



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL**

**“MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA
DEL RÍO ÁNGEL, LOCALIZADA ENTRE LAS POBLACIONES DE
LA LIBERTAD Y EL ÁNGEL EN LA PROVINCIA DEL CARCHI”**

DIANA VANESSA ESPIN DUEÑAS

MARIA FERNANDA ESPINOSA LEON

QUITO, 2011

Agradecimiento

Esta tesis se la dedicamos principalmente a Dios por ser nuestra guía y fortaleza, a nuestros padres por darnos siempre su apoyo incondicional y paciencia, a nuestros hermanos y todas aquellas personas especiales en nuestras vidas por acompañarnos en todo momento, también agradecemos a nuestros profesores durante la carrera, por todos los conocimientos que hemos recibidos y por las grandes lecciones de vida que nos han brindado.

RESUMEN

El presente trabajo se trata del manejo integral de la microcuenca hidrográfica del río El Ángel, ubicado en la provincia del Carchi; el estudio se ha realizado con el objeto de lograr un manejo sustentable de los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona.

En primer lugar, se aprecia conceptos básicos de una cuenca hidrográfica, su clasificación y elementos básicos de la misma; además se da una explicación acerca del manejo integral de una cuenca hidrográfica

Para el conocimiento de la variación en el espacio de los elementos hidrológicos, se obtiene las características físicas de la cuenca en estudio, las mismas que dependen de la morfología, los tipos de suelos, la capa vegetal y la geología. Estos elementos son: área de drenaje, forma de la cuenca, el tipo de sistema de drenaje, las características de relieve de la cuenca ; Para determinar las características de relieve se calcula la pendiente de la corriente principal (río El Ángel), la curva hipsométrica y la elevación media de la cuenca en estudio.

Para realizar un diagnóstico y evaluación de la cuenca del río El Ángel , se ha recopilado todos los datos meteorológicos de la zona como: temperatura máxima y mínima, humedad relativa, heliofanía, velocidad del viento y precipitación, para todos los meses desde el año 2001 al 2006. Con estos datos, utilizando el programa Cropwat, se obtiene los valores de evapotranspiración (ET) para cada patrón de cultivo que se da en la zona, los valores de ET son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego.

Además, en esta disertación de grado, existe un estudio socioeconómico de la zona, donde se ha determinado las principales actividades económicas, se indica como es el manejo político en la región y las normativas a seguir, para permitir el manejo sustentable de los recursos naturales.

Se ha realizado un estudio del grado de erosión en la cuenca del río El Ángel, los tipos de suelos que se encuentra en el área del proyecto, y se muestra el tipo de calidad de agua de la corriente principal (río El Ángel). También existe una investigación acerca de cómo hoy en día se maneja los recursos naturales en la cuenca, su aprovechamiento y los principales impactos ambientales negativos que se da en la zona del proyecto.

Por último se analiza cómo debe ser la gestión y el manejo de cuencas en el país, cuál es el papel de los actores principales de la cuenca y la determinación de los principales problemas para el manejo sustentable de las cuencas hidrográficas

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	4
INTRODUCCION	10
OBJETIVOS:	11
a) OBJETIVO GENERAL:	11
b) OBJETIVOS ESPECIFICOS:	11
CAPÍTULO I	13
ELEMENTOS BÁSICOS SOBRE CUENCAS HIDROGRÁFICAS.	13
1.1. Plan de manejo Integral de cuencas	13
1.2. Definición de una Cuenca Hidrográfica:	13
1.3. Clasificación de las Cuencas Hidrográficas	14
1.4. Elementos básicos de una Cuenca Hidrográfica:	15
1.5. Partes de una Cuenca Hidrográfica:	17
1.5.1 Cuenca Alta.	17
1.5.2. Cuenca media.	17
1.5.3. Cuenca Baja.....	18
1.6. Evolución de la concepción sobre Cuencas Hidrográficas:	18
CAPÍTULO II	20
REGIONES HIDROGRÁFICAS	20
2.1 Cuenca hidrográfica	20
2.1.1 Ilustración inicial: modelo teórico	21
2.1.2 Ilustración real: modelo práctico	22
2.2 Divisorias	24
2.3 Clasificación de los cursos de agua	26

2.3.1 Perennes	26
2.3.2 Intermitentes	26
2.3.3 Efímeros	26
2.4 Características físicas de la cuenca	26
2.4.1 Área de drenaje	28
2.4.2 Forma de la cuenca	29
2.4.3 Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad.	29
2.4.4 Factor de forma (Kf)	30
2.5 Sistemas de Drenaje	32
2.5.1 Orden de las corrientes de agua	32
2.5.2 Densidad de drenaje (Dd)	33
2.5.3 Extensión media de la escorrentía superficial y sinuosidad de la corriente	34
2.5.7 Sinuosidad de la corriente	34
2.6 Características del relieve de la cuenca hidrográfica.	35
2.6.1 Pendiente de la cuenca hidrográfica	35
2.6.1.1 Pendiente media total de la corriente principal:.....	35
2.6.1.2 Pendiente parcial de la corriente principal:	36
FORMA DEL RELIEVE	37
2.6.2 Curva Hipsométrica.....	37
2.6.3 Elevación media	37
CAPITULO III	40
EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO CON FINES DE PRIORIZACIÓN EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ÁNGEL	40
3.1 Caracterización de la cuenca	40
3.1.1 Clima e hidrología	41
3.1.2 Balance hídrico.....	43
3.1.3 Caudales e Hidrología	60
.....	68
3.1.4 Microcuencas.....	68
3.1.5 Usos y calidad del agua	69
3.1.6 Suelos.....	76
Inceptisoles	77
Molisoles.....	78
3.1.7 Geomorfología	82
3.1.8 Uso del suelo.....	84
3.1.9 Erosión potencial y actual	86
3.1.10 Zonas de vida y biodiversidad	87
3.2 Administración de la cuenca.....	88
3.2.1 Política.....	88

3.2.2 Socioeconómico	89
3.2.2.1 Demografía	91
3.2.2.2 Estructura ocupacional	91
3.2.2.3 Estructura social	97
3.2.3 Económica	101
3.2.4 Recursos Humanos.....	102
3.3 Aspectos Técnicos	103
3.3.1 Potencial de recursos.....	103
3.3.1.1 Agua.....	103
3.3.1.2 Suelo	103
3.3.1.3 Forestal	104
3.3.2 Aprovechamiento de recursos	105
3.3.2.1 Agua.....	105
3.3.2.2 Suelo	105
3.3.2.2.1 Fines agrícolas	106
3.3.3 Impactos ambientales negativos	106
3.3.3.1 Erosión del suelo	107
3.3.3.2 Sedimentación	110
3.3.3.2 Saturación y Salinización	111
3.3.3.3 Inundaciones	112
3.3.3.4 Contaminación del agua	113
CAPITULO IV.....	114
GESTION Y MANEJO DE CUENCAS.....	114
4.1 Los diferentes enfoques de gestión y manejo de cuencas	115
4.1.1 El enfoque proteccionista	115
4.1.2 El enfoque hidráulico	116
4.1.3 El enfoque sistémico	117
4.1.4 El nuevo enfoque	117
4.2 El manejo de cuencas	118
4.3 Gestión de cuencas.....	121
4.3.1 El equipo multidisciplinario.....	122
4.3.2 Los actores sociales principales de las cuencas.	123
4.3.3 Presupuesto y Administración.	124
4.3.4 La instalación y desarrollo de una autoridad de las cuencas.	125
4.3.5 Legislación específica para la instalación de la autoridad y lograr un presupuesto suficientemente estable.	125
4.3.6 El plan y ejecución de desarrollo de la cuenca.	126
4.3.7 Supervisión y seguimiento periódico.	126
4.4.Principales problemas para un manejo sustentable en las cuencas	127

4.4.1 Alto crecimiento demográfico	127
4.4.2 Producción deficitaria de alimentos	128
4.4.3 Escasez de agua	129
4.4.4 Escasez de tierras agrícolas.....	129
4.4.5 Subsidios en el mercado mundial de alimentos	130
4.4.6 Políticas nacionales inadecuadas.....	131
4.4.7 Falta de apoyo a la pequeña agricultura y a su organización empresarial	131
4.4.8 Niveles crecientes de pobreza y de deforestación	131
4.5 Principales acciones a desarrollar en la búsqueda de un manejo sustentable de las cuencas hidrográficas	132
4.5.1 Aumento de la producción, productividad y rentabilidad	132
4.5.2 diversificación de la actividad económica rural	132
4.5.3 Decisión y apoyo gubernamental	133
4.5.4 Disminución del riesgo.....	133
4.5.5 Capacitación permanente.....	134
4.5.6 Coordinación interinstitucional permanente.....	134
CAPÍTULO V	135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
5.1.CONCLUSIONES:	135
5.2.RECOMENDACIONES:	137
ANEXOS	139

INTRODUCCION

Uno de los mayores problemas que se tiene en el país, es la inexistencia de un plan maestro de manejo y conservación de cuencas hidrográficas a nivel nacional. Con el desarrollo de esta disertación de grado, se pretende coadyuvar al conocimiento de todos los componentes que existen en la cuenca que abarca la población del Ángel, y así optimizar el consumo de agua y elevar la calidad de la misma. Además se conoce, que de acuerdo a las leyes de ordenamiento territorial vigentes, todos los gobiernos locales tienen la obligación de satisfacer esta necesidad básica.

En primer lugar, ayudados de un plano cartográfico se ha limitado el área del proyecto, en el cual se puede distinguir la presencia de los siguientes ríos: río Bobo, río Huarmiyacu y el río Cariyacu; el área total del proyecto es de 4928 hectáreas, de las cuales 127.92 hectáreas están ocupadas por asentamientos poblacionales y el resto de superficie esta destinada a la producción agrícola; vale la pena mencionar, que la cuenca se encuentra en un piso bioclimático frío.

JUSTIFICACIÓN:

Una de las falencias que tiene la gestión de los municipios y consejos provinciales, es que se carece de una planificación referente al manejo de cuencas hidrográficas. Este trabajo, cuenta con el aval y el conocimiento del municipio del cantón Espejo, por lo que puede convertirse en una herramienta válida para la programación estratégica del año 2011.

El estudio, permitirá la optimización de los recursos hídricos, además permitirá preservar la calidad del agua, siguiendo las normativas existentes en diferentes

entidades de estatales de nuestro país; además permitirá la optimización del recurso agrario y ganadero en esta zona del país.

OBJETIVOS:

a) OBJETIVO GENERAL:

El objetivo general de la presente disertación, es el manejo integral y sustentable de la microcuenca hidrográfica del río el Ángel, que puede ser implementado por las autoridades locales para que beneficie la población que se encuentra dentro del área del proyecto.

b) OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar un estudio socioeconómico de la zona del proyecto, en el cual se determine las principales actividades económicas que se tiene en la zona del proyecto.
- Determinar qué cultivos se produce en la zona del proyecto y cuál es el beneficio económico que los mismos presentan, considerando que la implementación del sistema de riego garantiza un alto nivel productivo.
- Si se implementa un manejo sustentable, se protegerá a los recursos naturales como es el agua y a la biodiversidad que a nivel mundial se ha concientizado que debe ser protegida para las futuras generaciones.

ALCANCE:

El presente estudio comprende:

- Investigación cartográfica de la cuenca en los archivos del Instituto Geográfico Militar
- Investigación de datos agrícolas en entidades gubernamental SISAGRO.
- Delimitación del área de estudio.
- Recolección de la información meteorológica de la zona.
- Determinación del nivel socioeconómico de la población.
- Estudio geomorfológico de la zona del proyecto.
- Propuesta de planes de manejo integral para la cuenca.
- Determinación del patrón de cultivos.
- Determinación de las necesidades de agua de los cultivos.
- Resultados y conclusiones del estudio.

El área del proyecto será 4928 hectáreas y abarca 13 515 habitantes.

CAPÍTULO I

Elementos básicos sobre Cuencas Hidrográficas.

1.1. Plan de manejo Integral de cuencas

Un plan de manejo integral, es el proceso de análisis de la situación presente de un determinado territorio, y de reconstrucción mediante la colecta de información de lo que este fue en el pasado y de las causas o factores que han intervenido en dicho territorio. En la elaboración del plan, el análisis previo permite conocer el estado actual de la cuenca en estudio y así recuperar en un futuro los recursos naturales deteriorados, la preservación de los que aun existen y su aprovechamiento sustentable, de tal forma que contribuya al mejoramiento de las condiciones de vida de los actores que conviven con el territorio y su naturaleza.

Para garantizar la ejecución del plan y sobretodo, para asegurar la sustentabilidad de las acciones previstas de él, se precisa:

- Ampliar la participación de los diferentes actores relacionados con el territorio.
- Considerar desde la formulación del plan, la aplicación de enfoques de equidad étnica y de género.
- El plan debe ser viable y conciliatorio en términos sociales, ambientales y económicos.

1.2. Definición de una Cuenca Hidrográfica:

Una cuenca hidrográfica, es el área física geográfica debidamente delimitada, en donde las aguas superficiales y subterráneas vierten a una red natural, mediante uno o varios

cauces de caudal continuo o intermitente, que confluyen a la vez a un curso mayor que desemboca o puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de agua, en un pantano o directamente al mar.¹ También se puede conceptualizar, como una unidad natural que sirve de base como territorio para articular procesos de gestión que tienden al desarrollo sustentable.

Las *microcuencas* son unidades mínimas de una cuenca más grande y por ende son partes constituyentes de ésta, cada microcuenca se caracteriza por tener un comportamiento microclimático, una conformación fisiográfica, una oferta de recursos naturales, una actividad productiva modeladora, una calidad de vida y una racionalidad socio-productiva que la hacen única.

Gráfico 1.1, Microcuenca del Río El Ángel



1.3. Clasificación de las Cuencas Hidrográficas

Existen tres tipos de cuencas:

- *Exorreicas*: son aquellas que drenan sus aguas al mar o al océano; un ejemplo es la cuenca del Plata, en Sudamérica.
- *Endorreicas*: son las que el agua no tiene salida superficialmente por ríos, hacia el mar. Cualquier lluvia o precipitación que caiga en una cuenca endorreica permanece

¹ Galo Manriquez Y., “Cuencas Hidrográficas”, pág.4

allí, abandonando el sistema únicamente por infiltración o evaporación; un ejemplo es la cuenca del río Desaguadero, en Bolivia.

- *Arreicas*: son aquellas en donde las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje.

1.4. Elementos básicos de una Cuenca Hidrográfica:²

Dentro de los elementos principales de una cuenca podemos citar los siguientes:

- **Contorno o divisoras de agua.-** Constituye el límite de una cuenca, entendiéndose por divisoras de agua la cota o altura máxima que divide a dos cuencas contiguas.
- **Área.-** Constituye el espacio ocupado por un sistema hidrográfico.
- **Sistema Hidrográfico.-** Constituye el sistema que se encuentra dentro de la cuenca y consta de: Cauce principal y afluentes; cada afluente tiene su propia área, por lo que una cuenca puede dividirse en varias subcuencas y éstas a la vez en microcuencas.
- **Vertientes.-** Territorio por donde circula el agua de los ríos que van a parar al mismo mar o al mismo río
- **Cauce.-** El cauce constituye el área viva donde se mueve el río.

Además se puede identificar elementos correspondientes a recursos naturales, ictiológicos, mineros y por otro lado el factor antrópico (acción humana). Considerando a la organización institucional, la coordinación interinstitucional, y el marco normativo que se pueda tener o dar para el manejo o tratamiento de la cuenca hidrográfica.

Los elementos más importantes son:

² Galo Manriquez Y., “Cuencas Hidrográficas”, págs.4-6

- **El Agua.-** Elemento fundamental de la vida y de la cuenca, ya que permite potenciar o disminuir la capacidad productiva de los suelos.
- **El Suelo.-** Este factor favorece a la vida humana, animal y vegetal si se relaciona de manera adecuada con el agua de buena calidad.
- **El Clima.-** Define el nivel de temperatura, precipitación, nubosidad, y otros elementos favorables o adversos para la actividad biológica.
- **La Vegetación.-** Importante en el ciclo hidrológico debido a la evapotranspiración que origina, a la acción de amortiguamiento y protección del impacto del agua sobre el suelo, además transforma el dióxido de carbono en oxígeno.
- **La Topografía.-** La pendiente y topografía del terreno permiten que el agua, al discurrir adquiera ciertas velocidades.

Gráfico 1.2 Vegetación de la Microcuenca del Río El Ángel



Gráfico 1.3 Río El Ángel



1.5. Partes de una Cuenca Hidrográfica:³

Una cuenca hidrográfica se la puede definir en base a criterios de altitud, en donde las condiciones de acumulación, transporte, erosión, deposición, difieren considerablemente y permiten consideraciones diversas y amplias en su manejo y conservación; las partes de una cuenca son:

1.5.1 Cuenca Alta.

Llamada también cuenca de captación, es de gran importancia para el manejo, ya que aquí es donde se inicia el funcionamiento de la cuenca; del trabajo y uso que se le de a esta parte, dependerá los resultados para una planificación aguas abajo.

1.5.2. Cuenca media.

Llamada también como zona de desagüe o escurrimiento; en esta parte, las condiciones hidrológicas e hidráulicas son muy importantes para diversos aspectos de planificación, se tiene conocimientos de los caudales, niveles, carga y transporte, que permitirán un desarrollo aguas abajo.

³ Galo Manriquez Y., “Cuencas Hidrográficas”, pág. 8

1.5.3. Cuenca Baja.

Conocida también como área de deposición, zona en donde especialmente el agua puede ser objeto de un uso adecuado, mediante su manejo racional que permitirá procesos de planificación y ordenación de los suelos.

1.6. Evolución de la concepción sobre Cuencas Hidrográficas:

La concepción sobre el manejo de cuencas hidrográficas ha evolucionado, mas como una respuesta a los diferentes eventos naturales y catástrofes, que por un proceso sistemático preventivo de planificación. A estas, se las ha manejado como una disciplina aislada y sectorial, cuando en realidad es una pauta de tendencia transversal, a todas las actividades del desarrollo que se despliegan en un área geográfica.

A medida que pasa el tiempo, el concepto de cuenca hidrográfica ha tomado otro enfoque, ya que el manejo de la misma, debe garantizar la provisión del recurso agua a la creciente demanda.

La evolución del concepto de manejo de cuencas ha sido una respuesta a eventos naturales, importando conceptos técnicos de los países desarrollados; se incorpora el componente social con algunas consecuencias:⁴

- Pérdida de enfoque en los aspectos hidrológicos.
- Más interés en mejorar las condiciones de vida.
- Más enfoque hacia transferencias de tecnología.
- El conflicto de intervención entre áreas y productores.

Otro componente de esta evolución, es la disciplina para gestionar el desarrollo en el marco de las cuencas hidrográficas, basado en el uso de los recursos naturales, en función de la alteración permisible de las características físicas, químicas y biológicas

⁴ Carlos Rivas, “Evolución del concepto sobre EL Manejo de cuencas en la Región Mesoamericana” . Internet. www.icran.org. Acceso: 18 de Agosto del 2010.

del recurso *agua* y que debe resultar en suplir las necesidades presentes y futuras de la sociedad, proporcionando la calidad de vida en equilibrio ambiental.⁵

⁵ Carlos Rivas, “Evolución del concepto sobre EL Manejo de cuencas en la Región Mesoamericana” . Internet. www.icran.org. Acceso: 18 de Agosto del 2010.

CAPÍTULO II

REGIONES HIDROGRÁFICAS

El objetivo de este capítulo, es definir las regiones hidrográficas, las cuales pueden ser delimitadas política o topográficamente, o ser arbitrariamente determinadas. Después se abordarán sus características físicas, procurando medir numéricamente las influencias de dichas características, con la finalidad de conocer algunos índices que sirvan de comparación entre regiones hidrográficas.

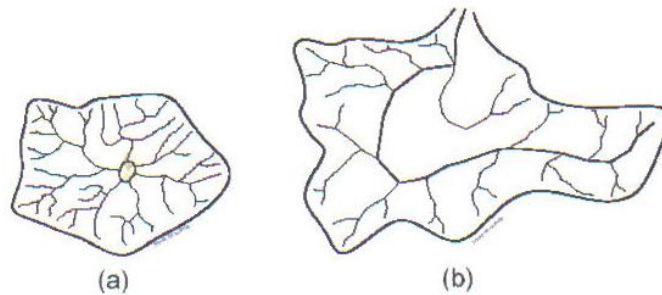
2.1 Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica, es aquella área definida topográficamente, drenada para un curso de agua, al que todo el caudal afluente es descargado a través de una salida simple⁶. Es una zona de la superficie terrestre, en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella, tienden a ser drenadas por el sistema de corriente hacia un mismo punto de salida. La definición anterior se refiere a una cuenca superficial; asociada a cada una de éstas, existe también una cuenca subterránea cuya forma en planta es semejante a la superficial. De ahí la aclaración de que la definición es válida si la superficial fuera impermeable.

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: *endorreicas* y *exorreicas*; en las primeras, el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca estando en otra corriente o en el mar.

⁶ Hart, Edwin. Basic Hidrology.

Gráfico 2.1. Cuenca a) endorreica y b) exorreica



Las cuencas hidrográficas, son algo más que sólo áreas de desagüe en o alrededor de nuestras comunidades. Son necesarias, para dar apoyo al hábitat para plantas y animales, proporcionando agua potable para las personas y la vida silvestre. La protección de los recursos naturales en las cuencas hidrográficas, es esencial para mantener la salud y el bienestar de todos los seres vivos, tanto ahora como en el futuro.

2.1.1 Ilustración inicial: modelo teórico

La evaluación de los recursos hídricos en una cuenca, requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprende el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua cae en un determinado sitio por precipitación y se reparte por medio de los procesos de evapotranspiración, escorrentía e infiltración (Dingman2002). Según Weiskel, la ecuación de balance hidrológico aplicada a una cuenca se define como:

Ecuación fundamental de la hidrología⁷

$$I-O = \Delta S / \Delta t$$

Donde:

I= Precipitación

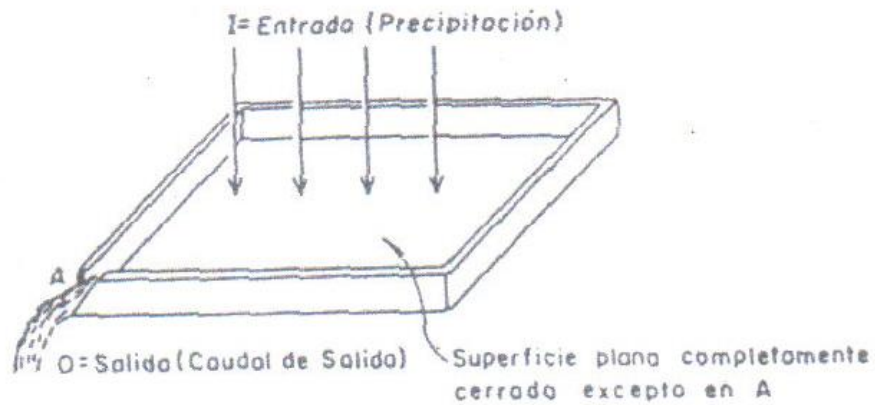
ΔS= Variación de superficie

O= Caudal de salida

Δt= Variación en el tiempo

⁷ Mecánica de Fluidos, Shames, I., Mc. Graw-Hill, Bogotá, 1995

Gráfico 2.2 Modelo del Sistema Hidrológico simple

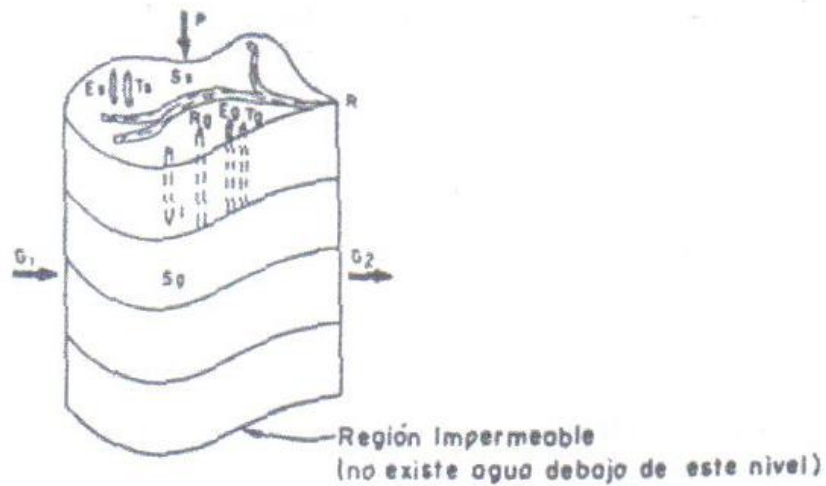


Se exige que una altura mínima se acumule en la superficie para que haya escorrentía en A . En este sistema, toda la precipitación será transformada en caudal, siempre y cuando sean despreciables las pérdidas por evaporación, durante el tiempo de “entrada”.

2.1.2 Ilustración real: modelo práctico

Pérdidas diversas ocurren durante el proceso; el proceso de evaporación se presenta desde que inicia la precipitación. Por otro lado, la superficie del terreno no es tan plana como la del modelo ideal, existen depresiones del terreno, al caer el agua y acumularse puede ser evaporado o infiltrarse en éste. Además cuando el agua llega al nivel de escorrentía, continúa sufriendo el proceso de evaporación, en cantidades que pueden no ser despreciables

Gráfico 2.3 Esquema de balance hídrico



También en el proceso de infiltración, al penetrar al suelo, el agua sigue diversos caminos, quedando almacenada temporalmente en dicho medio, de ahí, por medio del proceso de percolación, continúa a estratos más profundos, formando el nivel freático, o se mueve lateralmente, como escorrentía subterránea, y puede surgir superficialmente como fuente de escorrentía superficial o según la localización de la divisoria del nivel freático, puede escurrir hacia otra hoya.

En donde: (véase Fig. No 2.3):

P: Precipitación

R: Escorrentía superficial

E: Evaporación

T: Transpiración

I: Infiltración

S: Almacenamiento

G1: Escorrentía subterránea errante

G2: Escorrentía subterránea saliente

Rg: Escorrentía sub-superficial que aparece como escorrentía superficial

Los subíndices s y g significan el origen del vector, encima y debajo de la superficie del suelo respectivamente.

2.2 Divisorias

La *divisoria*, también llamada parteaguas, es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas. Esta línea separa las precipitaciones que caen en cuencas inmediatamente vecinas y dirige la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial. Esta línea, atraviesa el curso de agua únicamente en la salida de la cuenca, une los puntos de máxima cota entre cuencas, lo que no impide que dentro de la cuenca existan cotas más elevadas que cualquier punto de la divisoria.

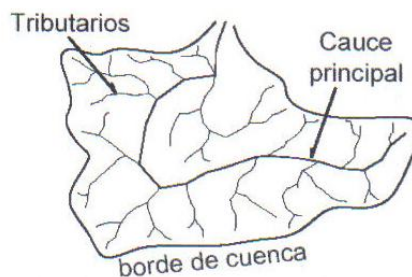
Los terrenos de una cuenca son delimitados por 2 tipos de divisorias: divisoria topográfica o superficial y divisoria freática o subterránea, de donde se deriva el caudal base de la cuenca. Las dos divisorias difícilmente coinciden. La divisoria freática varía con la posición del nivel freático, y es el límite del área que contribuye agua subterránea a cada sistema de corrientes; generalmente se determina de la estructura geológica, aunque a veces está influenciada por la topografía. La divisoria topográfica es el límite de área de una cuenca de desagüe, que determina el área en la cual se deriva la escorrentía; se acostumbra definir el área de drenaje de una cuenca de acuerdo con su divisoria topográfica.

Fig. No 2.4 Corte Transversal de una hoya hidrográfica



El nivel freático, es el nivel que se establece debajo de la superficie del terreno por acumulación de agua. Sobre un acuífero actúa la presión atmosférica; el caudal base es el caudal dado por el nivel freático. En la figura 2.4, se muestra un ejemplo del trazo de parteaguas, considerando en todo momento que éste debe ser perpendicular a las líneas de igual elevación. A su vez se muestran los escarpes por los que se traza el borde, siempre pensando en la dirección en la que una gota de agua se movería hacia la cuenca de drenaje, hasta llegar al punto de análisis. Se debe tener presente que el agua corre siempre de cotas altas a bajas.

Fig. No 2.5 Principales partes de una cuenca.



2.3 Clasificación⁸ de los cursos de agua

Con base en la constancia de la escorrentía, los cursos de agua se pueden dividir en:

2.3.1 Perennes

- Corrientes de agua todo el tiempo
- La profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.
- El nivel de agua subterráneo mantiene la alimentación continua y no desciende nunca debajo del lecho del río.

2.3.2 Intermitentes

- Corrientes que se escurren en estaciones de lluvia y se secan durante el verano.
- El nivel de agua subterráneo, se conserva por encima del nivel del lecho del río sólo en la estación lluviosa, en estación de estiaje el escurrimiento cesa, u ocurre solamente durante o inmediatamente después de las tormentas.

2.3.3 Efímeros

- Existen apenas durante o inmediatamente después de los períodos de precipitación, y sólo transporta escurrimiento superficial.

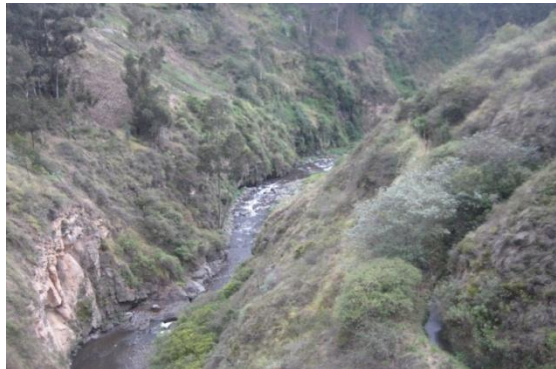
Al río “El Ángel” se lo clasifica como perenne

2.4 Características físicas de la cuenca

Las características físicas de una cuenca hidrográfica, dependen principalmente de la morfología, los tipos de suelo, la capa vegetal, y la geología. Estos elementos físicos, proporcionan la posibilidad más conveniente de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico

⁸ Monsalve G.S (1999) Hidrología en la Ingeniería, Alfaomega

Gráfico 2.6 Elementos morfológicos de la microcuenca del Río El Ángel



También, existen otros elementos como las actividades agrícolas, y las diferentes actividades que se realizan en la zona; las principales características físicas se muestran en la tabla 1. (Monsalve, 1995).

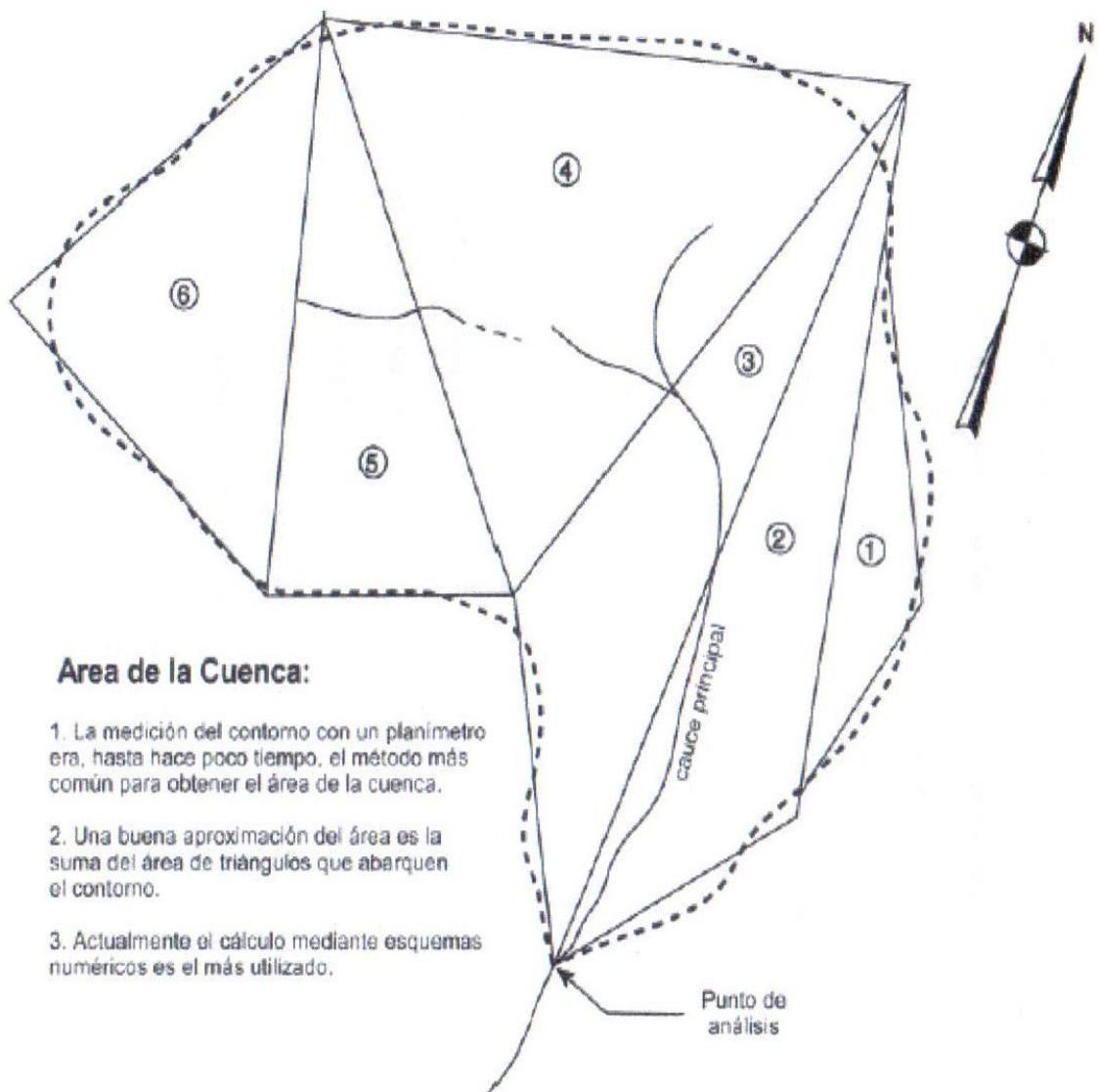
Tabla 2.1 Características físicas de la cuenca

ELEMENTOS FÍSICOS	FACTORES
Área de drenaje	
Forma de la hoya	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coeficiente de compacidad. ➤ Factor de forma
Sistema de drenaje	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tipo de clasificación de la cuenca hidrográfica.(Orden de las corrientes de agua, densidad de drenaje entre otros.). ➤ Extensión media de la escorrentía superficial. ➤ Sinuosidad y longitud de las corrientes de agua.
Características del relieve de una hoya	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pendiente de la hoya. ➤ Curva hipsométrica. ➤ Elevación media de la hoya ➤ Pendiente de la corriente principal Rectángulo equivalente
Suelos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Naturaleza. ➤ Color y tipo de vegetación. ➤ Permeabilidad. ➤ Granulometría.

2.4.1 Área de drenaje

Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas o divisoria de la cuenca. El área de drenaje representa la extensión de drenaje promedio de las corrientes.

Gráfico 2.7, Métodos para Obtener el área de una Cuenca.



2.4.2 Forma de la cuenca

Esta característica es importante, pues se relaciona con el *tiempo de concentración*, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya a la salida de la misma.

Dos cuencas que tengan la misma área, podrán tener respuestas hidrológicas completamente diferentes en función de su forma, ya que ésta condicionará el *tiempo de concentración*. Los parámetros que miden la forma de la cuenca son el índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc) y el factor de forma (Kf)

2.4.3 Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad.

El índice o coeficiente de compacidad Kc , se debe a Gravelius, y es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca. El coeficiente de compacidad, está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de la cuenca hasta el desagüe⁹; En¹⁰ 1993, se da la siguiente expresión para el cálculo teórico del índice de Gravelius:

$$Kc = \frac{\text{Per. Cuenca}}{\text{Per. Círculo}} = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Siendo P y A el perímetro y el área de la cuenca, respectivamente. En cualquier caso el coeficiente será mayor que 1, tendiendo a la unidad cuando la cuenca se aproxima a la forma circular, y alcanzando valores próximos a 3 en cuencas muy alargadas.

⁹ Guía didáctica, “Cuencas Hidrográficas”. Internet. www.utpl.edu.ec. Acceso: 25 de septiembre del 2010

¹⁰ Ing. D. Llamas en 1993, define el índice de Gravelius

Este valor que crece con la irregularidad de la forma de la cuenca, permita clasificar a una cuenca como:

$K_i = 1.00-1.25$, Redonda

$K_i = 1.25-1.5$, Ovalada

$K_i = 1.50-3.00$, Oblonga

Datos:

Perímetro Cuenca: 31.25 km

Área Cuenca: 49.28 km²

$$K_c = 0,282 \frac{31.25 \text{ km}}{\sqrt{49.28 \text{ km}^2}}$$

$$K_c = 1.26$$

Según el valor obtenido de K_c , se puede clasificar a la cuenca en estudio como una Cuenca Ovalada, ya que el K_c se encuentra en el rango de 1.25 a 1.50.

2.4.4 Factor de forma (K_f)

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca, se mide cuando se sigue el curso de agua más largo, desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca. Este índice, da alguna indicación de la tendencia de la cuenca hacia las crecidas; así, las cuencas con factores de forma bajos, son menos propensas a tener lluvias intensas y simultáneas sobre su superficie, que en una cuenca con un área de igual tamaño con un factor de forma mayor.¹¹

El ancho medio B , se obtiene cuando se divide el área por la longitud axial de la cuenca.

¹¹ Guía didáctica, “Cuenas Hidrográficas”. Internet. www.utpl.edu.ec. Acceso: 25 de septiembre del 2010

$$Kf = B/L$$

$$B = A/L$$

$$Kf = A/L^2$$

En donde:

B = Ancho medio en km

L = Longitud de la cuenca en km

A = Área de drenaje en km²

Datos:

Área: 49.28 km²

Longitud de la Cuenca: 11.75 km

$$B = \frac{49.28 \text{ km}^2}{11.75 \text{ km}}$$

$$B = 4.19 \text{ km}$$

$$Kf = \frac{4.19 \text{ km}}{11.75 \text{ km}}$$

$$Kf = 0.36$$

El factor de forma es bajo, lo que indica que la microcuenca en estudio no es propensa a tener lluvias intensas.

Gráfico 2.8, Factor de Forma Kf.

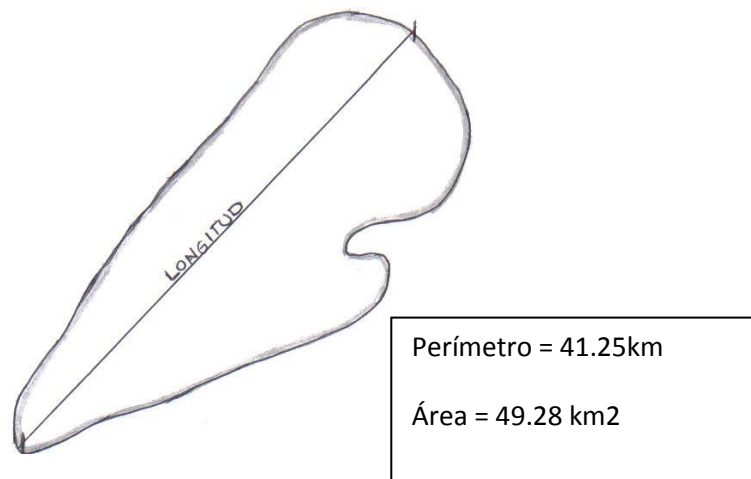
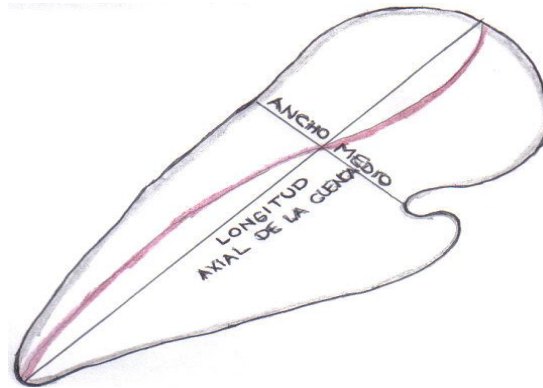


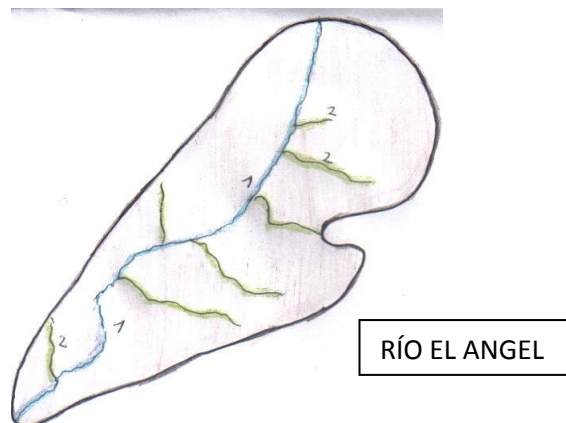
Gráfico 2.9, Factor de Forma Kf Esquema.



2.5 Sistemas de Drenaje

Está constituido por el río principal y sus tributarios.

Gráfico 2.10, Sistema de Drenaje



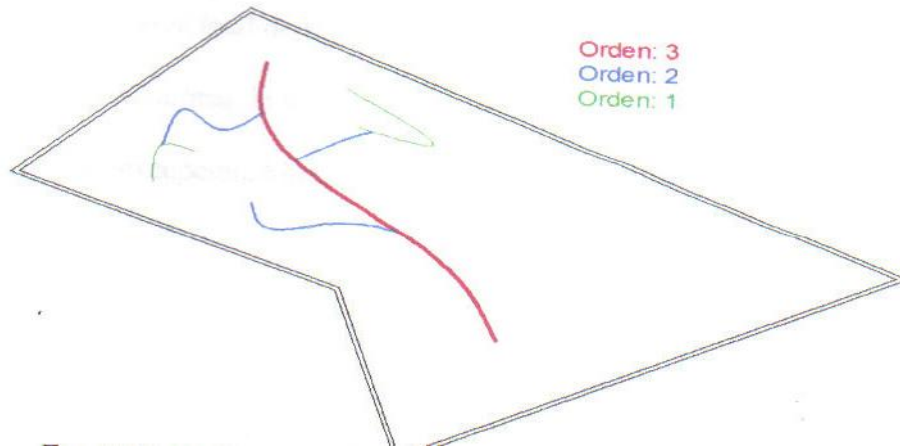
2.5.1 Orden de las corrientes de agua

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de la cuenca¹².

- Corrientes de primer orden: Pequeños canales que no tienen tributarios.
- Corrientes de segundo orden: Cuando dos corrientes de primer orden se unen.
- Corrientes de tercer orden: Cuando dos corrientes de segundo orden se unen.
- Corrientes de orden $n+1$: Cuando dos corrientes de orden “ n ” se unen.

¹² Tomado de Aparicio, M.F.J. (1994).

Fig. No 2.11, Esquema de orden de las corrientes



El orden de corriente del Río El Ángel es de segundo orden.

2.5.2 Densidad de drenaje (Dd)

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total.

$$Dd = L/A \text{ en km/km}^2$$

En donde:

L = longitud total de la corriente de agua en Km.

A = área total de la cuenca en km²

La Dd usualmente toma valores de 0.5 km/km² para cuencas con drenaje pobre y de 3.5 km/km² para hoyas excepcionalmente bien drenadas.

L= 84.75 km

A= 49.28 km²

$$Dd = \frac{84.75 \text{ km}}{49.28 \text{ km}^2}$$

$Dd = 1.72$

De acuerdo al valor obtenido, se puede concluir que la cuenca consta de un drenaje mediano según el rango de valores.

2.5.3 Extensión media de la escorrentía superficial y sinuosidad de la corriente

Se llama escorrentía, a la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida uniformemente, normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real.

Gráfico 2.12, Escorrentía



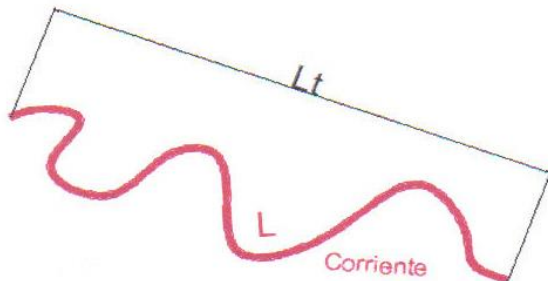
2.5.7 Sinuosidad de la corriente

Se entiende como sinuosidad de la corriente, a la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo de su cauce, L , y la longitud del valle del río principal medida en línea curva o recta, L_t .

$$S = L/L_t \text{ Valor adimensional.}$$

Este parámetro da una medida de la velocidad de la escorrentía del agua a lo largo de la corriente.

Gráfico 2.15, Sinuosidad de la Corriente



Un valor de S menor o igual a 1.25 indica una baja sinuosidad. Se define, entonces como un río con alineamiento “recto”.

Datos:

$$L = 12.8 \text{ km}$$

$$L_t = 10.5 \text{ km}$$

$$S = 12.8/10.5$$

$$S = 1.22$$

El valor de $S = 1.22$, indica una sinuosidad baja, por lo que se concluye que el Río El Ángel tiene un alineamiento “recto”.

2.6 Características del relieve de la cuenca hidrográfica.

2.6.1 Pendiente de la cuenca hidrográfica

2.6.1.1 Pendiente media total de la corriente principal:

- Pendiente media (S_1)

Se define como la diferencia de elevación en el lecho del río para la longitud de su corriente

$$S_1 = \frac{\Delta h}{L} * 100$$
$$S_1 = \frac{2920 - 2240}{12800 - 0} * 100$$

$$S_1 = 5.3\%$$

2.6.1.2 Pendiente parcial de la corriente principal:

Tabla 2.1 Pendiente de la corriente del Río El Ángel

Pendiente de la corriente			
Cota (m)	Δh	Distancia (m)	Pendiente (%)
2920			
	40	250	16
2880			
	40	8500	4,71
2840			
	40	7500	5,33
2800			
	60	9800	6,12
2740			
	20	6000	3,33
2720			
	40	9000	4,44
2680			
	40	6000	6,67
2640			
	40	4500	8,89
2600			
	40	5500	7,27
Cota (m)	Δh	Distancia (m)	Pendiente (%)
2560			
	40	5500	7,27
2520			
	40	7500	5,33
2480			
	40	4000	10,00
2440			
	40	6500	6,15
2400			
	40	4000	10,00
2360			
	40	5500	7,27
2320			
	40	6500	6,15
2280			
	40	5500	7,27
2240			
	40	6500	6,15
2200			

A continuación una clasificación según Henao (1988) de las pendientes:¹³

Tabla 2.2 Clasificación de rango de pendientes

	Rango de pendiente (%)	FORMA DEL RELIEVE
1	0 - 5	Pendiente débil, plano o casi plano.
2	5 - 12	Pendiente con inclinación regular, suave o ligeramente ondulada
3	12 - 25	Pendiente irregular, ondulación moderada.
4	25 - 50	Pendientes fuertes, colinado.
5	50 - 70	Pendientes muy fuertes, escarpado.
6	>70	Pendientes abruptas, montañoso

Como se puede observar en la tabla 2.2 la corriente principal (Río El Ángel) existen pendientes de clase uno y clase dos, por lo que se concluye que en ciertos tramos el terreno es casi plano y en otros posee una inclinación regular, suave o ligeramente ondulada, lo que favorece a la actividad agrícola de la zona.

2.6.2 Curva Hipsométrica

Es la representación gráfica del relieve de una hoya. Representa el estudio de la variación de la elevación de los varios terrenos de la cuenca, con referencia al nivel del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico, que muestra el porcentaje de área de drenaje, que existe por encima o por debajo de varias elevaciones.

Dicho gráfico se puede determinar planimetrando las áreas entre curvas de nivel.

2.6.3 Elevación media

Este es un importante parámetro, que tiene una marcada influencia sobre la precipitación, las pérdidas de agua por evaporación, y transpiración. Para el cálculo de la elevación media se apoya en la curva hipsométrica la cual representa el porcentaje de área acumulada igualado o

¹³ Guía didáctica, “Cuencas Hidrográficas”. Internet. www.utpl.edu.ec. Acceso: 25 de septiembre del 2010

excedido para una cota determinada, para la hoya en estudio se presenta a continuación la curva hipsométrica:

Tabla 2.2 Curva Hipsométrica de la microcuenca del Río El Ángel

a hipsométrica de hoya hidrografica
Elevación media de la cuenca

Cotas intervalo de clase (msnm)	Cota media del intervalo (msnm)	Área (Km ²)	Área acumulada (Km ²)	Porcentaje de área (%)	Porcentaje acumulado de área (%)	Cota media Intervalo * Área
2920 - 2880	2900	0,9	0,9	2,09	2,09	2610
2880 - 2840	2860	3,6	4,5	8,36	10,45	10296
2840 - 2800	2820	2,06	6,56	4,78	15,23	5809,2
2800 - 2740	2770	4,67	11,23	10,84	26,07	12935,9
2740 - 2720	2730	3,04	14,27	7,06	33,12	8299,2
2720 - 2680	2700	5,53	19,8	12,84	45,96	14931
2680 - 2640	2660	3,07	22,87	7,13	53,09	8166,2
2640 - 2600	2620	2,39	25,26	5,55	58,64	6261,8
2600 - 2560	2580	2,75	28,01	6,38	65,02	7095
2560 - 2520	2540	2,55	30,56	5,92	70,94	6477
2520 - 2480	2500	3,41	33,97	7,92	78,85	8525
2480 - 2440	2460	1,54	35,51	3,57	82,43	3788,4
2440 - 2400	2420	2,42	37,93	5,62	88,05	5856,4
2400 - 2360	2380	0,9	38,83	2,09	90,13	2142
2360 - 2320	2340	0,7	39,53	1,62	91,76	1638
2320 - 2280	2300	1,6	41,13	3,71	95,47	3680
2280 - 2240	2260	1,1	42,23	2,55	98,03	2486
2240 - 2200	2220	0,85	43,08	1,97	100,00	1887
						103193,1

Cálculo de la Elevación Media de la cuenca del río El Ángel:

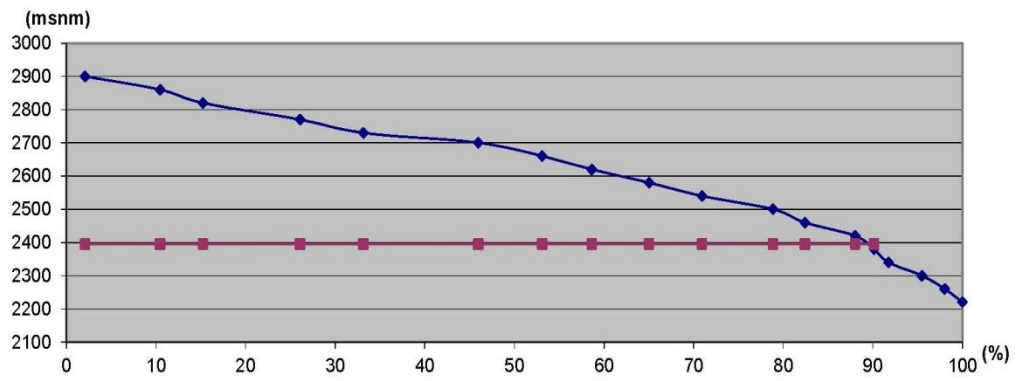
$$E = \frac{\sum_{i=1}^{n1} (CotaMediaIntervalo_i \times \acute{A}rea_i)}{\sum_{i=1}^n (\acute{A}rea_i)}$$

$$\acute{A}reaTotal = 43.08 \text{ Km}^2$$

$$E = \frac{103193.1}{43.08}$$

$$E = 2395.38 \text{ msnm}$$

Curva hipsométrica y elevación media de la cuenca hidrográfica



—◆— Curva hipsométrica de hoya hidrografica
—■— Elevación media de la cuenca

CAPITULO III

Evaluación y diagnóstico con fines de priorización en la cuenca hidrográfica del Río Ángel

3.1 Caracterización de la cuenca

Introducción

La microcuenca del río “El Ángel”, pertenece al sistema hidrográfico del río “Mira”, que drena al Pacífico a través de la cuenca binacional del río “San Juan” en Colombia. La situación hídrica del río “El Ángel”, ha pasado por períodos críticos durante las últimas sequías, así como de un déficit agudo en los períodos de estiaje, reflejando un comportamiento extremo con períodos de grandes crecientes en el período lluvioso, afectando a sectores productivos de importancia binacional.¹⁴

La microcuenca está comprendida entre los 2200 y los 2920 m.s.n.m. en 12,5 km de recorrido.

En la cuenca se localizan importantes recursos florísticos y faunísticos, característicos y únicos de zonas de alta húmeda. La producción agropecuaria, es la principal y casi única fuente de ingresos para la población rural de la cuenca; el conocimiento detallado de la situación de las explotaciones agropecuarias es por tanto, indispensable para conocer la situación productiva y económica de la cuenca.

UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA

La cuenca se encuentra ubicada administrativamente en la provincia del Carchi, específicamente dentro de los límites del cantón Espejo; la microcuenca en estudio se

¹⁴ Mauricio Proaño y Oswaldo Paladines ‘Análisis del sistema agropecuario del río El Ángel. Provincia del Carchi, Ecuador’. Internet. www.condesan.org. Acceso: 28 de Septiembre del 2010.

localiza en la zona andina norte del Ecuador, tiene una superficie territorial de 49,28km² y se ubica entre los paralelos 0° 13' y 0° 45' de latitud norte y entre 78° 05'y 77° 53'10'' de longitud Oeste.

3.1.1 Clima e hidrología

El área de la microcuenca, se encuentra ubicada en las laderas interandinas y llega a niveles de altitud entre los 2200 y 2290 m.s.n.m., con una pluviosidad media de 800 mm y una temperatura media anual de 12 °C (Ver tabla 3.2). La microcuenca del río El Ángel, tiene características geográficas montañosas, solo un 25% del territorio es agrícola arable y el resto es de topografía abrupta, de vocación principalmente forestal y agroforestal.

En la microcuenca, existe un suministro de recursos hídricos abundante en la época lluviosa (Octubre, Noviembre y Diciembre); y deficitario en 4 meses del año (Junio, Julio, Agosto, Septiembre); en el resto de meses se presentan lluvias normales (Ver tabla 3.3). La cuenca es predominantemente escarpada y montañosa, se caracteriza por la presencia de valles con suelos generalmente de buena fertilidad; siendo estos, de origen volcánico y sedimentario. Cabe señalar que la situación hídrica del río el Ángel es crítica durante al menos 3 meses por año, presentando un déficit de 37 a 40 mm por año.

Los estudios de la precipitación, analizan el régimen de lluvias en la región a partir de los datos de estaciones pluviométricas y pluviográficas. El análisis comprende la variabilidad de la precipitación en el tiempo, su distribución sobre el área de estudio, la cuantificación de los volúmenes de agua que caen sobre la zona, y las magnitudes y frecuencias de los aguaceros intensos.

Factores climáticos

Los elementos climáticos, pueden definirse como toda propiedad o condición de la atmósfera, cuyo conjunto caracteriza el clima de un lugar a lo largo de un período de tiempo suficientemente representativo, los factores climáticos son:

- Insolación
- Temperatura del aire y del suelo
- Presión atmosférica
- Viento
- Lluvia
- Humedad
- Luminosidad
- Frontera Bioclimática
- Factores geomorfológicos
- Textura del material del suelo
- Sucesión ecológica
- Impacto de actividades humanas

Recursos Hídricos

La cuenca del río El Ángel, tiene como principales afluentes a los ríos: Chalguayacu, Huarmiyacu, Cariyacu y Bobo, los cuales se ubican todos en la cuenca superior y aportan los mayores caudales. En su tramo medio y bajo, no dispone de afluentes significativos y la mayoría de ellos son quebradas estacionales.

En el área hay identificadas 10 fuentes de agua para consumo humano, algunas requieren un régimen de protección especial, por lo que se recomienda se implemente¹⁵:

- Captación de las parroquias rurales (La libertad, Pueblo viejo)
- Captaciones de las áreas urbanas (El Ángel, Mira, Bolivar, San Isidro)
- Zonas tributarias a las aseQUIAS utilizadas en riego y agua potable.

Los recursos hídricos provenientes de la cuenca presentan diversos usos: consumo humano, agrícola, energético e industrial.; la mayor demanda se presenta para irrigación y abastecimiento de agua potable.

3.1.2 Balance hídrico

El balance hídrico se establece para un lugar y un período dado, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período; las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de las plantas, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración¹⁶. Al balance hídrico, también se lo puede definir como la relación de las variables que intervienen en el ciclo hidrológico, tales como:

- Precipitación
- Evapotranspiración
- Caudal Superficial
- Almacenamiento superficial y subterráneo
- Flujo de Agua subterránea

La primera variable, que interviene en el balance hidrológico se la trató con anterioridad y en detalle en líneas anteriores, por lo que a continuación se habla de la evapotranspiración, que

¹⁵ Mauricio Proaño y Oswaldo Paladines ‘‘Análisis del sistema agropecuario del río El Ángel. Provincia del Carchi, Ecuador’’. Internet. www.condesan.org. Acceso: 28 de Septiembre del 2010.

¹⁶ ‘‘Balance Hídrico’’.Internet. www.hypergeo.eu. Acceso: 3 de Octubre del 2010

en resumen se define, como el agua que transfiere del suelo y plantas por evaporación y transpiración respectivamente.

Al patrón de cultivo, se lo define como un conjunto de productos, para los cuales el terreno y el medio ambiente tienen habilidades para desarrollar dichos productos y sus variedades con absoluta desenvolvura, creando condiciones óptimas para el medio ambiente; por lo que es necesario conocer los patrones de cultivos que se trabajan en la zona y otros que podrían explotarse, dentro de los patrones de cultivo estudiados en la cuenca, se cita los siguientes:

Tabla 3.1 Patrón de cultivo de la microcuenca del Río El Ángel

Provincia	Cantón	Cultivo	Sup Sembrada Has	Sup Cosechada Has	Cant. Cosechada Tm	Cant. Vendida Tm
CARCHI	ESPEJO	Col	8	5	7	4
CARCHI	ESPEJO	Papa	716	698	8895	7972
CARCHI	ESPEJO	Avena	5	5	9	7
CARCHI	ESPEJO	Maíz suave seco	85	66	28	18
CARCHI	ESPEJO	Maíz suave choclo	78	70	211	195
CARCHI	ESPEJO	Tomate riñón	7	6	29	28
CARCHI	ESPEJO	Cebolla blanca	6	6	10	10
CARCHI	ESPEJO	Haba tierna	230	228	2674	2671
CARCHI	ESPEJO	Cebada	650	622	629	545

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario 2000 - MAG/SICA. INEC
Elaboración: MAGAP/SIGAGRO/SIA

Descripción general de cada patrón de cultivo:

COL: Se trata de una planta comestible de fuerte y característico sabor considerado antiguamente como "alimento para los pobres"; esta planta alcanza entre los 30 y 40 cm de altura y tiene hojas verdes rizadas. Se cultiva mayoritariamente en el norte de Europa y en algunos estados del norte de Norteamérica, su cultivo es sencillo y requiere de un clima frío,

la densidad de cultivo alcanza de 5 a 7 plantas por metro cuadrado y tiene una textura apropiada para el consumo si se corta a las 14 o 20 semanas de su cultivo (96-140 días).

Gráfico 3.1, Patrón de cultivo col



Fuente: <http://t1.gstatic.com/images>

PAPA: es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, originaria de América del Sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles, las condiciones de cultivo varían, pero por lo general prefiere suelos ricos en humus, sueltos y arenosos. Para un desarrollo óptimo del producto, se debe tener un suministro adecuado de nutrientes, abastecimiento oportuno de agua, clima con temperaturas de 18 a 25 °C y una alta intensidad lumínica; el crecimiento de los tubérculos puede iniciar lentamente a las 2-4 semanas y continúa en forma constante a través de un largo periodo.

Bajo condiciones favorables el crecimiento de tubérculos puede ser de 800-1000 kg/ha/día.

Gráfico 3.2, Patrón de cultivo papa



Fuente: <http://listas.rpp.com>.

AVENA: es un género de plantas de la familia de las poáceas utilizada como alimento y como forraje para los animales. Su tallo es grueso y recto con poca resistencia al vuelco, su longitud puede variar de 50 cm a un metro y medio; sus hojas son planas y alargadas, con un limbo estrecho y largo de color verde oscuro, sus flores se presentan en espigas de dos o tres de ellas. Es una planta que tiene menor resistencia al frío que la cebada y el trigo, es exigente en agua por su alto coeficiente de transpiración, aunque el exceso puede perjudicarla. Es muy sensible a la sequía, sobre todo en el período de formación del grano.

Gráfico 3.3, Patrón de cultivo avena



Fuente: <http://todococinarecetas.com>

MAÍZ: es una planta anual, su rápido crecimiento le permite alcanzar hasta los 2,5 m de altura, con un tallo erguido, rígido y sólido; algunas variedades silvestres alcanzan los 7 m de altura, por su gran masa de raíces superficiales, es susceptible a sequías, intolerancia a suelos deficientes en nutrientes, y a caídas por vientos fuertes.

Gráfico 3.4, Patrón de cultivo maíz



Fuente: <http://4.bp.blogspot.com>

TOMATE RIÑÓN: es una planta originaria de América y cultivada en todo el mundo por su fruto comestible, dicho fruto es una baya muy coloreada, posee un sabor ligeramente ácido, mide de 1 a 2 cm de diámetro en las especies silvestres, y es mucho más grande en las variedades cultivadas, la temperatura óptima de desarrollo del cultivo de tomate, oscila entre los 20 y 30 °C durante el día y entre 10 y 17 °C durante la noche. La humedad relativa óptima oscila entre 60% y 80%; el tomate necesita de condiciones de muy buena luminosidad, de lo contrario los procesos de crecimiento, desarrollo, floración, polinización y maduración de los frutos pueden verse negativamente afectados; esta planta no es muy exigente en cuanto a los suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, el cual tiene que ser excelente ya que no soporta el anegamiento. No obstante, prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica.

Gráfico 3.5, Patrón de cultivo tomate de riñón



Fuente: <http://t0.gstatic.com/images>

CEBADA: es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas), a su vez, es un cereal de gran importancia tanto para animales como para humanos, se cultiva principalmente en climas fríos y generalmente su distribución es similar a la del trigo. La cebada crece bien en suelos drenados, que no necesitan ser tan fértiles como los dedicados al trigo.

Gráfico 3.6, Patrón de cultivo cebada



Fuente: <http://plantas-medicinales.tv>

HABA: es una planta trepadora herbácea anual, de tallos semi-erectos que se enredan, se desarrolla bien en casi todos los tipos de suelo pero preferible en los que tengan un buen drenaje, aunque soporta también los arcillosos. Los suelos muy ligeros, húmedos o secos no le van bien; prefiere un pH entre 6 y 7,5, requiere bastante humedad y unos 700 mm anuales de lluvia.

Gráfico 3.7, Patrón de cultivo haba



Fuente: <http://www.bedri.es>

CEBOLLA BLANCA:

Es una planta de climas templados, aunque en las primeras fases de cultivo tolera temperaturas bajo cero para la formación y maduración del bulbo, para su cultivo es preferible suelos sueltos, sanos, profundos, ricos en materia orgánica, de consistencia media y no calcárea; es recomendable que el suelo tenga una buena retención de humedad en los 15-25 cm. superiores del suelo. La cebolla es medianamente sensible a la acidez, oscilando el pH óptimo entre 6-6.5.

Gráfico 3.7, Patrón de cultivo haba



<http://www.google.com.ec>:

PASTOS:

Su ciclo de vida comienza con el inicio de las lluvias, crece violentamente hasta mediados de septiembre a partir de esta fecha comienza el crecimiento de los largos tallos florales, muy leñosos, los que producen abundantes semillas. En relación a los suelos, los pastos son poco exigentes en lo que se refiere a la textura y fertilidad de los mismos, siendo susceptibles a aquellos donde el agua permanece estancada por largo tiempo, es preferible suelos con textura mediana (franco-arenosos) o arcillosos.

La Sierra Centro-Norte, es el área de mayor densidad en la producción de leche en el Ecuador, por las condiciones de clima y suelos favorables para el crecimiento de pastos de alto rendimiento y valor nutritivo. De los factores climáticos que regulan el crecimiento de los pastos, la temperatura ambiental y las horas e intensidad de la luz son muy estables a lo largo del año, siendo por tanto, la lluvia el factor del clima que por su variabilidad e inestabilidad, causa problemas de disponibilidad de alimento para el ganado a lo largo del año.

Gráfico 3.8, Patrón de cultivo pastos



La precipitación y la evaporación, son procesos meteorológicos importantes para la estimación de los recursos hídricos disponibles en una región. Otro proceso importante es la evapotranspiración (ET), que es la combinación de dos procesos separados por los

que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación, y por otra parte mediante transpiración del cultivo, En general resulta muy complicado medir la evapotranspiración en condiciones naturales, por lo que en la práctica se estima mediante fórmulas empíricas.

Una fórmula de amplia aplicación y que es utilizada en este estudio es la de Penman-Montieth mediante el programa CROPWAT desarrollado por la FAO. Cropwat es un modelo de balance hídrico que compara la disponibilidad de agua con el requerimiento del cultivo. Se basa en los coeficientes de evapotranspiración de los cultivos (K_c) a lo largo de las cuatro etapas de desarrollo, los valores de ET son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego.

Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ET_c, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. El coeficiente K_s describe el efecto del estrés hídrico en la transpiración del cultivo.

Los datos que se ingresa al programa son: las coordenadas y la altitud correspondiente a la estación donde se obtuvo los datos hidrológicos, los datos de temperatura, humedad relativa, heliofanía, la velocidad del viento y precipitación de cada mes, desde el año 2001 al 2006; con estos datos, el programa calcula la evapotranspiración del cultivo, los valores de ET son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego.

Climate Data Table							
Country	India	Station	KURNOOL	Altitude	281	(m)	
Month	Max Temp. (C)	Min Temp. (C)	Humidity (%)	WindSpeed (km/d)	SunShine (hours)	Solar Radiation (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)
January	31.3	17.0	55.0	104.0	9.7	20.0	4.2
February	34.3	19.3	44.0	112.0	10.3	22.6	5.2
March	37.5	22.5	37.0	121.0	10.7	25.0	6.2
April	39.3	26.0	39.0	138.0	10.1	25.1	6.9
May	40.0	27.2	42.0	225.0	9.2	23.6	8.1
June	35.6	25.0	58.0	354.0	6.5	19.3	7.2
July	32.5	23.8	67.0	363.0	4.9	16.9	5.8
August	32.1	23.5	67.0	302.0	5.4	17.7	5.5
September	31.9	23.3	69.0	207.0	6.0	18.2	4.9
October	32.4	22.4	66.0	95.0	9.5	21.9	4.7
November	31.0	19.2	63.0	78.0	8.4	18.6	3.8
December	30.3	16.6	60.0	69.0	9.3	18.8	3.5
Average	34.0	22.1	55.6	180.7	8.3	20.6	5.5

PAPA

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	frac	%	%	mm	mm	mm	Mm	l/s/ha
27-Nov	6	Ini	18.1	1	100	2	2.2	0	0	3.1	0.06
03-Dic	12	Ini	18.9	1	100	2	2.2	0	0	3.1	0.06
09-Dic	18	Ini	0	1	100	5	6.5	0	0	9.3	0.18
15-Dic	24	Ini	0	1	100	4	6.4	0	0	9.2	0.18
21-Dic	30	Ini	0	1	100	7	11	0	0	15.7	0.3
27-Dic	36	Des	17.3	1	100	1	2.4	0	0	3.5	0.07
02-Ene	42	Des	0	1	100	8	15.8	0	0	22.5	0.43
08-Ene	48	Des	0	1	100	3	6	0	0	8.6	0.17
14-Ene	54	Des	0	1	100	3	8.2	0	0	11.8	0.23
20-Ene	60	Des	0	1	100	6	14.4	0	0	20.6	0.4
26-Ene	66	Des	0	1	100	6	16.1	0	0	23	0.44
01-Feb	72	Med	0	1	100	8	24.3	0	0	34.7	0.67
07-Feb	78	Med	9.1	1	100	4	11.5	0	0	16.5	0.32
13-Feb	84	Med	7.5	1	100	6	17.1	0	0	24.4	0.47
19-Feb	90	Med	0	1	100	6	16.8	0	0	24	0.46
25-Feb	96	Med	0	1	100	5	13.9	0	0	19.8	0.38
03-Mar	102	Med	12.7	1	100	2	6.4	0	0	9.2	0.18
09-Mar	108	Med	0	1	100	4	11.3	0	0	16.2	0.31
15-Mar	114	Med	0	1	100	4	10.8	0	0	15.4	0.3
21-Mar	120	Fin	0	1	100	6	17.7	0	0	25.3	0.49
27-Mar	126	Fin	15.3	1	100	1	3.3	0	0	4.7	0.09

02-Abr	132	Fin	0	1	100	7	19	0	0	27.2	0.52
08-Abr	138	Fin	0	1	100	2	5.8	0	0	8.3	0.16
14-Abr	144	Fin	0	1	100	2	5.3	0	0	7.6	0.15
15-Abr	Fin	Fin	0	1	0	0					

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0.6	2.2	19.8	26	0
Dic	1	Inic	0.6	2.17	21.7	30.2	0
Dic	2	Inic	0.6	2.14	21.4	31.4	0
Dic	3	Des	0.67	2.43	26.8	27.6	0
Ene	1	Des	0.8	3.01	30.1	22.9	7.2
Ene	2	Des	0.93	3.6	36	19.5	16.4
Ene	3	Med	1.07	4.03	44.3	17.7	26.6
Feb	1	Med	1.12	4.13	41.3	14.6	26.7
Feb	2	Med	1.12	4.04	40.4	12	28.4
Feb	3	Med	1.12	3.91	31.2	15.6	15.7
Mar	1	Med	1.12	3.77	37.7	20.3	17.4
Mar	2	Fin	1.11	3.6	36	23.5	12.6
Mar	3	Fin	1.01	3.29	36.2	24.4	11.8
Abr	1	Fin	0.88	2.92	29.2	26.9	2.3
Abr	2	Fin	0.8	2.65	13.3	14.5	0

COL

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	3	2,6	0	0	3,7	0,07
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	3	2,5	0	0	3,6	0,07
09-dic	18	Ini	0	1	100	9	7,6	0	0	10,8	0,21
15-dic	24	Ini	0	1	100	8	7,5	0	0	10,7	0,21
21-dic	30	Ini	0	1	100	13	12,5	0	0	17,9	0,35
27-dic	36	Ini	17,3	1	100	3	2,6	0	0	3,7	0,07
02-ene	42	Des	0	1	100	15	15,7	0	0	22,5	0,43
08-ene	48	Des	0	1	100	5	5,5	0	0	7,8	0,15
14-ene	54	Des	0	1	100	5	6	0	0	8,6	0,17
20-ene	60	Des	0	1	100	10	12,1	0	0	17,3	0,33
26-ene	66	Des	0	1	100	11	12,7	0	0	18,1	0,35
01-feb	72	Des	0	1	100	15	19,1	0	0	27,3	0,53
07-feb	78	Des	9,1	1	100	6	7,4	0	0	10,5	0,2
13-feb	84	Des	7,5	1	100	10	12,7	0	0	18,2	0,35
19-feb	90	Des	0	1	100	9	13,1	0	0	18,7	0,36
25-feb	96	Des	0	1	100	8	11,1	0	0	15,9	0,31
03-mar	102	Med	12,7	1	100	3	4,6	0	0	6,5	0,13

09-mar	108	Med	0	1	100	7	10,3	0	0	14,8	0,28
15-mar	114	Med	0	1	100	7	10	0	0	14,2	0,27
21-mar	120	Med	0	1	100	11	16,6	0	0	23,8	0,46
27-mar	126	Med	15,3	1	100	2	3,4	0	0	4,8	0,09
02-abr	132	Med	0	1	100	14	20,2	0	0	28,8	0,56
08-abr	138	Med	0	1	100	5	6,8	0	0	9,7	0,19
14-abr	144	Med	0	1	100	5	6,8	0	0	9,8	0,19
20-abr	150	Med	0	1	100	9	13,7	0	0	19,5	0,38
26-abr	156	Fin	0	1	100	9	13,1	0	0	18,8	0,36
02-may	162	Fin	0	1	100	13	19,3	0	0	27,6	0,53
05-may	Fin	Fin	0	1	0	4					

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,7	2,56	23,1	26	0
Dic	1	Inic	0,7	2,53	25,3	30,2	0
Dic	2	Inic	0,7	2,49	24,9	31,4	0
Dic	3	Inic	0,7	2,56	28,2	27,6	0,6
Ene	1	Des	0,73	2,74	27,4	22,9	4,4
Ene	2	Des	0,78	3,02	30,2	19,5	10,7
Ene	3	Des	0,84	3,17	34,8	17,7	17,1
Feb	1	Des	0,9	3,3	33	14,6	18,4
Feb	2	Des	0,95	3,42	34,2	12	22,2
Feb	3	Des	1	3,48	27,8	15,6	12,3
Mar	1	Med	1,03	3,44	34,4	20,3	14,1
Mar	2	Med	1,03	3,32	33,2	23,5	9,8
Mar	3	Med	1,03	3,35	36,9	24,4	12,5
Abr	1	Med	1,03	3,39	33,9	26,9	7
Abr	2	Med	1,03	3,42	34,2	28,9	5,2
Abr	3	Fin	0,99	3,28	32,8	22,8	10
May	1	Fin	0,94	3,1	15,5	7	8,5
				TOTAL	509,8	371,4	152,8

AVENA

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	Mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	1	1,1	0	0	1,6	0,03
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	1	1,1	0	0	1,5	0,03
09-dic	18	Ini	0	1	100	2	3,3	0	0	4,6	0,09
15-dic	24	Des	0	1	100	2	4,8	0	0	6,8	0,13
21-dic	30	Des	0	1	100	4	9,3	0	0	13,3	0,26
27-dic	36	Des	17,3	1	100	1	2,9	0	0	4,1	0,08
02-ene	42	Des	0	1	100	6	19,8	0	0	28,3	0,55
08-ene	48	Med	0	1	100	3	10,2	0	0	14,6	0,28

14-ene	54	Med	0	1	100	4	13,3	0	0	19	0,37
20-ene	60	Med	0	1	100	5	17,3	0	0	24,7	0,48
26-ene	66	Med	0	1	100	5	16,9	0	0	24,2	0,47
01-feb	72	Med	0	1	100	7	25,3	0	0	36,1	0,7
07-feb	78	Med	9,1	1	100	3	11,5	0	0	16,4	0,32
13-feb	84	Med	7,5	1	100	5	17	0	0	24,3	0,47
19-feb	90	Med	0	1	100	5	16,7	0	0	23,9	0,46
25-feb	96	Med	0	1	100	4	13,8	0	0	19,7	0,38
03-mar	102	Med	12,7	1	100	2	6,1	0	0	8,7	0,17
09-mar	108	Fin	0	1	100	3	11	0	0	15,7	0,3
15-mar	114	Fin	0	1	100	2	8,2	0	0	11,8	0,23
21-mar	120	Fin	0	1	100	4	12,7	0	0	18,2	0,35
27-mar	126	Fin	15,3	1	100	1	1,8	0	0	2,5	0,05
02-abr	132	Fin	0	1	100	3	9,1	0	0	13	0,25
05-abr	Fin	Fin	0	1	100	1					

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,3	1,1	9,9	26	0
Dic	1	Inic	0,3	1,08	10,8	30,2	0
Dic	2	Des	0,45	1,6	16	31,4	0
Dic	3	Des	0,79	2,9	31,9	27,6	4,3
Ene	1	Med	1,09	4,09	40,9	22,9	18
Ene	2	Med	1,12	4,32	43,2	19,5	23,7
Ene	3	Med	1,12	4,23	46,5	17,7	28,8
Feb	1	Med	1,12	4,13	41,3	14,6	26,7
Feb	2	Med	1,12	4,03	40,3	12	28,4
Feb	3	Med	1,12	3,9	31,2	15,6	15,6
Mar	1	Fin	1,09	3,67	36,7	20,3	16,4
Mar	2	Fin	0,85	2,74	27,4	23,5	3,9
Mar	3	Fin	0,54	1,77	19,5	24,4	0
Abr	1	Fin	0,31	1,02	5,1	13,4	0
				TOTAL	400,8	299,2	165,8

MAÍZ

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	1	1,1	0	0	1,6	0,03
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	1	1,1	0	0	1,5	0,03
09-dic	18	Ini	0	1	100	2	3,3	0	0	4,6	0,09
15-dic	24	Ini	0	1	100	2	3,4	0	0	4,9	0,09
21-dic	30	Des	0	1	100	4	6,5	0	0	9,2	0,18
27-dic	36	Des	17,3	1	100	1	1,9	0	0	2,7	0,05

02-ene	42	Des	0	1	100	6	13,1	0	0	18,8	0,36
08-ene	48	Des	0	1	100	2	5,6	0	0	8	0,15
14-ene	54	Des	0	1	100	3	8,2	0	0	11,7	0,22
20-ene	60	Des	0	1	100	5	14,8	0	0	21,1	0,41
26-ene	66	Med	0	1	100	6	17,2	0	0	24,6	0,47
01-feb	72	Med	0	1	100	9	25,8	0	0	36,9	0,71
07-feb	78	Med	9,1	1	100	4	12,3	0	0	17,5	0,34
13-feb	84	Med	7,5	1	100	6	17,9	0	0	25,6	0,49
19-feb	90	Med	0	1	100	6	17,6	0	0	25,2	0,49
25-feb	96	Med	0	1	100	5	14,7	0	0	21	0,4
03-mar	102	Med	12,7	1	100	2	7,1	0	0	10,2	0,2
09-mar	108	Med	0	1	100	4	11,7	0	0	16,7	0,32
15-mar	114	Fin	0	1	100	3	10,1	0	0	14,5	0,28
21-mar	120	Fin	0	1	100	6	16	0	0	22,8	0,44
27-mar	126	Fin	15,3	1	100	1	2,5	0	0	3,5	0,07
02-abr	132	Fin	0	1	100	4	13	0	0	18,6	0,36
08-abr	138	Fin	0	1	100	1	3,1	0	0	4,5	0,09
10-abr	Fin	Fin	0	1	100	1					

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,3	1,1	9,9	26	0
Dic	1	Inic	0,3	1,08	10,8	30,2	0
Dic	2	Des	0,32	1,15	11,5	31,4	0
Dic	3	Des	0,52	1,89	20,8	27,6	0
Ene	1	Des	0,74	2,79	27,9	22,9	4,9
Ene	2	Des	0,96	3,69	36,9	19,5	17,4
Ene	3	Med	1,14	4,31	47,4	17,7	29,7
Feb	1	Med	1,16	4,28	42,8	14,6	28,2
Feb	2	Med	1,16	4,18	41,8	12	29,9
Feb	3	Med	1,16	4,04	32,4	15,6	16,8
Mar	1	Med	1,16	3,91	39,1	20,3	18,8
Mar	2	Fin	1,04	3,38	33,8	23,5	10,3
Mar	3	Fin	0,76	2,48	27,2	24,4	2,8
Abr	1	Fin	0,47	1,56	15,6	26,9	0
				TOTAL	397,8	312,7	158,8

TOMATE

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	2	2,2	0	0	3,1	0,06
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	2	2,2	0	0	3,1	0,06
09-dic	18	Ini	0	1	100	5	6,5	0	0	9,3	0,18
15-dic	24	Ini	0	1	100	4	6,4	0	0	9,2	0,18
21-dic	30	Ini	0	1	100	7	11	0	0	15,7	0,3
27-dic	36	Des	17,3	1	100	1	2,4	0	0	3,5	0,07
02-ene	42	Des	0	1	100	8	15,8	0	0	22,5	0,43
08-ene	48	Des	0	1	100	3	6	0	0	8,6	0,17
14-ene	54	Des	0	1	100	3	8,2	0	0	11,8	0,23
20-ene	60	Des	0	1	100	6	14,4	0	0	20,6	0,4
26-ene	66	Des	0	1	100	6	16,1	0	0	23	0,44
01-feb	72	Med	0	1	100	8	24,3	0	0	34,7	0,67
07-feb	78	Med	9,1	1	100	4	11,5	0	0	16,5	0,32
13-feb	84	Med	7,5	1	100	6	17,1	0	0	24,4	0,47
19-feb	90	Med	0	1	100	6	16,8	0	0	24	0,46
25-feb	96	Med	0	1	100	5	13,9	0	0	19,8	0,38
03-mar	102	Med	12,7	1	100	2	6,4	0	0	9,2	0,18
09-mar	108	Med	0	1	100	4	11,3	0	0	16,2	0,31
15-mar	114	Fin	0	1	100	4	10,3	0	0	14,7	0,28
21-mar	120	Fin	0	1	100	6	16,7	0	0	23,9	0,46
27-mar	126	Fin	15,3	1	100	1	3	0	0	4,3	0,08
02-abr	132	Fin	0	1	100	6	17,2	0	0	24,6	0,47
05-abr		Fin	0	1	100	2					

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,6	2,2	19,8	26	0
Dic	1	Inic	0,6	2,17	21,7	30,2	0
Dic	2	Inic	0,6	2,14	21,4	31,4	0
Dic	3	Des	0,67	2,43	26,8	27,6	0
Ene	1	Des	0,8	3,02	30,2	22,9	7,2
Ene	2	Des	0,93	3,6	36	19,5	16,4
Ene	3	Med	1,07	4,03	44,3	17,7	26,7
Feb	1	Med	1,12	4,14	41,4	14,6	26,7
Feb	2	Med	1,12	4,04	40,4	12	28,4
Feb	3	Med	1,12	3,91	31,3	15,6	15,7
Mar	1	Med	1,12	3,77	37,7	20,3	17,4
Mar	2	Fin	1,06	3,44	34,4	23,5	10,9
Mar	3	Fin	0,91	2,99	32,9	24,4	8,5
Abr	1	Fin	0,8	2,64	13,2	13,4	0
				TOTAL	431,2	299,2	157,9

CEBOLLA

Fecha	Día	Etap a	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	3	2,6	0	0	3,7	0,07
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	3	2,5	0	0	3,6	0,07
09-dic	18	Ini	0	1	100	8	7,6	0	0	10,8	0,21
15-dic	24	Ini	0	1	100	7	7,5	0	0	10,7	0,21
21-dic	30	Ini	0	1	100	12	12,6	0	0	18	0,35
27-dic	36	Des	17,3	1	100	2	2,7	0	0	3,8	0,07
02-ene	42	Des	0	1	100	13	16,5	0	0	23,5	0,45
08-ene	48	Des	0	1	100	5	5,8	0	0	8,3	0,16
14-ene	54	Des	0	1	100	5	6,4	0	0	9,2	0,18
20-ene	60	Des	0	1	100	9	12,8	0	0	18,2	0,35
26-ene	66	Des	0	1	100	9	13,3	0	0	19	0,37
01-feb	72	Des	0	1	100	13	20	0	0	28,6	0,55
07-feb	78	Des	9,1	1	100	5	8,1	0	0	11,5	0,22
13-feb	84	Des	7,5	1	100	8	13,4	0	0	19,1	0,37
19-feb	90	Med	0	1	100	8	13,6	0	0	19,4	0,37
25-feb	96	Med	0	1	100	6	10,8	0	0	15,4	0,3
03-mar	102	Med	12,7	1	100	2	3,9	0	0	5,6	0,11
09-mar	108	Med	0	1	100	6	9,8	0	0	14,1	0,27
15-mar	114	Med	0	1	100	5	9,5	0	0	13,6	0,26
21-mar	120	Med	0	1	100	9	15,9	0	0	22,7	0,44
27-mar	126	Med	15,3	1	100	2	3,2	0	0	4,6	0,09
02-abr	132	Med	0	1	100	11	19,3	0	0	27,5	0,53
08-abr	138	Med	0	1	100	4	6,5	0	0	9,2	0,18
14-abr	144	Fin	0	1	100	4	6,5	0	0	9,3	0,18
20-abr	150	Fin	0	1	100	7	13	0	0	18,6	0,36
26-abr	156	Fin	0	1	100	7	13	0	0	18,5	0,36
02-may	162	Fin	0	1	100	11	19,4	0	0	27,8	0,54
08-may	168	Fin	0	1	100	6	10,6	0	0	15,1	0,29
14-may	174	Fin	0	1	100	8	14,4	0	0	20,5	0,4
20-may		Fin	0	1	0	6					

HABA

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-Nov	6	Ini	18,1	1	100	2	1,8	0	0	2,6	0,05
03-Dic	12	Ini	18,9	1	100	2	1,8	0	0	2,6	0,05
09-Dic	18	Ini	0	1	100	6	5,4	0	0	7,7	0,15
15-Dic	24	Ini	0	1	100	6	5,3	0	0	7,6	0,15
21-Dic	30	Ini	0	1	100	9	9	0	0	12,8	0,25
27-Dic	36	Ini	17,3	1	100	2	1,8	0	0	2,6	0,05
02-Ene	42	Ini	0	1	100	11	11,1	0	0	15,8	0,31
08-Ene	48	Ini	0	1	100	3	3,8	0	0	5,4	0,1
14-Ene	54	Ini	0	1	100	3	3,8	0	0	5,5	0,11
20-Ene	60	Ini	0	1	100	7	7,7	0	0	11	0,21
26-Ene	66	Ini	0	1	100	6	7,5	0	0	10,8	0,21
01-Feb	72	Ini	0	1	100	9	11,2	0	0	16,1	0,31
07-Feb	78	Ini	9,1	1	100	1	1,8	0	0	2,6	0,05
13-Feb	84	Ini	7,5	1	100	3	3,5	0	0	4,9	0,1
19-Feb	90	Ini	0	1	100	4	5,4	0	0	7,7	0,15
25-Feb	96	Des	0	1	100	4	6	0	0	8,6	0,17
03-Mar	102	Des	12,7	1	100	2	2,3	0	0	3,3	0,06
09-Mar	108	Des	0	1	100	5	7	0	0	10	0,19
15-Mar	114	Des	0	1	100	5	8,1	0	0	11,6	0,22
21-Mar	120	Des	0	1	100	9	14	0	0	20	0,39
27-Mar	126	Des	15,3	1	100	2	3,2	0	0	4,6	0,09
02-Abr	132	Des	0	1	100	12	20,1	0	0	28,7	0,55
08-Abr	138	Med	0	1	100	4	7,3	0	0	10,4	0,2
14-Abr	144	Med	0	1	100	4	7,4	0	0	10,6	0,2
20-Abr	150	Med	0	1	100	9	14,9	0	0	21,2	0,41
26-Abr	156	Med	0	1	100	9	14,8	0	0	21,2	0,41
02-May	162	Med	0	1	100	13	22,2	0	0	31,7	0,61
08-May	168	Med	0	1	100	8	13,4	0	0	19,1	0,37
14-May	174	Med	0	1	100	10	17,1	0	0	24,5	0,47
20-May	180	Fin	0	1	100	10	17,1	0	0	24,4	0,47
26-May	186	Fin	0	1	100	9	15,2	0	0	21,7	0,42
01-Jun	192	Fin	0	1	100	12	21,4	0	0	30,6	0,59
07-Jun	198	Fin	8,9	1	100	5	8,5	0	0	12,2	0,23
13-Jun	204	Fin	10,1	1	100	6	10,6	0	0	15,1	0,29
19-Jun	210	Fin	0	1	100	6	10,3	0	0	14,7	0,28
25-Jun	216	Fin	0	1	100	7	12,7	0	0	18,1	0,35
01-Jul	222	Fin	0	1	100	10	17,2	0	0	24,6	0,47
07-Jul	228	Fin	5	1	100	7	12,4	0	0	17,7	0,34
13-Jul	234	Fin	3	1	100	10	18	0	0	25,7	0,5
14-Jul		Fin	0	1	0	0					

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. Efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,5	1,83	16,5	26	0
Dic	1	Inic	0,5	1,81	18,1	30,2	0
Dic	2	Inic	0,5	1,78	17,8	31,4	0
Dic	3	Inic	0,5	1,83	20,1	27,6	0
Ene	1	Inic	0,5	1,88	18,8	22,9	0
Ene	2	Inic	0,5	1,92	19,2	19,5	0
Ene	3	Inic	0,5	1,88	20,7	17,7	3
Feb	1	Inic	0,5	1,84	18,4	14,6	3,7
Feb	2	Des	0,5	1,8	18	12	6
Feb	3	Des	0,58	2	16	15,6	0,4
Mar	1	Des	0,7	2,34	23,4	20,3	3,1
Mar	2	Des	0,84	2,7	27	23,5	3,6
Mar	3	Des	0,98	3,2	35,2	24,4	10,8
Abr	1	Med	1,1	3,64	36,4	26,9	9,5
Abr	2	Med	1,12	3,72	37,2	28,9	8,2
Abr	3	Med	1,12	3,71	37,1	22,8	14,2
May	1	Med	1,12	3,69	36,9	14	22,9
May	2	Fin	1,11	3,68	36,8	7,9	28,9
May	3	Fin	1,11	3,58	39,4	10,1	29,4
Jun	1	Fin	1,1	3,49	34,9	14,3	20,6
Jun	2	Fin	1,09	3,4	34	16,1	17,9
Jun	3	Fin	1,08	3,44	34,4	12,7	21,7
Jul	1	Fin	1,07	3,48	34,8	8	26,8
Jul	2	Fin	1,06	3,53	14,1	1,9	11,7
				TOTAL	645,2	449,4	242,6

3.1.3 Caudales e Hidrología

En la visita de campo al Río El Ángel, se observó que la altura máxima que llega el agua es 6m y la mínima 0.4m. Utilizando el programa Flow Master se obtuvo los siguientes resultados:

Descripción del Proyecto	
Hoja de trabajo	RIO EL ANGEL
Tipo de canal	Canal Irregular
Método	Manning's Formula
Resolver para:	Caudal

Datos		
Pendiente	0.001	m/m
Altura de agua	6.00	M

Results		
Coeficiente de Manning	0.022	
Rango de elevación del agua	0.15 to 8.00	m
Caudal	127.23	m ³ /s
Área de Flujo	48.1	m ²
Perímetro mojado	22.13	m
Ancho de borde	15.80	m
Profundidad real	5.85	m
Elevación Crítica	4.20	m
Pendiente Crítica	0.005615	m/m
Velocidad	2.64	m/s
Carga de velocidad	0.36	m
Energía Específica	6.36	m
Número de Froude	0.48	
Tipo de Flujo	Subcrítico	

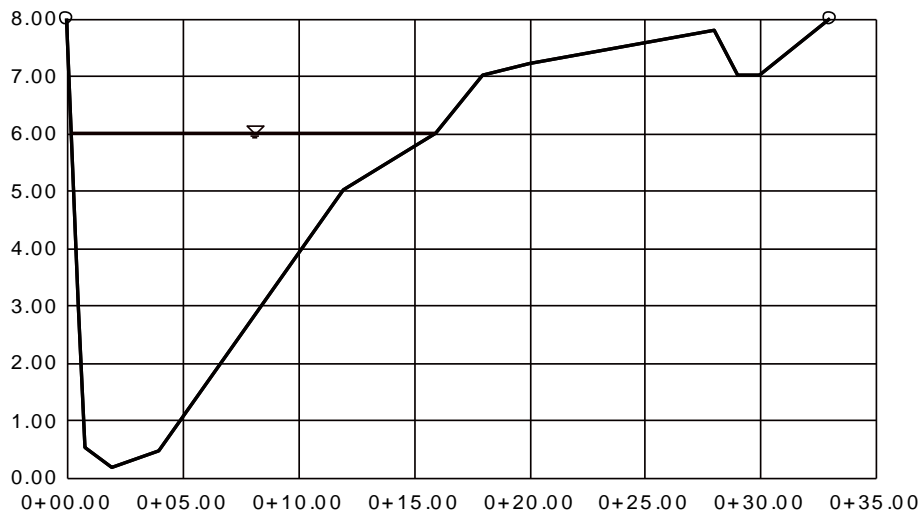
Roughness Segments		
Primera Estación	Última Estación	Coeficiente de Manning
0+00.00	0+33.00	0.022

Datos de la sección		
Coeficiente de Manning	0.022	
Pendiente	0.001200	m/m
Altura de Agua	6.00	M
Rango de elevación del agua	0.15 to 8.00	
Caudal	127.23	m ³ /s

Natural Channel Points	
Estación (m)	Altura (m)
0+00.00	8.00
0+00.50	3.00
0+00.80	0.50
0+02.00	0.15
0+04.00	0.45
0+12.00	5.00
0+16.00	6.00
0+18.00	7.00
0+20.00	7.20
0+28.00	7.80
0+29.00	7.00
0+30.00	7.00
0+33.00	8.00

RIO EL ANGEL

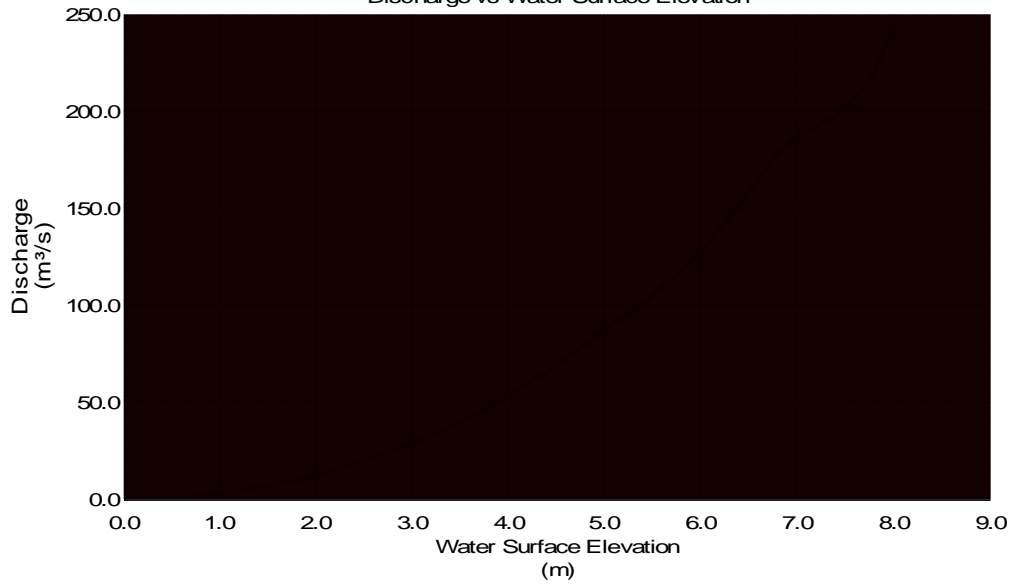
Water Surface Elevation vs Station



V:2.5
H:1
NTS

RIO EL ANGEL

Discharge vs Water Surface Elevation



Water Surface Elevation (m)	Discharge (m ³ /s)	Velocity (m/s)	Flow Area (m ²)	Wetted Perimeter (m)	Top Width (m)
0,15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0,15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0,2	1,67E-03	0,13	1,30E-02	0,52	0,5
0,3	0,03	0,28	0,1	1,55	1,51
0,4	0,12	0,39	0,3	2,58	2,52
0,5	0,31	0,5	0,6	3,37	3,29
0,6	0,61	0,64	1	3,68	3,48
0,7	0,98	0,75	1,3	3,98	3,66
0,8	1,42	0,84	1,7	4,28	3,85
0,9	1,93	0,93	2,1	4,59	4,04
1	2,5	1	2,5	4,89	4,23
1,1	3,14	1,07	2,9	5,19	4,41
1,2	3,84	1,14	3,4	5,49	4,6
1,3	4,6	1,2	3,8	5,8	4,79
1,4	5,43	1,25	4,3	6,1	4,98
1,5	6,32	1,31	4,8	6,4	5,17
1,6	7,28	1,36	5,4	6,71	5,35
1,7	8,31	1,41	5,9	7,01	5,54
1,8	9,4	1,45	6,5	7,31	5,73
1,9	10,56	1,5	7,1	7,62	5,92
2	11,79	1,54	7,7	7,92	6,11
2,1	13,09	1,58	8,3	8,22	6,29
2,2	14,47	1,62	8,9	8,52	6,48
2,3	15,91	1,66	9,6	8,83	6,67
2,4	17,43	1,7	10,2	9,13	6,86
2,5	19,03	1,74	10,9	9,43	7,04
2,6	20,7	1,78	11,7	9,74	7,23
2,7	22,45	1,81	12,4	10,04	7,42
2,8	24,28	1,85	13,1	10,34	7,61
2,9	26,19	1,88	13,9	10,65	7,8
3	28,18	1,92	14,7	10,95	7,98
3,1	30,25	1,95	15,5	11,25	8,17
3,2	32,4	1,98	16,3	11,55	8,36
3,3	34,64	2,02	17,2	11,86	8,54

3,4	36,96	2,05	18	12,16	8,73
3,5	39,37	2,08	18,9	12,46	8,91
3,6	41,87	2,11	19,8	12,76	9,1
3,7	44,45	2,14	20,7	13,07	9,28
3,8	47,13	2,17	21,7	13,37	9,47
3,9	49,89	2,2	22,6	13,67	9,66
4	52,75	2,23	23,6	13,98	9,84
4,1	55,7	2,26	24,6	14,28	10,03
4,2	58,74	2,29	25,6	14,58	10,21
4,3	61,88	2,32	26,7	14,88	10,4
4,4	65,11	2,35	27,7	15,19	10,59
4,5	68,44	2,38	28,8	15,49	10,77
4,6	71,87	2,41	29,9	15,79	10,96
4,7	75,39	2,44	31	16,1	11,14
4,8	79,02	2,46	32,1	16,4	11,33
4,9	82,75	2,49	33,2	16,7	11,51
5	86,58	2,52	34,4	17	11,7
5,1	89,84	2,53	35,6	17,52	12,11
5,2	93,27	2,53	36,8	18,03	12,52
5,3	96,88	2,54	38,1	18,54	12,93
5,4	100,66	2,56	39,4	19,05	13,34
5,5	104,63	2,57	40,7	19,57	13,75
5,6	108,77	2,58	42,1	20,08	14,16
5,7	113,11	2,6	43,6	20,59	14,57
5,8	117,62	2,61	45,1	21,11	14,98
5,9	122,33	2,63	46,6	21,62	15,39
6	127,23	2,64	48,1	22,13	15,8

De los resultados obtenidos en el programa FlowMaster se observa que el caudal máximo y mínimo del Río “El Ángel son 127.23 (m³/s) y 0.12 (m³/s) respectivamente.

Tabla 3.2 Datos Meteorológicos Estación El Ángel

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	2	2,2	0	0	3,1	0,06
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	2	2,2	0	0	3,1	0,06
09-dic	18	Ini	0	1	100	5	6,5	0	0	9,3	0,18
15-dic	24	Ini	0	1	100	4	6,4	0	0	9,2	0,18
21-dic	30	Ini	0	1	100	7	11	0	0	15,7	0,3
27-dic	36	Des	17,3	1	100	1	2,4	0	0	3,5	0,07
02-ene	42	Des	0	1	100	8	15,8	0	0	22,5	0,43
08-ene	48	Des	0	1	100	3	6	0	0	8,6	0,17
14-ene	54	Des	0	1	100	3	8,2	0	0	11,8	0,23
20-ene	60	Des	0	1	100	6	14,4	0	0	20,6	0,4
26-ene	66	Des	0	1	100	6	16,1	0	0	23	0,44
01-feb	72	Med	0	1	100	8	24,3	0	0	34,7	0,67
07-feb	78	Med	9,1	1	100	4	11,5	0	0	16,5	0,32
13-feb	84	Med	7,5	1	100	6	17,1	0	0	24,4	0,47
19-feb	90	Med	0	1	100	6	16,8	0	0	24	0,46
25-feb	96	Med	0	1	100	5	13,9	0	0	19,8	0,38
03-mar	102	Med	12,7	1	100	2	6,4	0	0	9,2	0,18
09-mar	108	Med	0	1	100	4	11,3	0	0	16,2	0,31
15-mar	114	Med	0	1	100	4	10,8	0	0	15,4	0,3
21-mar	120	Fin	0	1	100	6	17,7	0	0	25,3	0,49
27-mar	126	Fin	15,3	1	100	1	3,3	0	0	4,7	0,09
02-abr	132	Fin	0	1	100	7	19	0	0	27,2	0,52
08-abr	138	Fin	0	1	100	2	5,8	0	0	8,3	0,16
14-abr	144	Fin	0	1	100	2	5,3	0	0	7,6	0,15
15-abr		Fin	0	1	0	0					

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,6	2,2	19,8	26	0
Dic	1	Inic	0,6	2,17	21,7	30,2	0
Dic	2	Inic	0,6	2,14	21,4	31,4	0
Dic	3	Des	0,67	2,43	26,8	27,6	0
Ene	1	Des	0,8	3,01	30,1	22,9	7,2
Ene	2	Des	0,93	3,6	36	19,5	16,4
Ene	3	Med	1,07	4,03	44,3	17,7	26,6
Feb	1	Med	1,12	4,13	41,3	14,6	26,7
Feb	2	Med	1,12	4,04	40,4	12	28,4
Feb	3	Med	1,12	3,91	31,2	15,6	15,7
Mar	1	Med	1,12	3,77	37,7	20,3	17,4
Mar	2	Fin	1,11	3,6	36	23,5	12,6
Mar	3	Fin	1,01	3,29	36,2	24,4	11,8
Abr	1	Fin	0,88	2,92	29,2	26,9	2,3
Abr	2	Fin	0,8	2,65	13,3	14,5	0
TOTAL					465,5	327,1	165,2

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e y Hidrología

Tabla 3.3 Datos Meteorológicos Estación El Ángel

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	3	2,6	0	0	3,7	0,07
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	3	2,5	0	0	3,6	0,07
09-dic	18	Ini	0	1	100	9	7,6	0	0	10,8	0,21
15-dic	24	Ini	0	1	100	8	7,5	0	0	10,7	0,21
21-dic	30	Ini	0	1	100	13	12,5	0	0	17,9	0,35
27-dic	36	Ini	17,3	1	100	3	2,6	0	0	3,7	0,07
02-ene	42	Des	0	1	100	15	15,7	0	0	22,5	0,43
08-ene	48	Des	0	1	100	5	5,5	0	0	7,8	0,15
14-ene	54	Des	0	1	100	5	6	0	0	8,6	0,17
20-ene	60	Des	0	1	100	10	12,1	0	0	17,3	0,33
26-ene	66	Des	0	1	100	11	12,7	0	0	18,1	0,35
01-feb	72	Des	0	1	100	15	19,1	0	0	27,3	0,53
07-feb	78	Des	9,1	1	100	6	7,4	0	0	10,5	0,2
13-feb	84	Des	7,5	1	100	10	12,7	0	0	18,2	0,35
19-feb	90	Des	0	1	100	9	13,1	0	0	18,7	0,36
25-feb	96	Des	0	1	100	8	11,1	0	0	15,9	0,31
03-mar	102	Med	12,7	1	100	3	4,6	0	0	6,5	0,13
09-mar	108	Med	0	1	100	7	10,3	0	0	14,8	0,28
15-mar	114	Med	0	1	100	7	10	0	0	14,2	0,27
21-mar	120	Med	0	1	100	11	16,6	0	0	23,8	0,46
27-mar	126	Med	15,3	1	100	2	3,4	0	0	4,8	0,09
02-abr	132	Med	0	1	100	14	20,2	0	0	28,8	0,56
08-abr	138	Med	0	1	100	5	6,8	0	0	9,7	0,19
14-abr	144	Med	0	1	100	5	6,8	0	0	9,8	0,19
20-abr	150	Med	0	1	100	9	13,7	0	0	19,5	0,38
26-abr	156	Fin	0	1	100	9	13,1	0	0	18,8	0,36
02-may	162	Fin	0	1	100	13	19,3	0	0	27,6	0,53
05-may	Fin	Fin	0	1	0	4					

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e y Hidrología

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,7	2,56	23,1	26	0
Dic	1	Inic	0,7	2,53	25,3	30,2	0
Dic	2	Inic	0,7	2,49	24,9	31,4	0
Dic	3	Inic	0,7	2,56	28,2	27,6	0,6
Ene	1	Des	0,73	2,74	27,4	22,9	4,4
Ene	2	Des	0,78	3,02	30,2	19,5	10,7
Ene	3	Des	0,84	3,17	34,8	17,7	17,1
Feb	1	Des	0,9	3,3	33	14,6	18,4
Feb	2	Des	0,95	3,42	34,2	12	22,2
Feb	3	Des	1	3,48	27,8	15,6	12,3
Mar	1	Med	1,03	3,44	34,4	20,3	14,1
Mar	2	Med	1,03	3,32	33,2	23,5	9,8
Mar	3	Med	1,03	3,35	36,9	24,4	12,5
Abr	1	Med	1,03	3,39	33,9	26,9	7
Abr	2	Med	1,03	3,42	34,2	28,9	5,2
Abr	3	Fin	0,99	3,28	32,8	22,8	10
May	1	Fin	0,94	3,1	15,5	7	8,5
				TOTAL	509,8	371,4	152,8

3.1.4 Microcuencas

Microcuena, es una parte de terreno delimitado por partes altas de las montañas, donde el agua lluvia se concentra y se consume en el suelo, para luego salir por un cauce principal y desembocar en una quebrada, río o lago, y aparte de ser zona captadora y reproductora, regula y favorece las condiciones de clima.

Si se logra mantener las condiciones de protección que la microcuena necesita, como por ejemplo evitando la deforestación, las inadecuadas prácticas agrícolas, la contaminación entre otras, se asegura agua limpia y abundante por mucho tiempo para las presentes y futuras generaciones.

La microcuena como sistema

Todos los elementos que pertenecen a la microcuena, se relacionan entre si y forman un sistema, la unión de los mismos dan equilibrio al planeta, por lo que se debe contribuir para generar sostenibilidad, entre ellos podemos mencionar los siguientes:

- **Elementos biofísicos:** suelo, animales, plantas, relieve, clima.
- **Elementos sociales:** escuelas, familias, creencias, tradiciones, costumbres, clases sociales.
- **Elementos económicos:** uso de la tierra, producción.
- **Elementos demográficos:** tamaño de la población edad sexo.

Funciones de la microcuenca¹⁷:

- **Atraer la lluvia:** la altura y la presencia de árboles atraen las nubes cargadas de agua.
- **Retener el agua lluvia:** en los lugares forestados, el suelo retiene el agua lluvia debido a que los árboles sirven de amortiguamiento de las gotas del agua lluvia, ya que estas al caer sobre el follaje disminuyen la velocidad de caída, por otro lado las hojas ayudan a disminuir la evaporación del agua mejorando el clima.
- **Guardar el agua:** cuando los árboles dejan caer sus hojas y ramas pequeñas, especialmente en la época seca, van acumulando en el suelo una capa de materia orgánica, la cual evita que el agua se escurra por la superficie y que el suelo se erosione.

3.1.5 Usos y calidad del agua

En la actualidad, el Municipio de Espejo cuenta con cuatro plantas de agua potable para abastecer a la población de El Ángel, tanto en el sector urbano como en el sector rural. El consumo de agua diario, se estima en 200 litros diarios por persona, este dato según el encargado del agua de la Municipalidad; la planta principal dispone de agua proveniente desde siete sitios diferentes, el total corresponde a 25 l/s, de los cuales 3 l/s se destinan para abastecer a la zona rural. En San Vicente se toma el agua por medio de ciénagas superficiales

¹⁷ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. “Protección de microcuencas” Internet. www.xeologosdelmundu.org. Acceso: 15 de septiembre del 2010

y aguas superficiales. Se toman unos 9 l/s de aguas de vertiente que vienen desde el páramo. Del agua que se recibe, 7 l/s son tratados con sulfato de aluminio y con un polímero para la floculación y la desinfección con hipoclorito de calcio.¹⁸

Los problemas principales en cuanto al recurso agua, se dan entre los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, en los cuales disminuye el caudal superficial, esto sumado a otro problema, es el estado en el que se encuentran las tuberías, de las cuales algunas tienen alrededor de 37 años, y no han tenido ningún tipo de mantenimiento, están constituidas básicamente de tubos de cemento, a lo largo del tiempo el sedimento se ha pegado en el interior de los tubos de abastecimiento, dañando la calidad y cantidad del servicio.

Es muy importante recalcar, que los usuarios en las áreas bajas se quejan de la pésima calidad debido a la contaminación por el mal uso de agroquímicos, por el uso de las fuentes de agua como botaderos de basura, y la contaminación por la basura sólida urbana e industrial en la microcuenca.

Tabla 3.4 Abastecimiento de agua del Cantón Espejo

ABASTECIMIENTO DE AGUA		
Total	3303	100
Red pública	2.587	78,3
Pozo	59	1,8
Río o vertiente	594	18
Carro Repartidor	6	0,2
Otro	57	1,7

Fuente: INEC, Censo del 2001

¹⁸Carmen Rocío González Gairaud “Problemas de ordenamiento territorial, relacionados con el marco geológico, geomorfológico y los recursos hídricos de la cuenca del río El Ángel. Carchi, Ecuador .Internet www.dspace.espol.edu.ec. Acceso: 04 de Noviembre del 2010.

Tabla 3.5 Sistema de eliminación de aguas servidas del Cantón Espejo

ELIMINACIÓN DE AGUAS SERVIDAS		
Total	3303	100
Red Pública de alcantarillado	2314	70,1
Pozo ciego	208	6,3
Pozo séptico	118	3,6
Otra forma	663	20,1

Fuente, INEC, Censo del 2001

Norma de calidad ambiental

En el Ecuador existe la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes aplicada al Recurso Agua, contenida dentro del texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS, Diciembre 2002). La referida norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental (1999) y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente norma técnica determina o establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.
- Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Crterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

1. Bebida y preparación de alimentos para consumo,
2. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,

3. Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver tabla 3.6):

Tabla 3.6 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,6	2,2	19,8	26	0
Dic	1	Inic	0,6	2,17	21,7	30,2	0
Dic	2	Inic	0,6	2,14	21,4	31,4	0
Dic	3	Des	0,67	2,43	26,8	27,6	0
Ene	1	Des	0,8	3,02	30,2	22,9	7,2
Ene	2	Des	0,93	3,6	36	19,5	16,4
Ene	3	Med	1,07	4,03	44,3	17,7	26,7
Feb	1	Med	1,12	4,14	41,4	14,6	26,7
Feb	2	Med	1,12	4,04	40,4	12	28,4
Feb	3	Med	1,12	3,91	31,3	15,6	15,7
Mar	1	Med	1,12	3,77	37,7	20,3	17,4
Mar	2	Fin	1,06	3,44	34,4	23,5	10,9
Mar	3	Fin	0,91	2,99	32,9	24,4	8,5
Abr	1	Fin	0,8	2,64	13,2	13,4	0
				TOTAL	431,2	299,2	157,9

	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	2	2,2	0	0	3,1	0,06
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	2	2,2	0	0	3,1	0,06
09-dic	18	Ini	0	1	100	5	6,5	0	0	9,3	0,18
15-dic	24	Ini	0	1	100	4	6,4	0	0	9,2	0,18
21-dic	30	Ini	0	1	100	7	11	0	0	15,7	0,3
27-dic	36	Des	17,3	1	100	1	2,4	0	0	3,5	0,07
02-ene	42	Des	0	1	100	8	15,8	0	0	22,5	0,43
08-ene	48	Des	0	1	100	3	6	0	0	8,6	0,17
14-ene	54	Des	0	1	100	3	8,2	0	0	11,8	0,23
20-ene	60	Des	0	1	100	6	14,4	0	0	20,6	0,4
26-ene	66	Des	0	1	100	6	16,1	0	0	23	0,44
01-feb	72	Med	0	1	100	8	24,3	0	0	34,7	0,67
07-feb	78	Med	9,1	1	100	4	11,5	0	0	16,5	0,32
13-feb	84	Med	7,5	1	100	6	17,1	0	0	24,4	0,47
19-feb	90	Med	0	1	100	6	16,8	0	0	24	0,46
25-feb	96	Med	0	1	100	5	13,9	0	0	19,8	0,38
03-mar	102	Med	12,7	1	100	2	6,4	0	0	9,2	0,18
09-mar	108	Med	0	1	100	4	11,3	0	0	16,2	0,31
15-mar	114	Fin	0	1	100	4	10,3	0	0	14,7	0,28
21-mar	120	Fin	0	1	100	6	16,7	0	0	23,9	0,46
27-mar	126	Fin	15,3	1	100	1	3	0	0	4,3	0,08
02-abr	132	Fin	0	1	100	6	17,2	0	0	24,6	0,47
05-abr	Fin	Fin	0	1	100	2					

Fuente: Libro VI Anexo 1B Norma para la prevención y control de la contaminación Ambiental del recurso agua.

Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios:¹⁹

- Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.
- Los criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y de estuario, se presentan a continuación:

TABLA 3.7

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces (frías o cálidas)

Fuente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, ítem 4.1.2. Criterios de calidad de agua para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas. Libro VI Anexo 1B Norma para la prevención y control de la contaminación Ambiental del recurso agua.

ANÁLISIS DEL AGUA DEL RÍO EL ÁNGEL

El conocimiento de la calidad y la disponibilidad del agua para sus diferentes usos, son factores importantes para el bienestar y el progreso de un país, no solo dependen del tipo de suelo, clima, condiciones de drenaje, técnicas de riego y caudales disponibles, sino también en forma fundamental de la calidad físico-química.

¹⁹ “Normas de calidad de agua”. Internet. <http://www.ambiente.gob.ec> .Acceso:05 de Octubre del 2010

El INAMHI, instituto de las actividades hidrometeorológicas en el país, considera importante realizar el estudio hidroquímico de las cuencas, lo que permitirá definir las variaciones físico-químicas del agua, y así coadyuvar a la conservación de los recursos hídricos superficiales, especialmente si se trata de una zona turística como es la microcuenca del río El Ángel.

Los parámetros que se analizan en el campo son: Temperatura (T °C), Conductividad Eléctrica (CE, $\mu\text{S}/\text{cm}$), Potencial Hidrógeno (pH), Oxígeno Disuelto (OD, mg/l).

Los parámetros analizados en el laboratorio son los siguientes:

- Alcalinidad Total (AT, como carbonato de calcio, mg/l); Se refiere a la capacidad del agua para neutralizar ácidos.
- Dureza Total (DT, como carbonato de calcio, mg/l); Es la concentración de calcio más magnesio.
- Dureza Carbonatada, como carbonato de calcio, mg/l; concentración de carbonato, mg/l,
- Dureza al Calcio, como carbonato de calcio, mg/l.; concentración de calcio.

En el análisis del agua del río El Ángel se obtuvo que la temperatura es de 22 °C, el pH promedio de 7.5, indica que el agua tiende a ser alcalina. La conductividad promedio es de 322 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con 215 mg/l de STD(sólidos totales disueltos), con una salinidad media, los iones menores se encuentran en concentraciones relativamente bajas; existe una tendencia a la contaminación inorgánica por la presencia del ión fosfato cuya concentración promedio es de 0.52 mg/l, la dureza total promedio es de 74 mg/l, que corresponde a una agua moderadamente dura, el tipo predominante es Bicarbonatada – Cálctica, la clase C1 – S1, buena para todo riego.

De estos resultados se puede concluir lo siguiente:

- El pH promedio (7,5) está dentro del rango del límite máximo permisible de agua fría dulce para la preservación de flora y fauna (tabla 3.7), existe un balance ácido-alcalino.
- La salinidad del agua superficial en las cuencas va de baja a media.
- La dureza del agua es de 74 mg/ l lo que señala que el agua es apta para consumo humano. (tabla 3.6)
- Generalmente las aguas superficiales en la cuenca son buenas para todo riego.
- En general el agua es blanda. El tipo hidroquímico que predomina es Bicarbonatada-Cálcica. La clase va de C1-S1 hasta C2-S1, se trata de agua buena para todo riego.

3.1.6 Suelos

Según la **taxonomía de suelos de USDA**²⁰ (United States Department of Agriculture), en la cuenca del río El Ángel se reconoce los siguientes tipos de suelos. (Ver Anexo 1):

Entisol

Los Entisoles son suelos recientes que se dan en planicies de inundación u otros depósitos recientes. Por estar formados en sedimentos recientes, estos suelos muestran la estratificación original del sedimento.

Características:

- Tienen menos del 30% de fragmentos rocosos.
- Formados típicamente tras aluviones de los cuales dependen mineralmente.
- Suelos jóvenes y sin horizontes genéticos naturales o incipientes.

²⁰ "Clasificación de suelos". Internet.
http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_de_suelos. Acceso: 07 de Octubre del 2010

- Permanecen jóvenes debido a que son enterrados por los aluviones antes de que lleguen a su madures.
- Son pobres en materia orgánica, y en general responden a abonos nitrogenados.
- Son abundantes en muchas áreas en posiciones de diques, dunas o superficies sometidas a acumulaciones arenosas de origen eólico.

Gráfico 3.9 Suelo Entisol



Fuente: www.fcnym.unlp.edu.ar

Inceptisoles

- Suelos con características poco definidas.
- Posee una fertilidad variable
- No presentan intemperización extrema.
- Suelos de bajas temperaturas, pero de igual manera se desarrollan en climas húmedos (fríos y cálidos).
- Presentan alto contenido de materia orgánica.
- PH ácido.
- Poseen mal drenaje.
- Acumulan arcillas amorfas.
- Son suelos volcánicos recientes

- PH y fertilidad variable, dependiente de la zona: alta en zonas aluviales y baja en sedimentos antiguos y lavados sobre los cuales evolucionan el suelo, materia orgánica variable.

Gráfico 3.10 Suelo Inceptisol



Fuente: www.agrotriunfo.com

Molisoles

Los molisoles se forman en áreas semiáridas a semihúmedas, típicamente bajo una cobertura de pasturas, se hallan mayormente en latitudes de la banda de 50 ° N y S del Ecuador, su material parental es generalmente calcita o areniscas, fundamentalmente movidos por el viento. La fertilidad de este suelo es excelente para cereales,²¹ los molisoles están asociados geográficamente a la vegetación de praderas.

Características

- Suelos de zonas de pastizales.
- Ubicados en climas templados, húmedos y semiáridos.
- Suelos Oscuros, con buena descomposición de materia orgánica gracias a los proceso de adición y estabilización (melanización).

²¹ "Suelos". Internet. <http://www.jardineria.pros>. Acceso: 07 de Octubre del 2010

- Saturación de bases superior al 50%.
- Suelos productivos debido a su alta fertilidad.
- Suelos formados a partir de sedimentos minerales en climas templados húmedos a semiáridos.
- Dominancia de arcillas.

Gráfico 3.10 Suelo Molisol



Fuente: <http://upload.wikimedia.org>

Viendo desde el punto de vista de la ingeniería civil, en el sector de la microcuenca en estudio, se encuentra suelos de relieve llano a ondulado, con pendientes del 4 al 16%; presentan erosión moderada en la zona más llana y erosión fuerte en las zonas con pendiente muy pronunciada; el drenaje es moderado o excesivo; estos suelos son de origen volcánico, algunos en su totalidad y otros solo una parte de ellos se han originado a partir de ceniza volcánica; los colores por lo general son muy negros, con textura franco limosos, con presencia de grava y piedras de 2 a 5 cm de diámetro en todo el perfil.

Al sur de la cuenca, predomina una topografía inclinada, suelos con texturas limosas a arcillo limosa y presencia de rocas de más de 10 cm de diámetro. Los suelos son originados

por la ceniza volcánica y actualmente se encuentran cultivados de trigo, papas, cebada y maíz .

Suelo franco²²: es uno de los suelos más apto para el cultivo, por tener una textura equilibrada y las mejores características físicas y químicas, su color es casi negro, tiene muchísima cantidad de materia orgánica y no presenta muchas dificultades a la hora de trabajarlo. Aunque puede variar ligeramente, la composición del suelo franco es de 45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla.

Tabla 3.8 Clases de Textura de Suelos

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0,5	1,83	16,5	26	0
Dic	1	Inic	0,5	1,81	18,1	30,2	0
Dic	2	Inic	0,5	1,78	17,8	31,4	0
Dic	3	Inic	0,5	1,83	20,1	27,6	0
Ene	1	Inic	0,5	1,88	18,8	22,9	0
Ene	2	Inic	0,5	1,92	19,2	19,5	0
Ene	3	Inic	0,5	1,88	20,7	17,7	3
Feb	1	Inic	0,5	1,84	18,4	14,6	3,7
Feb	2	Des	0,5	1,8	18	12	6
Feb	3	Des	0,58	2	16	15,6	0,4
Mar	1	Des	0,7	2,34	23,4	20,3	3,1
Mar	2	Des	0,84	2,7	27	23,5	3,6
Mar	3	Des	0,98	3,2	35,2	24,4	10,8
Abr	1	Med	1,1	3,64	36,4	26,9	9,5
Abr	2	Med	1,12	3,72	37,2	28,9	8,2
Abr	3	Med	1,12	3,71	37,1	22,8	14,2
May	1	Med	1,12	3,69	36,9	14	22,9
May	2	Fin	1,11	3,68	36,8	7,9	28,9
May	3	Fin	1,11	3,58	39,4	10,1	29,4
Jun	1	Fin	1,1	3,49	34,9	14,3	20,6
Jun	2	Fin	1,09	3,4	34	16,1	17,9
Jun	3	Fin	1,08	3,44	34,4	12,7	21,7
Jul	1	Fin	1,07	3,48	34,8	8	26,8
Jul	2	Fin	1,06	3,53	14,1	1,9	11,7
				TOTAL	645,2	449,4	242,6

Fuente: Propiedades y textura de los suelos, <http://www.sagan-gea.org>

²² “Qué es el suelo franco”. Internet. <http://www.jardineria.pro>, Acceso: 06 de Noviembre del 2010

Fecha	Día	Etapa	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
27-nov	6	Ini	18,1	1	100	2	1,8	0	0	2,6	0,05
03-dic	12	Ini	18,9	1	100	2	1,8	0	0	2,6	0,05
09-dic	18	Ini	0	1	100	6	5,4	0	0	7,7	0,15
15-dic	24	Ini	0	1	100	6	5,3	0	0	7,6	0,15
21-dic	30	Ini	0	1	100	9	9	0	0	12,8	0,25
27-dic	36	Ini	17,3	1	100	2	1,8	0	0	2,6	0,05
02-ene	42	Ini	0	1	100	11	11,1	0	0	15,8	0,31
08-ene	48	Ini	0	1	100	3	3,8	0	0	5,4	0,1
14-ene	54	Ini	0	1	100	3	3,8	0	0	5,5	0,11
20-ene	60	Ini	0	1	100	7	7,7	0	0	11	0,21
26-ene	66	Ini	0	1	100	6	7,5	0	0	10,8	0,21
01-feb	72	Ini	0	1	100	9	11,2	0	0	16,1	0,31
07-feb	78	Ini	9,1	1	100	1	1,8	0	0	2,6	0,05
13-feb	84	Ini	7,5	1	100	3	3,5	0	0	4,9	0,1
19-feb	90	Ini	0	1	100	4	5,4	0	0	7,7	0,15
25-feb	96	Des	0	1	100	4	6	0	0	8,6	0,17
03-mar	102	Des	12,7	1	100	2	2,3	0	0	3,3	0,06
09-mar	108	Des	0	1	100	5	7	0	0	10	0,19
15-mar	114	Des	0	1	100	5	8,1	0	0	11,6	0,22
21-mar	120	Des	0	1	100	9	14	0	0	20	0,39
27-mar	126	Des	15,3	1	100	2	3,2	0	0	4,6	0,09
02-abr	132	Des	0	1	100	12	20,1	0	0	28,7	0,55
08-abr	138	Med	0	1	100	4	7,3	0	0	10,4	0,2
14-abr	144	Med	0	1	100	4	7,4	0	0	10,6	0,2
20-abr	150	Med	0	1	100	9	14,9	0	0	21,2	0,41
26-abr	156	Med	0	1	100	9	14,8	0	0	21,2	0,41
02-may	162	Med	0	1	100	13	22,2	0	0	31,7	0,61
08-may	168	Med	0	1	100	8	13,4	0	0	19,1	0,37
14-may	174	Med	0	1	100	10	17,1	0	0	24,5	0,47
20-may	180	Fin	0	1	100	10	17,1	0	0	24,4	0,47
26-may	186	Fin	0	1	100	9	15,2	0	0	21,7	0,42
01-jun	192	Fin	0	1	100	12	21,4	0	0	30,6	0,59
07-jun	198	Fin	8,9	1	100	5	8,5	0	0	12,2	0,23
13-jun	204	Fin	10,1	1	100	6	10,6	0	0	15,1	0,29
19-jun	210	Fin	0	1	100	6	10,3	0	0	14,7	0,28
25-jun	216	Fin	0	1	100	7	12,7	0	0	18,1	0,35
01-jul	222	Fin	0	1	100	10	17,2	0	0	24,6	0,47
07-jul	228	Fin	5	1	100	7	12,4	0	0	17,7	0,34
13-jul	234	Fin	3	1	100	10	18	0	0	25,7	0,5
14-jul	Fin	Fin	0	1	0	0					

Tabla 3.9 Clases de Textura de Suelos

CLASIFICACIÓN USDA DE LOS SUELOS SEGÚN SU TEXTURA		
Textura	Clase textural	
Textura gruesa	Arenoso Arenoso Franco	Suelo Arenoso
Textura moderadamente gruesa	Franco arenoso	Suelos Francos
Textura Media	Franco Franco limoso Limoso	
Textura moderadamente fina	Franco arcilloso Franco arenoso arcilloso Franco limoso arcilloso	
Textura fina	Arcilloso arenoso Arcilloso limoso Arcilloso	Suelos Arcillosos

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), Clasificación Textural de suelos, <http://www.miliarium.com>

De acuerdo a los tipos de suelos encontrados en la cuenca (limos, franco-limosos, arcilla-limosa) la textura de estos suelos varía de fina a media, lo que significa que se trata de un suelo con propiedades aptas para el cultivo de productos.

3.1.7 Geomorfología²³

La geomorfología, es la ciencia que estudia las formas de la superficie terrestre y sus orígenes; se relaciona estrechamente con algunos factores formantes del suelo (clima, relieve, material, tiempo). Dentro de la Ingeniería Civil, la geomorfología suministra datos de carácter práctico como condiciones de drenaje, peligro de erosión o de derrumbamiento, presencia de materiales de construcción etc.

²³ Carmen Rocío González Gairaud “Problemas de ordenamiento territorial, relacionados con el marco geológico, geomorfológico y los recursos hídricos de la cuenca del río El Ángel. Carchi, Ecuador .Internet www.dspace.espol.edu.ec. Acceso: 04 de Noviembre del 2010.

En la cuenca de estudio, se distingue claramente que una unidad de paisaje es el páramo de El Ángel (zona alta), que comprende gran parte de la Reserva Ecología de El Ángel, cuyo valor paisajístico es grande por su flora y fauna, con una cobertura vegetal nativa de paja y frailejón. Los suelos son negros profundos y francos arenosos, finos con gran capacidad de retención de agua por lo que es una zona húmeda con frecuentes neblinas, lloviznas y garúas, relieve colinado, ondulaciones suaves y depresiones ocupadas ocasionalmente por lagunas, el terreno tiene pendientes que varían entre 25 - 50% y cortes profundos en las quebradas y ríos.²⁴

Una segunda unidad de paisaje son los relieves volcánicos, planicies de inversión de relieve por relleno piroclástico (zona media). Los suelos son franco arcilloso, arenoso, medianamente profundo sobre cangahua, duro, la cobertura natural es escasa y existe una pequeña vegetación arbustiva; las altitudes varían entre 2400 y 3600 metros, el aspecto general de la superficie es acolinada con pendientes variables de 12 al 25%, con pocas ondulaciones suaves y abruptos desniveles en las laderas de las quebradas y ríos. Esta segunda unidad de paisaje comprende el área delimitada para el presente manejo integral.

La tercera unidad que se aprecia es la de terrazas aluviales, abanicos aluviales y conos de deyección (zona baja). Los suelos son escasamente profundos sobre cangahua, su textura es arcillosa arenosa y posee materiales coluvio-aluviales. La altitud es inferior a 2400 m. y los relieves son acolinados con pendientes fuertes mayores de 25 - 50%, la topografía es irregular y abrupta; la zona es muy seca con alto déficit hídrico.

En la cuenca del río El Ángel se determinaron dos grandes conjuntos geomorfológicos:

²⁴ Carmen Rocío González Gairaud “Problemas de ordenamiento territorial, relacionados con el marco geológico, geomorfológico y los recursos hídricos de la cuenca del río El Ángel. Carchi, Ecuador .Internet www.dspace.espol.edu.ec. Acceso: 04 de Noviembre del 2010.

a) Conjunto morfológico volcánico:

Se encuentra en la parte superior de la cuenca por encima de los 3500 msnm aproximadamente, sobresale un relieve montañoso bajo, que presenta un desgaste posiblemente por acción del deshielo de períodos geológicos anteriores, algunos sectores representativos son: la Loma El Crespo, Loma El Mirador y la Fila del Voladero.

b) Conjunto morfológico de la Cuenca Interandina:

Este conjunto de formas, asocia edificios volcánicos y superficies invertidas por relleno de lapilli, cenizas y otros productos piroplásticos. La Cuenca hidrográfica se estrecha en este punto, y tiene un marcado control estructural por fallamiento cuya orientación principal es Nordeste-Suroeste, el conjunto principal puede dividirse según la siguiente asociación de formas del relieve:

B.1 Relieves ligeramente planos que indica zonas de relleno o antiguas lagunas.

B.2 Relieves de pequeñas estructuras de montañas, que muestran un mayor desgaste, aquí es donde se dan las actividades agrícolas, algunas zonas representativas son los alrededores de la Quebrada del Encinal al Nordeste de la cuenca.

B.3 Relieves de la parte central de la cuenca, presenta material más blando y algunos cañones de ríos en forma de V.

B.4 Área del cañón del Río El Ángel, forma un cañón bastante profundo y en algunos lugares alcanza hasta 200 metros de profundidad.

3.1.8 Uso del suelo

En la cuenca de estudio, según su uso de suelo se puede observar las siguientes clases de cultivo: (Anexo # 2):

I. Vegetación arbórea

- **Bosque Natural:** Los árboles son de poca altura y la mayor parte del área está invadida por vegetación de gramíneas que forman los

páramos. En la parte más baja se encuentran chuquirahua y alchemilla que son plantas características de la zona.²⁵

Este tipo de bosque, crece sin dificultad en un área determinada en condiciones favorables sin la intervención del hombre y está constituido por especies nativas.²⁶

II. Pastizales

- **Páramo²⁷**: Vegetación herbácea de alta montaña, resistente a vientos y heladas, asociada ocasionalmente con arbustos, resistentes a temperaturas menores a los 5 grados centígrados.

Están caracterizados por la presencia de los "frailejones" y especies vegetales endémicas del **páramo**.

- **Pasto cultivado**: Son los pastos sembrados que rebrotan después de haber sido cortados o usados para el pastoreo, se destinan prácticamente en su totalidad, para alimento de ganado.

III. Cultivos

- **Cultivos de ciclo corto**: Son aquellos cuyo ciclo vegetativo o de crecimiento es generalmente menor a un año, llegando incluso a ser de algunos meses y una vez que llegaron a dar su fruto, la planta se destruye siendo necesario volverlos a sembrar para obtener una nueva cosecha.

- **Cultivos indiferenciados**

²⁵ "Bosque Natural", Internet. <http://www.ambiente.gob.ec>. Acceso: 13 de Octubre del 2010

²⁶ "Bosque Natural", Internet. <http://www.infojardin.net>. Acceso: 13 de Octubre del 2010

²⁷ "Páramo". Internet. www.wikipedia.com. Acceso: 13 de Octubre de 2010

De todo esto, se puede decir que la cuenca del río El Ángel tiene una amplia producción debido a que sus suelos son fértiles, el principal cultivo es la papa y entre las principales leguminosas están la haba, col, avena, maíz, tomate riñón, cebada; cultivos con características de ciclo corto. Los pastizales naturales y artificiales también representan un alto porcentaje, dentro de estos los pastos artificiales se destacan ya que poseen especies nativas.

Cabe destacar que la agricultura es la base económica de la provincia del Carchi, esta provincia ocupa uno de los primeros lugares en la producción nacional de la papa. Es muy importante destacar que el recurso suelo, está siendo deteriorado por la acción del hombre al no utilizar las técnicas apropiadas para el desarrollo sostenible de los cultivos, no hay rotación de cultivos y falta un sistema apropiado para el cultivo en laderas con control de drenaje que maneje los excedentes de las aguas de lluvia.

3.1.9 Erosión potencial y actual

Como se ha señalado, en la cuenca existen áreas con suelos muy susceptibles a sufrir modificaciones, tanto por fenómenos naturales como por la actividad del hombre. La erosión como proceso incluye el transporte del suelo de su lugar de origen y la deposición en las partes bajas de la cuenca, es un proceso natural de evolución de relieves y suelos, se convierte en un grave problema de manejo, cuando las tasas de eliminación del material superficial son mayores a la producción de nuevo material intemperizado y al reintegro natural de la materia orgánica a los suelos. De este modo, se pierde progresivamente la capa superficial que contiene una alta producción de minerales, materia orgánica, elementos nutritivos y agua necesarios para el crecimiento de las plantas.

Algunos de los tipos de erosión que se presentan son :

Erosión Hídrica, sobre todo en la época lluviosa debido a la falta de cobertura vegetal apropiada y el tipo de pendientes del terreno.

Erosión Eólica, producto de los fuertes vientos, comunes en la zona sobre todo en la época de verano, en los meses de julio y agosto.

Erosión Geológica, se considera como normal, puede ocurrir rompimiento de las rocas y más materiales por variación de temperatura, transporte hídrico asistido por gravedad, y procesos normales de remoción en masa.

Erosión Biológica, puede ocurrir tanto por especies de flora como de fauna.

Erosión Antrópica, los cambios son conocidos como erosión inducida, acelerada o antrópica.

En construcción de caminos, un mal manejo y laboreo del suelo, destrucción de la cobertura vegetal, etc.

En las tierras de la cuenca en estudio, existe la labranza para cultivos y pastoreo además de frecuentes quemas, lo que ocasiona erosión y disminuye significativamente la capacidad de retención del agua.

3.1.10 Zonas de vida y biodiversidad

FAUNA

Las especies acuáticas y terrestres representativas del área, requieren de hábitat especiales, que afortunadamente no han sido alterados, las especies animales más representativas son la trucha arco iris, el jambato, sapo marsupial, perdiz de páramo, pato punteado, cóndor, guarro, curiangué, quilico, gallareta gli-gli, zumbador, gaviota andina, tórtola, conejo silvestre, lobo de páramo, soche, venado, raposa y chucuri.

FLORA

La riqueza florística de la reserva es similar a la mayoría de los páramos ecuatorianos, pero con la presencia de frailejones, planta endémica de la provincia del Carchi que domina el páramo en un 85%. Las principales especies vegetales que se encuentran son el frailejón, arquitecta, chaquilulo, polilepis, dormidera, mortiño, orquídea, paja de páramo, puma maqui, romerillo, sigse, sunfo, chilca, aliso y laurel de cera.

3.2 Administración de la cuenca

3.2.1 Política

Los factores de orden político, conceptual, legal, administrativo y técnico han impedido que las

Cuencas sean manejadas en forma coordinada entre los actores y usuarios de la cuenca, posiblemente los planes de manejo de cuencas al no contar con un marco normativo, falta de políticas nacionales y estrategias, han permitido un manejo de cuencas en forma desordenada y con diferentes enfoques y metodologías de gestión.

Consciente de esta situación el Ministerio del Ambiente, como Autoridad Ambiental del país,

desarrolla el 13 y 14 de noviembre del 2001 el I Congreso Nacional de Políticas de Cuencas Hidrográficas cuyo objeto es identificar y establecer los elementos para formular políticas de gestión integrada, en consenso con los diferentes actores involucrados y que tengan aplicación en el corto, mediano y largo plazo. En el presente año el Ministerio del Ambiente deberá seguir con el proceso de desarrollar políticas sencillas y de consenso, nacidas de las

realidades y problemas que viven las comunidades campesinas. Las responsabilidades del Ministerio del Ambiente serían:

- Tomar la decisión y planificar en detalle el proceso
- Gestionar los recursos financieros necesarios
- Designar una instancia operativa que coordine el proceso a nivel nacional
- Conformar un equipo interno asesor
- Institucionalizar las políticas que emanen del proceso de formulación

Existen duplicaciones y contradicciones en las políticas nacionales sobre el uso, manejo y conservación de recursos naturales, esto resulta en conflictos localmente en sus aplicaciones. A nivel local, las ordenanzas municipales se tratan casi únicamente de los problemas de saneamiento urbano (manejo de basura sólida, tratamiento de agua potable, etc) y no hay ordenanza para el uso de los recursos naturales, ni tampoco consciencia sobre la necesidad de tenerlas. Lo más grave, es que no existen acciones colectivas o colaborativas entre los tres municipios locales en cuanto al espacio compartido que es la cuenca.

3.2.2 Socioeconómico

El análisis socioeconómico, sirve para caracterizar la evolución de la población y sus actividades económicas; en las últimas décadas, el Carchi como muchas otras regiones del Ecuador, se caracteriza por ser una provincia eminentemente agrícola, productora principalmente de papa y de leche (en la zona alto andina), así como de fréjol (en la zona cálida y cálida seca) y de ciertos frutales propios de las zonas cálido seca y subtropical del noroccidente y suroccidente de la Provincia. La población económicamente activa (PEA) del

Carchi, trabaja para el desarrollo y progreso de la provincia y su composición por actividades está distribuida de la siguiente manera:²⁸

Agricultura 47.00%

Servicios 32.00%

Industria 12.00%

Desocupados 9.00%

Los sectores agropecuario, comercial y de transporte, constituyen los rubros productivos en los cuales la provincia tiene mayores niveles de competencia, los sectores de Comercio y Servicios en su mayoría se concentran en el Cantón Tulcán.

Tabla 3.10 Indicadores económicos y sociales de la provincia del Carchi

Año	ANUALES		Hum. Relativa (%)	Heliofania (horas/año)	Vel. De viento (Km/h)	Precipitaciones (máx 24 horas)	Precipitación mensual (mm)
	Temp. max	Temp. Min					
2001	17,2	7,3	73	1655,6	3	39	485,6
2002	17,8	6,3	79	1560,4	3	34,8	780,1
2003	18,3	6,8	77	1530,5	3	34,4	758,2
2004	17,2	8,2	81	1672,3	3	26,1	595,9
2005	16,9	8,4	87	1570,4	3	46,5	875,7
2006	16,6	8	88	1419,7	3	47,2	982,5
Media	17,33	7,50	80,83	1568,15	3,00	38,00	746,33

FUENTE: SISE (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador)

<http://www.carchi.gov.ec>

²⁸ Isabel Escobar, "El Carchi" Internet. www.lunadepapelecuador.net, Acceso: 30 de Octubre del 2010

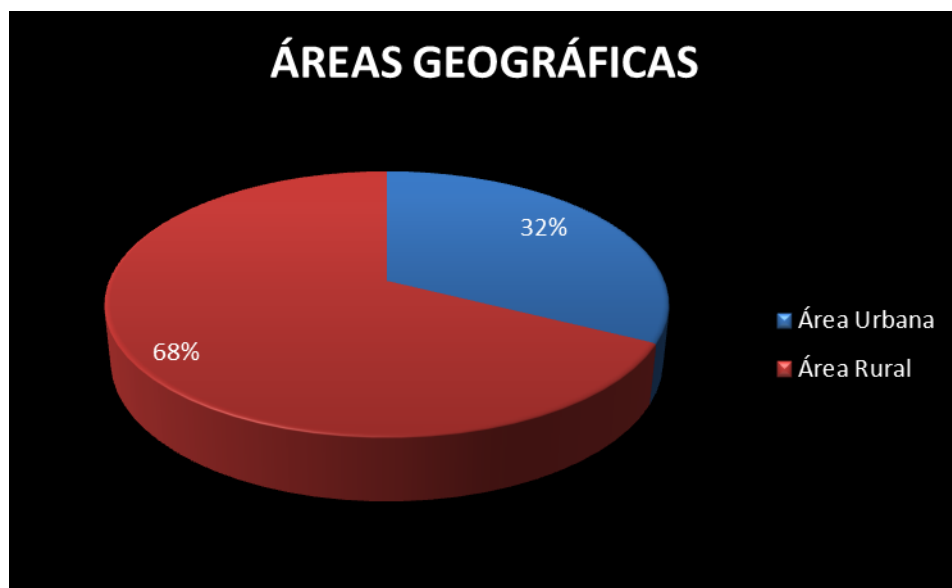
3.2.2.1 Demografía

Para poder evaluar la demografía, que es la parte de la estadística que trata de la población de un país y de su clasificación, pueden considerarse los siguientes parámetros:

1. Población urbana
2. Población rural

En el Cantón Espejo, de una población total de 13515 habitantes, 4383 habitantes corresponden al área urbana y 9132 habitantes al rural²⁹

Gráfico 3.10 Áreas Geográficas del Cantón Espejo



3.2.2.2 Estructura ocupacional

Esta sub-área, se puede evaluar a través del nivel de instrucción de la población y la población económicamente activa (PEA) de la cuenca

²⁹ Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Vivienda, “VI Censo de Población y Vivienda 2001, Resultados Definitivos, Provincia del Carchi”, Tomo I

Tabla 3.11 Características Educativas del Cantón Espejo

Mes	Año	EMPERATURAS ANUALES		Hum. Relativa (%)	Heliofania (horas/año)	Vel. De viento (Km/h)	Precipitaciones (máx 24 horas)	Precipitación mensual (mm)
		Temp. max	Temp. Min					
Enero	2001	16.4	6.8	75	183,3	2,9	21,8	85,3
	2002	18.5	6.2	77	173,3	3,1	12,8	54
	2003	19.2	5.9	75	149,2	3,2	5,6	22,3
	2004	18.1	7.6	77	211,2	3,3	24,2	66,9
	2005	17.5	8.1	88	144,5	3,2	30,6	118,3
	2006	15.7	6.7	88	87,8	2,6	20,5	104
	Promedio	Max =19,2	Min=5,9	80	158,217	3,05	19,25	75,13
Febrero	2001	16.5	7.4	77	109,2	3,2	13,4	54,1
	2002	18.7	6.0	79	116,4	2,8	11,6	25,1
	2003	18.9	7.2	77	115,5	2,8	34,4	54,8
	2004	17.7	7.7	75	120,4	2,9	20,5	29,4
	2005	16.7	9.3	89	118,7	3	22,1	88,9
	2006	17.3	8.1	87	124,4	2,4	16	62,9
	Promedio	Max =18,9	Min=6,0	80,67	117,43	2,85	19,67	52,53
Marzo	2001	16.7	7.6	77	102,5	2,5	39	53
	2002	18.8	6.2	77	110,7	2,8	19,6	47,1
	2003	18.2	6.8	79	91,2	2,4	27,4	93,7
	2004	17.8	8.7	75	118,9	3,5	19,9	29,8
	2005	16.7	8.8	90	85,4	2,5	21,3	104,9
	2006	16.7	8.7	92	81,6	2,4	26,5	183,8
	Promedio	Max =18,8	Min=6,2	81,67	98,38	2,68	25,62	85,38
Abril	2001	17	7,6	74	99	2,9	12,9	64,3
	2002	18,8	6,2	78	126,3	3,1	13,2	61,7
	2003	18,7	7,3	80	124,6	2,6	12,8	59,5
	2004	17,5	8,3	78	112,8	2,8	19,2	109,1
	2005	17,2	9,2	87	101,8	2,9	46,5	172,2
	2006	16,8	8,8	92	109,5	2,6	25,9	123,7
	Promedio	Max =18,8	Min=6,2	81,50	112,33	2,82	21,75	98,42
Mayo	2001	17,1	7,7	74	109	2,6	6,3	22
	2002	17,5	7,2	80	93,4	2,8	6,4	48
	2003	18,1	7,3	80	112	2,8	16	51,1
	2004	17,2	8,9	80	113,2	2,8	10,6	39,8
	2005	17,3	8,7	86	153,4	2,9	13	60,6
	2006	17	8,8	89	150,7	2,9	17,8	17,8
	Promedio	Max =18,1	Min=7,2	81,50	121,95	2,80	10,46	39,88
Junio	2001	16,3	7,1	72	147,8	3,5	4,6	20,1
	2002	16,1	6,3	80	114,4	3,4	26,9	107,7
	2003	17,7	6,3	78	113	2,7	18,9	48,7
	2004	16	8,5	82	111,3	4,2	3,5	11,5
	2005	16,4	8,7	86	124	3,3	13,9	30,7
	2006	16,1	8	91	114	2,8	26,1	105
	Promedio	Max =17,7	Min=7,2	81,50	120,75	3,32	15,65	53,95
Julio	2001	17	7	71	162,6	3,5	7,5	21,3
	2002	17,2	6,4	79	143,6	3,4	12,4	35,6
	2003	16,5	6,8	78	139	3,6	26,7	88,5
	2004	16,9	7,9	80	113,9	3,4	3,7	14,8
	2005	15,7	8	83	158	3,7	7,2	25,5
	2006	15,6	8	88	132	3,4	5,4	12,5
	Promedio	Max =17,2	Min=6,4	79,83	141,52	3,50	10,48	21,94
Agosto	2001	15,7	6,9	70	144,7	4,3	4,9	8,4
	2002	16,2	6	83	128,2	3,7	6,2	35,7
	2003	16,9	7,1	75	141,1	3,5	2,7	16,3
	2004	15,8	8	85	145	4,7	1,8	4,2
	2005	16,3	7,8	82	145,2	4	6	16,3
	2006	15,8	6,3	79	131,1	3,6	8	18,8
	Promedio	Max =17,2	Min=6,4	79,00	139,22	3,97	4,93	16,62
Septiembre	2001	18	6,8	68	158,5	3,5	9,1	25,6
	2002	17,7	5	79	159,7	3,7	1,3	3,7
	2003	18,3	6,6	76	123,8	3,2	11,6	41
	2004	16,8	8,1	84	142,2	3,8	12,3	22,2
	2005	16,9	8,2	85	125,2	3,7	17,3	47,6
	2006	16,5	6,8	81	119,8	3	4,7	18
	Promedio	Max =18	Min=5	78,83	138,20	3,48	9,38	26,35
Octubre	2001	19,8	6,9	65	241	4,2	1,6	1,6
	2002	18,1	5,3	81	134,4	3	34,2	138,8
	2003	19,4	6,9	77	155,2	2,8	33,6	102,6
	2004	17,9	8,3	87	136,3	3,3	13,4	46,7

	2005	17,9	8,4	92	126,5	3	39,6	130,9
	2006	18	8	90	137	3,1	19,9	62,9
	Promedio	Max =19,8	Min=5,3	82,00	155,07	3,23	23,72	80,58
Noviembre	2001	17,7	7,4	75	105,9	3,1	11	62,1
	2002	17,5	7,1	83	131,0	2,7	34,8	132,8
	2003	20	6,8	76	157,8	2,9	28	106,4
	2004	17,6	8,6	89	160	3,1	17,4	101,6
	2005	18,2	8	91	166,1	3,3	27,6	87,1
	2006	16,7	8,5	93	97,6	2,4		138,5
	Promedio	Max =20,00	Min=6,8	84,50	137,48	2,92	23,76	104,75
Diciembre	2001	18,3	7,8	80	137,1	2,7	13,4	67,8
	2002	18,7	7,2	81	129	2,6	20,1	89,9
	2003	18	6,9	78	108,1	2,9	20	73,3
	2004	17,5	8,3	89	187,1	3,4	26,1	119,9
	2005	15,8	7,7	93	121,6	2,5	17,3	185
	2006	16,7	8,9	94	134,2	2,5	28,8	134,6
	Promedio	Max =18,7	Min=6,9	85,83	136,18	2,77	20,95	111,75

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Vivienda, “VI Censo de Población y Vivienda 2001, Resultados Definitivos, Provincia del Carchi”, Tomo I

Gráfico 3.11 Nivel de Instrucción población de 5 años y más del Cantón Espejo

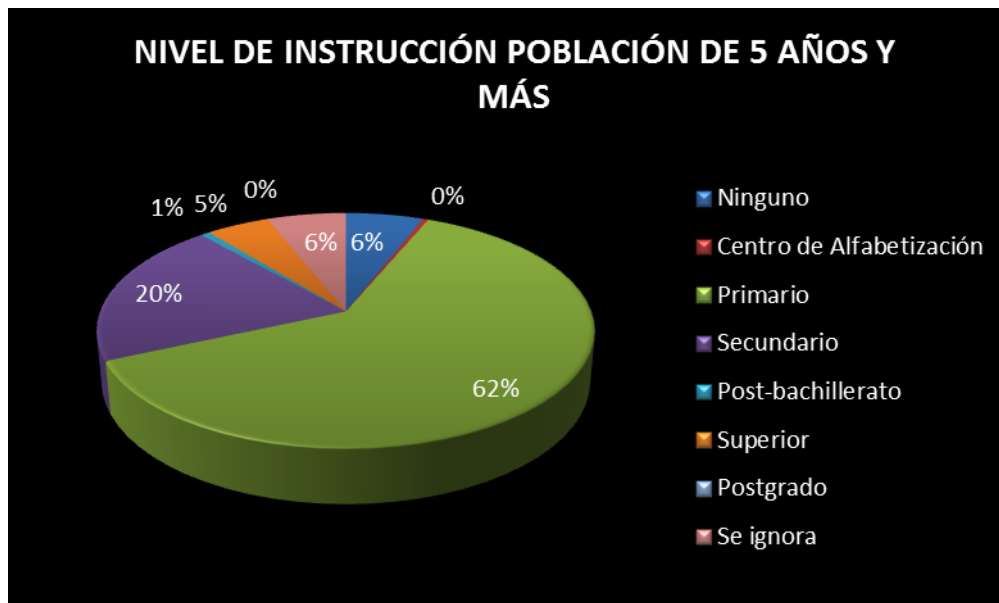


Gráfico 3.12 Alfabetismo población de 10 años y más del Cantón Espejo



Tabla 3.12 Características Educativas del Cantón Espejo

VARIABLES Y CATEGOR. INVESTIGADAS EN EL VI CENSO DE POBLACIÓN	Provincia Carchi (Cantón Espejo)	
	ABSOLUTO	%
CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS		
TIPO DE ACTIVIDAD		
POB. DE 5 AÑOS Y MÁS	12058	100
Población económica activa	4904	40,7
Ocupados	4803	39,8
Desocupados	101	0,8
Población económica Inactiva	6665	55,3
No Declarado	489	4,1
RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA		
	4904	100
Sector Primario	2755	56,2
Sector Secundario	578	11,8
Sector Terciario	1276	26
No Declarado	274	5,6
Trabajador nuevo	21	0,4
CATEGORÍA DE OCUPACIÓN		
	4904	100
Patrono o socio activo	310	6,3
Cuenta Propia	1786	36,4

Empleado o Asalariado	2233	45,5
Del Municipio o Consejo Provincial	126	2,6
Del Estado	486	9,9
Del Sector Privado	1621	33,1
Trabajo Familiar sin Remuneración	217	4,4
No Declarado	337	6,9
Trabajador Nuevo	21	0,4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Vivienda, “VI Censo de Población y Vivienda 2001, Resultados Definitivos, Provincia del Carchi”, Tomo I

Gráfico 3.13 Tipo de actividad población de 5 años y más del Cantón Espejo

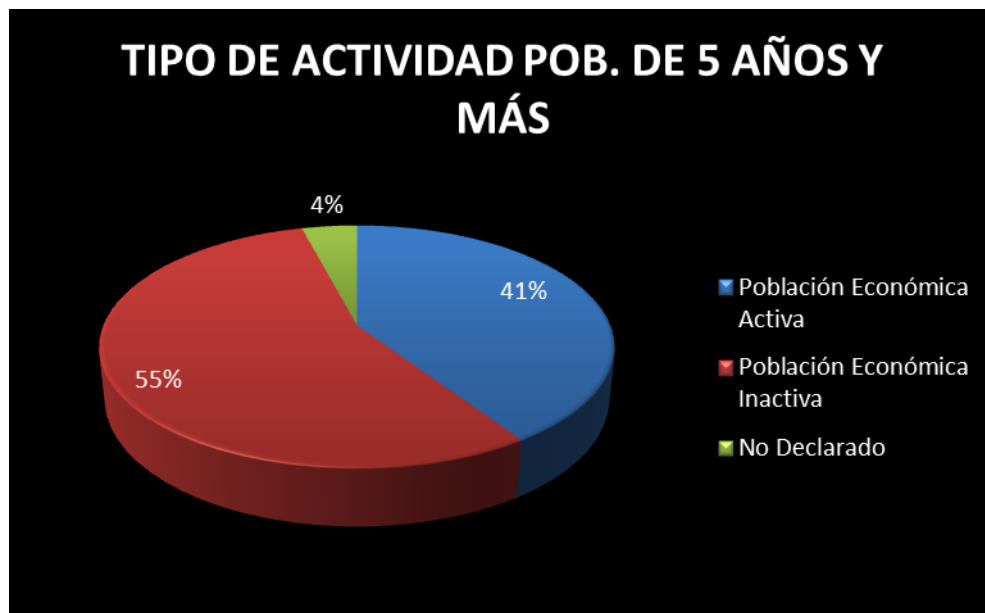


Gráfico 3.14 Población Económicamente Activa del Cantón Espejo



Gráfico 3.15 Ramas de Actividad Económica del Cantón Espejo

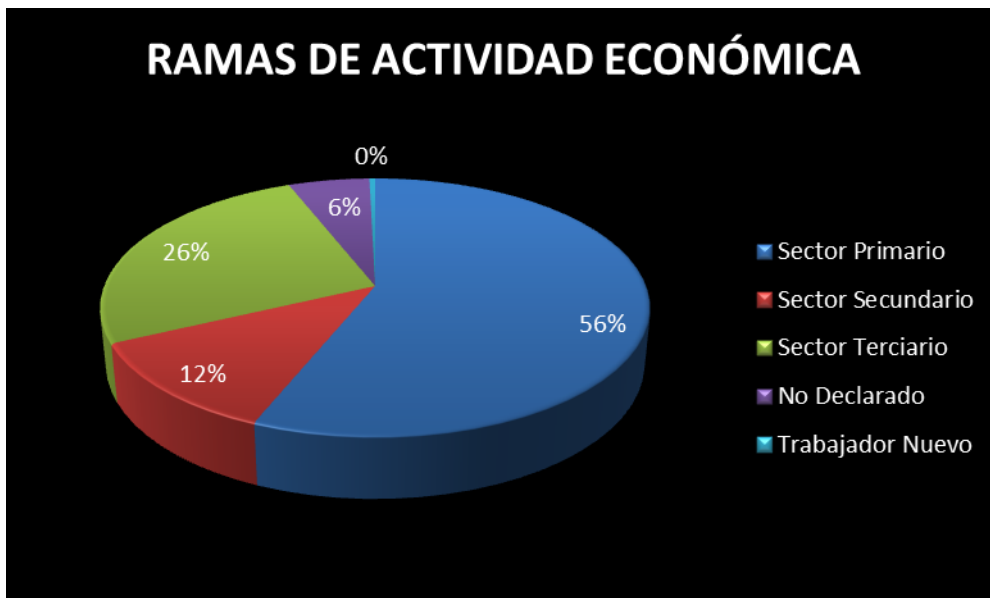
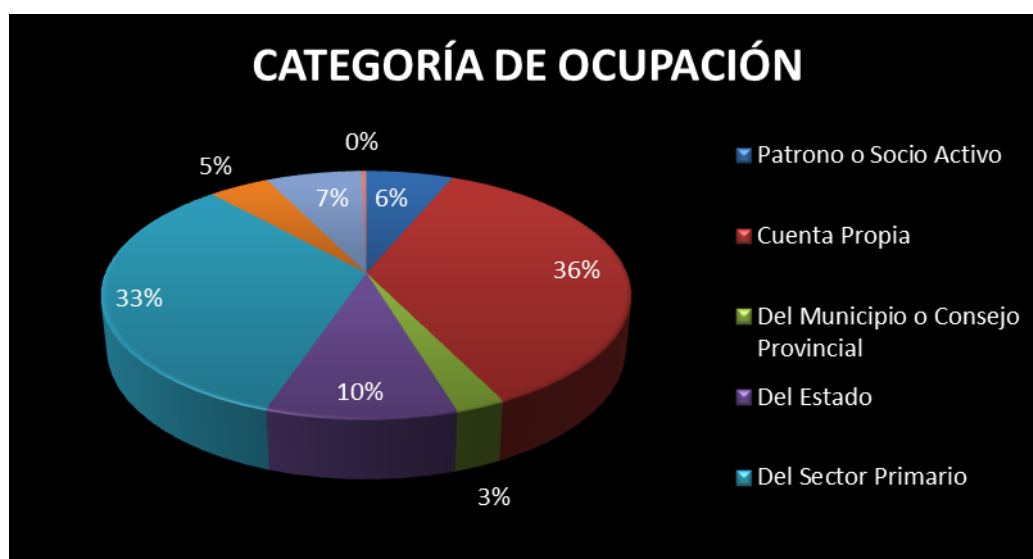


Gráfico 3.16 Categoría de Ocupación del Cantón Espejo



3.2.2.3 Estructura social

Tabla 3.13 Características Generales del Cantón Espejo

VARIABLES Y CATEGOR. INVESTIGADAS EN EL VI CENSO DE POBLACIÓN	Provincia Carchi (Cantón Espejo)	
	ABSOLUTO	%
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
POBLACIÓN TOTAL	13515	
Porcentaje Cantonal	8,8	
SEXO	13515	100
Hombres	6576	48,7
Mujeres	6939	51,3
GRANDES GRUPOS DE EDAD	13515	100
Menos de 15 años	4486	33,2
15-24 años	2368	17,5
25 a 64 años	5293	39,2
65 años y más	1368	10,1

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Vivienda, "VI Censo de Población y

Vivienda 2001, Resultados Definitivos, Provincia del Carchi", Tomo I

Gráfico 3.17 Porcentajes de Hombres y Mujeres del Cantón Espejo

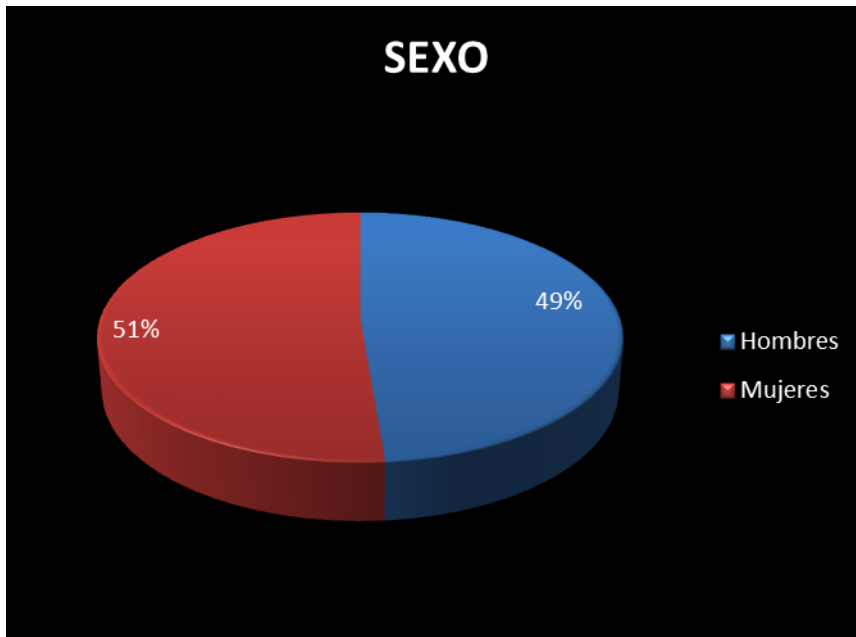


Gráfico 3.18 Grupos de edad del Cantón Espejo

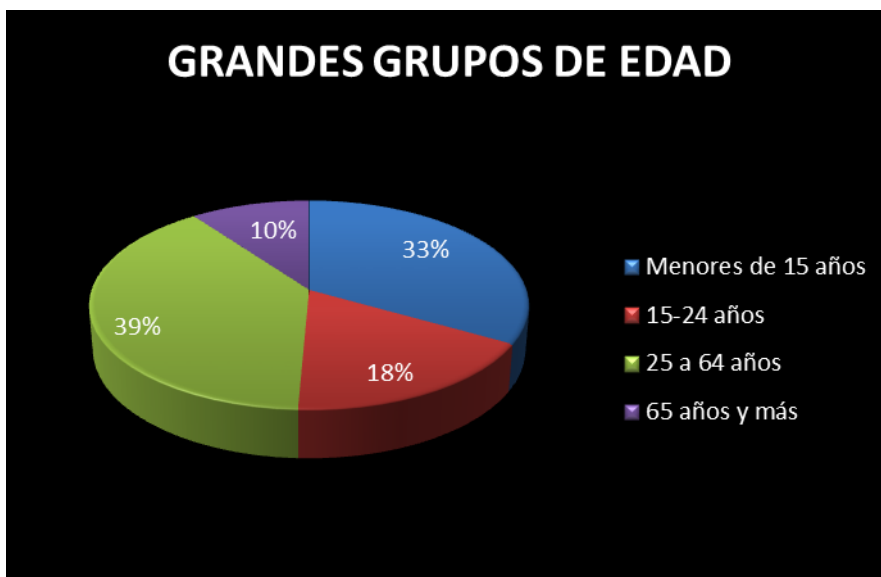


Gráfico 3.19 Áreas Demográficas del Cantón Espejo

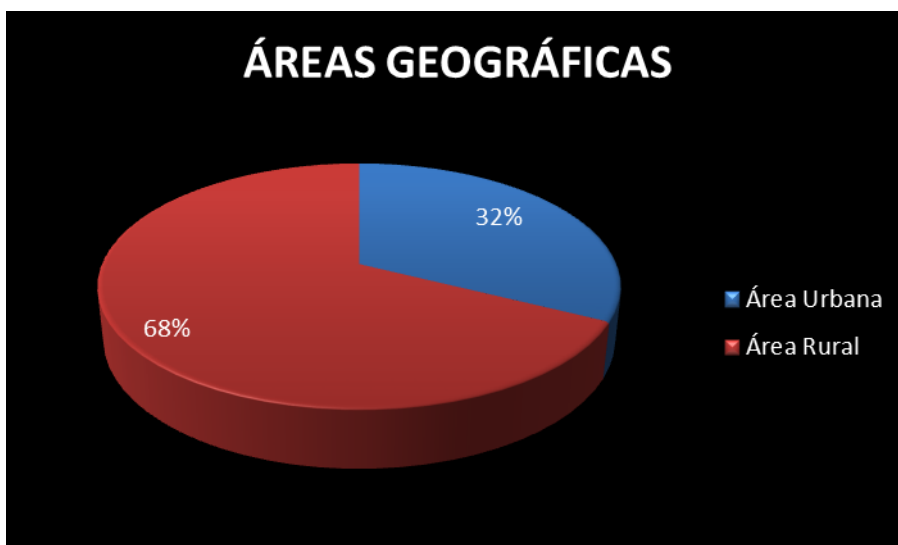


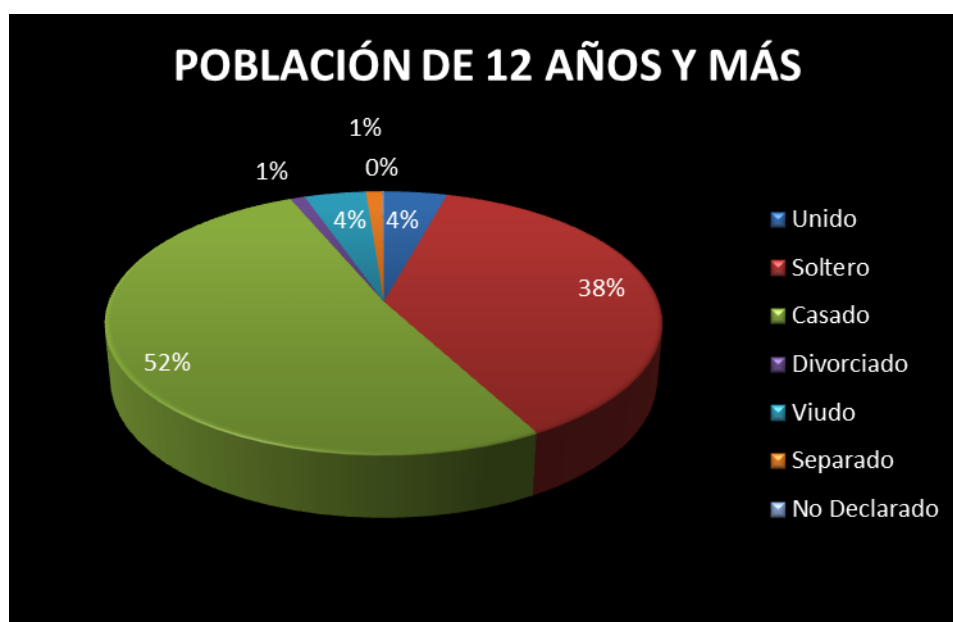
Tabla 3.14 Estado Civil o Conyugal del Cantón Espejo

VARIABLES Y CATEGOR. INVESTIGADAS EN EL VI CENSO DE POBLACIÓN	Provincia Carchi (Cantón Espejo)	
	ABSOLUTO	%
ESTADO CIVIL O CONYUGAL		
POBLACIÓN DE 12 Y MÁS	9936	100
Unido	426	4,3
Soltero	3751	37,8
Casado	5127	51,6
Divorciado	100	1
Viudo	413	4,2
Separado	112	1,1
No Declarado	7	0,1

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Vivienda, “VI Censo de Población y

Vivienda 2001, Resultados Definitivos, Provincia del Carchi”, Tomo I

Gráfico 3.20 Estado Civil o Conyugal del Cantón Espejo



Para tener una idea de la estructura social es necesario conocer los niveles de pobreza.

Mientras más alto sea el nivel de pobreza en la cuenca, más urgente será la priorización en su manejo³⁰.

Incidencia de la pobreza en el Carchi

Provincia	Porcentaje de pobreza	Decil Pobreza
Carchi	63.6	9

Fuente: SECAP-Banco Mundial, Encuesta de condiciones de vida, 1994, Censo de población y vivienda, 2001; Secretaría Técnica de Frente Social. Modelos de Proyección de la ECV de 1994 al Censo del 2001.

³⁰ Meyer, W.B. and B.L. Turner II. Human populations growth and global land use. Cover change. Annual review of ecology and systematics, Illinois, 1994.

El desarrollo social ha sido históricamente débil en el Ecuador, la mayor parte de la población se ha visto afectada por graves carencias en nutrición, salud, educación y vivienda.³¹ Sin embargo, la pobreza ha tenido un incremento notable en los últimos años, es el principal impedimento para el desarrollo, y se ha ampliado la distribución de riquezas con una inequidad abismal en cuanto a participación de bienes y oportunidades, siendo extrema en zonas rurales.

3.2.3 Económica

Agricultura

La provincia del Carchi, es una región muy bien dotada para la agricultura, debido a que sus suelos son fértiles; de los cultivos agrícolas más importantes, debe destacarse la papa que se cultiva especialmente en los cantones de Tulcán y Montufar. El Carchi es una provincia papera y ocupa uno de los primeros lugares en la producción nacional de este tubérculo, la producción de cebada fue importante hace algunos años, debido al mercado seguro que se tenía en la industria cervecera colombiana; luego decayó para volver a recuperarse con nuevos sembríos, otros cultivos importantes son: maíz, trigo, arveja, fréjol, haba, mellocos.

Ganadería

Expertos nacionales y extranjeros han establecido que las mesetas del Carchi constituyen zonas óptimas para la crianza de ganado, tanto de leche como de carne. El cantón Tulcán es el que más superficie tiene dedicada a pastos y también el de mayor población bovina; en las principales haciendas, la producción lechera se la realiza en forma técnica, por lo cual el promedio de litros de leche de vaca por día esta más alto que el promedio nacional. En cuanto a la ganadería de carne, si bien es importante, su crecimiento se ha determinado por

³¹ Moreano, M. Carrasco, Carrasco, F., y Bacallao, J, Desnutrición y condiciones socioeconómicas en el Ecuador, CONADE, 1994.

problemas de precios. En esto tiene mucho que ver la demanda y los precios que rigen en Colombia.³²

3.2.4 Recursos Humanos

En esta área, se quiere evaluar la capacitación técnica que tiene el personal que trabaja en los diferentes organismos encargados del manejo de la cuenca. En la provincia del Carchi participa el grupo Randi Randi, que está conformado legalmente por profesionales en las áreas de antropología, agronomía, biología, desarrollo rural, ecología, ecoturismo, forestal, geografía, planeación, con varios años de experiencia acumulada en el ámbito nacional e internacional;³³ **Randi Randi** es una expresión kichwa que literalmente significa “dando y dando”.

En la cuenca del río El Ángel, se llevaron a cabo planes estratégicos en la donde el Grupo Randi Randi adelantó los denominados planes parroquiales, innovando los instrumentos para lograr la participación de la comunidad.

El proceso de coinversión se realizó de manera reactiva y de manera proactiva. De manera reactiva, analizando las solicitudes que venían de los grupos de productores y las entidades socias y apoyándolos en el mejoramiento de las formulaciones de proyectos; de manera proactiva, presentando ideas y elaborando en forma conjunta las propuestas de proyecto. Se flexibilizó la metodología original, permitiendo que los gobiernos locales u otras entidades participaran como “socio empresarial” y dando más autonomía a las entidades socias para decidir sobre los proyectos, bajo los criterios indicados. Fue así por ejemplo, que se pudo ayudar a fortalecer el Fondo Empresarial del Grupo Randi Randi en la cuenca El Ángel en Ecuador, y crear el Fondo de Garantía para créditos de agricultura de conservación y Fondo de Maquinaria, en la misma cuenca.

³² “Economía de la Provincia de Carchi”, Internet. www.explored.com.ec, Acceso: 10 de Noviembre del 2010

³³ “Grupo Randi Randi”, Internet. www.condensas.org, Acceso: 10 de Noviembre del 2010

3.3 Aspectos Técnicos

En los aspectos técnicos se evalúan las siguientes áreas: potencial de recursos, aprovechamiento de recursos e impactos ambientales negativos.

3.3.1 Potencial de recursos

3.3.1.1 Agua

La región de la cuenca en estudio presenta un potencial hídrico subutilizado. En estudios hidrológicos efectuados en el área, se aprecia importantes caudales que no son utilizados durante los períodos lluviosos, por otra parte, el clima local presenta un período de sequía que afecta particularmente a la zona media y baja, por un período de 4-5 meses. Por la creciente deforestación de la cuenca, su capacidad de retención en períodos de sequía se ha visto reducida y produce un estiaje más prolongado, y ante el factor de mayor densidad poblacional en algunos sectores, presenta una disponibilidad per cápita mas baja que en el resto del país.³⁴

Los recursos hídricos provenientes de la cuenca presentan diversos usos: consumo humano, agrícola, energético e industrial. La mayor demanda se presenta para irrigación y abastecimiento de agua potable, las condiciones orográficas de la cuenca y el recurso superficial abundante en el período lluvioso, permiten contar con un potencial de regulación con fines de riego e hidroeléctrico local (microcentrales) que no se está utilizando en toda su capacidad.

3.3.1.2 Suelo

Las formaciones de suelos existentes en la cuenca, son predominantemente de origen volcánico y sedimentario en la zona media y baja, en la mayoría de las zonas donde se

³⁴ Mauricio Proaño y Oswaldo Paladines ‘‘Análisis del sistema agropecuario del río El Ángel. Provincia del Carchi, Ecuador’’. Internet. www.condesan.org. Acceso: 28 de Septiembre del 2010.

concentran núcleos de población, los suelos han sido despojados de su cobertura vegetal por efecto de una expansión de la frontera agropecuaria, esto es particularmente notorio en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica El Ángel. En el sector medio y bajo en la cuenca existen sectores en que el grado de erosión es agudo, presentando afloramiento rocosos y cárcavas.³⁵

Las clases de suelos encontradas en la microcuenca del río El Ángel son: limos, arcillas, francolimosos, arcilla limosa y canchagua; son suelos de zonas de pradera en climas templados con horizonte superficial blando y rico en materia orgánica.

3.3.1.3 Forestal

El parámetro para calificar el aprovechamiento forestal; es el área forestal explotada por cada cuenca (AFE). La zona nor-occidental de la provincia es especialmente rica en bosques, sobre todo cedro, eucalipto y pino; existen aserraderos para la explotación maderera, pero la provincia sufre el mismo mal que otras regiones del Ecuador, que consiste en una explotación irracional de los bosques.³⁶

A nivel de toda la cuenca del río el ángel, el total del área con suelos de vocación forestal se estima en 20,000 hectáreas, de las cuales están forestadas con especies nativas y exóticas unas 5,000 has. Las 15.000 requieren un proceso de reforestación selectivo. La cercanía de estas áreas a los centros urbanos las convierte en fuentes productoras de leña para suplir la demanda endoenergética por parte de la población.³⁷

³⁵ Mauricio Proaño y Oswaldo Paladines ‘‘Análisis del sistema agropecuario del río El Ángel. Provincia del Carchi, Ecuador’’. Internet. www.condesan.org. Acceso: 28 de Septiembre del 2010.

³⁶ ‘‘El Carchi’’, Internet. www.carchi.gov.ec, Acceso: 12 de Noviembre del 2010

³⁷ Mauricio Proaño y Oswaldo Paladines ‘‘Análisis del sistema agropecuario del río El Ángel. Provincia del Carchi, Ecuador’’. Internet. www.condesan.org. Acceso: 28 de Septiembre del 2010.

3.3.2 Aprovechamiento de recursos

3.3.2.1 Agua

En el área hay identificadas 10 fuentes de agua para consumo humano, algunas requieren un régimen de protección especial, que se recomienda se implementen en:

- Captaciones de las parroquias rurales (La Libertad, Pueblo Viejo)
- Captaciones de las áreas urbanas (El Ángel, Mira, Bolívar, San Isidro)
- Zonas tributarias a las acequias utilizadas en riego y agua potable.

Existen estudios que muestran que el potencial disponible de riego esta subutilizado en la zona de proyecto, existen al menos unas 3.000 has para uso agrícola. La cuenca abastece de riego y agua potable, en forma total y parcial, en 12 áreas. De un total de más de 2.200 has., 1.200 has. se localizan dentro de la Cuenca (54%) cubriendo 6 áreas en el sector medio y bajo. Las fuentes de captación principales se localizan en el sector alto, del cual se originan 9 acequias (5 en el lugar denominado "El Colorado" y 4 en las "Lagunas de Voladero).

3.3.2.2 Suelo

Este recurso puede ser evaluado en función del uso potencial del suelo en la cuenca, este parámetro se puede avaluar de acuerdo a la clasificación USDA³⁸, la escala de calificación puede ser la siguiente

Cuadro N° 3.15, Escala de evaluación de potencial de recursos: Suelo.

Clase dominante en la cuenca	Puntaje
Clase I y II	10
Clase III y IV	7.5
Clase V y VI	5
Clase VII y VIII	2.5

³⁸ United States Department of Agriculture.

La USDA clasifica a los suelos según su textura así³⁹:

Clase I: Loam (limo).

Clase II: Clay Loam (limo arcilloso).

Clase III: Sand y Loam (limo arenoso).

Clase IV: Loam y Sand (arena limosa)

En la microcuenca del Río El Ángel predomina los suelos de clase I y II, de lo que se concluye que el puntaje de calificación es 10, la cuenca posee suelos aptos para la agricultura.

3.3.2.2.1 Fines agrícolas

Para evaluar el aprovechamiento del suelo con fines agrícolas, se debe conocer el valor de las áreas cultivadas y de las áreas con fines pecuarios. Es deseable, con fines de priorización en el manejo de cuencas que se seleccionen las que presenten mayores áreas agropecuarias⁴⁰.

La microcuenca en estudio tiene un área de 4928ha. de las cuales, 1785ha. son sembradas y 1706 son cosechadas. Con este dato se observa que las áreas sembradas en la microcuenca, no llegan ni a la mitad del área total de la misma, por consiguiente se debe implementar sistemas que mejoren la calidad del suelo y así aumentar las hectáreas de sembrado, para que de esta manera se genere fuentes de trabajo para los habitantes de la zona.

3.3.3 Impactos ambientales negativos

Los impactos ambientales en las cuencas pueden ser causados por el hombre o por procesos físico-naturales, los impactos ambientales negativos más significativos que se producirían en una cuenca, son los que se mencionan a continuación:

³⁹ Apuntes de Suelos I PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

⁴⁰ “Erosión del suelo” Internet, www.fao.org Acceso: 14 de noviembre del 2010

3.3.3.1 Erosión del suelo

En el Ecuador, como en cualquier parte del mundo, los factores climáticos, precipitaciones y viento, son creadores de la erosión; en tanto que las pendientes de los relieves, las características de las formaciones superficiales y suelos, así como los diferentes tipos de cobertura vegetal sobre los cuales el hombre puede tener un impacto erosivo determinante, condicionan la erosión. A pesar de que cada uno de estos factores tienen su importancia, para el caso del Ecuador, pondremos particular énfasis sobre el papel de los agentes climáticos y de la topografía, sin olvidar evidentemente, la acción del hombre que contribuye a modificar las características protectoras de la vegetación natural.⁴¹

Los principales factores, creadores y condicionantes de la erosión

1. Precipitaciones y viento

Sin las precipitaciones y el viento, la erosión sería casi insignificante, el factor erosivo creador más importante es el agua porque da origen a todos los procesos hídricos. Su agresividad es notable porque actúa en el país, según las regiones, con fuertes intensidades y alturas pluviométricas durante casi 9 meses, Alturas pluviométricas anuales del orden de 800 - 1000 mm son suficientes para provocar los movimientos en masa.⁴²

La erosión del suelo, se podrá evaluar en función de una tasa anual de erosión en la cuenca. Es deseable para el manejo priorizado de cuencas, escoger cuencas con las mayores tasas de erosión, durante los 3 meses de verano, es el viento el que origina una erosión notable, en un mismo estado de humedad, las partículas más susceptibles al transporte eólico están comprendidas entre 50 - 200 micras y para velocidades del orden de 4 a 7 m/s.

⁴¹ Georges de Noni y German Trujillo, “Degradación del suelo en el Ecuador”, Internet, <http://horizon.documentation.ird> , Acceso 13 de Noviembre del 2010.

⁴² Georges de Noni y German Trujillo, “Degradación del suelo en el Ecuador”, Internet, <http://horizon.documentation.ird> , Acceso 13 de Noviembre del 2010.

2. Las pendientes de los relieves

En su conjunto, el país presenta una gran diversidad de relieves con una topografía bastante accidentada, que favorece la agudización de la dinámica erosiva, en primer lugar, se debe mencionar la cordillera de los Andes que constituye el mayor accidente orográfico del país.

3. El impacto erosivo del hombre

La actividad agrícola, es sin duda alguna la que degrada lo más intensivamente los suelos, a pesar de que el agricultor puede tener conciencia de los problemas erosivos, pero en general de manera superficial, no realiza obras de conservación eficaces.

La situación erosiva se empeora aún más cuando la agricultura tradicional, no o poco conservacionista, trata de adaptar nuevos métodos de cultivo. La práctica cada vez más usual del laboreo motomecánico es desgraciadamente muy significativa; el uso del tractor generaliza los trabajos en el sentido de la pendiente hasta el 60 por ciento, hace desaparecer la multitud de los linderos (abruptos de tierra, barreras vivas o de piedra) que permiten frenar el escurrimiento, y borra las huellas de las zanjas de desviación.

El parámetro para la evaluación de la erosión del suelo será la tasa anual de erosión (TAE). Según la clasificación de la FAO⁴³ la tasa anual de erosión, significa la cantidad de material arrastrado por el agua, medido en la unión de tributarios, cuantificados en un año calendario, se puede clasificar de la siguiente manera:

Cuadro N° 3.16, Escala de erosión del suelo, mediante la tasa de erosión

Tasa anual de erosión	Grado de erosión
< 10 ton ⁴⁴ /ha/año	Ligero
11-30 ton/ha/año	Moderado

⁴³ Food and Agriculture Organization, United Nations.

⁴⁴ Toneladas de material suelto, se mide generalmente en la desembocadura del río.

31-50 ton/ha/año	Fuerte
51-200ton/ha/año	Muy Fuerte
101-200ton/ha/año	Grave
>200 ton/ha/año	Muy Grave

Los grados de erosión se califican luego en una escala 0-100, de la siguiente forma:

Cuadro N° 3.17, Escala de erosión

Grado de erosión	Puntaje
Ligero	0
Moderado	20
Fuerte	40
Muy Fuerte	60
Grave	80
Muy Grave	100

Estudios realizados por el IIMI en sectores homólogos a la cuenca, permiten inferir que por tratarse de áreas planas de suelos susceptibles a la erosión, aun en zonas de poca pendiente, las pérdidas de suelo corresponden a "erosión moderada" llegando a producir de 10-15 toneladas métricas de sólidos por ha. al año.⁴⁵ (en el sector denominado "Santiaguillo"). Esta erodabilidad del suelo está causando aportes de sedimento a los cauces de los ríos, en forma considerable (aproximadamente 85,000 m³/año).

⁴⁵ Mauricio Proaño y Oswaldo Paladines ‘Análisis del sistema agropecuario del río El Ángel. Provincia del Carchi, Ecuador’. Internet. www.condesan.org. Acceso: 28 de Septiembre del 2010.

Gráfico 3.21 Erosión en la Microcuenca del Río El Ángel



Fuente: Propia

3.3.3.2 Sedimentación

La sedimentación ocurre porque el suelo erosionado en las partes altas de la cuenca, desciende hasta las partes bajas ayudado por la precipitación pluvial, con el agravante de que en la mayoría de casos no existen medidas para la conservación de los suelos⁴⁶. El parámetro escogido para la evaluación es también la tasa anual de erosión, porque es la erosión precisamente la causa de este impacto ambiental negativo. Se puede utilizar la siguiente escala de calificación⁴⁷

Cuadro N° 3.18, Escala de evaluación del grado de sedimentación.

Grado de erosión	Grado de Sedimentación	Puntaje
Ligero y Moderado	Bajo	25
Fuerte y muy fuerte	Moderado	50
Grave	Alto	75
Muy grave	Muy Alto	100

⁴⁶ Hadley, Lal. Erosion and Sediment Yield Studies. Technical Document in Hydrology.

⁴⁷ Carpenter, S., Brock W., Ecological and social dynamics in simple models of ecosystem management.

El grado de erosión de la microcuenca El Ángel es moderado, por ende el grado de sedimentación es bajo.

3.3.3.2 Saturación y Salinización

La saturación y salinización de los suelos son problemas comunes causados por el riego superficial. A nivel mundial, se ha estimado que cada año, el riego saca de la producción una cantidad de terreno que es igual a la porción que entra en servicio bajo riego, debido al deterioro del suelo, principalmente por la salinización. La saturación es causada por el drenaje inadecuado y el riego excesivo, y en menor grado, por fugas de los canales y acequias⁴⁸.

El riego agrava los problemas de la salinidad, que naturalmente son más agudos en las áreas áridas y semiáridas, donde la evaporación superficial es más rápida y los suelos más salinos. La saturación concentra las sales absorbidas de los niveles más bajos del perfil del suelo, en la zona de arraigamiento de las plantas,

La alcalinización (acumulación de sodio en los suelos) es una forma, especialmente perjudicial, de salinización que es difícil de corregir. Aunque los suelos de las zonas áridas y semiáridas tienen una tendencia natural de sufrir salinización, muchos de los problemas relacionados con el suelo podrían ser atenuados si se instalan sistemas adecuados de drenaje⁴⁹.

El drenaje es el elemento crítico para los proyectos de riego y muy a menudo, se lo planifica y se lo maneja mal. Se puede reducir la saturación y salinización mediante el uso del riego por aspersión o por goteo, porque se aplica el agua más, precisamente y se puede limitar las cantidades, más fácilmente a los requerimientos de los cultivos.

⁴⁸ "Saturación y Salinización", Internet, www.ucm.es/info, Acceso 15 de noviembre de 2010

⁴⁹ Constaza R., The value of the world's ecosystems services and natural capital, National Geographic, 1994.

3.3.3.3 Inundaciones

Una inundación es la ocupación por parte del agua, de zonas que habitualmente están libres de ésta, ya sea por desbordamiento del río, subida de las mareas por encima del nivel habitual o avalanchas causadas por tsunamis, también por taponamientos del cauce del río.

Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la infertilidad de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura; la principal causa de las inundaciones fluviales, suelen ser las lluvias intensas que dependiendo de la región se producirán bajo diversos factores meteorológicos.

Para evaluar la magnitud del problema se puede utilizar información procedente de estudios o informes. Si no se tiene esta información, se puede recurrir a instituciones calificadas para determinar la magnitud de este problema⁵⁰, para lo cual se puede utilizar la siguiente escala de calificación:

Magnitud del problema de inundaciones	Puntaje
Ligero	0-25
Moderado	26-50
Grave	51-75
Muy Grave	76-100

Cuadro N° 3.28, Escala de evaluación del potencial de inundación.

⁵⁰ De Jongh P, Uncertainty in EIA in Environmental Impact Assessment. Theory and practice. Unwin Hyman. London.

3.3.3.4 Contaminación del agua

Para evaluar este impacto ambiental, se puede utilizar estudios o informes donde se obtenga datos cuantitativos de la magnitud de la contaminación por cada cuenca en estudio; en su defecto, se puede utilizar información global sobre el problema de contaminación y ayudarse de instituciones que trabajen en el tema.

CAPITULO IV

GESTION Y MANEJO DE CUENCAS

La cuenca hidrográfica, como unidad geográfica, es adecuada para ser la unidad de gestión integral para el manejo de todos los recursos naturales que forman parte de una cuenca. En consecuencia de cambios climáticos y de las actividades humanas, la falta de agua se agudiza en ciertas zonas que sufren procesos de desertificación, estos procesos disminuyen la capacidad de los suelos de absorber agua y almacenarla. Las inundaciones y el lodo en corrientes de agua, perjudican cada vez más las zonas que no son afectadas directamente por la desertificación, y pueden causar daños a la gente tanto en su economía como en la salud.

Para un “uso lógico de los recursos”, es necesaria la existencia de organizaciones, con autoridades que conduzcan a los actores involucrados de la cuenca, a persuadir el buen uso de los recursos, el desarrollo de un plan maestro y la ejecución del plan. Por lo tanto, el manejo de cuencas describe el “uso lógico y racional” de los recursos naturales, y la gestión se refiere a la administración concentrada de los actores, y su interrelación con las instituciones y organismos de control y desarrollo.

Gráfico 4.1, Uso racional de los recursos



Fuente: <http://www.imd.uncu.edu.ar>

4.1 Los diferentes enfoques de gestión y manejo de cuencas

Entre los puntos de vistas más relevantes, se tiene aquellos enfoques que enfatizan los componentes físicos como: la forestación, el agua de riego o el agua para uso agropecuario; otros tienen una visión integral que incluye todos los recursos naturales como el agua, el suelo, los minerales, el aire, el clima, la flora, la fauna, las técnicas que supone el tratamiento o el ordenamiento del territorio; otros revalúan los aspectos humanos como la autoridad de cuencas, organización de los actores, y su comportamiento en relación al uso racional del espacio.

4.1.1 El enfoque proteccionista

Este enfoque, desarrolla obras de protección en las cuencas como la forestación, las áreas de reserva, la protección de la población en las áreas críticas.

Gráfico N 4.2 Enfoque Proteccionista (Reserva Ecológica El Ángel)



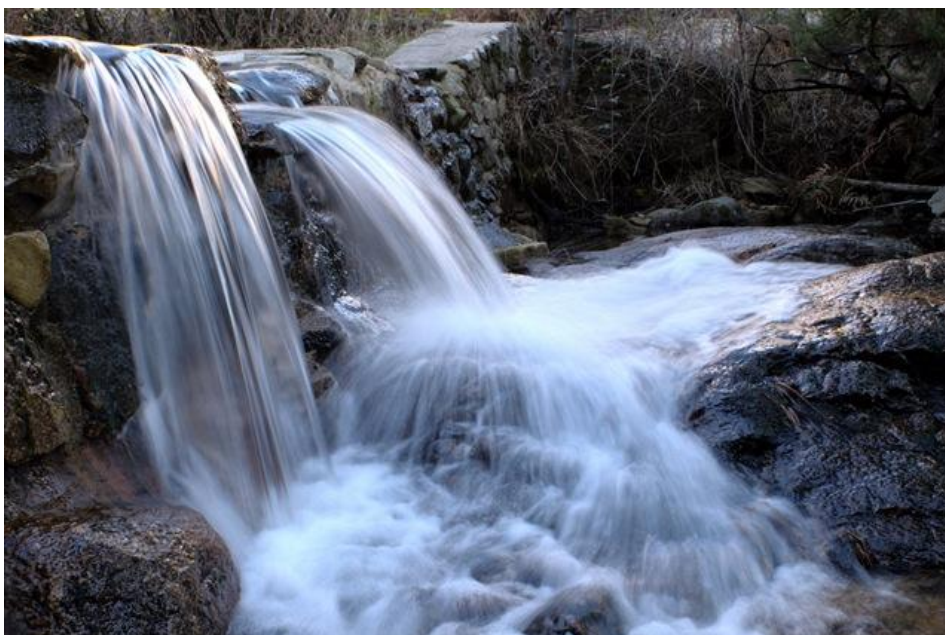
Fuente: <http://lascoordenadasecuador.blogspot.com/>

4.1.2 El enfoque hidráulico

Teniendo al agua como un ente primario de la concepción de este enfoque, alrededor del cual se desarrolla todas las actividades, este enfoque pone énfasis en el manejo del agua, y en los aspectos técnicos del uso del agua como: la instalación de reservorios, transvases, obras de captación, canalización, riego, presas; para que el aprovechamiento de dicho recurso sea con conservación y protección.

Este enfoque puede tener 2 derivaciones: el sectorialista, que tan solo mira el recurso hídrico como agua de riego o el agua que sirva para la actividad agropecuaria; la múltiple, en cambio es mucho más amplia y no solo se limita al agua a favor del riego, sino también la electrificación, el agua potable, el ecoturismo, las industrias, su tratamiento; tratando que la utilización del agua se haga de modo eficiente, eficaz y participativo.

Gráfico. N 4.3, Enfoque Hidráulico



Fuente:<http://elblogverde.com/importancia-del-agua/>

4.1.3 El enfoque sistémico

Este es un enfoque más global y participativo, teniendo como condición el aprovechamiento y protección de las cuencas, permitiendo la participación organizada de la población en la gestión de las mismas; y acondicionar la cuenca para que esté en condiciones de generar desarrollo eficiente y sustentable, incluyendo todos los recursos naturales, de tal manera que exista un condicionamiento mutuo entre ellos, es decir el clima en relación a la morfología del terreno y la posibilidad de precipitación pluvial, la formación de los ríos, la vegetación, la forma en que los grupos humanos manejan los recursos, etc.

Se establece que el motor de la cuenca es el agua, y que la gestión de la población en el uso de los recursos naturales es un elemento clave, estando la cuestión técnica como un elemento principal pero dependiendo de la gestión de la población, mediante la administración de cuencas y organizaciones de agricultores, ganaderos, mineros, regantes. El enfoque sistémico pretende el desarrollo rural en su conjunto, el manejo del espacio, y la examinación de otros aspectos de la vida de la población como: la comercialización, la actividad minera, el financiamiento, la industrialización.

4.1.4 El nuevo enfoque

El nuevo enfoque, enfatiza la unión entre el enfoque hidráulico como el sistémico, generando una visión más global y participativa. El agua y el suelo usándolos racionalmente y eficazmente, son los elementos para el desarrollo de las poblaciones, por lo tanto es imprescindible establecer una zona conjunta donde se desarrolle el manejo integral como: uso racional de los suelos, riego, reservorios, forestación, medidas preventivas, correctivas, obras de agua potable, elevar calidad del agua, participación de los actores y electrificación.

La participación activa entre la sociedad y la naturaleza, es mediante una organización de su población, autoridades, que considere de manera especial una atención permanente a los recursos naturales, siendo estos la base para el desarrollo. Es necesaria la intervención de los gobiernos regionales en las tareas del desarrollo, siendo preciso establecer normas y organismos de control participativo.

Gráfico No 4.4, El Nuevo Enfoque



Fuente: <http://www.telepinar.icrt.cu/index.php/Agropecuaria/Otra-corona-para-El-Mango.html>

4.2 El manejo de cuencas

El manejo de cuencas, implica en la práctica ser racional y objetivo con el uso del espacio de la cuenca, por lo tanto potenciar y desarrollar a todos los recursos naturales existentes dentro de la misma, utilizando tecnologías y procedimientos con visión al aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, la infraestructura básica rural y la protección de las ciudades.

Todo ello, en función de la demanda inmediata de agua, de los múltiples actores sociales que la usan (agricultores, ganaderos, consumidores urbanos de las ciudades), o la demanda de los que operan dentro de las cuencas con otros fines (empresas públicas y privadas de: agua, electricidad, pesquería, turismo, recreación y minería).

Gráfico No 4.5, Manejo de Cuencas



Fuente: www.lahora.com.ec

Al activar el ciclo hidrológico, se aprovecha lógicamente los recursos naturales mediante planes y medidas que conduzcan a establecer la sostenibilidad en el tiempo, aportando al bienestar humano; entre tales disposiciones a tomarse se tiene:

- Distribuir equitativamente el volumen del agua, estableciendo un árbol de prioridades en toda la cuenca, de tal manera de que haya una satisfacción adecuada de la demanda de todos los actores, trasladando el agua de donde hay exceso y no se requiera, a donde se necesite con mayor urgencia, mediante infraestructuras como

transvases, lagunas artificiales, por traslado del agua de sus propias fuentes o fuera de su entorno, desviando ríos o lagunas.

- Disminuir la deforestación y el sobrepastoreo en el ámbito de la cuenca.
- Comenzar y desarrollar trabajos de conservación de suelos, pastos, forestación, etc.
- Desarrollar una conciencia conservacionista por toda la sociedad en su conjunto.
- Captar el agua de lluvia, de tal modo que sea posible cubrir la demanda de la agricultura o ganadería (terrazas o andenes, bosques, lagunas artificiales o cochas para preservar el agua de lluvia o de las inundaciones, presas, zanjas o acequias de infiltración, camellones, etc.), del consumo de agua potable de las ciudades y de las industrias.
- Establecer parámetros de control del agua y suelo, realizar seguimientos y asegurar la conservación de la infraestructura básica instalada en la cuenca.
- Impedir la contaminación de los suelos y las aguas.
- Proteger a la cuenca de la erosión de los suelos.
- La racionalización del uso del agua.

Gráfico 4.6 Microcuenca del Rio El Ángel



4.3 Gestión de cuencas

La gestión de cuencas, son todos los procedimientos, estrategias y medidas que ejecutan los actores de las cuencas organizándose para decidir un plan maestro de cuencas, el mismo que debe tener un conjunto de medidas conducentes a manejar la cuenca y lograr su desarrollo sustentable, de una manera global y participativa.

Por lo tanto, la gestión de cuencas es ejecutiva en todo el proceso de programación, coordinación y ordenación de la población, movilización laboral, legislación, administración y ejecución del manejo de cuencas por parte de los diferentes actores sociales: estado, agricultores, ganaderos, empresas privadas y públicas, y ciudades, que participan de los recursos naturales de las cuencas directa o indirectamente.

En este sentido, los componentes necesarios de la gestión de las cuencas son los siguientes:

- Seguridad jurídica, legislación específica para la instalación de la autoridad y lograr un presupuesto suficientemente estable.
- Planeación real y una ejecución motivante del desarrollo de la cuenca.
- Equipo multidisciplinario con un coordinador de trabajo.
- Los actores sociales principales de las cuencas, tanto en las cuencas altas, medias y bajas.
- Presupuesto público o privado, y una administración coherente con las necesidades.
- Generación de una autoridad de cuencas, así como organismos de control.
- Supervisión y seguimiento periódico.

4.3.1 El equipo multidisciplinario

Usualmente el estado conformará el quipo multidisciplinario, el cual puede encargar a una institución privada para que ejecute las obras, y el trabajo de promoción con la población y las instituciones, brindando tiempo suficiente para coordinar y programar con los actores sociales y supervisar. Este equipo, dependerá de las necesidades y presupuestos de cada cuenca, lo cierto es que se requiere de un profesional, especialista en medición y planeamiento de desarrollo de los recursos de la cuenca, sea éste ecólogo, geógrafo, biólogo o agrónomo; un especialista en promoción de las organizaciones y desarrollo institucional, sea este sociólogo, antropólogo, comunicador; un especialista en construcciones agrícolas, sea este ingeniero agrícola o civil, un especialista en pastizales, desarrollo ganadero y forestal, sea este zootecnista, biólogo o forestal.

Este equipo multidisciplinario, desempeñará primeramente un diagnóstico del estado de conservación y potencialidad de la cuenca, priorizará las subcuencas más importantes, promocionará las organizaciones locales para que constituyan multiorganizaciones locales para el manejo de los recursos naturales de la cuenca, y estimulará la formación de las autoridades de las cuencas, presentará un plan de desarrollo de la cuenca, el mismo que será ratificado o cambiado, para que se convierta en guía técnico de las acciones a realizar en el manejo de la cuenca. En el caso de que no haya financiamiento propio para ejecutar alguna acción clave en el desarrollo de la cuenca, elaborará proyectos para solicitar un apoyo nacional o internacional, eventualmente también puede encargarse de la supervisión y seguimiento.

4.3.2 Los actores sociales principales de las cuencas.

Son grupos, personas, organizaciones, instituciones o empresas que desarrollan sus actividades en base a los recursos naturales o los usufructúan o consumen, marcando la dinámica de los recursos naturales de las cuencas, ya sea favoreciendo el manejo y conservación de dichos recursos o deteriorando los mismos. Los actores sociales de las cuencas, pueden ser participativos si intervienen oportunamente en la producción o transformación de los recursos naturales, explotándolos o extrayéndolos de las entrañas de las cuencas, y no participativos si solo consumen los recursos naturales.

La gestión de cuencas, vigila que las obras se realice con medidas conservacionistas, de tal manera que no ocasionen deslizamientos de tierras y que impida el deterioro de la misma infraestructura hidráulica. El debate del equipo multidisciplinario es inevitable, ya que decidirá sobre: la producción de agua potable, electricidad o producción minera, para que junto a las obras que ellos realicen, se reforeste a manera de hileras, alrededor de la infraestructura instalada y se construyan botaderos para los desechos, que no afecte al ecosistema ni a la población aledaña, además deberá tener personas especializadas en control y remediación ambiental.

La gestión y el manejo de cuencas con todos sus actores y escenarios, son una condición indispensable para pensar en el desarrollo rural general, son una garantía para el desarrollo y seguridad dentro de una economía de mercado. Entre los principales actores de las cuencas se identifica:

- Los Distritos Municipales, Municipios Provinciales, Consejos Provinciales, Consejos Cantonales, Parroquias de las grandes metrópolis o pequeños asentamientos, que se encuentran en la parte baja de las cuencas, en donde

se ubican estructuras con el fin de obtener electricidad, agua potable y su posterior tratamiento de las aguas servidas.

- Los gremios rurales que han adoptado una posición favorable de defensa y desarrollo práctico.
- La defensa civil o las instituciones de prevención de desastres naturales.
- Las organizaciones locales que desarrollan una actividad agropecuaria lejana a las fuentes de agua (ríos o lagos), en la parte alta o intermedia de las cuencas.
- Las empresas públicas o privadas dedicadas a la explotación de los recursos naturales, con fines no directamente agropecuarios por ejemplo: minería, electricidad, pesquería y agroforestación.
- Las instituciones públicas o privadas que trabajan promoviendo el buen uso de los recursos naturales.
- Las juntas de usuarios o las Organizaciones de los Productores de las pequeñas y medianas empresas agropecuarias, que se encuentran en los valles intermedios.

4.3.3 Presupuesto y Administración.

Los fondos para realizar las obras que supone el plan presentado por el equipo multidisciplinario, es indispensable que las autoridades u organizaciones encargadas del manejo de la cuenca posean. Dichos fondos deben provenir de las empresas que desarrollan y usufructúan de las cuencas, aportes de las ciudades aguas abajo, que utilizan el recurso.

La forma más eficiente para obtener recurso, es el cobro de impuestos a los ciudadanos y empresas, además el Estado debe proveer capacitación y recursos monetarios para obras de grandes costos, plenamente justificados por el plan mencionado.

Los gastos realizados, inversiones, saldos, balances y todo lo relacionado con la utilización de los recursos, deberán ser manejados por personal calificado, y suficientemente capacitado para realizar un manejo eficiente y eficaz.

4.3.4 La instalación y desarrollo de una autoridad de las cuencas.

La autoridad de la cuenca deberá ser representativa a todos los actores, entidades, instituciones que conformarán el equipo multidisciplinario. Una de las obligaciones de la autoridad de las cuencas, deberá ser encontrar mecanismos, compromisos y ayuda para la realización de las obras, así como canalizar las demandas, encontrar recursos, etc., teniendo en consideración que cada actor es un miembro activo y participativo del desarrollo de la cuenca.

4.3.5 Legislación específica para la instalación de la autoridad y lograr un presupuesto suficientemente estable.

La autoridad debe ejercerse en base a una serie de leyes que se dictaminen por el congreso y el gobierno central, mediante decretos legislativos y decretos presidenciales. El congreso debe aprobar un proyecto, que tenga que ver con el carácter autónomo o no de las autoridades, y la creación de los diversos impuestos necesarios para lograr un financiamiento. El gobierno central, a través del Ministerio de Agricultura, debe manejar el fondo correspondiente a los equipos multidisciplinarios y supervisar el funcionamiento de los mismos. La autoridad de cuenca debe aprobar del manejo de la cuenca de su jurisdicción en función del código del medio ambiente.

4.3.6 El plan y ejecución de desarrollo de la cuenca.

Debe ser elaborado por el equipo multidisciplinario de la cuenca y propuesto a la autoridad de la cuenca respectiva. Este plan, no solo debe contener un diagnóstico del estado de conservación y deterioro de la cuenca y las tecnologías a ser llevadas a cabo para proteger la cuenca, sino los mecanismos de compromiso que deberían haber entre los actores sociales para la realización de las obras, el tiempo en que deberán ser realizados, los pre proyectos para las grandes obras que urgentemente se requieren realizar, y un sub-plan de promoción de las organizaciones de los actores de las cuencas. La ejecución, debe ser una labor coordinada de acuerdo a ciertas etapas señaladas con antelación, y en función de ciertas prioridades y ciertos tiempos, lo mas cortos posibles.

4.3.7 Supervisión y seguimiento periódico.

Esta labor, podrá ser realizada por el equipo multidisciplinario de la cuenca o por una comisión nombrada por la autoridad de la cuenca, no solo consistirá en una evaluación permanente de las obras que se están realizando, tanto en la calidad de la misma como en su cumplimiento, sino que también realizara inspecciones permanentes para hacer un seguimiento del uso de los recursos naturales de la cuenca, dará aviso a la autoridad acerca de las violaciones en el uso inadecuado de los mismos y prever los desastres que podrían ocurrir en caso de persistir la situación. Así mismo, propondrá a la autoridad de cuencas el otorgamiento de estímulos a los actores sociales que se destaquen por el buen uso de los recursos

Las etapas en el proceso de gestión de cuencas son:

Etapas previas, que comprende la realización de estudios y la formación de planes y proyectos.

Etapa intermedia, en la cual se realiza la inversión de recursos económicos para el manejo de la cuenca, con la finalidad de un aprovechamiento y manejo de los recursos naturales existentes, en la búsqueda de un desarrollo sostenible.

Etapa permanente, en la cual se desarrolla las acciones de operaciones y mantenimiento de las obras construidas, así como el manejo y conservación de los recursos naturales y medio ambiente; la cantidad de elementos y recursos naturales que son considerados en el proceso de gestión de una cuenca se puede agrupar en:

- **Para el aprovechamiento y manejo integrado:** abarca a todos los elementos, recursos e infraestructura construidos por el hombre.
- **Para aprovechar y manejar todos los recursos naturales:** comprende todos los recursos naturales presentes en una cuenca.
- **Para aprovechar y manejar solo el agua:** comprende solo el aprovechamiento y manejo del recurso agua.

4.4.Principales problemas para un manejo sustentable en las cuencas hidrográficas.

4.4.1 Alto crecimiento demográfico.

Este es quizá uno de los problemas más delicados que tienen que enfrentar, sobre todo los países subdesarrollados que registran actualmente las mayores tasas de crecimiento poblacional, y al mismo tiempo las mayores tasas de desnutrición crónica. Según la FAO actualmente ya superan el 20% de su población. Asimismo, estudios sobre la población mundial indican que esta crecerá entre 1999 y el año 2010 en más de 2.000 millones de personas, ocurriendo el mayor crecimiento en los países pobres. Esta cruda y dura realidad

debe ser tocada a cabalidad por los gobernantes, y mejor aun si se recibe apoyo de países amigos e instituciones internacionales.

4.4.2 Producción deficitaria de alimentos

A pesar de los grandes esfuerzos, que tanto los gobiernos y los diferentes organismos internacionales de apoyo han desplegado en las ultimas décadas, a fin de aumentar la producción mundial de alimentos, esta, según la FAO solo ha crecido en un 18% respecto a lo que se tenia hace 30 años.

La FAO, predice que será necesario duplicar la producción mundial de alimentos durante los próximos 25 años, utilizando básicamente la misma superficie de tierra agrícola que se utiliza actualmente. Por otra parte, hacia el año 2025 más de 3000 millones de personas sufrirán de escasez de agua, y se espera un crecimiento en la producción total de alimentos de alrededor 36% para el 2025 y un crecimiento de 65% de población mundial²

Actualmente, aproximadamente el 70% del agua dulce se destina a usos agrícolas, y de ese porcentaje el 85% es utilizado por los países industrializados y el 15% restante por los países en desarrollo, que cuentan con una población rural mayoritaria que vive de la agricultura familiar. Este crecimiento de la producción alimentaria, mayormente se ha dado en los países ricos o desarrollados, siendo mínimo en la mayoría de los países pobres o subdesarrollados, lo cual es más grave si se toma en cuenta que en estos países ocurrió al mismo tiempo el mayor crecimiento poblacional, agravando en muchos casos los niveles de desnutrición y pobreza.

4.4.3 Escasez de agua

Otro problema sumamente grave y creciente que la humanidad tendrá que afrontar durante el siglo XXI, es la falta de agua de buena calidad, pues con el creciente aumento de la población y de los niveles de vida de la sociedad como aspiración, se genera un automático aumento de los requerimientos de agua de buena calidad para satisfacer las necesidades poblacionales, agropecuarios, industriales, mineros, recreacionales, energéticas, etc.

Esta situación se ve agravada en los países pobres o subdesarrollados, debido a la poca eficiencia en su aprovechamiento; y a la creciente tasa de contaminación de las aguas de buena calidad, por efecto de algunas actividades mineras, industriales, poblacionales, etc. Por otro lado, la situación deficitaria de agua se irá agravando por la alteración del ciclo hidrológico y de las variables medio ambientales y climáticas de las diferentes regiones del mundo. Especialmente en estas dos últimas décadas, debido fundamentalmente al creciente deterioro de la cubierta vegetal, producto de la deforestación indiscriminada y del sobre pastoreo, lo que genera finalmente una desertificación creciente.

En síntesis, el agua de buena calidad es realmente una cuestión de vida o muerte para nuestra sociedad. Por este motivo, todos debemos tomar cabal conciencia de su verdadero valor, base de la vida en nuestro planeta. Lamentablemente, algunas veces solo reparamos en su importancia cuando hay sequías o inundaciones; actitud que debe cambiarse por una preocupación constante.

4.4.4 Escasez de tierras agrícolas

A pesar de los esfuerzos y enormes inversiones que los diferentes países del mundo vienen desarrollando en proyectos, para el incremento de su área agrícola o proyectos de recuperación de suelos, este problema realmente se va tornando crítico para muchos países

del mundo, debido a que la tendencia general que se viene observando en las dos últimas décadas, es que la relación tierra agrícola por persona (ha/persona) viene decreciendo paulatinamente.

En el caso de los países pobres o subdesarrollados, esta situación genera que tierras no aptas para fines agrícolas, sean dedicadas para estos fines con los resultados de producción y productividad esperados y las respectivas consecuencias de degradación de los recursos y medio ambiente.

Es de resaltar, que en muchos de los países pobres que tienen una baja disponibilidad de tierras agrícolas, normalmente se presenta un contrasentido en su realidad, pues por un lado dedican grandes recursos económicos que les son escasos para ganar y “hacer” nuevas tierras agrícolas, y dedicarlas a la producción de alimentos; por otro lado, dejan que fácilmente se utilicen tierras agrícolas de óptima calidad para la expansión urbana o industrial.

4.4.5 Subsidios en el mercado mundial de alimentos

La protección de la agricultura en los países desarrollados y la consecuente y creciente cantidad de subsidios en el mercado mundial de alimentos, inciden en la baja rentabilidad de la actividad agropecuaria en los países pobres o subdesarrollados y en los consecuentes bajos niveles tecnológicos, así como en los índices de producción y productividad alcanzados. La baja rentabilidad, no permite a los productos contar con recursos económicos para mejorar sus niveles tecnológicos, ni mucho menos para invertir en acciones que busquen un desarrollo sustentable.

4.4.6 Políticas nacionales inadecuadas

Normalmente, la mayoría de países pobres o subdesarrollados se han caracterizado por implementar políticas desfavorables para el sector agrícola o rural, pues siempre sus gobernantes consideraron que el desarrollo del país, deberá sustentarse en un desarrollo industrial o en otro sector económico que no sea el agropecuario, al sector rural dieron alimentos y materias primas “baratas” a las urbes, a fin de que la mano de obra que utilizarían tales sectores, resulte barata, esta lógica mayormente no funcionó. Por otro lado, casi siempre se tomó al sector rural, como fuente generadora de recursos para ser dedicados e invertidos en otros sectores económicos, que siempre fueron considerados “más seguros” para las inversiones.

4.4.7 Falta de apoyo a la pequeña agricultura y a su organización empresarial

Esta debe ser una de las tareas prioritarias que deben impulsar los diferentes países y en especial aquellos considerados como subdesarrollados, pues la pequeña agricultura la conciben como una agricultura de subsistencia, con baja productividad, bajos niveles tecnológicos, nula organización y poco criterio empresarial de los productores y en otros casos como agricultura migratoria. Además, de que sus integrantes generalmente tienen altos índices de analfabetismo y desnutrición.

4.4.8 Niveles crecientes de pobreza y de deforestación

Se debe tener presente que la pobreza induce a una presión sobre los recursos naturales, y en especial sobre aquellos que están más al alcance del hombre, especialmente los árboles. La deforestación en la mayoría de países pobres o subdesarrollados del mundo, se ha desarrollado y se viene desarrollando con talas indiscriminadas de bosques y vegetación

naturales, para utilizar tales tierras con fines agropecuarios y para la obtención de leña. Es decir, la causa principal de la deforestación, es la agricultura que desarrollan generalmente los campesinos pobres, quienes debido a los bajos niveles tecnológicos empleados y en otros a la no aptitud de los suelos para dichos fines, practican una agricultura migratoria, acelerando con ellos el proceso de deforestación y erosión. Por ello; se puede afirmar que la sustentabilidad medioambiental o el desarrollo sustentable que todos deseamos, jamás se logrará si no se alivia o ataca frontalmente la pobreza.

4.5 Principales acciones a desarrollar en la búsqueda de un manejo sustentable de las cuencas hidrográficas

4.5.1 Aumento de la producción, productividad y rentabilidad

Este punto es fundamental y se puede lograr mediante:

- Uso de mejores niveles tecnológicos en la producción: mejoramiento genético de semillas de calidad, control y manejo integrado de plagas y enfermedades, aplicación de niveles óptimos de abonamiento y nutrición, uso adecuado del agua en zonas bajo riego, etc.
- Mejora de los niveles tecnológicos de cosecha y poscosecha, pues en esta etapa se considera que en muchos casos ocurren pérdidas superiores al 20% de la producción.
- Mejora de la capacidad de negociación de los productores, para conseguir mediante el fortalecimiento de su organización empresarial los mejores precios, tanto en la compra de sus materiales e insumos, así como en la comercialización de su producción.

4.5.2 diversificación de la actividad económica rural

Para ello es importante considerar:

- Diversificación equilibrada de los sistemas de producción tanto agrícola, pecuario, piscícola y forestal, en concordancia con las potencialidades y limitaciones propias del medio.
- Desarrollo de una eficiente y competitiva agroindustria rural, a fin de darle un mayor valor agregado a la producción agrícola, pecuaria o forestal y una mayor generación de empleo en el medio rural.
- Desarrollo de otras actividades económicas: artesanía, turismo en las diversas modalidades, etc., que sean eficientes, competitivas y que tengan potencialidad de desarrollo en función de los recursos naturales y de las condiciones de mercado existentes.

Todas las actividades que pueda abarcar la diversificación económica ,deben conducirnos a una mayor generación del empleo rural y a una mayor rentabilidad económica, como base de una sustentabilidad ambiental que se busca.

4.5.3 Decisión y apoyo gubernamental

Una de las acciones de mayor gravitación para el cumplimiento de los programas de trabajo que se propongan o programen, es la referente a la decisión y apoyo político de las autoridades gubernamentales de todos los niveles; pues no solo se arreglan los problemas dando buenas leyes y reglamentos completos, sino contando además con plena identificación, convencimiento y apoyo directo de las propias autoridades respectivas.

4.5.4 Disminución del riesgo

En este punto, es necesario resaltar la alta prioridad que deben tener los trabajos de conservación de suelos, manejo y aprovechamiento del agua, la forestación y

reforestación; y la zonificación climática como base para una distinción adecuada de cultivos compatibles con una explotación sustentable.

4.5.5 Capacitación permanente

Esta actividad, debe ser considerada como pieza clave de todo un programa de desarrollo sustentable. La capacitación tendrá que darse en todos los niveles y ser continua.

4.5.6 Coordinación interinstitucional permanente

Esta es otra de las acciones que debe priorizarse, a fin de que todas las instituciones públicas y privadas, puedan trabajar con los mismos objetos y la misma política y estrategia, ya que ocurre en muchos casos, que en una misma zona de trabajo existen diversas instituciones que desarrollan las mismas actividades con políticas y estrategias diferentes, lo cual genera una confusión dañina en la población y un desperdicio de esfuerzos y recursos.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1.CONCLUSIONES:

El manejo integral de una cuenca hidrográfica, es la aplicación de principios y métodos para el uso racional e integral de los recursos naturales de la cuenca, dando prioridad al agua, el suelo y la vegetación; de esta manera, se pueda lograr una producción sostenida de estos recursos y generar al mismo tiempo beneficios para los pobladores de la zona.

En el Cantón Espejo, el manejo de la cuenca hidrográfica del río El Ángel es primordial, ya que de esta manera se podrá tener un mejor control de la erosión y contaminación del sector, con este control la población futura de El Ángel podrá abastecerse de agua potable o de riego sin dificultad, y así ayudar fundamentalmente a la agricultura, ganadería e industria y por lo tanto al progreso económico del cantón.

El estudio hidrológico de la cuenca, sirve para establecer la vulnerabilidad de la misma y de esta forma, establecer políticas de manejo y protección del recurso hídrico, tomando en cuenta el crecimiento el sector.

Existe una deficiencia en el manejo de cuencas hidrográficas en el país, ya que el apoyo político es limitado; por lo general las políticas y las normas que apoyan el enfoque de manejo de cuencas no se aplican ni se coordinan.

Antes de ejecutar las actividades de manejo de cuencas, deben evaluarse los intereses de las distintas partes e identificarse las opciones de manejo a partir de dichos intereses; los proyectos deben diseñarse y ejecutarse con la plena participación, consulta y consenso de la comunidad involucrada, de modo de que ésta pueda tener un papel preponderante en la autogestión de la cuenca.

Con referencia a la participación de los actores, los mecanismos de participación de la comunidad y los programas de capacitación de los usuarios de la cuenca son débiles, los pequeños productores rurales reciben asistencia técnica e información insuficientes, por lo que se recomienda fortalecer ese campo.

En áreas donde no se practica la agricultura, deben fomentarse las fuentes de empleo rural no agrícola, tales como el ecoturismo, la agroindustria y los sistemas agroforestales.

Al utilizar el programa CROPWAT 4 Windows, se obtiene el caudal de riego necesario para los diferentes tipos de cultivos que se dan en la zona; estos datos pueden ser utilizados por el agricultor para conocer la cantidad de agua necesaria, y de esta manera no desperdiciar el elemento vital para la vida, que es el agua.

Es muy importante controlar a tiempo los diferentes tipos de erosión que se presentan en la zona, para que de esta manera los daños que genera este proceso como: sedimentación, drenaje, salinidad, inundaciones, contaminación del agua, etc., no produzcan graves daños; con esto se evitaría que los agricultores pierdan la cosecha de sus sembríos.

Al controlar la erosión se aumenta la fertilidad del suelo, puesto que la erosión del suelo produce la pérdida de minerales y materia orgánica; con un debido control, el suelo de la cuenca en estudio serviría para futuras generaciones.

5.2.RECOMENDACIONES:

La población del cantón Espejo ha crecido gradualmente en los últimos años, por lo que se recomienda nuevos estudios de abastecimiento de agua potable y sistemas de alcantarillado y profundizar el estudio de cuencas aledañas.

Se recomienda realizar un monitoreo permanente para conocer las posibles fuentes de contaminación ambiental, proponer alternativas adecuadas para prevenirla y medidas de mitigación.

Las autoridades gubernamentales deben apoyar económicamente para que se realicen proyectos relacionados con el manejo de cuencas, también debe haber una adecuada capacitación de los actores para concientizar la importancia de los recursos naturales y el manejo adecuado de los mismos.

La cantidad y calidad de la información básica y aplicada sobre la cuenca, no es suficientes para permitir una planificación, un seguimiento y una evaluación adecuados, por lo que se requiere un banco de datos confiables a nivel nacional acerca de las cuencas hidrográficas.

Debe existir una correcta organización por parte de los actores para adquirir esta información. Los estudios y proyectos de manejo de cuencas, se deben realizar a conciencia para optimizar los recursos naturales y mejorar la calidad de vida a la población, haciendo

que esto incremente su economía para que de esta manera contribuya al desarrollo de la provincia y por ende del país.

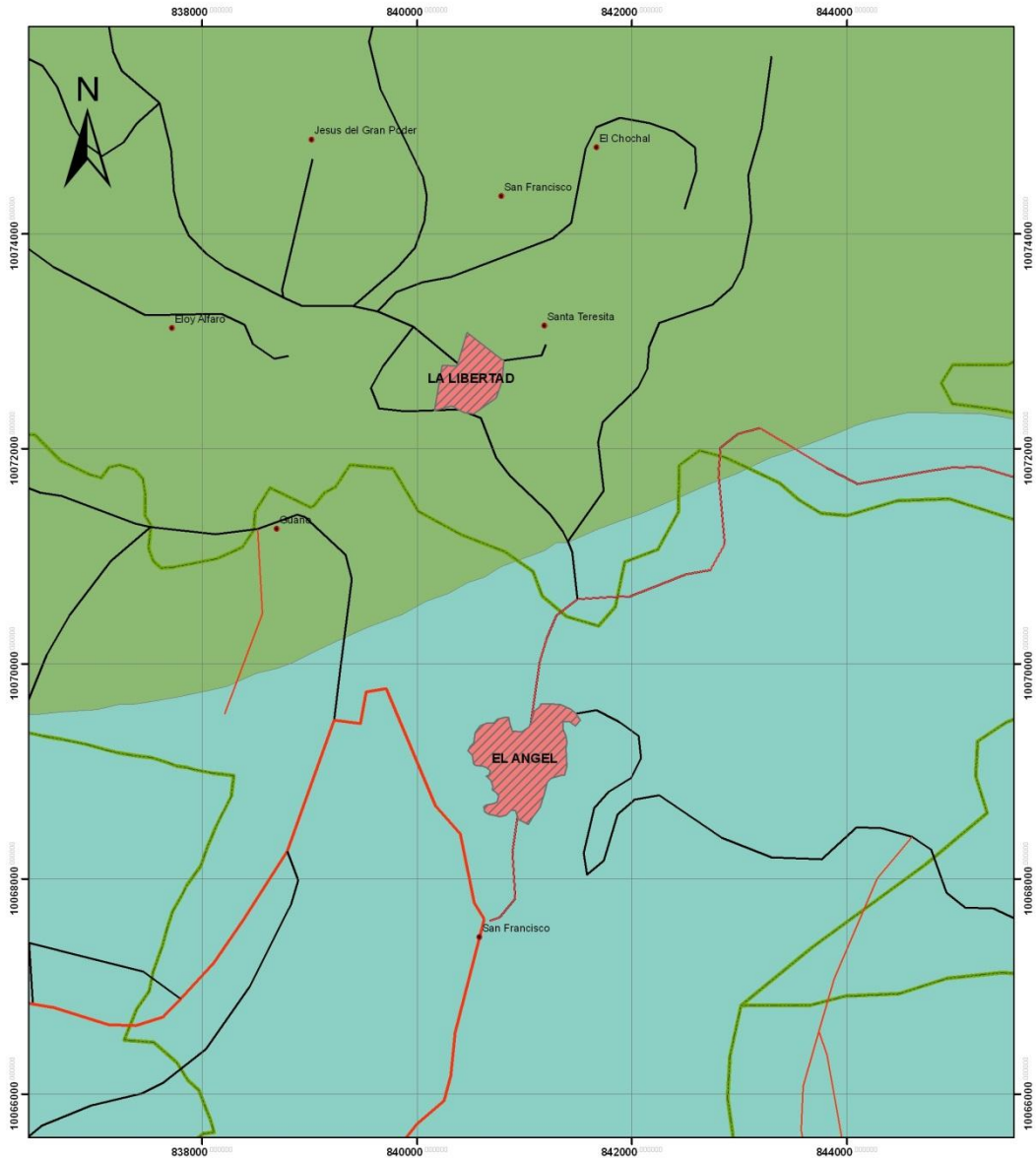
Para interceptar el agua de la escorrentía proveniente de la parte más alta de la ladera, disminuir el caudal máximo y volumen de escorrentía, se puede construir obras alternativas de drenaje urbano como zanjas de infiltración, así el agua ingresa a través de la superficie, se almacena temporalmente en su interior para posteriormente ser evacuados a través de las paredes y fondo de la zanja mediante infiltración.

Para proteger a los suelos contra la erosión hídrica y mejorar el aprovechamiento de la ladera con fines productivos, se recomienda la construcción de andenes que son terrazas de banco de tierra con muros de piedra.

Una solución económica y que sirve para la conservación de suelo y agua, son los surcos en contorno, este tipo de cultivo es una de las prácticas más simples y de gran eficiencia en el control de la erosión. Se siembra transversalmente a la pendiente del terreno con la finalidad de reducir la velocidad de escurrimiento superficial, aumentar la infiltración de agua y mejorar la productividad de los cultivos.

ANEXOS

LA LIBERTAD - EL ANGEL TIPOS DE CLIMA

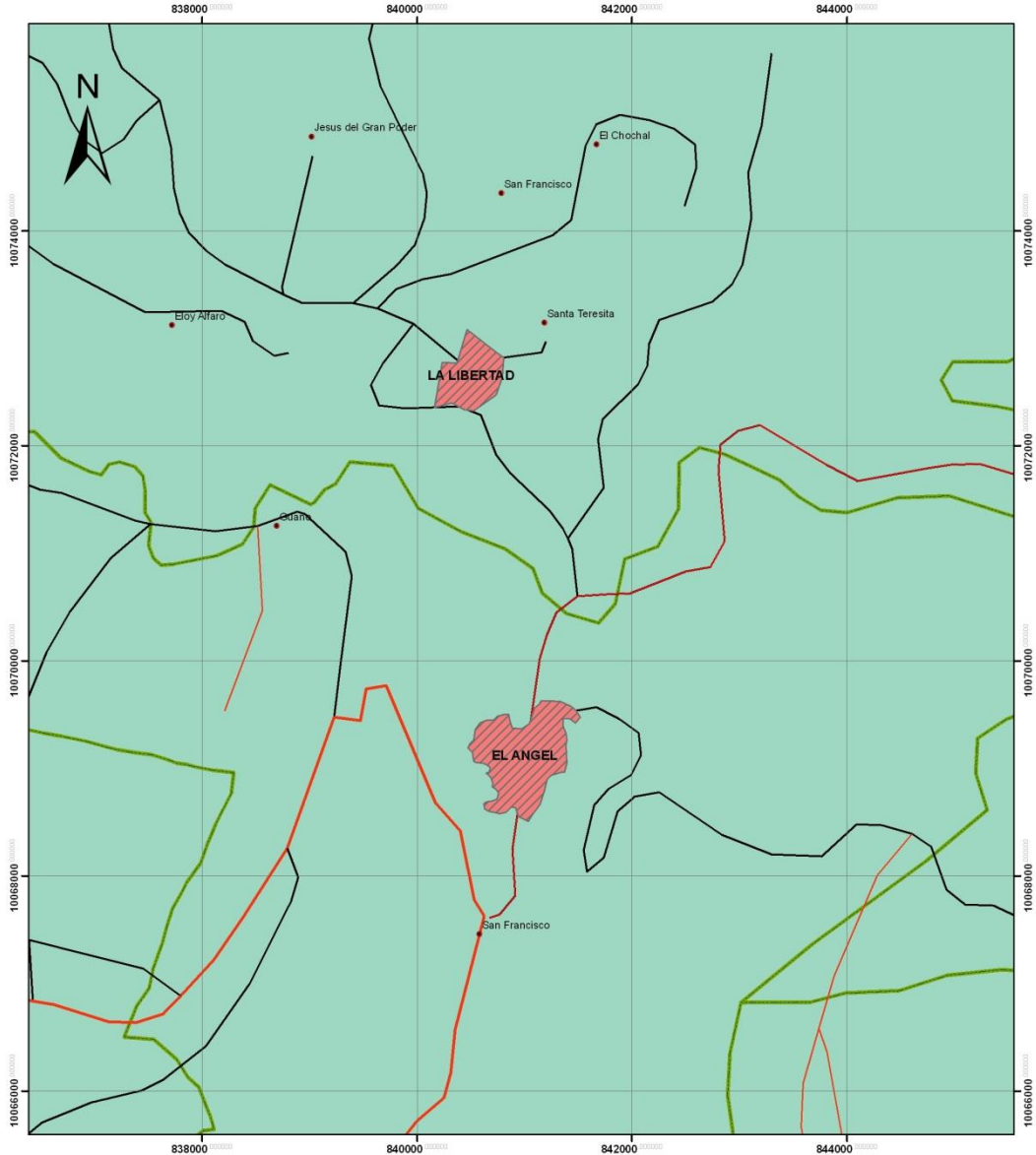


LEYENDA	
	Limite parroquial
	Centros poblados
	Poblados
	Autopista, Carretera Pavimentada dos o mas vias
	Carretera Pavimentada dos o mas vias
	Carretera Pavimentada una via
Tipos de clima	
	Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo
	Ecuatorial de Alta Montaña

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUACULTURA Y PESCA SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA Y AGROPECUARIA	
Contiene: LA LIBERTAD - EL ANGEL TIPOS DE CLIMA	
Realizado por: SIGAGRO	Fecha: Junio, 2010
Fuente: SIGAGRO	Escala: 1:35 000
Datum: WGS 84	Zona: 17S



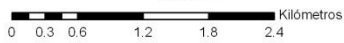
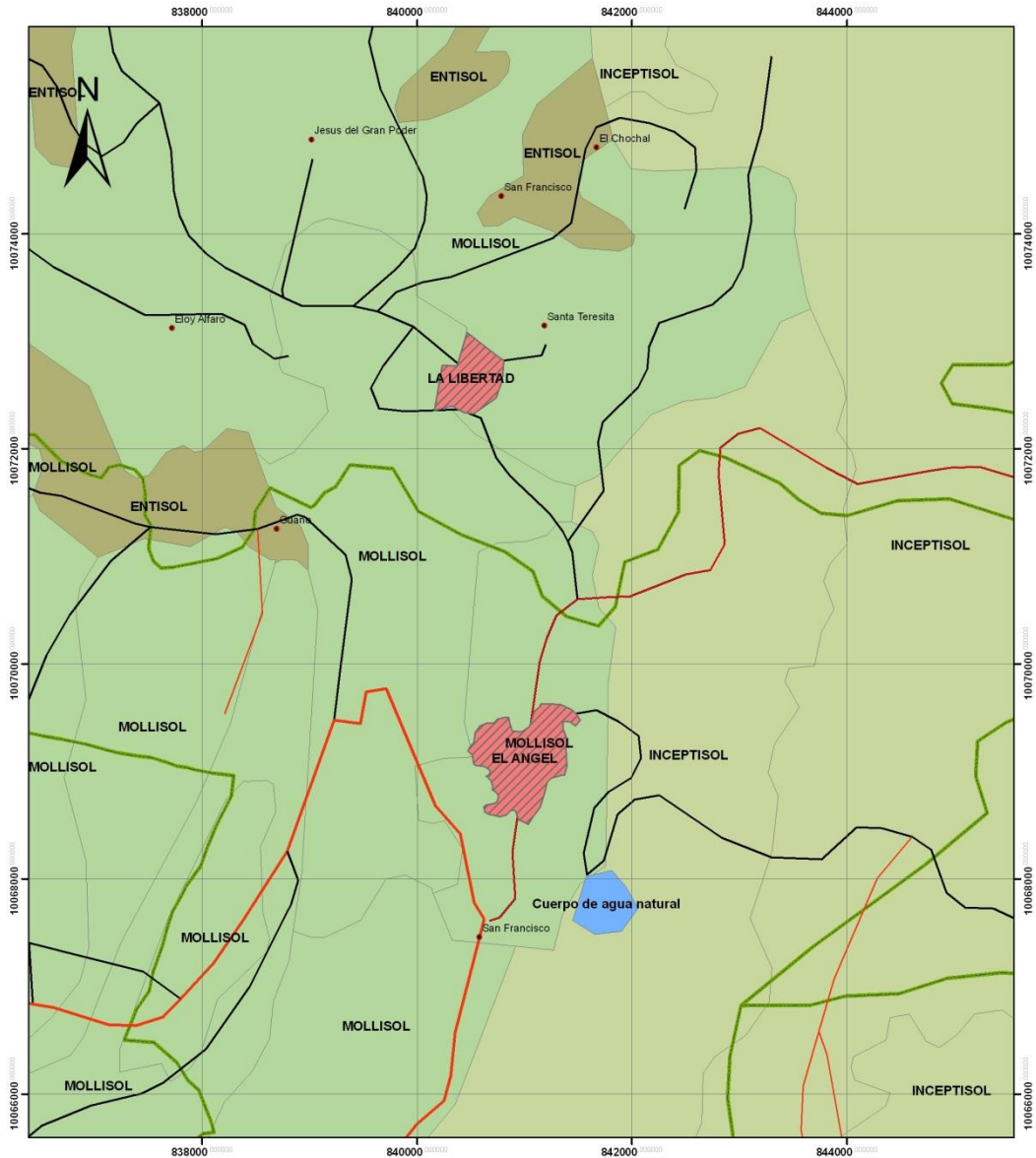
LA LIBERTAD - EL ANGEL INTENSIDAD DE LLUVIA



LEYENDA	
	Limite parroquial
	Centros poblados
	Poblados
	Autopista, Carretera Pavimentada dos o mas vias
	Carretera Pavimentada dos o mas vias
	Carretera Pavimentada una via
Intensidad de lluvia en 30min	
	0 - 40 mm

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUACULTURA Y PESCA	
SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA Y AGROPECUARIA	
Contiene: LA LIBERTAD - EL ANGEL INTENSIDAD DE LLUVIA	
Realizado por: SIGAGRO	Fecha: Junio, 2010
Fuente: SIGAGRO	Escala: 1:35 000
Datum: WGS 84	Zona: 17S

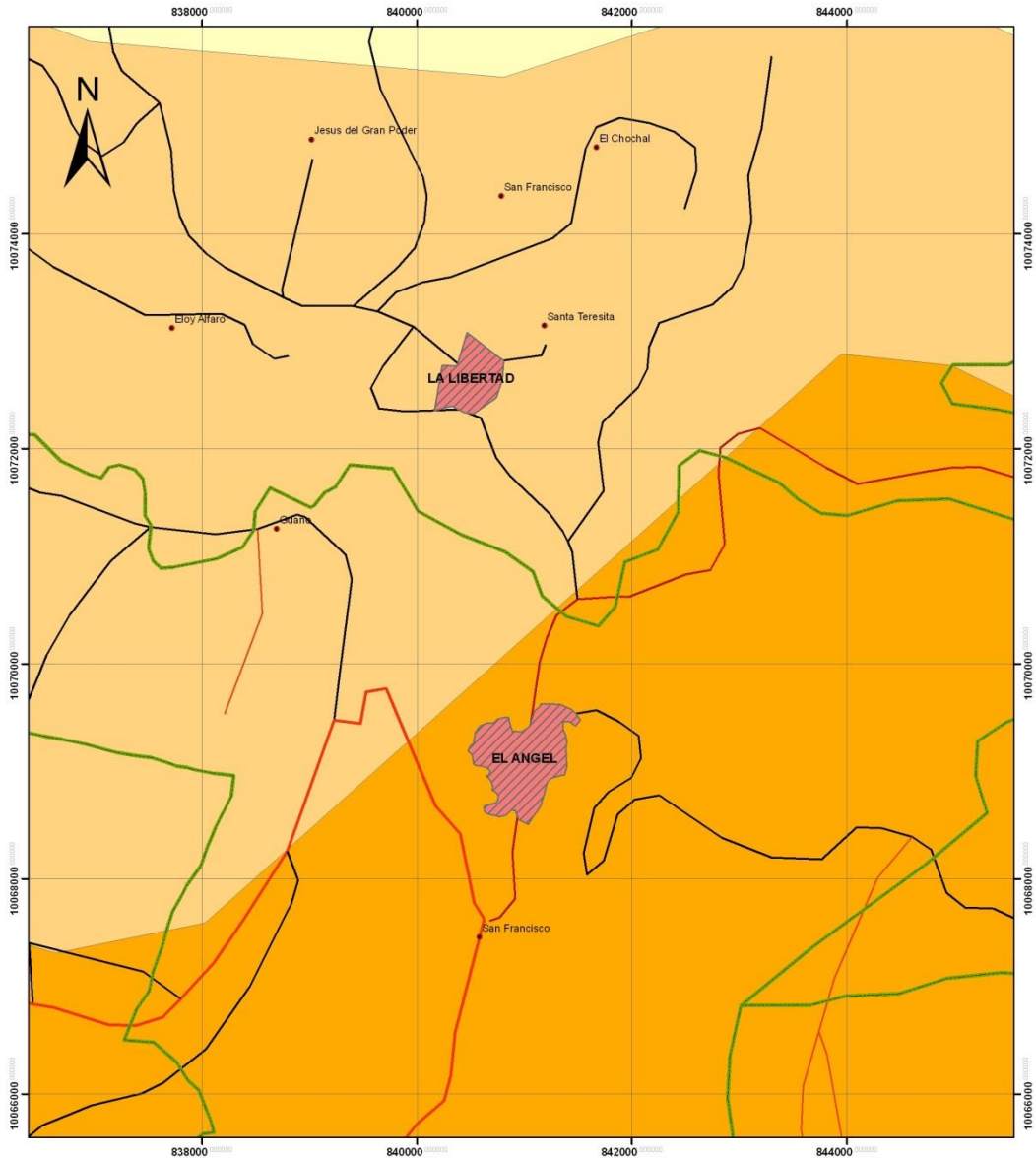
LA LIBERTAD - EL ANGEL TAXONOMÍA DEL SUELO



LEYENDA	
	Limite parroquial
	Centros poblados
	Poblados
	Autopista, Carretera Pavimentada dos o mas vias
	Carretera Pavimentada dos o mas vias
	Carretera Pavimentada una via
	Cuerpo de agua natural
	ENTISOL
	HISTOSOL
	INCEPTISOL
	MOLLISOL

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUACULTURA Y PESCA SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA Y AGROPECUARIA	
Contiene: LA LIBERTAD - EL ANGEL TAXONOMÍA DEL SUELO	
Realizado por: SIGAGRO	Fecha: Junio, 2010
Fuente: SIGAGRO	Escala: 1:35 000
Datum: WGS 84	Zona: 17S

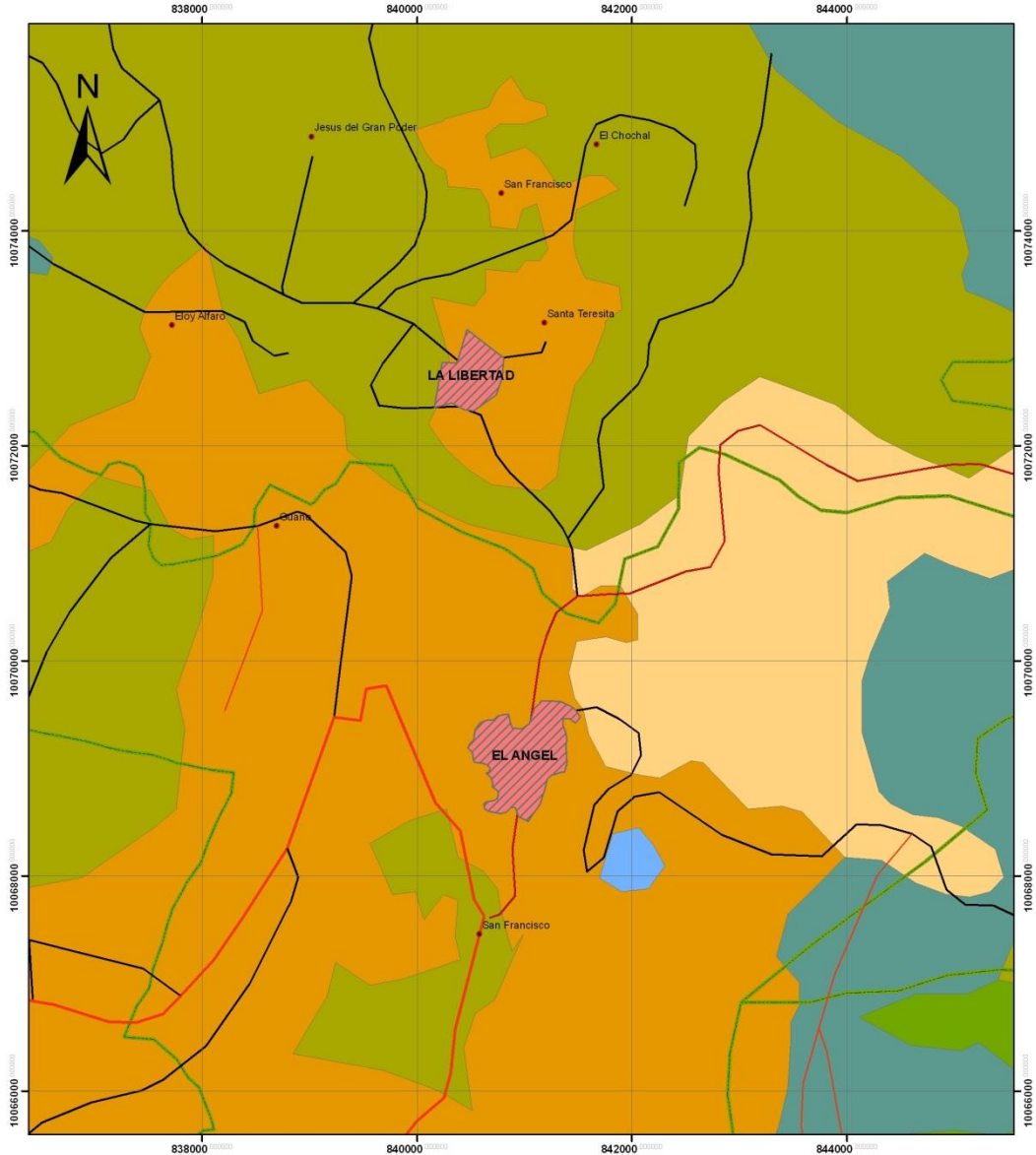
LA LIBERTAD - EL ANGEL TEMPERATURA MEDIA



LEYENDA	
	Limite parroquial
	Centros poblados
	Poblados
	Autopista, Carretera Pavimentada dos o mas vias
	Carretera Pavimentada dos o mas vias
	Carretera Pavimentada una via
Isothermas	
	Rango 6-8
	Rango 8-10
	Rango 10-12

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUACULTURA Y PESCA SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA Y AGROPECUARIA	
Contiene: LA LIBERTAD - EL ANGEL TEMPERATURA MEDIA	
Realizado por: SIGAGRO	Fecha: Junio, 2010
Fuente: SIGAGRO	Escala: 1:35 000
Datum: WGS 84	Zona: 17S

LA LIBERTAD - EL ANGEL USO DEL SUELO



LEYENDA	
Limite parroquial	Bosque Natural
Centros poblados	Cuerpo de Agua Natural
Poblados	Cultivos Indiferenciados
Autopista, Carretera Pavimentada dos o mas vias	Cultivos de Ciclo Corto
Carretera Pavimentada una via	Paramo
	Pasto Cultivado
	Zona Urbana

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUACULTURA Y PESCA SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA Y AGROPECUARIA	
Contiene: LA LIBERTAD - EL ANGEL USO DEL SUELO	
Realizado por: SIGAGRO	Fecha: Junio, 2010
Fuente: SIGAGRO	Escala: 1:35 000
Datum: WGS 84	Zona: 17S

