrá ser controlada para que se genere un crecimiento ordenado de los centros poblados manteniendo y cumpliendo con las normas establecidas.

8.17 Cálculo del Área producto de la clasificación por el conflicto en el Suelo.

Para realizar los cálculos del área que se da, en esta sección, se ha tomado el Mapa de Conflicto de Suelo, el cual nos proporciona la información necesaria para la obtención de los datos presentados a continuación:

Conflicto de Suelo	
Tipo	Área (ha)
BIEN UTILIZADO	5866.88



UNIVERSIDAD DE CUENCA

CUERPOS DE AGUA	128.22
SOBRE UTILIZADO	16952.22
SUB UTILIZADO	9309.14
URBANO	288.76
Área Total	32545.22

Tabla 8.22: Conflicto de Suelo.

Este mapa nos muestra las zonas en donde el suelo se encuentra bien utilizado, sobre utilizado, subutilizado, este criterio se toma como resultados de la comparación de la aptitud de la tierra frente al uso actual del mismo.

Es por ello que se debe prestar especial atención a este mapa ya que nos muestra que la mayor parte de la subcuenca, está siendo sobre utilizada, hecho que se debe tener presente si se desea generar un plan de mantenimiento y mejoramiento del uso que se podrá dar al suelo. Se debe tener en cuenta estos valores ya que nos pueden ayudar a tomar decisiones cruciales para la conservación del suelo y todas las componentes que pueden ser aprovechadas. Es por ello que en la legislación se puede implementar una norma que regula la correcta utilización de los suelos especialmente en aquellos que se encuentran con un conflicto del mismo.

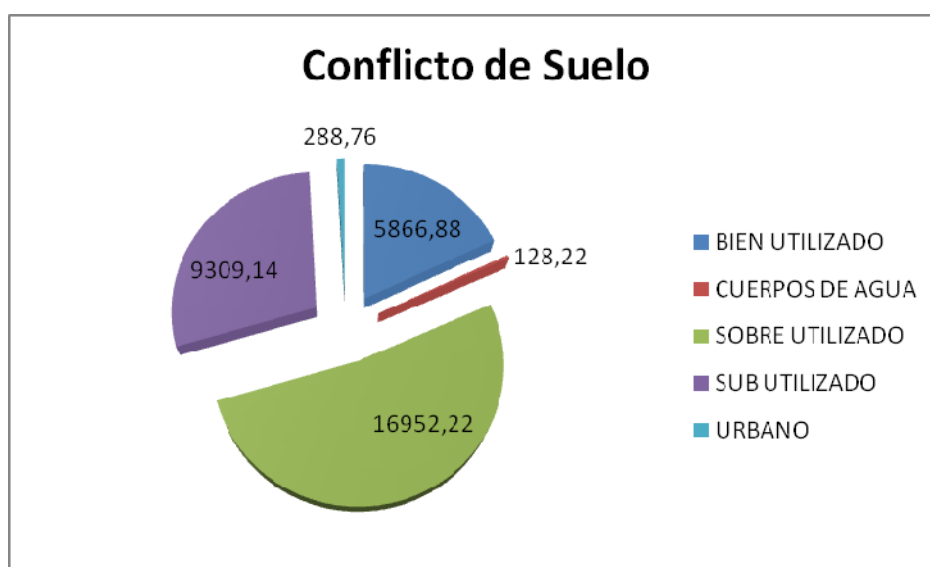


Figura 8-14: Área de Conflicto de Suelo.

8.18 Estudio de las Zonas Susceptibles a la Erosión.

Entre los agentes que provocan la erosión está la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización. La erosión es uno de los principales factores del ciclo geográfico,



se sabe que la erosión puede ser incrementada por actividades humanas o antropogénicas. Es por ello que a partir del Mapa de Zonas Susceptibles a la Erosión, se ha realizado una clasificación a la que se encuentra sometido el suelo en la subcuenca generando los siguientes resultados:

Área Susceptible a la Erosión	
Descripción	Área (ha)
ZONAS CON SUSCEPTIBILIDAD ALTA A LA EROSIÓN	256.87
ZONAS CON SUSCEPTIBILIDAD BAJA A LA EROSIÓN	27232.20
ZONAS CON SUSCEPTIBILIDAD LIGERA A LA EROSIÓN	400.46
ZONAS CON SUSCEPTIBILIDAD MODERADA A LA EROSIÓN	3197.13
ZONAS SIN SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN	1458.55
Área Total	32545.21

Tabla 8.23: Área Susceptible a la Erosión.

Este mapa presenta las zonas que se encuentran susceptibles a la Erosión. Es decir a la degradación y el transporte de suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. Entre estos agentes está la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización. La erosión es uno de los principales factores del ciclo geográfico. La erosión puede ser incrementada por actividades humanas o antropogénicas.

Se tiene como la mayor área compuesta por una zona de baja erosión, lo que significa que los suelos se encuentran conservados de cierta manera, aunque se puede ver fácilmente una zona cerca del pueblo de Checa, en donde se encuentra la mayoría de la zona considerada como de alta erosión, lo que se debería tener en cuenta por las autoridades locales para realizar un plan de contingencia para evitar este tipo erosión, para así obtener una zona más uniforme en lo que se refiere a la susceptibilidad erosional.

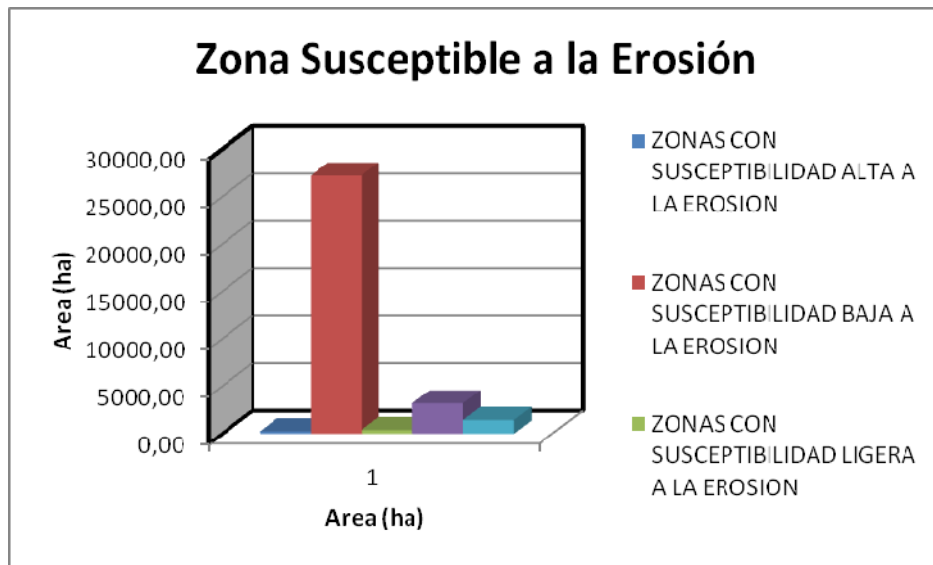


Figura 8-15: Área de Zonas Susceptibles a la Erosión.

8.19 Área de las Provincias que Conforman la Subcuenca.

A partir del Mapa de DPA Provincial se ha obtenido los resultados expuestos a continuación:

<i>DPA Provincial</i>	
Nombre	Área (Ha)
Azuay	20636.08
Cañar	11909.12
Área Total	32545.20

Tabla 8.24: DPA Provincial.

La Subcuenca del Machángara pertenece a dos provincias de la república del Ecuador, las mismas que son Azuay y Cañar, esta última aporta con la menor área a la subcuenca. En la zona baja de la subcuenca se encuentra la provincia del Azuay con una área de 20636.08 ha, mientras que en las zonas altas de la misma se encuentra la provincia del Cañar con una área de 11909.12 ha.

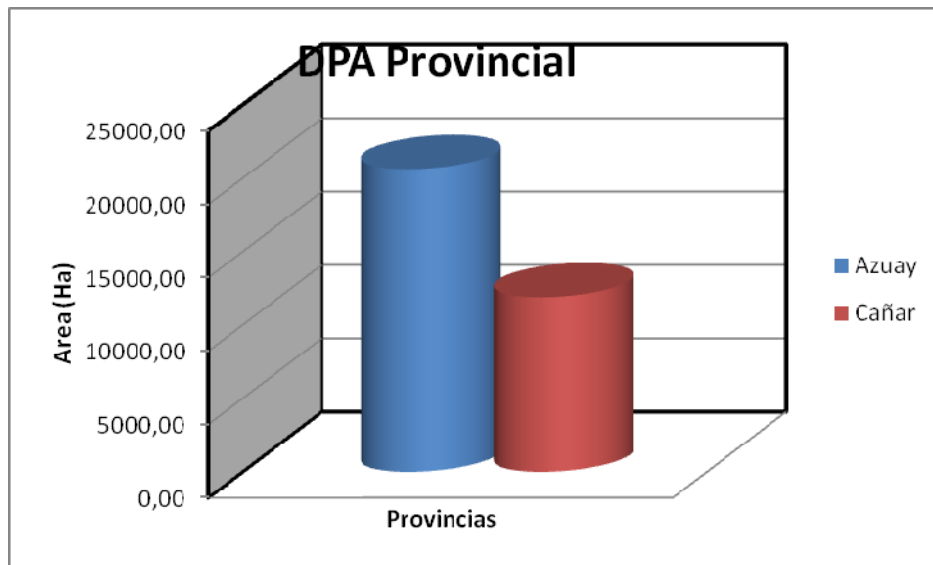


Figura 8-16: Área de DPA Provincial.

8.20 Área de los Cantones que Conforman la Subcuenca.

A partir del Mapa de DPA Cantonal se ha obtenido los resultados expuestos a continuación:

DPA Cantonal	
Nombre	Área (Ha)
Biblián	5483.62
Cañar	6420.43
Cuenca	20636.08
Déleg	5.06
Área Total	32545.19

Tabla 8.25: DPA Cantonal.

La subcuenca de encuentra conformado por 4 cantones, de los cuales solo el cantón Cuenca es el que pertenece a la provincia del Azuay, por lo que a su vez es el que posee la mayor cantidad de centros poblados, contiene una parte de la ciudad de Cuenca, como también posee la mayor parte de los centros educativos, vías, el mayor área, etc.

La provincia del Cañar aporta con 3 cantones a la Subcuenca de estudio, de los cuales se destaca al cantón Cañar como el más extenso seguido de cantón Biblián, y siendo el más pequeño con apenas 5.06 ha el cantón Déleg.

En el Cantón Cañar es en donde se encuentra la mayor cantidad de lagunas a la subcuenca y es el que conforma la parte más alta del mismo. Del cantón Déleg debido a su área tan pequeña no se puede establecer una apreciación correcta de las características que este aporta al área de estudio. El Cantón Biblián posee un

área un poco inferior a la de cantón Cañar por el circulan los ríos: Buihuascaná, Piñacocha, Huagrahuma y el Machángara.

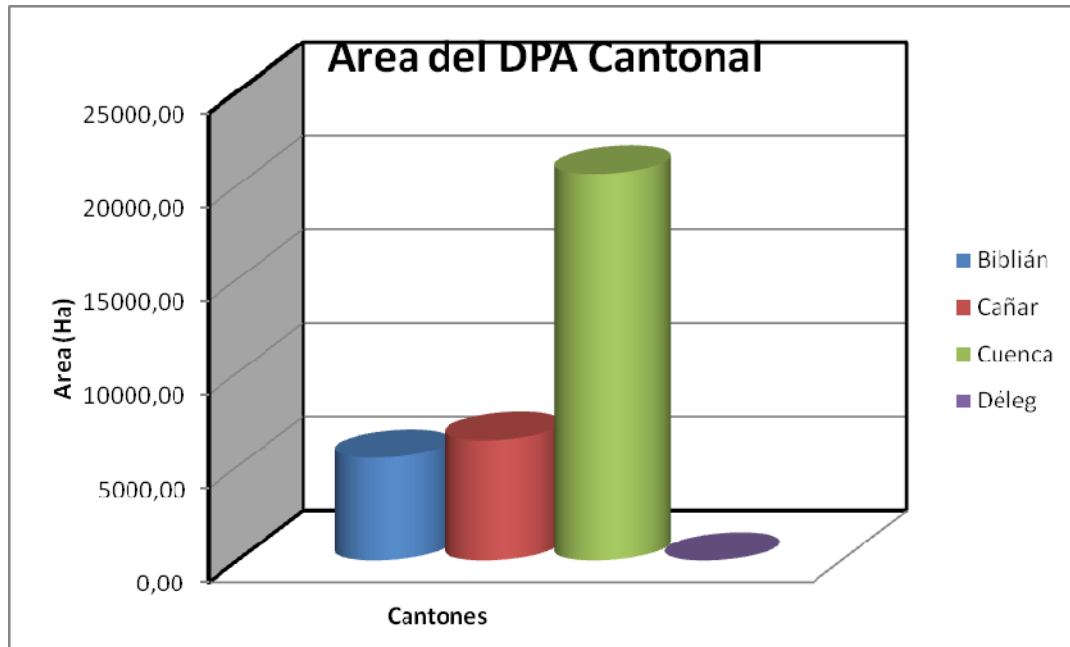


Figura 8-17: Área de DPA Cantonal.

8.21 Área de los Parroquias que Conforman la Subcuenca.

Una división política administrativa más precisa, será la que se puede obtener del Mapa de DPA Parroquial, el mismo que nos servirá de base para el estudio de las densidades poblacionales presentes.

<i>DPA Parroquial</i>	
Nombre	Área (ha)
CHECA (JIDCAY)	6271.40
CHIKUINTAD	9236.35
CUENCA	894.17
DELEG	4.89
GUALLETURO	6177.87
JERUSALEN	96.86
NAZON (CAB. EN PAMPA DE DOMINGUEZ)	5657.81
OCTAVIO CORDERO PALACIOS (STA. ROSA)	447.94
RICAURTE	407.76
SAN ANTONIO	61.45
SAYAUSI	1124.01
SIDCAY	399.08
SININCAY	1765.56
Área Total	32545.15

Tabla 8.26: DPA Parroquial.

La subcuenca del Machángara se encuentra formada por 13 parroquias, de las cuales 5 pertenecen a la provincia del Cañar: Gualleturo, Déleg, San Antonio, Jerusalén, Nazón. Mientras que las 8 restantes pertenecen a la provincia del Azuay: Octavio Cordero Palacios, Checa, Sinincay, Chiquintad, Sidcay, Sayausí, Ricaurte y Cuenca.

Por su área se pueden destacar las siguientes: Chiquintad, Checa, Gualleturo, etc. Mas adelante se verán como estas parroquias aportan en relación a su población. Pudiendo así generar la densidad de cada una de ellas.

Las parroquias que se encuentra a mayor altura son las pertenecientes a la provincia del Cañar: Gualleturo y Nazón; mientras que las que se encuentran a menor altura son las parroquias: Cuenca, Ricaurte, Sinincay.

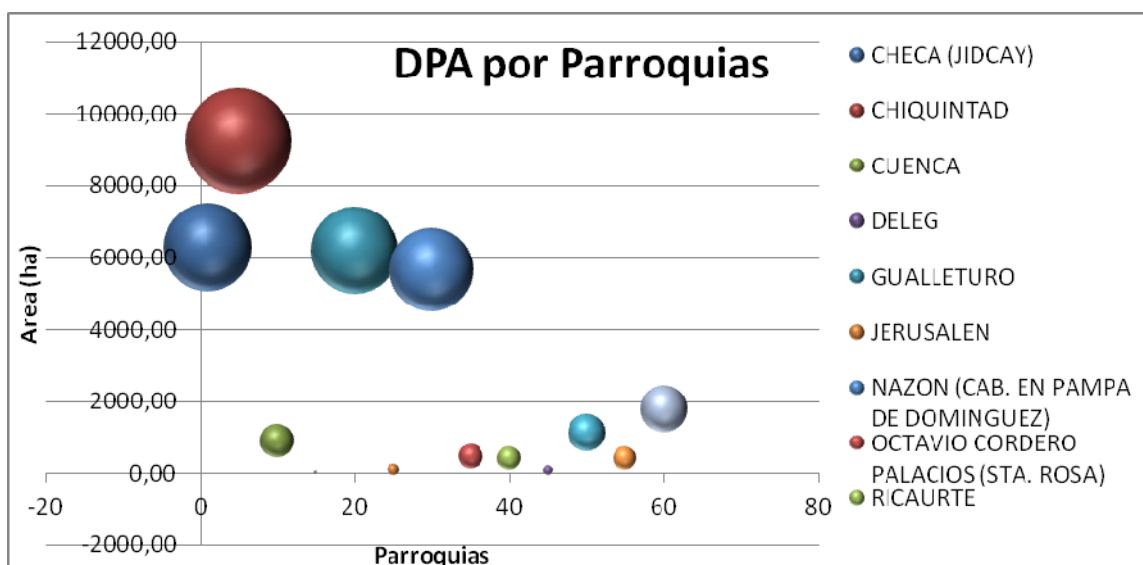


Figura 8-18: Área de DPA Parroquial.

8.22 Densidad Poblacional Total.

Realizada a partir de los datos de las parroquias obtenidas en el Mapa de DPA Parroquial, para la obtención de la información de la población, se ha basado en los datos ofrecidos en la página de la INEC, los mismo que pertenecen al Censo del 2010, lo que significa que se está trabajando con los datos oficiales más recientes que se posee el País.

Densidad Poblacional Total por Parroquias						
Parroquias	Provincias	Cantones	Región	Área (ha)	Población	Densidad Poblacional
GUALLETURO	CAÑAR	CAÑAR	Sur	6177.87	803.00	0.13



UNIVERSIDAD DE CUENCA

SAN ANTONIO	CAÑAR	CAÑAR	Sur	61.45	4.00	0.07
JERUSALEN	CAÑAR	BIBLIÁN	Sur	96.86	26.00	0.27
DELEG	CAÑAR	DELEG	Sur	4.89	4.00	0.82
OCTAVIO CORDERO PALACIOS (STA. ROSA)	AZUAY	CUENCA	Sur	447.94	497.00	1.11
CHECA (JIDCAY)	AZUAY	CUENCA	Sur	6271.40	2759.00	0.44
SININCAY	AZUAY	CUENCA	Sur	1765.56	11353.00	6.43
CHIQUINTAD	AZUAY	CUENCA	Sur	9236.35	4803.00	0.52
SIDCAY	AZUAY	CUENCA	Sur	399.08	862.00	2.16
NAZON (CAB. EN PAMPA DE DOMINGUEZ)	CAÑAR	BIBLIÁN	Sur	5657.81	1641.00	0.29
SAYAUSI	AZUAY	CUENCA	Sur	1124.01	259.00	0.23
RICAUORTE	AZUAY	CUENCA	Sur	407.76	5639.00	13.83
CUENCA	AZUAY	CUENCA	Sur	894.17	42035.00	47.01
			Total	32545.15	70685.00	

Tabla 8.27: Densidad Poblacional Total por Parroquias.

Es por ello que se tiene que en la zona de estudio se encuentran 70685 habitantes, los mismos que se encuentran divididos en las diferentes parroquias que la componen. Como dentro de la Subcuenca se encuentra la parroquia de Cuenca, y sabiendo que esta es la zona más poblada, se tiene que este posee una densidad de 47.01 hab/km². Como se vio anteriormente la parroquia de Chiquintad era la más extensa en área, pero esta no posee una población significativa; lo contrario pasa en la parroquia de Sinicay, que a pesar que no se cuenta con una extensa área, su población es alta lo que de una densidad de 6.43 hab/km² y también se presenta este fenómeno a la parroquia de Ricaurte que posee un densidad de 13,83 hab/km². Este hecho se lo puede atribuir a que las parroquias antes mencionadas son las que se encuentran más cercanas a la parroquia de Cuenca, es por ello que se encuentra una mayor densidad de gente en el sector.

Se tiene como la a parroquia con menor densidad es la de Gualleturo y San Antonio, debido a que las características geográficas, las de clima y la zona de acceso, se encuentra bastante limitada, lo que hace que la gente no tienda a vivir en dichas parroquias.

8.23 Densidad Poblacional Hombres.

Una vez realizado el Mapa de Densidad Poblacional Hombres se ha podido obtener los siguientes resultados:



Densidad Poblacional Hombres por Parroquia						
Parroquias	Provincias	Cantones	Región	Área (ha)	Población	Densidad Poblacional
GUALLETURO	CAÑAR	CAÑAR	Sur	6177.87	371.00	0.06
SAN ANTONIO	CAÑAR	CAÑAR	Sur	61.45	2.00	0.03
JERUSALEN	CAÑAR	BIBLIÁN	Sur	96.86	12.00	0.12
DELEG	CAÑAR	DELEG	Sur	4.89	2.00	0.41
OCTAVIO CORDERO PALACIOS (STA. ROSA)	AZUAY	CUENCA	Sur	447.94	215.00	0.48
CHECA (JIDCAY)	AZUAY	CUENCA	Sur	6271.40	1192.00	0.19
SININCAY	AZUAY	CUENCA	Sur	1765.56	5208.00	2.95
CHIKUINTAD	AZUAY	CUENCA	Sur	9236.35	2217.00	0.24
SIDCAY	AZUAY	CUENCA	Sur	399.08	407.00	1.02
NAZON (CAB. EN PAMPA DE DOMINGUEZ)	CAÑAR	BIBLIÁN	Sur	5657.81	736.00	0.13
SAYAUSI	AZUAY	CUENCA	Sur	1124.01	124.00	0.11
RICAUARTE	AZUAY	CUENCA	Sur	407.76	2695.00	6.61
CUENCA	AZUAY	CUENCA	Sur	894.17	20056.00	22.43
			Total	32545.15	33237.00	

Tabla 8.28: Densidad Poblacional Hombres por Parroquias.

Para la obtención de estos resultados, se ingresaron los datos de población de hombres por parroquias, si bien se mantiene proporcionalmente los valores de densidad poblacional visto en el mapa anterior, se debe mencionar que en todos los parroquias se tiene un mayor número de mujeres que de hombres.

8.24 Densidad Poblacional Mujeres.

Una vez realizado el Mapa de Densidad Poblacional Mujeres se ha podido obtener los siguientes resultados:

Densidad Poblacional Mujeres por Parroquias						
Parroquias	Provincias	Cantones	Región	Área (ha)	Población	Densidad Poblacional
GUALLETURO	CAÑAR	CAÑAR	Sur	6177.87	432.00	0.07
SAN ANTONIO	CAÑAR	CAÑAR	Sur	61.45	2.00	0.03
JERUSALEN	CAÑAR	BIBLIÁN	Sur	96.86	15.00	0.15
DELEG	CAÑAR	DELEG	Sur	4.89	2.00	0.41
OCTAVIO CORDERO PALACIOS (STA. ROSA)	AZUAY	CUENCA	Sur	447.94	282.00	0.63
CHECA (JIDCAY)	AZUAY	CUENCA	Sur	6271.40	1568.00	0.25
SININCAY	AZUAY	CUENCA	Sur	1765.56	6144.00	3.48
CHIKUINTAD	AZUAY	CUENCA	Sur	9236.35	2586.00	0.28



UNIVERSIDAD DE CUENCA

SIDCAY	AZUAY	CUENCA	Sur	399.08	519.00	1.30
NAZON (CAB. EN PAMPA DE DOMINGUEZ)	CAÑAR	BIBLIÁN	Sur	5657.81	962.00	0.17
SAYAUSI	AZUAY	CUENCA	Sur	1124.01	135.00	0.12
RICAURTE	AZUAY	CUENCA	Sur	407.76	2944.00	7.22
CUENCA	AZUAY	CUENCA	Sur	894.17	21979.00	24.58
			Total	32545.15	37570.00	

Tabla 8.29: Densidad poblacional Mujeres por Parroquias.

Este tipo de datos es de mucha importancia ya que nos permite tener una idea clara de lo que está ocurriendo con la población en el sector de estudio, lo que puede permitir tomar decisiones políticas que beneficien a la población, por ejemplo no es factible construir centros educativos en lugares en donde hay una densidad poblacional muy baja, en comparación en lugares en donde la densidad es alta. También con la ayuda de diferentes datos como economía vivienda, salud, se puede tener en cuenta las necesidades que posee cada zona, las mismas que se podrán calificar como zonas de emergencia o no.

Los políticos se encuentran incorporando en sus campañas el estudio de la población. Ya que les permite determinar en donde pueden obtener el mayor número de votos, es importante mencionar que a estos sectores se los puede dividir según su rango de edad, lo que les permite enfatizar sus propuestas encaminadas a las necesidades que poseen las personas que se encuentran dentro del mayor rango de edad.

8.25 Calculo de Isotermas.

Cobertura de Isotermas	
Rango	Área (ha)
10-12	2736.37
12-14	1689.66
14-16	667.93
2-4	255.19
4-6	9624.13
6-8	10397.91
8-10	7174.01
Área Total	32545.20

Tabla 8.30: Cobertura de Isotermas.

Este mapa tiene una relación con el mapa de clima y el de alturas, como se puede ver a mayor altura menor es la temperatura, estos datos son de gran interés especialmente en la parte de la agricultura ya que nos permiten determinar los alimentos correctos a ser sembrados en la zona. La mayor parte de la Subcuenca cuenta con una temperatura comprendida entre los 6-8 grados Centígrados.

Aunque también con un área considerable se puede establecer las temperaturas comprendidas entre 4-6 grados Centígrados.

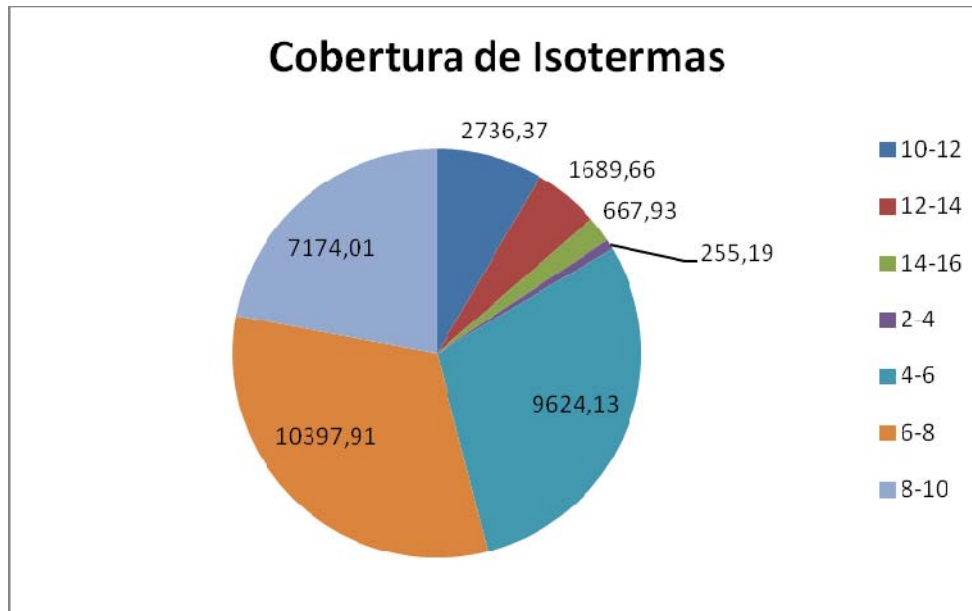


Figura 8-19: Área de Cobertura de Isotermas.

8.26 Calculo de Isoyectas.

Cobertura de Isoyectas	
Rango	Área (ha)
1000-1250	15467.93
1250-1500	13859.75
1500-1750	1506.13
750-1000	1711.40
Área Total	32545.21

Tabla 8.31: Cobertura Isoyectas.

Las zonas de mayor área son las que tiene una precipitación entre (1250-1500), como se puede ver, estas zonas se encuentran ligeramente sobre las reservorio de las lagunas de Labrado y Machángara, las mismas que recolectan el agua para su posterior generación eléctrica.

Esta clase de mapas nos sirve para estimar el caudal que se puede dar en una zona en particular, para ver si esta se encuentra apta o no para un reservorio por ejemplo, o cual es el caudal que pasa por un punto específico para diseñar una alcantarilla o puente.

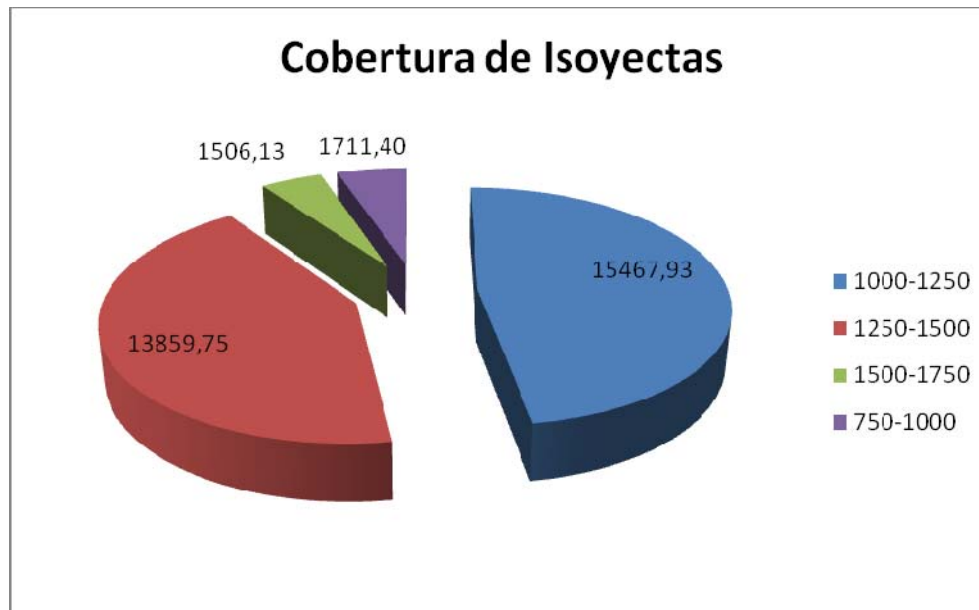


Figura 8-20: Área de Cobertura de Isoyectas.

8.27 Cálculo de Áreas referente a los Meses Secos.

Meses Secos	
Meses	Área (ha)
0	3295.75
1	8874.08
2	8648.47
3	9053.70
4	2617.09
5	56.10
Área Total	32545.19

Tabla 8.32: Meses Secos.

Este mapa tiene una relación directamente con el mapa de Cobertura de Isoyectas, ya que, si se compara ambos mapas, se tiene que estos coinciden en la zonas en donde existe mayor precipitación y por ende menor temperatura, se tiene que es la zona en donde hay menos meses secos en el año. Y viceversa, es decir en las zonas de mayor temperatura, por ejemplo en la ciudad de Cuenca, se tiene alrededor de 5 meses secos en el año, lo que concuerda con el mapa de Isotermas ya que tiene una temperatura promedio de 14-16 grados Centígrados y una precipitación media de 750-1000 mm

Estos datos son muy utilizados por los ingenieros Hidrólogos, para el cálculo del drenaje de una estructura, como para el análisis de inundaciones, etc.

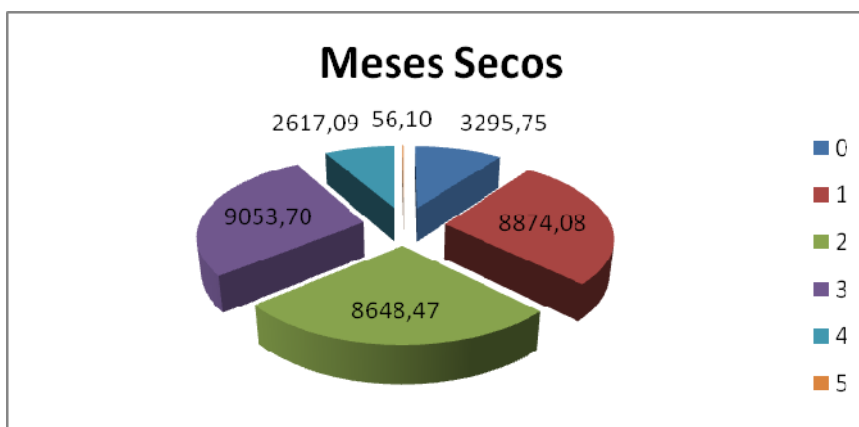


Figura 8-21: Área d Meses Secos.

8.28 Calculo de Áreas referente al Déficit Hídrico.

<i>Déficit Hídrico</i>	
Rango	Área (ha)
0-5	1982.15
25-50	13383.37
5-25	12192.02
50-100	4987.66
Área Total	32545.20

Tabla 8.33: Déficit Hídrico.

Es tipo de cálculos se los realiza para ver las zonas en las que existe un déficit hídrico considerable, es decir no el agua que llega a la zona no es capaz de cubrir con las necesidades del sector, estos problemas se los presenta principalmente por la intervención o el mal uso que le dan los seres humano a este recurso, con este mapa es posible establecer la delimitación y el ares de dicha zona, y con esto será posible una mayor comprensión y poder realizar un manejo adecuando para revertir este tipo de fenómenos.

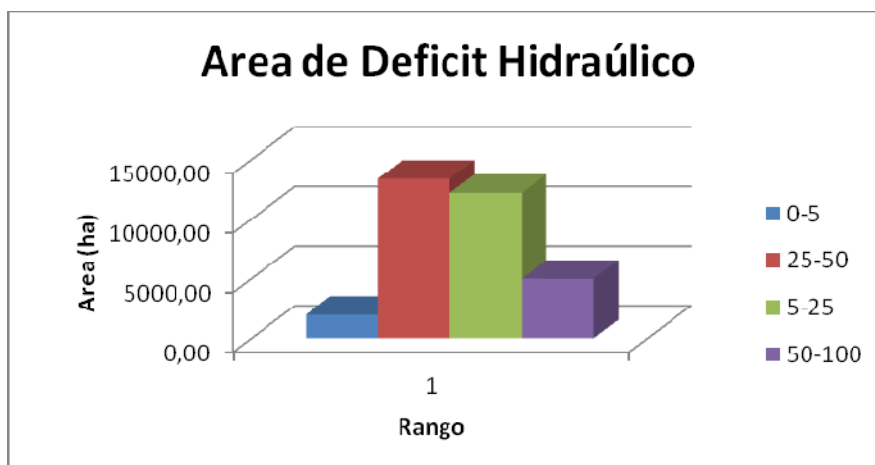


Figura 8-22: Área de Déficit Hídrico.

CAPITULO 9. Conclusiones y Recomendaciones.

A medida de que se avanzó en el trabajo en cuestión, se pudo comprender de una manera más detallada, las ventajas que nos brinda el manejo de la información espacial para nuestra carrera, así como también la facilidad y versatilidad que esta tiene el programa utilizado Arc GIS, el mismo que nos permitió realizar todos los mapas y manejar los datos para obtener los resultados mostrados previamente, los cuales son de especial interés para un correcto manejo, cuidado de la zona.

Se han podido establecer las zonas consideradas como de peligro, así como también las zonas consideradas como afección, a las mismas se las pudo calcular el área. Con la ayuda de los mapas creados en este tema, es posible realizar un correcto control para la conservación de este tipo de áreas, lo que permitirá una conservación de la zona.

Para la rama del estudio geológico y la vialidad, se puede establecer y calcular el área de las formaciones existentes así como también realizar un inventario vial, que nos permite establecer si en la zona se necesita o no el diseño y construcción de más vías, así como también los lugares oportunos por las que esta debería pasar.

Con el estudio de la población, se pueden sacar algunas conclusiones, como por ejemplo se puede jerarquizar a las zonas con mayor densidad poblacional, y realizar un estudio de las infraestructuras existentes y así poder definir si estas brindan o no los servicios necesarios para satisfacer la demanda que tiene la población en dicho sitio, se pudo de definir zonas que necesiten mayores servicios básicos, carreteras, centros educativos, etc.

Una parte importante de este estudio, es la parte hídrica, ya como bien se dijo, este recurso beneficia a un sin número de personas, sea para el riego, dotación de



agua potable, dotación de energía eléctrica; es por ello que se han definido las zonas como ríos y lagunas, lo que nos ayuda a establecer zonas de aprovechamiento hídrico a parte de las que ya existen en el lugar.

Con la elaboración de los mapas, aparte de poner en práctica los conocimientos adquiridos en el curso de grado y la vida universitaria, también se ha puesto el criterio que se tiene como ingeniero civil, es por ello que se han establecido mapas denominados como estudio de suelo, es decir se diferenciaron lugares en donde se clasificó mediante el concepto de utilización que este tiene, y se puede obtener que esta zona posee una gran área de suelo que se encuentra como zona sobre utilizada, por lo que con la ayuda de estos mapas se pueden establecer normas que permitan una regulación, para así propiciar de un entorno estable a esta zona.

Se debe recordar que la subcuenca del Machángara es una zona protegida, y esto se ha podido verificar gracias a los mapas de suelo y de jerarquización ambiental, haya que nos da una idea clara del estado de conservación de esta subcuenca.

Es importante mencionar que todos los mapas tienen correlación, lo que genera una confiabilidad de los resultados obtenidos, también se debe mencionar que se pueden realizar la unión de los mapas presentados para un estudio en específico, se ha podido ver todo el beneficio que se tiene al momento de realizar un estudio espacial de una zona, y todos los resultados que se pueden obtener con la ayuda del software utilizado, es importante como Ingenieros Civiles, que se maneje a profundidad este tipo de programas y más que todo conceptos de información espacial, ya que nos permiten un control, manejo, mantenimiento, planificación de una área determinada.

Con el trabajo presentado, se ha tratado de mostrar las virtudes que tiene el manejo de información geográfica, pero también se ha visto que hay un sin número de beneficio que esta herramienta ofrece, los cuales todavía no son muy utilizados, es por ello que el objetivo de esta monografía es también incentivar a la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, que serán de vital importancia para empresas públicas, para una toma de decisiones más eficiente, ya que se tiene datos más representativos, así como también, una planificación más profunda de un proyecto en estudio.

Muchas disciplinas se han beneficiado de la tecnología subyacente en los SIG. Esto ha provocado que el uso de esta tecnología haya sido asimilada por universidades, gobiernos, empresas e instituciones que lo han aplicado a sectores como los bienes raíces, la salud pública, la criminología, la defensa nacional, el desarrollo sustentable, los recursos naturales, la arqueología, la ordenación del territorio, el urbanismo, el transporte o la logística, entre otros.



CAPITULO 10. Bibliografía.

Comas, D. (2002). Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. Ariel Geografía.

ESRI. (2002). What is ArcGis? Spanish. Obtenido de www.geotecnologias.com/Documentos/what-is-arccgis-spanish.pdf

BOSQUE SENDRA, J. (1992). Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Ed. Rialp.

BUZAI, G. D. (1999). Geografía global. Buenos Aires, Lugar Editorial.

REVISTA GEOEUROPE (1992-). Huntingdon, Geotec Media. [Http://www.geoplance.com](http://www.geoplance.com)

ESRI (1994). ArcInfo, Map Book 1993, Environmental System Research Institute, Inc., Redlands, California.

Mena, U. (2002). Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas, Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

CACERES L., 1997- Evidencias del cambio climático en el Ecuador, Informe parcial y preliminar, INAMHI proyecto Ecuador Climate Change Country Study, Día Meteorológico Mundial.

CALVEZ R. et al, 1996- Constitución de un archivo operacional de precipitaciones diarias de la cuenca del Paute, projet INSEQ serie nº4.

Sistemas de información geográfica- Autor: Alvaro de J. Carmona y Jhon Jairo Monsalve R.

Bolstad, P. (2005) GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems, Second Edition. White Bear Lake, MN: Eider Press, 543 pp.

Bosque Sendra, J. (1992) Sistemas de Información Geográfica. Rialp. Madrid.

Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. (1998) Principles of geographical information systems. Oxford University Press, Oxford, 327 pp

SOFTWARE

Arc Map, versión 10.

Arc Scene, versión 10.