



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Proyecto de investigación y desarrollo en opción al Grado académico de Magister
en GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

TEMA:

RECURSOS HÍDRICOS Y USO AGRÍCOLA GEOLOCALIZACIÓN DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS EN EL CANTÓN LATACUNGA-PROVINCIA DE
COTOPAXI 2015

Autor:

CARRERA Molina, David Santiago

Tutor:

ING. Mg. Giovana Paulina Parra Gallardo

LATACUNGA – ECUADOR

AVAL DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

En calidad de director del trabajo de investigación sobre el tema “RECURSOS HÍDRICOS Y USO AGRÍCOLA GEOLOCALIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL CANTÓN LATACUNGA-PROVINCIA DE COTOPAXI 2015”, de Carrera Molina David Santiago postulante de Magister en Gestión de la Producción, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos – técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Tesis que el Honorable Consejo Académico de Posgrados de la Universidad Técnica del Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Abril del 2016.

.....
Ing. Mg. Giovana Parra

El DIRECTOR

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Carrera Molina David Santiago, con el título de tesis: RECURSOS HÍDRICOS Y USO AGRÍCOLA GEOLOCALIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL CANTÓN LATACUNGA-PROVINCIA DE COTOPAXI 2015. Ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Abril del 2016.

Para constancia firman:

.....

Ing. MSc. Renán Lara

PRESIDENTE

.....

MSc. Karina Marín

MIEMBRO

.....

MSc. Fabián Troya

MIEMBRO

.....

PhD. Carlos Torres

OPONENTE

PÁGINA DE RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Del contenido del presente proyecto de investigación y desarrollo, se responsabiliza el autor.

.....
David Santiago Carrera Molina
C.I. 0502663180

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien lo hace posible todo.

A la Ingeniera Giovanna Parra, en la organización metodológica, ha sido primordial en la conformación de este trabajo.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mis queridos compañeros docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica.

A mí querida esposa y amado hijo por sus consejos durante el desarrollo del trabajo de investigación.

A todos y a cada uno de mis familiares por sus buenos deseos dentro de mi vida profesional.

DEDICATORIA

A mi Madre, ejemplo de
lucha, sacrificio, dedicación y
perseverancia,

A mi familia hermosa por
todo el apoyo brindado en el
desarrollo de este trabajo

A mi Esposa e Hijo, que con
su apoyo incondicional, que
iluminan y dan felicidad a mi
vida.

INDICE

PORTADA	i
AVAL DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.....	ii
AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO	iii
PÁGINA DE RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
Situación Problemática	2
Justificación.....	3
Objeto y Problema	4
Campo de Acción	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Alcance.....	8
CAPÍTULO I.....	11
1. Marco Contextual y Teórico.....	11
1.1. Caracterización	11
1.2. Cuenca Pastaza.....	11
1.3. Cuenca Río Napo	11
1.5. Marco Teórico.....	13
1.5.1. Caracterización de la cuenca.....	13
1.5.1.1. Concepto de cuenca.....	14
1.5.1.2. Cuenca Hidrográfica y Cuenca Hidrológica	15
1.5.2. Partes que conforman una cuenca.	16
1.5.2.1. Cuenca de recepción (Cuenca Alta).	16

1.5.2.2.	Garganta a canal de desagüe (Cuenca Media)	17
1.5.2.3.	Lecho o cono de deyección (Cuenca Baja).....	17
1.5.3.	Demarcación Hidrográfica.....	17
1.5.3.1.	Centros zonales	18
1.5.3.2.	Sub Cuenca	18
1.5.3.3.	Microcuenca.....	18
1.5.3.4.	Unidad de Cuenca	19
1.5.4.	Componentes de una Cuenca Hidrográfica.....	19
1.5.4.1.	Componente Biológico	19
1.5.4.2.	Componente Físico.....	19
1.5.4.3.	Componente Socio Económico	19
1.5.5.	Uso del agua en la Agricultura.....	20
1.6.	Sistemas de Información Geográfica.....	21
1.6.2.	Elementos de los Sistemas de información Geográfica.....	21
1.6.2.1.	Hardware.....	21
1.6.2.2.	Software	21
1.6.2.3.	Dato	22
1.6.2.4.	Gente.....	22
1.6.2.5.	Métodos	22
1.7.	Valoración Crítica	23
1.8.	Análisis de Tendencias.....	24
1.9.	Legislación relacionada específicamente con el manejo de cuenca ...	27
1.10.	Fundamentación de la Investigación	28
1.11.	Bases Teóricas.....	30
1.11.1.	Teledetección	30
1.11.2.	Elementos de la Teledetección.....	30
1.11.2.1.	La fuente de energía	30
1.11.3.	Geolocalización.....	32
1.12.	Campo Legal	32
1.13.	Medio Ambiental.....	33
1.14.	Hipótesis y Determinación de las Varibales	33
1.14.1.	Hipótesis y Determinación de Variables	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO II.....	35
2. Métodos, procedimientos y técnicas de Investigación	35
2.1. Tipo de Investigación	35
2.2. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	36
2.2.1. Observación	36
3. Metodología.....	36
3.1. Metodología de Pfafstetter.....	36
3.1.2. Características Principales	37
3.1.3. Proceso de codificación.....	37
3.1.4. Procedimiento Específico	38
3.2. MÉTODO SEMIAUTOMÁTICO PARA DELIMITACIÓN DE CUENCAS.	38
3.2.1 Conceptos	38
3.2.2. Unidad de Análisis	39
3.3. Técnicas de Recolección de Datos	39
3.3.1. Revisión Documental.-	39
3.2.2. Bibliografía, Internet y otras fuentes.....	39
CAPÍTULO III	41
3. Resultados de la Investigación	41
3.1. Características de la sub cuenca (Variable Independiente)	41
3.1.1. Localización de los componentes de la Sub Cuenca	41
3.1.2. Características físicas de la cuenca.	44
3.1.2.1. Área	44
3.1.2.2. Perímetro.....	45
3.1.2.3. Forma.....	45
3.1.2.4. Coeficiente de compacidad.....	45
3.1.2.5. Pendiente.....	46
3.1.2.6. Densidad de Drenaje.....	47
4. GEOLOCALIZACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS	50
4.1. JUSTIFICACIÓN	50
4.2. OBJETIVOS	51
4.3. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA	51
4.4. DESARROLLO	51

4.4.1.	INSTITUCIONAL	51
4.4.2.	POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS	52
4.4.3.	POLÍTICA ACTUAL MARCO LEGAL	53
4.4.4.	LA LEY DE AGUAS ABORDA LOS SIGUIENTES ASPECTOS:..	53
4.4.5.	GESTIÓN NACIONAL	54
4.4.6.	PROPUESTA PREVIA DEL ORGANISMO DE CUENCA	55
4.4.7.	BENEFICIOS DE LA GIRH.....	56
4.4.7.1.	Beneficios para la agricultura	56
4.4.7.2.	OBJETIVOS	57
4.4.7.3.	FUNCIONES:.....	57
4.4.7.4.	CONFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN	58
4.5.	ANÁLISIS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .	59
4.5.1.	SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER.....	59
4.5.1.1.	Tipos de Unidades Hidrográficas.....	60
4.5.1.2.	Cuenca	60
4.5.1.3.	Intercuenca.....	60
4.5.1.4.	Cuenca Interna	60
4.6.	Proceso de Codificación.....	60
4.6.1.	Particularidades del Método	61
4.7.	DELIMITACIÓN DE LA CUENCA PRINCIPAL CON EL SOFTWARE ARC GIS	62
4.7.1.	Obtención del DEM	62
4.7.2.	Definir proyección del DEM	62
4.7.3.	Eliminar imperfecciones del DEM.....	62
4.7.4.	Definir la dirección de la red hídrica.....	63
4.7.5.	Determinar la acumulación la red hídrica.....	64
4.7.6.	Delimitando automáticamente la cuenca hidrográfica	65
4.7.7.	Construir automáticamente la red hídrica.....	66
4.7.8.	Toque finales.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sistema de objetivos específicos con tareas	7
Tabla 2: Operacionalización de las Variables.....	34
Tabla 3: Distribución de las Sub Cuencas	41
Tabla 4: Cuadro de Drenajes	42
Tabla 5: Manejo de la Sub Cuenca	43
Tabla 6: Clasificación Geológica y Climática de la cuenca	47
Tabla 7: BALANCE HÍDRICO	48
Tabla 8: Volumen de la Sub Cuenca (Variable Dependiente).....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Distribución de los usos consuntivos en el Ecuador	3
Gráfico 2: División Hidrográfica de la cuenca.....	16
Gráfico 3: Partes de una cuenca Hidrográfica	17
Gráfico 4: Partes de una cuenca Hidrográfica	20
Gráfico 5: Principios de la Teledetección.....	32
Gráfico 6: Distribución de las cuencas	42
Gráfico 7: Longitud de los Ríos.....	43
Gráfico 8: Manejo de las Sub cuenca	43
Gráfico 9: Balance hídrico y precipitación	49

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

TÍTULO: RECURSOS HÍDRICOS Y USO AGRÍCOLA GEOLOCALIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL CANTÓN LATACUNGA-PROVINCIA DE COTOPAXI 2015

Autor: Carrera Molina David Santiago

Tutor: ING. Mg. Giovana Paulina Parra

RESUMEN

Con la realización de la presente investigación se pretende demostrar la importancia del estudio de las cuencas hidrográficas y su relación con el riego agrícola, además de proporcionar una herramienta importante para gestionar adecuadamente el recurso más vital para el ser humano.

Se utilizó modelos digitales de terreno, MDT (Aster Gdem) y GPS y se aplicó las técnicas de observación, registro de datos, medición, análisis documental y cálculo. El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi cantón Latacunga ubicado a una Latitud 0°56'00"S Longitud 78°37'00"O

Entre los resultados se determinó la superficie de la cuenca alta, cuenca media y cuenca baja. La superficie para la cuenca alta es de 1105,87 ha lo que corresponde al 0,8%. Para calcular la longitud del río principal se utilizó una calculadora de raster disponible en programa ARC GIS y con la utilización de un TIN se calculó el área que se lograría inundar en la cuenca principal del cantón Latacunga. Dicha superficie es de 3195956,26 m³, lo que corresponde al 77% del manejo total de la cuenca en la que está ubicada el cantón Latacunga, teniendo en consideración que la precipitación mensual para adquirir el volumen de la cuenca expresada es de 11541 mm, con una efectividad neta en el embalse de 0,19%

DESCRIPTORES:

TIN, Raster, Pixel, volumen hídrico, subcuenca

ABSTRACT

With the completion of this research is to demonstrate the importance of studying watersheds and their relationship with agricultural irrigation, as well as providing important to properly manage the most vital human resource tool.

Digital terrain models, MDT (Aster Gdem) and GPS was used and observation techniques, data logging, measurement, analysis and calculation documentary was applied. The study area is located in the province of Cotopaxi Latacunga Canton located at latitude $0^{\circ} 56'00''$ S Longitude $78^{\circ} 37'00''$ O

Among the results the surface of the upper, middle and lower basin was determined. The surface for the upper basin is 1105.87 has corresponding to 0.8%. raster calculator available in ARC GIS program and the use of a TIN area would be achieved flooding in the main basin of Latacunga Canton was calculated was used to calculate the length of the main river. This surface is 3,195,956.26 m³, corresponding to 77% of the total watershed management in the canton Latacunga is located, taking into consideration that the monthly precipitation to acquire the volume of the said basin is 11541 mm, with a net effectiveness in the reservoir of 0.19%

DESCRIPTORS:

TIN, Raster, Pixel , water volume , sub-basin

INTRODUCCIÓN

Breve descripción de la estructura de los capítulos de la Investigación.

El proyecto de investigación: Recursos hídricos y uso agrícola geolocalización de los recursos hídricos en el cantón Latacunga-provincia de Cotopaxi 2015. Su importancia radica en que permitió determinar la sub cuenca del rio Cutuchi, Está estructurado por capítulos:

EL CAPÍTULO I, este capítulo aborda el marco Contextual y teórico, realiza una caracterización detallada de la sub cuenca, antecedentes investigativos fundamentación de la investigación, fundamentación legal y bases teóricas científicas que sustentan la investigación.

EL CAPÍTULO II, En este apartado se realiza la validación teórica de la investigación propuesta, así como las técnicas y métodos de investigación aplicados para establecer los datos y procesarlos, asocia las variables en estudio.

EL CAPÍTULO III, se análisis e interpreta y presenta los resultados de la investigación, en torno a los datos obtenidos.

EL CAPÍTULO IV, este apartado determina la Propuesta de Manejo de la sub cuenca del rio Cutuchi del cantón Latacunga, presentes en las áreas de estudio, conforman, datos informativos, Título, Justificación, Objetivos, Estructura de la propuesta, Desarrollo de la propuesta

EL CAPÍTULO V, está conformado por las conclusiones y recomendaciones de la investigación del problema planteado. Se concluye con la bibliografía utilizada y los anexos.

Situación Problémica

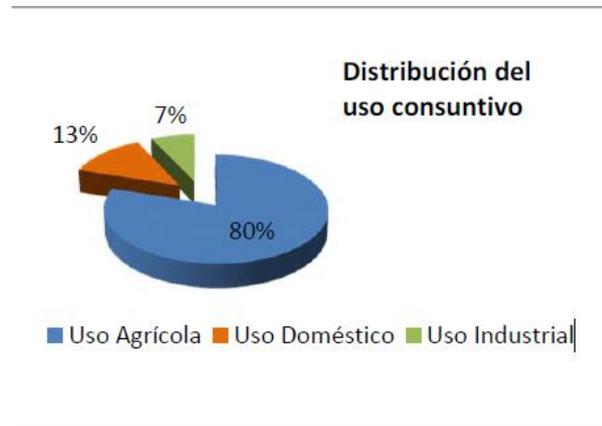
El agua es un recurso de gran importancia para la economía y sociedad. La preocupación del presente trabajo gira en torno a los problemas de la disponibilidad de agua de riego en la provincia de Cotopaxi, donde existe una creciente demanda por el recurso hídrico, entre otras cosas, para la actividad agrícola.

Esta demanda es generada por una actividad agrícola muy dinámica, principalmente orientada a la exportación de rosas y brócoli que son cultivos que requieren agua en altas cantidades. La demanda creciente de agua por parte de los sectores productivos y la expansión de las ciudades en un contexto de cambio climático vienen ejerciendo una gran presión sobre la generación y distribución del recurso hídrico.

El crecimiento económico y poblacional que experimenta la sociedad en los últimos años requiere de mayor disponibilidad de agua. Sin embargo, el agua tiende a ser cada vez más escasa con respecto a las zonas geográficas o territorios donde se expanden las actividades económicas y productivas, y donde también se incrementa la población.

Según la base de datos de concesiones de (SENAGUA, 2011) en las demandas sectoriales, el uso consuntivo predominante en el país es el agrícola, pues representa el 80% del caudal utilizado, seguido por el uso doméstico (13%) y la industria (7%).

Gráfico 1 Distribución de los usos consuntivos en el Ecuador



Fuente: Base de datos de Concesiones SENAGUA, 2011

En los informes internacionales (FAO, 2002) el Ecuador está ubicado a nivel mundial en el puesto 33, en relación a la cantidad de agua disponible por persona, situación que debería preocupar a las autoridades encargadas del recurso hídrico.

Justificación

El presente trabajo sobre la delimitación de la sub cuenca del río Cutuchi perteneciente al cantón Latacunga es de gran trascendencia ya que la conservación del recurso hídrico es realmente importante en la iniciativa de desarrollo sostenible en el Ecuador, basada en la gestión integrada de un conjunto de actividades normativas, administrativas, operativas y de control, estrechamente vinculadas, que deben ser ejecutadas por el Estado y la sociedad en general, para garantizar el desarrollo y óptima calidad de vida de los habitantes en el espacio geográfico respectivo de cada cuenca hidrográfica, poniendo énfasis en la conservación, que promueve, como parte de ella, el uso sustentable de los recursos suelo, agua y cubierta vegetal.

Frente a los problemas y limitantes que enfrenta el manejo de cuencas, además se propone contribuir a mejorar la planificación y acción, sustentadas en los elementos centrales del manejo de la sub cuenca que es el agua

La Constitución de la República aprobada en referéndum del 28 de septiembre de 2008, publicada en el Registro Oficial No. 449 de 20 de octubre de 2008, en su primera disposición transitoria, inciso segundo establece que en el plazo máximo de trescientos sesenta días, entre otras se aprobará la "ley que regule los recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, que incluirá los permisos de uso y aprovechamiento, actuales y futuros, sus plazos, condiciones, mecanismos de revisión y auditoría, para asegurar la formalización y distribución equitativa de este Patrimonio".

Fuente especificada no válida.

El agua es parte del ambiente y como tal, no puede ser entendida de otra manera que no sea como elemento integrado e integrador del ambiente.

La muestra de movimiento y recorrido del agua por el planeta lleva a postular la idea de que este elemento vital para realizar las interacciones con todos los componentes ambientales.

Sin embargo, es un bien escaso si bien el 70 % de la superficie del mundo está cubierta por agua, solamente el 2.5% es dulce, mientras que el restante 97.5% es agua

Objeto y Problema

El objeto de estudio para la presente investigación es la Cuenca alta del río Pastaza y la influencia en el área agrícola.

El cuidado y protección de los recursos hídricos es un tema que día a día cobra mayor importancia por la problemática de la degradación de este importante. Por esta razón, el manejo de los recursos hídricos en el marco de las cuencas hidrográficas con alternativas económicas, sociales y ambientalmente viables representa una vía idónea no solo para aprovechar racionalmente estos recursos sino también, para la mitigación y reducción de la vulnerabilidad ante los desastres naturales. Como la cuenca hidrográfica es un escenario dinámico integrado por recursos naturales, infraestructura, medios o servicios y actividades que desarrolla el hombre que generan efectos positivos deben considerarse los peligros y riesgos ante eventos extremos y fenómenos naturales severos.

El servicio de agua es deficiente dentro del cantón Latacunga para el sector agrícola, teniendo en consideración que el sistema no es sostenible porque no hay suficientes recursos para un buen servicio y mantener una adecuada planificación. Faltan recursos y capacidad para una buena operación y mantenimiento, por parte de cada uno de los GAD's. Es un círculo vicioso, porque no hay recursos porque los usuarios no quieren o no pueden pagar para un mal servicio. Además, existe poca voluntad política para aumentar las tarifas. La mala calidad del servicio de agua principalmente de riego afecta relativamente más a las personas vulnerables en la población. En sistemas de riego con una distribución de agua informal son también los usuarios vulnerables con poco poder social que sufren más.

En sistemas de riego, a menudo, tampoco hay suficiente recaudación de fondos para una operación y mantenimiento óptimo. Para revertir el círculo vicioso se debe revertir la cadena negativa en una cadena positiva. Es decir con suficiente recaudación de tarifa y se puede brindar un buen servicio, y con un buen servicio los usuarios están dispuestos de pagar la tarifa. Esto solo se puede lograr con intervenciones simultáneas en diferentes partes de la sub cuenca, entregando agua de calidad para una mejor producción.

Campo de Acción

El campo de investigación de dicha investigación se basa en la Gestión de recursos naturales.

Objetivo General

Determinar el volumen total de la sub cuenca del río Cutuchi para riego agrícola mediante imágenes satelitales en el Cantón Latacunga

Objetivos Específicos

- Calcular el volumen de agua disponible para riego agrícola dentro de las sub cuencas del río Cutuchi perteneciente al cantón Latacunga

- Aplicar una metodología de geolocalización de los recursos hídricos mediante imágenes satelitales.

- Diseñar una propuesta de manejo integrado de la sub cuenca del río Cutuchi

Sistema de objetivos específicos

Tabla 1: Sistema de objetivos específicos con tareas

OBJETIVO	TAREAS	PROCEDIMIENTO
Calcular el volumen de agua disponible para riego agrícola dentro de las sub cuencas del río Cutuchi perteneciente al cantón Latacunga	Calculo de volumen de agua en la sub cuenca	Dentro de la opción Hydrology del programa arc gis
Aplicar una propuesta de geolocalización de los recursos hídricos mediante imágenes satelitales.	Descargar MDT (Modelos Digitales del Terreno)	Elaborar una fusión de los Modelos Digitales de Terreno en el Programa Arc Gis
	Utilizar las herramientas presentes en el Hydrology del Arc Gis	
	Fill	Rellenar las imperfecciones existentes en la superficie del modelo digital del Terreno
	Flow Direction	Se determinó la dirección del flujo buscando el camino descendente de una celda a otra
	Flow Accumulation	Se crea el raster de acumulación de flujo en cada celda
	Stream definition	En esta fase se clasifican las celdas con acumulación de flujo superior a un umbral especificado por el usuario como celdas pertenecientes a la red de flujo
	Stream Order	Procedemos a crear un raster del orden de las corrientes, con el método Strahler.
	Stream Feature	En esta fase determinamos el shape de drenajes
	Feature Vertice To Point	Esta herramienta permite determinar los puntos donde se cortan cada uno de los drenajes, es decir convierte los vértices a punto
Watershed Delineation	Aquí delinea una sub cuenca por cada uno de los segmentos de cauce definidos en el paso anterior	

Alcance

En la presente investigación se ha llegado a determinar la geolocalización de los cauces que presentan la sub cuenca con modelos digitales de terreno, y el cálculo del volumen que obtenemos en metros cúbicos, para que sirva a los GAD's para planificar el agua necesaria para riego en el cantón.

Visión epistemológica de la investigación

Dentro del estudio que se realizó se utilizó la investigación descriptiva, en el cual se describe como un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir sobre él de ninguna manera. (Shuttleworth, 2008)

La investigación descriptiva se aplicó para describir cada uno de los cauces de la sub cuenca principal, del Río Cutuchi perteneciente al cantón Latacunga y se calculara la longitud de los ríos.

Aquí también se utilizó la investigación exploratoria, la cual consiste en estudios descriptivos la cual busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. (Shuttleworth, 2008)

Para la investigación exploratoria se determinó el volumen de agua producido por la sub cuenca del río Cutuchi perteneciente al Cantón Latacunga, utilizando las precipitaciones anuales y mensuales, del año 2015 de Word Clim

Durante la investigación debemos tener en cuenta la geolocalización de los cauces que presentan la sub cuenca mediante la utilización de los MDT (Aster Gdem), además de la gestión de cuencas hidrográficas que ha ido evolucionado pasando por diversas etapas de desarrollo, durante las primeras, etapas debe formar parte de la silvicultura, agricultura y de la hidrología, también a la participación de la población no se tenía en cuenta, durante toda la gestión de cada uno de los GAD's

Métodos, procedimientos y técnicas de Investigación

El método de investigación que sustenta esta investigación es el método hipotético-deductivo el cual según varios epistemólogos, es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. Las características de esta investigación permitieron la realización de los cálculos necesarios para determinar la cantidad de agua presente en la sub cuenca del río Cutuchi y medir la longitud de los cauces principales que forman dicha sub cuenca

Tipo de Investigación

En el presente trabajo se realizó “una investigación que mediante los procesos cuantitativo; se analizó profundamente una unidad de la sub cuenca para responder al planteamiento del problema,” (Hernández, 2006) “las investigaciones descriptivas utilizan criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando de ese modo información sistemática y comparable con la de otras fuentes”, con esto determinamos que nuestra investigación es descriptiva porque nos ayuda a determinar las sub cuenca alta media y baja del cantón Latacunga así como también los cauces que forman cada una de las sub cuencas.

Además de la investigación es exploratoria, se realiza cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado (Hernández, 2006), como es el estudio de las cuencas y sub cuencas mediante la utilización de los sistemas de información

geográficos, temática que no ha sido tratada con la suficiente seriedad del caso que es el agua para la producción agropecuaria.

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

Las técnicas que se consideran más adecuadas para el desarrollo de la presente investigación es:

Observación

Para (Herrera, 2004) Existen cinco tipos de observación: Directa cuando el investigador se pone en contacto cercano, Participante cuando el investigador comparte la vida en grupo estudiado y Estructurada cuando es planificada en todos los aspectos, métodos y es críticamente realizada y se registran con instrumentos técnicos especiales. Bajo esta concepción nuestra investigación toma en cuenta la Observación estructurada pues utilizaremos instrumentos técnicos especiales, así como software especializados para el caso en la delimitación del sub cuenca principal.

CAPÍTULO I

1. Marco Contextual y Teórico

1.1. Caracterización

Según la (FAO, Cuencas hidrográficas en el Ecuador, 2002) expresa que: Esta vertiente está formada por la afluencia de numerosos ríos ecuatorianos que nacen en la cordillera Oriental de los Andes y en la cordillera Amazónica (Tercera Cordillera) ecuatoriana. Principalmente se caracterizan por ser caudalosos y navegables en casi todo su curso. Se destacan en dicha vertiente los ríos:

1.2. Cuenca Pastaza

Formado por la unión de los ríos Patate y Chambo, que se originan en los deshielos del Cotopaxi, Illiniza, Chimborazo y Carihuirazo. Luego de abrir una profunda brecha en la cordillera central Andina, forma el gran salto del Agoyán, para continuar en el Oriente, donde se convierte en un manso río de llanura. (ESCOBAR, 2003)

1.3. Cuenca Río Napo

El río Napo es un largo río sudamericano que recorre buena parte de los territorios amazónicos de Ecuador y del Perú, uno de los principales afluentes directos del río Amazonas en su curso alto. (ESCOBAR, 2003)

Cuenca Hidrográfica: 100518 Km²

Longitud: 1075 Km

Caudal: 6.976 m³/s

Boca: Río Amazonas

Nacimiento: Volcán Antisana, Volcán Cotopaxi.

1.4. Sub Cuenca Del Rio Cutuchi

Cuenca alta del rio Pastaza, Provincia de Cotopaxi

Cantones: Saquisilí, Pujilí, Latacunga, Salcedo, Pillaro

Área: 2680 Km² (CADENA, 2009)

GEOMORFOLOGÍA

Acciones tectónicas y volcanismo andino: potente depósito lahártico; bloques cantos rodados y guijarros, matriz arcillosa (CADENA, 2009)

METEOROLOGÍA

CLIMA: Zona Tropical Ecuatoriana

Zona occidental: Período invernal de serranía: Octubre a mayo

Zona Oriental: Período Invernal de Amazonia: junio a septiembre (Rio Yanayacu) (CADENA, 2009)

TEMPERATURAS: -3 a 12 °C sobre 3000 msnm

Temperaturas medio mensual: Min 7,4°C, Max. 14,8°C (CADENA, 2009)

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

Sub cuenca Cutuchi: 805 mm

Sub cuenca Chalupas: 1888 mm

Sub cuenca Yanayacu: 2386 mm (CADENA, 2009)

EVAPORACION: Max. Julio a Agosto

Zona Alta mayor 3580 msnm 894 Pisayambo

Zona Central Mayor 2000 msnm 1493 Rumipamba de las Rosas (CADENA, 2009)

VIENTO

Dirección predominante: S-SE Velocidad 3.8 Km/h

HIDROLOGÍA

Caudal medio: 5.2 ,3/s

Rendimiento: 12.7 L/l/Km²

Crecida anual a 10 años: 100 m³/s

Aguas subterráneas: 1800 Hm³ (acuífero estimado)

Caudal estimado de explotación: 3 m³/s (CADENA, 2009)

1.5.Marco Teórico

1.5.1. Caracterización de la cuenca

Ecuador es un país caracterizado por la heterogeneidad de su territorio y de su población. Con pocas características en común, la población ecuatoriana se distribuye espacialmente en forma desproporcionada ocasionando mucha presión sobre los recursos naturales en algunas zonas, mientras que en otras prácticamente no existe población activa. En este marco, la división política del país, basada en provincias y municipios, ha demostrado ser ineficaz para lograr un adecuado manejo de los recursos naturales, mostrando que una misma unidad política incluye partes de diferentes ecosistemas que a la vez comparte con otras unidades políticas. (FAO., 2005).

Los sistemas hidrográficos aportan con un escurrimiento superficial de 432,000m³, de los cuales 116 Hm³ (27% del total) corresponden a la vertiente del pacífico donde habitan el 80% de la población del Ecuador y 316,000 Hm³ (73% el total) corresponde a la vertiente del Amazonas.

En la Región Interandina están las cuencas altas y de montaña en donde se asienta más del 50% de la población del país. Estas cuencas son de vital importancia porque son fuentes de nacientes de agua, yacimientos de minerales, áreas paisajísticas andinas para el ecoturismo y en las faldas de las cuencas de montaña se desarrollan cultivos agropecuarios, abasteciendo de alimentos al 45% de la población del país. (FAO., 2005)

1.5.1.1. Concepto de cuenca

El concepto de cuenca desarrollado por el uso del agua, hoy es componente de muchas disciplinas del conocimiento, entre ellas la ecología. En la práctica y dependiendo de su grado intervención con actividades agropecuarias, la cuenca se ha transformado en un agro ecosistema. Esta se presta para el estudio de ecosistemas naturales, como unidad para la planificación, para la gestión del desarrollo, la cuenca hidrográfica es toda el área que genera esorrentía aguas arriba de un punto de referencia en el cauce principal.

Un concepto emitido por (ESCOBAR, 2003) en el Tercer Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, señala que “la cuenca no es solo un ámbito geográfico, ella acoge una población humana que aprovecha los recursos que hay en ella, ese uso genera a menudo conflictos en un escenario que es social y económico y que requiere también mecanismos de concertación. En este sentido, la cuenca debe ser considerada como una unidad de planificación, en ella los habitantes deben ser los actores protagónicos y sus organizaciones comunitarias deben constituirse en la base del desarrollo local“.

Las cuencas hidrográficas han sido consideradas, como las unidades o espacios geosociales y políticos más adecuados para la planificación y desarrollo, aunque como la historia y literatura lo demuestran, su mayor énfasis se ha orientado hacia temas de carácter hidrológico. De allí, la importancia para el ordenamiento y manejo con fines energéticos y de provisión de agua para consumo humano y para riego, relegándose a un segundo plano el tratamiento de los elementos biológicos y

la participación de los actores locales que dependen o interactúan con los recursos de estas áreas, vivimos en el planeta acuático o del agua, y este recurso dador de vida cubre cerca del 71% de su superficie. Esta preciada envoltura de agua (en su mayor parte agua salada y el resto agua dulce) ayuda a mantener el clima de la tierra, diluye los contaminantes y es especial para toda forma de vida. (Moncayo., 2011).

1.5.1.2.Cuenca Hidrográfica y Cuenca Hidrológica

Según el concepto de ciclo hidrológico, toda gota de lluvia que cae al suelo, continua en forma de escurrimiento e infiltración, luego va a lugares de concentración, allí parte se evapora y vuelve al espacio para formar el ciclo.

Luego que la gota de lluvia se infiltra, satura el suelo, pasa a percolación profunda y recarga los acuíferos. En este desplazamiento vertical, el agua se puede encontrar con estratos impermeables (rocas duras) que movilizarán las partículas de agua dependiendo de la forma y tipo de rasgos geológicos. (CATIE, 1985)

Cuando el relieve y fisiografía, tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo sub superficial para alimentar a otra cuenca hidrográfica. A ésta configuración se denomina cuenca hidrológica, la cual adquiere importancia cuando se tenga que realizar el balance hidrológico. (CATIE, 1985)

Cuando la divisoria de la cuenca hidrográfica es diferente de la divisoria de la cuenca hidrológica, los flujos sub superficiales y el movimiento del agua en el suelo se presenta de la siguiente ilustración

Gráfico 2: División Hidrográfica de la cuenca



Fuente: CATIE 2010

1.5.1.3. Sub-cuenca

Los afluentes son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca, con una extensión de hasta 50000 ha (BLIEMSRIEDER, 2011)

1.5.1.4. Micro-cuenca

Según micro-cuenca es la unidad hidrográfica de menor superficie que una sub-cuenca, cuyos cauces son tributarios de la misma. Su extensión física no va más allá de 4000 hectáreas. Para efectos de planificación se puede identificar con la dimensión y extensión de los predios. (BLIEMSRIEDER, 2011)

1.5.1.5. Unidad de Cuenca

Es la unidad más pequeña de una demarcación hídrica, corresponde a ella los pequeños riachuelos que alimentan al micro-cuenca. (BLIEMSRIEDER, 2011)

1.5.2. Partes que conforman una cuenca.

1.5.2.1. Cuenca de recepción (Cuenca Alta).

Es la zona que tiene la mayor producción de agua, aquí existe gran biodiversidad, se da en este lugar el fenómeno de socavación. Comprende alturas superiores a los 3000 msnm, con precipitaciones de 1000 – 2000 mm/año. (BORJA, 2002)

1.5.2.2. Garganta a canal de desagüe (Cuenca Media)

La cuenca media comprende las zonas de pie de monte y valles bajos, entre los 800 y 3000 msnm, con precipitaciones de 100 -1000/ año, aquí el río principal mantiene su cauce definido, es una zona de escurrimiento, En este espacio se encuentran los valles interandinos. (BORJA, 2002).

1.5.2.3. Lecho o cono de deyección (Cuenca Baja)

Lugar donde el material extraído de la parte alta se deposita, con un caudal de flujo continuo, cauce definido y amplia planicie de inundación. En esta parte, el uso de la tierra es predominantemente agrícola, con mayor densidad poblacional. Va desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. (BORJA, 2002).

Gráfico 3: Partes de una cuenca Hidrográfica



Fuente: CATIE 2006

1.5.3. Demarcación Hidrográfica

Se entiende por demarcación hidrográfica la zona terrestre y marina, compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas de transición, subterráneas y costeras asociadas a dichas cuencas.

Actualmente la Secretaría Nacional del Agua para la gestión eficiente de los recursos hídricos ha dividido al país en nueve Demarcaciones Hidrográficas, con

sus respectivos Centros Zonales, de acuerdo a lo que establece el Acuerdo Ministerial No. 2010-66, de fecha 20 de enero del 2010, mediante el cual establece y delimita las nueve demarcaciones hidrográficas en unidades administrativas desconcentradas en lo administrativo y financiero, a través de las cuales se ejercerá la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos e integral del agua en todo el territorio nacional. (GIGNOUX J. , 2003.).

1.5.3.1. Centros zonales

Los centros zonales se encargarán de la gestión integral de los recursos hídricos por demarcación hidrográfica, tomando en cuenta la planificación hídrica establecida para las cuencas hidrográficas y administrar con eficiencia el recurso hídrico con un enfoque de equidad y solidaridad. (GIGNOUX J. , 2003.).

1.5.3.2. Sub Cuenca

Los afluentes son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca, con una extensión de hasta 50000 ha (GIGNOUX J. , 2003.)

1.5.3.3. Microcuenca

Micro-cuenca es la unidad hidrográfica de menor superficie que una sub-cuenca, cuyos cauces son tributarios de la misma. Su extensión física no va más allá de 4000 hectáreas. Para efectos de planificación se puede identificar con la dimensión y extensión de los predios. (GIGNOUX J. , 2003.)

1.5.3.4.Unidad de Cuenca

Es la unidad más pequeña de una demarcación hídrica, corresponde a ella los pequeños riachuelos que alimentan la micro cuenca. (GIGNOUX J. , 2003.)

1.5.4. Componentes de una Cuenca Hidrográfica

1.5.4.1. Componente Biológico

Los bosques, los cultivos y en general los vegetales conforman la flora, constituyendo junto con la fauna el componente biológico. La vegetación que cubre la cuenca, está compuesta de restos de un bosque secundario, frutales, arbustos, pastos naturales, en cuanto a su fauna silvestre, esta ha sido reducida a punto de que muchas especies han desaparecido. (POATS, 2006).

1.5.4.2.Componente Físico

El agua, el suelo, el subsuelo, y el aire constituyen el componente físico. La cuenca presenta desde su parte más alta hasta su base, un relieve inclinado y cortado por quebradas. Los suelos que se encuentran en el área de la cuenca son variados, en la parte alta los suelos están relacionados con bosques naturales, estos mantienen humedad y tienen una fertilidad natural. (POATS, 2006).

1.5.4.3.Componente Socio Económico

Son las comunidades que habitan en la cuenca, las que aprovechan y transforman los recursos naturales para su beneficio, construyen obras de infraestructura, de servicio y de producción, los cuales elevan el nivel de vida de estos habitantes. (POATS, 2006)

Gráfico 4: Partes de una cuenca Hidrográfica



Fuente: Manual de manejo de cuencas WORLD VISION 2003

1.5.5. Uso del agua en la Agricultura.

En agricultura, para el riego de los campos. En ganadería, como parte de la alimentación de los animales y en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado, los recursos hídricos han tenido una importancia crítica para la sociedad humana desde que las personas descubrieron que podrían producir alimentos cultivando las plantas. (BLIEMSRIEDER, 2011)

El área regable neta del Ecuador es de aproximadamente 3'136.000 Has, el 93.3% de las cuales están sobre las cuencas de la vertiente del Pacífico y la diferencia sobre la vertiente Amazónica. La cuenca más importante en extensión es la del río Guayas, que representa el 40.4% de la superficie regable del país, seguida de la del río Esmeraldas con el 12.6%. Del total del área regable, apenas 560.000 Has están bajo riego, lo que representa el 30% de la superficie cultivada del país. Sin embargo la agricultura bajo riego tiene una significación mucho mayor que la de secano, aportando aproximadamente con el 75% del valor de la producción agrícola nacional. (BLIEMSRIEDER, 2011).

1.6. Sistemas de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) es una herramienta de captura, almacenamiento y administración de datos y atributos asociados espacial y geográficamente referenciados.

1.6.2. Elementos de los Sistemas de información Geográfica

Un SIG está formado por cinco componentes o elementos y cada uno de esos componentes cumplen con una función para que existan entre ellos una interacción. Es decir, éstos conforman la información para que sea procesada o se realice un tratamiento, los recursos técnicos, humanos y las metodologías que se adopten en la organización o la empresa. A continuación se describen a esos componentes:

1.6.2.1. Hardware

Es el equipo de cómputo con el que opera un SIG. Actualmente el software de estos sistemas se ha adaptado a diversos tipos de hardware desde arquitecturas clientes-servidor hasta computadoras de escritorio aisladas. Para las consultas espaciales el hardware es útil para efectuar el procesamiento de las operaciones que con base a algoritmos solucionan las relaciones entre geometrías.

1.6.2.2. Software

Proporciona las herramientas y funciones necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica, para ello se necesitan de elementos principales de software los cuales son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de información geográfica.
- Un sistema de administración de base de datos (DBMS Data Base Management System).
- Herramientas que soportan consultas, análisis y visualización de elementos geográficos.

Una interfaz gráfica de usuario (GUI Graphical User Interface) de manera que facilite el acceso a las herramientas anteriormente mencionadas. 3 En éste se

implementan aplicaciones como las consultas espaciales, los lenguajes visuales para consultas espacio-temporales como lo refiere (Bonhomme, 1999) y en el caso de las consultas espaciales poder utilizar la tercera dimensión de los objetos según Grün (Grun, 1999).

1.6.2.3. Dato

Se refiere al elemento principal para lograr una correcta información. Es decir una vez conocido el objeto del modelo del mundo real, se identifican las propiedades que lo forman, por ejemplo, sus atributos que se refieren a los elementos descriptivos y el tipo de geometría como el elemento espacial. En las consultas espaciales es necesario conocer el tipo de geometría entre los objetos del mundo real que se relacionan topológicamente. (Bonhomme, 1999)

1.6.2.4. Gente

Son las personas que se encargan de administrar el sistema así como de desarrollar un proyecto basado en el mundo real, entre los que se involucran analistas, desarrolladores, administradores, programadores, y usuarios. Por ejemplo, para las consultas espaciales, esas personas se refieren a quienes proporcionan la información fuente, realizan la edición de la información, implementan los algoritmos útiles para resolver las consultas espaciales y los usuarios finales que se favorecen de la aplicación o proyecto elaborado. (Bonhomme, 1999)

1.6.2.5. Métodos

Son los planes de un buen diseño y las normas por parte de la empresa, las cuales son modelos y prácticas de operación de cada organización. (ESRI, 2011) Este último se basa en los estándares reconocidos para aspectos geográficos, que sugieren las medidas a adoptar para un determinado enfoque de aplicación y de esta manera respaldar su forma de trabajo. Por ejemplo en las consultas espaciales en (Gis, 2001) refiere los modelos para implementar las relaciones topológicas entre objetos del modelo del mundo real basados en un modelo de objetos geométricos. Los componentes mencionados tienen la finalidad para establecer la estructura de un SIG y en concordancia con ello implementar aplicaciones que apoyen la toma

de 4 decisiones como por ejemplo las consultas espaciales, reiterando que esa aplicación por sí sola no refleja la solución, sino que es interpretada por la persona responsable de decidir. (Gis, 2001)

1.7.Valoración Crítica

La sub cuenca es una responsabilidad compartida, entre todos y cada uno de los habitantes del Cantón Latacunga, dentro de la unidad de gestión territorial, en la cual interacciona biofísica y socioeconómicamente el ser humano, los recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente, con el agua como recurso que une e integrada sistémicamente la sub cuenca.

En el caso de las sub cuencas del rio principal de Latacunga es importante el tema de la institucionalidad, debido a que lo que hay en la actualidad no es suficiente para la gestión del recurso vital agua y en manejo integral de la cuenca, son necesarios mecanismos de interacción formal e informal que generen procesos de gobernabilidad. Además se debe identificar los procesos políticos del país y la dificultad que presentaría los procesos a mediano y largo plazo con continuidad.

Otros factores a tener en cuenta en la gestión y manejo de estas sub cuencas son problemas de seguridad alimentaria por la poca producción de cultivos en la sub cuenca, la vulnerabilidad y riesgo por pendientes, la calidad del agua que es importante para el proyecto y la existencia de ecosistemas frágiles que van a sufrir alteraciones con el proyecto, lo cual incide en el ciclo hidrológico, para esto debemos trabajar de manera conjunta con las autoridades de las GADs tanto provincial como cantonal, y determinar los objetivos generales para el desarrollo del cantón y provincia teniendo en cuenta el plan nacional del buen vivir

1.8. Análisis de Tendencias

El manejo integrado de cuencas hidrográficas implica incorporar incrementalmente más variables, temas, intereses y actores en los procesos de decisión y conducción de las múltiples intervenciones en una cuenca, para poder subsanar los actuales problemas de sequía que atraviesa el cantón, y que está afectando principalmente a los pequeños productores.

El propósito es minimizar los conflictos causados por las múltiples intervenciones actuales y futuras, que se dan por parte de los GAD's para conjuntamente alcanzar metas de desarrollo sustentable, dentro del Cantón, para esto actualmente se habla de la gestión integrada de cuencas.

La intervención de las autoridades con propósitos de manejo de todos los recursos naturales (agua, suelos, bosques, fauna, flora, paisaje) así como los construidos, en una cuenca lo cual implica manejarlos con fines de protección, recuperación, conservación, producción así como buscar proteger las capacidades de las cuencas para captar y descargar agua en calidad, cantidad y tiempo de ocurrencia adecuados.

Si las autoridades no toman cartas en el asunto en el futuro nos veremos con problemas de agua de riego para los pequeños productores lo que ocasionaría una grave crisis dentro del sector agropecuario al no tener ningún plan de manejo integral de sub cuencas, para poder almacenar agua y entregarla de acuerdo a las necesidades de cada agricultor.

La relación entre los programas de gestión integrada de cuencas y los procesos de desarrollo sostenible presenta un dilema fundamental:

¿Deberían los programas de gestión de cuencas hidrográficas incorporar objetivos de desarrollo sostenible y, por lo tanto, el compromiso de proporcionar beneficios y servicios que no se relacionan directamente con la gestión de los recursos naturales?

¿Deberían estar incorporados en procesos más amplios de desarrollo sostenible, asegurando que el desarrollo sostenible tenga en cuenta las cuestiones de las tierras y el agua?

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es el proceso que tiene como objetivo asegurar el desarrollo y manejo coordinado del agua en interacción con otros sistemas naturales, sociales y culturales, maximizando el bienestar económico sin comprometer a los ecosistemas vitales. Ello implica una mayor coordinación en el desarrollo y gestión de: tierras y agua, aguas superficiales y subterráneas, cuencas fluviales y entornos costeros y marinos adyacentes, e intereses río arriba y río abajo. (Pochat, 2008)

El agua es un recurso estratégico para el desarrollo de las economías regionales. La asignación del agua disponible en una región debe atender no sólo los requerimientos ambientales y las necesidades básicas del ser humano, sino también elevar su calidad de vida, poniendo el recurso hídrico al servicio del desarrollo y bienestar de la sociedad.

Un enfoque de GIRH requiere que las políticas y prioridades consideren la repercusión sobre los recursos hídricos, incluyendo la relación mutua existente entre las políticas macroeconómicas y el desarrollo, gestión y empleo del agua; las decisiones relacionadas con el agua, adoptadas a nivel local o en la cuenca hidrográfica estén en la línea o, por lo menos, no choquen con la consecución de objetivos nacionales más amplios y la planificación y estrategias en el ámbito hidrológico se integren en objetivos sociales, económicos y ambientales más amplios (Pochat, 2008)

Teniendo en cuenta la importancia de los recursos hídricos, según (GWP, 2005) en la práctica, se debe otorgar al agua el lugar que le corresponde en la agenda política nacional, crear una mayor “concienciación sobre el agua” entre los responsables de

diseñar las políticas en el ámbito de la economía y en los sectores relacionados con el agua, poner en pie canales de comunicación más eficaces y un proceso de toma de decisiones consensuado entre los organismos gubernamentales, organizaciones, grupos de intereses y colectivos civiles y estimular a la población a superar las definiciones sectoriales tradicionales.

El desarrollo sustentable no se refiere a una meta tangible ni cuantificable a ser alcanzada en determinado plazo y momento. Se refiere más bien a la posibilidad de mantener un equilibrio entre factores que implican un cierto nivel de desarrollo del ser humano, nivel que es siempre transitorio, en evolución y, al menos en teoría, debería ser siempre conducente a mejorar la calidad de vida de los seres humanos. El llamado desarrollo sustentable es, en consecuencia, la resultante de un conjunto de decisiones y procesos que deben llevar a cabo generaciones de seres humanos, dentro de condiciones siempre cambiantes, con información usualmente insuficiente, sujetas a incertidumbres y con metas poco compartidas por una sociedad y personas en general no muy solidarias. Sólo si el desarrollo sustentable se mantiene en el tiempo se alcanza la sostenibilidad. Cabe resaltar que la sociedad se ha organizado para conducir procesos de gestión a nivel de territorios delimitados para alcanzar sobre todo metas de crecimiento económico y a veces metas sociales pero muy escasamente para manejar territorios delimitados por razones naturales, como es el caso de la gestión del agua a nivel de cuenca. Esto implica que sólo existen algunas bases de gobernabilidad para alcanzar en forma coordinada metas económicas, sociales y ambientales en los territorios actualmente delimitados por razones político—administrativos (límites distritales, provinciales, estatales, regionales o de países), y no para hacerlo a nivel de cuenca u otros territorios delimitados por razones naturales (DOUROJEANNI, 2002)

Las actividades productivas pueden tener un impacto importante en el medio ambiente y en la salud de la población. Una gestión inadecuada de los recursos naturales, principalmente de la tierra y del agua, puede generar un agotamiento de los recursos hídricos, contaminar las aguas superficiales y subterráneas, provocar

la erosión de los suelos y favorecer procesos de desertificación destruyendo los ecosistemas naturales. Por ejemplo, cuando los sistemas de riego no son eficientes, parte del agua extraída se pierde y aunque parte de esta agua llega de nuevo a los ríos o a los acuíferos 19 subterráneos, las pérdidas excesivas contribuyen a intensificar las repercusiones ambientales negativas que tiene el regadío. (DOUROJEANNI, 2002)

1.9. Legislación relacionada específicamente con el manejo de cuenca

En la constitución Política del estado Ecuatoriano en sus artículos 224, 228 y 223 determina: que los Consejos Provinciales son la “entidades del poder político que ejerce el gobierno, la administración y representación política del Estado en la jurisdicción provincial” y que son las entidades encargadas del manejo de cuencas en sus respectivas jurisdicciones.

Entre otras competencias la constitución Política da las siguientes atribuciones:

Proteger el ambiente, velar porque este derecho no sea afectado y garantizar la preservación de la naturaleza en toda su jurisdicción Art. 86 de la constitución.

Promover y ejecutar las obras de alcance provincial en vialidad, medio ambiente, riego y manejo de las cuencas y micro cuencas hidrográficas de la jurisdicción (Art 233)

Es responsable de la planificación del desarrollo provincial en coordinación con las municipalidades y la ODEPLAN (Art 255)

Es responsable de llevar a cabo todas las competencias y atribuciones que por efectos y con cargo al proceso de Descentralización señala Art. 10 de la Ley de descentralización del Estado, más todas aquellas que le gobierno Nacional y la entidades dependientes del poder ejecutivo el transfiere (Art. 226).

Ejercer el desarrollo prioritario, integral y sostenido de las actividades agrícolas, pecuarias, acuícola, pesquera y agroindustrial y estimular los proyectos de forestación y reforestación de la provincia

1.10. Fundamentación de la Investigación

En el estudio y planificación de una cuenca hidrográfica es indispensable la comprensión y aplicación del concepto de estabilidad para el buen uso y manejo de los recursos naturales. En la actualidad la presión del hombre sobre éstos es tan fuerte que su efecto sobre las características del medio pueden, y de hecho hacen, que un ecosistema cambie por completo y su respuesta varíe en perjuicio del hombre. El sistema cada vez cambia de una órbita superior a una inferior hasta que, al final, puede llegar a un punto de equilibrio donde la producción es igual a cero pues se ha convertido en una zona desertificada o erosionada a grado máximo. Desde el punto de vista antrópico, antes que el sistema llegue a su última órbita, se clasifica como inestable (GASPARI, 2006)

La planificación hidrológica en una cuenca hidrográfica es fundamental conocer el momento y el lugar donde se desarrollará, por ello se debe caracterizar el suelo, la geomorfología, la topografía, el clima, como así también las especies vegetales presentes. El estado de desarrollo de la cobertura vegetal y su manejo, ejercen una influencia fuerte sobre las características hidrológicas.

El desarrollo de un Plan de Manejo de una Cuenca Hidrográfica (MCH) es definido también como Plan de ordenamiento de la cuenca, cuyos objetivos pueden ser: la regulación del régimen hidrológico, el control de la erosión, el control de las inundaciones y la conservación de los recursos naturales, entre otros. (GASPARI, 2006)

Una de las funciones de un plan de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas es promover el desarrollo de programas de investigación aplicada y difusión en el ámbito de cuencas hidrográficas y de conservación de suelos y aguas. Además

evaluar y monitorear los procesos que inciden en la degradación y funcionamiento de cuencas hidrográficas. (VISSCHER, 2004)

Los objetivos para el MCH son establecidos a partir de los propósitos particulares de manejo de cada cuenca hidrográfica. En la ilustración N° 4 se expresa una serie de propósitos posibles y los tipos de medidas de ordenación agrohidrológica que recomienda para su atenuación. (GASPARI, 2006)

La importancia de los recursos hídricos de las cuencas y sub cuencas radica en que la disponibilidad de este recurso depende de la planificación de agua tanto para consumo humano como para riego. Al realizar estos estudios hidrológicos en las diversas fuentes del Ecuador estaríamos contribuyendo al cumplimiento del objetivo 4.2 de Plan Nacional para el Buen Vivir.

Los resultados obtenidos de los estudios sobre cuencas y sub cuencas están orientados principalmente a obtener conclusiones sobre la disponibilidad del recurso hídrico en la sub cuenca del cantón Latacunga.

La gestión de cuencas presenta la necesidad de tener una base de datos que permita coordinar y planificar acciones en cada unidad de manejo y gestión (UMG), a fin de contribuir a establecer pautas para su ordenación. Para ello un Sistema de Información Geográfica (SIG) constituye un instrumento básico para el procesamiento de datos geoespaciales y cartográficos, debido a su versatilidad de almacenamiento, superposición y asociación de variables físicas, naturales, sociales y económicas.

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas informáticas que procesan y analizan datos con algún componente espacial. El *National Centre of Geographic Information and Analysis* (NCGIA) expresa que un SIG es un sistema

de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. (NCGIA, 1990)

1.11. Bases Teóricas.

1.11.1. Teledetección.

La teledetección o percepción remota es una ciencia que integra un amplio conjunto de conocimientos y tecnologías utilizadas para la observación, el análisis, la interpretación de fenómenos terrestres y planetarios.

Permite adquirir información sobre ciertos objetos materiales por medio de mediciones tomadas a cierta distancia, sin hacer contacto físico con éstos.

1.11.2. Elementos de la Teledetección

1.11.2.1. La fuente de energía

Es la que "ilumina" el objetivo emitiendo una onda electromagnética (flujo de fotones). También es posible medir el calor que se desprende de la superficie del objetivo (infrarrojo térmico). En este caso el propio objetivo es la fuente de energía (aunque se trata de energía solar almacenada y reemitida). (CNICE, 2006)

1.11.2.2. El objetivo o escena

Es la porción de la superficie terrestre observada por el satélite. Su dimensión varia, en función de la resolución del captador, de unos pocos km² a algunos miles de km².

1.11.2.3. El captador o sensor

De teledetección mide la energía solar (es decir la radiación electromagnética) reflejada por el objetivo. El captador puede encontrarse en un satélite o en un avión, sobrevolando el objetivo a una altura de pocos centenares de metros hasta distancias de 36000 kilómetros en el caso de los satélites meteorológicos.

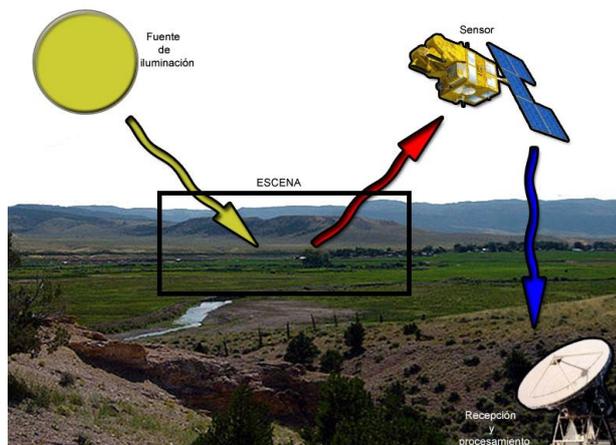
Los captadores embarcados en los satélites miden la radiación electromagnética reflejada y posteriormente reenvían esta información a la Tierra mediante un emisor. En la Tierra una red de estaciones de recepción se encarga de recibir y almacenar estos datos.

Cuando la fuente de energía es el Sol, y el captador solo mide la radiación reflejada, se conoce como teledetección pasiva. Esta modalidad de teledetección solo es operativa durante las horas diurnas. Por la noche o cuando hay nubes que se interponen no es posible realizar observaciones. La observación de las regiones tropicales no es fácil con esta modalidad de teledetección, a causa de la frecuente presencia de densas coberturas de nubes en estas zonas. Asimismo son difíciles de observar las regiones polares durante los periodos invernales, debido a la reducida iluminación solar que reciben.

En los casos que el mismo satélite lleva una fuente emisora de energía (radar) que envía hacia el objetivo y mide el eco producido se le denomina teledetección activa. El radar atraviesa la cobertura de nubes lo que facilita la obtención de imágenes independientemente de las condiciones meteorológicas, tanto de día como de noche.

Aunque las imágenes de radar son más difíciles de analizar, complementan los datos de la teledetección pasiva y ofrecen información adicional sobre otros aspectos como la topografía del terreno. (CNICE, 2006)

Gráfico 5: Principios de la Teledetección



Fuente: (CNICE, 2006)

1.11.3. Geolocalización

La geolocalización es aquel proceso que se encarga de determinar la posición de algo en particular en la tierra; en otras palabras, la geolocalización alude al posicionamiento referente a la localización de un objeto ya sea animado o inanimado, que se presenta por medio de un vector o punto, en un sistema de coordenadas y datum determinado. Este proceso se realiza generalmente en los sistemas de información geográfica. Entonces podemos decir que la geolocalización se encarga específicamente en obtener la localización de una persona, empresa, evento, ciudad, pueblo etc. en un punto geográfico exacto que es determinado por medio de ciertas coordenadas, usualmente provenientes de satélites, pero que cabe destacar que también pueden provenir de otros dispositivos como los móviles. (Foursquare, 2006)

1.12. Campo Legal

La Constitución de la República aprobada en referéndum del 28 de septiembre de 2008, publicada en el Registro Oficial No. 449 de 20 de octubre de 2008, en su primera disposición transitoria, inciso segundo establece que en el plazo máximo de trescientos sesenta días, entre otras se aprobará la "ley que regule los recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, que incluirá los permisos de uso y

aprovechamiento, actuales y futuros, sus plazos, condiciones, mecanismos de revisión y auditoría, para asegurar la formalización y distribución equitativa de este Patrimonio". (Constitución de la República, 2008)

La misma Constitución en el Art. 411 señala que "corresponde al Estado ecuatoriano garantizar la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales asociados al ciclo hidrológico"; y, en el Art. 313 determina que "el agua es un sector estratégico de decisión y control exclusivo del Estado, al que corresponde administrar, regular, controlar y gestionar, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia". (Constitución de la República, 2008)

1.13. Medio Ambiental

El agua es parte del ambiente y como tal, no puede ser entendida de otra manera que no sea como elemento integrado e integrador del ambiente.

La muestra de movimiento y recorrido del agua por el planeta lleva a postular la idea de que este elemento vital para realizar las interacciones con todos los componentes ambientales.

Sin embargo, es un bien escaso si bien el 70 % de la superficie del mundo está cubierta por agua, solamente el 2.5% es dulce, mientras que el restante 97.5% es agua salada (PNUMA, 2000).

1.14. Hipótesis y Determinación de las Variables

Para el desarrollo de la investigación se establece la siguiente hipótesis:

La falta de georreferenciación de los cauces del cantón Latacunga, conlleva al desconocimiento total de agua presente en la sub cuenca lo que conlleva a la falta de gestión de los GAD's

Y se determina las siguientes variables:

Variable independiente.- Características de la sub cuenca.

Variable dependiente.- Volumen de Agua.

Tabla 2: Operacionalización de las Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Características de la subcuenca	Localización	Ubicación política Geolocalización	GMT	Observación Medición	Registro Mapas
	Caracterización	Superficie de la subcuenca Longitud de ríos	Km ² m	Medición	Registro Mapas
	Componentes de la cuenca	Ríos Arroyos Tipo de cuenta	# # Clase: Alta, Media, Baja	Medición Observación	Registro Mapas
Volumen de agua	Ríos Riachuelos	Volumen	m ³	Medición	Registro

Elaborado: David Carrera

CAPÍTULO II

2. Métodos, procedimientos y técnicas de Investigación

El método de investigación que sustenta esta investigación es el método hipotético-deductivo el cual según varios epistemólogos, es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. Las características de esta investigación permitieron la realización de los cálculos necesarios para determinar la cantidad de agua presente en la sub cuenca del Rio Cutuchi y medir la longitud de los cauces principales que forman dicha sub cuenca

2.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación realizará “una investigación que mediante los procesos cuantitativo; se analizara profundamente una unidad de la sub cuenca para responder al planteamiento del problema,” (Hernández, 2006) “las investigaciones descriptivas utilizan criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando de ese modo información sistemática y comparable con la de otras fuentes”, con esto determinamos que nuestra investigación es descriptiva porque nos ayuda a determinar las sub cuenca alta media y baja del cantón Latacunga así como también los cauces que forman cada una de las sub cuencas.

Además de la investigación es exploratoria, se realiza cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado (Hernández, 2006), como es el estudio de las cuencas y sub cuencas mediante la utilización de los sistemas de información geográficos, temática que no ha sido tratada con la suficiente seriedad del caso que es el agua para la producción agropecuaria.

2.2. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

Las técnicas que se consideran más adecuadas para el desarrollo de la presente investigación es:

2.2.1. Observación

Para (Herrera, 2004) Existen cinco tipos de observación: Directa cuando el investigador se pone en contacto cercano, Participante cuando el investigador comparte la vida en grupo estudiado y Estructurada cuando es planificada en todos los aspectos, métodos y es críticamente realizada y se registran con instrumentos técnicos especiales. Bajo esta concepción nuestra investigación toma en cuenta la Observación estructurada pues utilizaremos instrumentos técnicos especiales, así como software especializados para el caso en la delimitación del sub cuenca principal.

3. Metodología

La metodología que se aplicó para la identificación de las sub cuenca fue la de Pfafstetter que consiste en asignar identificadores (ID) a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno; asigna Ids a una unidad hidrográfica para relacionarla con las unidades hidrográficas que contiene y de las unidades hidrográficas con las que limita.

3.1. Metodología de Pfafstetter

La metodología de Pfafstetter consiste en asignar Identificadores (Ids) a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno; dicho de otro modo asigna identificadores a una unidad hidrográfica para relacionarla con sus unidades internas locales y con las unidades colindantes. (Rojas, 2008)

3.1.2. Características Principales

- El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de los ríos (punto de confluencia de ríos) o desde el punto de desembocadura de un sistema de drenaje en el océano.
- A cada unidad hidrográfica se le asigna un específico código Pfafstetter, basado en su ubicación dentro del sistema de drenaje que ocupa, de tal forma que éste es único al interior. Este método hace un uso mínimo de dígitos en los códigos, tal es así, que el número de dígitos representa el nivel en el que se encuentra la unidad.

La distinción entre río principal y río tributario, es en función del área drenada. Así, en cualquier confluencia, para esta metodología el río principal será siempre aquel que posee mayor área de drenaje. . (Rojas, 2008)

3.1.3. Proceso de codificación

En principio se debe determinar el curso del río principal el cual consiste en seguir el curso del río desde un punto de confluencia, que en el nivel 1 generalmente es la desembocadura de río al mar, hacia aguas arriba hasta identificar una nueva confluencia, lugar en el cual se debe realizar la comparación de áreas y continuar el trazado del curso por la unidad que tiene mayor área y así sucesivamente hasta llegar a la parte superior de la unidad que se está delimitando. Se debe advertir que en la metodología de Pfafstetter el único criterio que se utiliza para determinar el curso del río principal es el del área de drenaje que contiene el curso a diferencia de otras metodologías de carácter hidrológico que toman en consideración el aporte del flujo y la longitud del cauce para determinar el río principal. Una vez determinado el curso del río principal, se identifican las cuatro áreas mayores de drenaje que confluyen al mismo, siempre en función del área que poseen. . (Rojas, 2008)

3.1.4. Procedimiento Específico

Se refiere al procedimiento técnico u operativo que se adopta para el proceso de la delimitación y codificación. Esta metodología estará de acuerdo a la herramienta SIG que se utiliza, y en función de la experiencia y de las capacidades técnicas y de análisis espacial del usuario.

En el presente trabajo se ha diseñado un procedimiento basado en la metodología Pfafstetter, tanto para el proceso de delimitación como para el proceso de codificación de unidades hidrográficas. . (Rojas, 2008)

3.2. MÉTODO SEMIAUTOMÁTICO PARA DELIMITACIÓN DE CUENCAS.

3.2.1 Conceptos

Con la finalidad de que el método resulte mejor explicado más adelante se presentan aquí algunas definiciones de términos: Modelo Digital del Terreno Un Modelo Digital del Terreno (MDT), es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede ser la temperatura, la altitud o la presión atmosférica. En el caso que la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevación. (MDE)

Modelo Digital de Elevación El Modelo Digital de Elevación (MDE) es un Modelo Digital del Terreno cuyos datos almacenados representan valores de altitud. En la actualidad es posible caracterizar la superficie y sobre todo, delimitar cuencas hidrográficas a partir de Modelos Digitales de Elevación (MDE). . (Rojas, 2008)

Estos modelos son simbólicos ya que establecen relaciones de correspondencia con el objeto real, mediante algoritmos matemáticos que son tratados mediante programas de Sistemas de Información Geográfica (Software SIG). Son estructuras

de datos, no son sólo acumulaciones de cifras, sino que tienen una estructura interna con la cual deben interpretarse dichos datos. (Rojas, 2008)

3.2.2. Unidad de Análisis

Un punto encajado en el marco metodológico del proyecto de investigación, es la delimitación de la población. Según (Chávez, 2007), “La población es el universo de la investigación sobre la cual se pretende generalizar los resultados. Está constituida por características o estratos que permiten distinguir los sujetos unos de otros”. De acuerdo con los propósitos de la investigación, se aplicó el método no probabilístico, ya que este muestreo desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar la muestra.

Para la presente investigación, la unidad de análisis a estudiar la sub cuenca principal del cantón Latacunga y sus cauces que lo componen.

3.3. Técnicas de Recolección de Datos

Para la elaboración de la presente investigación utiliza las técnicas de la encuesta, observación y revisión documental.

3.3.1. Revisión Documental.- Para recolectar la información se utiliza la técnica de revisión documental de la información existente principalmente en el internet y en artículos científicos sobre la temática en estudio.

3.2.2. Bibliografía, Internet y otras fuentes.- También se utilizó este instrumento en la obtención de la información, apoyándonos en documentación técnica del fabricante, registros, formatos, normas, publicaciones de la organización y de los entes reguladores, internet y otras

fuentes, así establecer los fundamentos teóricos prácticos que sirvieron de soporte para el proyecto de investigación y desarrollo.

CAPÍTULO III

3. Resultados de la Investigación

En este apartado se muestran los resultados alcanzados del análisis de la sub cuenca principal del cantón Latacunga

3.1. Características de la sub cuenca (Variable Independiente)

3.1.1. Localización de los componentes de la Sub Cuenca

En la evaluación de la situación actual, se aplicó teledetección por medio de modelos digitales de terreno para determinar la longitud del río principal. A continuación se muestran los resultados alcanzados a través de la aplicación de teledetección en la recolección de datos en donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3: Distribución de las Sub Cuencas

CUADRO DE DISTRIBUCION DE LAS SUB CUENCAS		
NIVEL	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
CUENCA BAJA	95332,9	68,8
CUENCA MEDIA	42051,22	30,4
CUENCA ALTA	1105,87	0,8
TOTAL	138489,99	100

Elaborado: David Carrera 2015

Gráfico 6: Distribución de las cuencas



Elaborado: David Carrera 2015

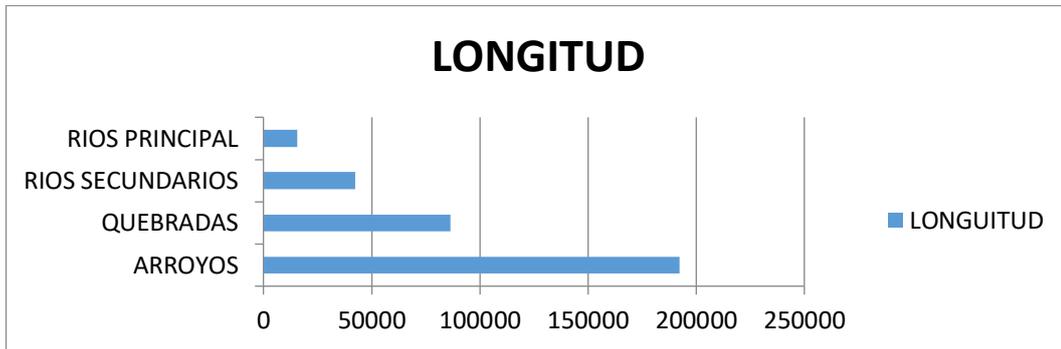
De acuerdo al análisis del cuadro de distribución de la cuencas tenemos principalmente que reconocer la superficie que ocupa la cuenca baja con un 68,8% del total del cantón Latacunga y otro indicador importante es la cuenca alta que es donde se produce la mayor cantidad de agua necesaria para el consumo humano, agrícola entre otros únicamente con un 0,8% del total, lo que nos indica la importancia de cuidar el recurso vital.

Tabla 4: Cuadro de Drenajes

CUADRO DE DRENAJES		
CAUCE	LONGUITUD (m)	PORCENTAJE
ARROYOS	192322,8	57,1
QUEBRADAS	86411,42	25,7
RIOS SECUNDARIOS	42416,69	12,6
RIOS PRINCIPAL	15536,51	4,6
TOTAL	336687,42	100

Elaborado: David Carrera 2015

Gráfico 7: Longitud de los Ríos



Elaborado: David Carrera 2015

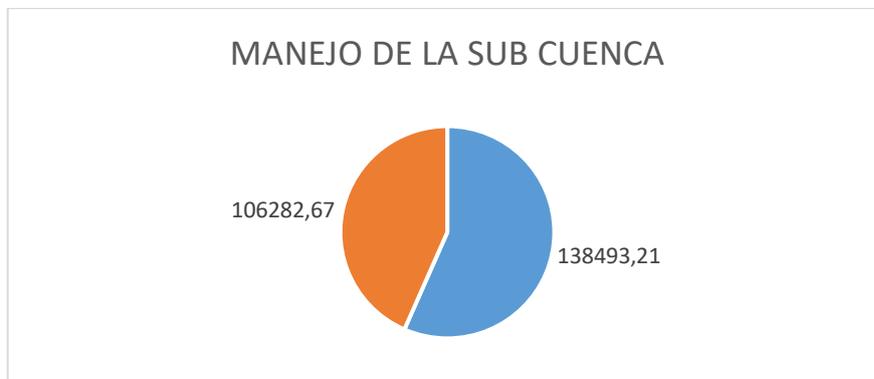
De acuerdo con el cuadro se considera la relación que existe entre las distribución de la cuencas y la longitud de cada cauce natural que forman la sub cuenca el rio principal tiene una longitud de 15536,51 metros que cruza la ciudad de Latacunga y de donde se obtiene el caudal necesario para la producción del agua, complementando con las precipitaciones.

Tabla 5: Manejo de la Sub Cuenca

MANEJO DE LA SUB CUENCA			
	CUENCA	MANEJO	UNIDADES
SUPERFICIE	138493,21	106282,67	ha
PORCENTAJE	100	77	%

Elaborado: David Carrera 2015

Gráfico 8: Manejo de las Sub cuenca



Elaborado: David Carrera 2015

Dentro del manejo de la cuenca como lo muestra en el cuadro podemos conseguir una superficie de manejo de 106282,67 hectáreas que lo podemos definir con un 77% del total de la cuenca, lo que quiere decir que prácticamente existe agua para el riego agrícola.

3.1.2. Características físicas de la cuenca.

Las características de la cuenca son los aspectos físicos más importantes en el escurrimiento superficial de las cuencas (Linsley, 1977). Con el fin de definir estas características se empleó un sistema de información geográfico.

Los datos físicos o morfométricos más comunes y que hemos considerado de mayor interés para caracterizar a la sub cuenca de nuestro estudio son los siguientes:

Superficie (Km² o Ha)

Perímetro (Km)

Forma

Pendiente (%)

Densidad de Drenaje (Km/Km²)

3.1.2.1. Área

El área de una cuenca es el parámetro más importante. El área es la proyección de la cuenca en el plano horizontal. La superficie para el actual estudio es de 1062,83 Km².

3.1.2.2.Perímetro

Es la longitud de la divisoria de la sub cuenca. Su longitud está en función de la superficie y la forma de la cuenca. El perímetro de la cuenca del rio Cutuchi encontrada es de 197,04 Km.

3.1.2.3.Forma

La forma de la cuenca es la configuración geométrica tal como está proyectada sobre el plano horizontal de la cuenca tiene una relación directa con el tiempo de respuesta recorrido de las aguas a través de la red de drenaje (Manual de hidrología 1972). Si hipotéticamente se mantiene constantes, a excepción de la forma de los demás elementos de una sub cuenca que influyen en la esorrentía, se evidenciara la participación directa que la forma de la sub cuenca tiene en el hidiograma de salida de escurrimiento resultante. La forma de la cuenca se representa con varios índices; los más comunes son:

- Coeficiente de compacidad o de Gravelius
- Factor de forma

3.1.2.4.Coeficiente de compacidad

Mientras las sub cuenca se aproximen más a la forma circular el escurrimiento en ellas será más uniforme y el caudal pico se orientara a un valor mayor; toda vez que, la concentración de escurrimiento hacia los cauces del sistema fluvial tendería a ser regulado, ordenado.

La simetría respecto del centro de la forma circular en el fenómeno del escurrimiento significa un tiempo de concentración de esos flujos de agua (Naghattini, 2007).

Las cuencas pueden ser evaluadas en términos de las condiciones anotadas, valorando la concentración de los flujos influida por las formas de las cuencas. Esa valoración de la el coeficiente K de compacidad de Gravelius, con la expresión:

K_c

En donde:

K_c : Coeficiente de compacidad, adimensional

P: Perímetro de la sub cuenca, en Km.

A: Área de la sub cuenca, en Km²

Matemáticamente el coeficiente de compacidad es la relación entre el perímetro de la sub cuenca y la longitud del mismo. El coeficiente de compacidad encontrado para nuestra área de estudio es de 1,69.

3.1.2.5.Pendiente

Consiste en relacionar la diferencia de nivel existente entre dos extremos de la cuenca con el perímetro de la misma

$$I_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{500 * P}$$

En donde:

I_m : Pendiente media de la sub cuenca en %

H_{max} : Altura máxima (msnm)

H_{min} : Altura mínima (msnm)

P: Perímetro en Km

La pendiente calculada para la sub cuenca es del 3,13%

3.1.2.6. Densidad de Drenaje

Es la relación que existe entre la longitud total de los cursos de agua existentes dentro de la sub cuenca y el área de la misma, considerando solo las corrientes intermitentes y perennes.

$$Dd = Lr/A$$

En donde:

Dd: Densidad de drenaje, en Km/Km²

Lr: Longitud total de los cursos de agua, en Km

A: Área de la sub cuenca

Las cuencas y sub cuencas con densidad de drenaje superiores a 3 se definen como cuencas bien drenadas o de respuesta hidrológica rápida. La sub cuenca del Rio Cutuchi tiene como densidad de drenaje de 0,3, por lo que se puede definir a la sub cuenca, como mediamente drenada. Así mismo, según el cuadro siguiente, se puede clasificar geológicamente y climáticamente a la sub cuenca, para el resultado obtenido en el estudio la sub cuenca geológicamente es arenisca duras, con un clima semihúmedo - Húmedo

Tabla 6: Clasificación Geológica y Climática de la cuenca

CLASIFICACIÓN GEOLÓGICA Y CLIMATICA DE UNA CUENCA SEGÚN DENSIDAD DE DRENAJE		
DENSIDAD DE DRENAJE	GEOLOGÍA	CLIMA
0 5	ARENISCAS DURAS	SEMIHÚMEDO HÚMEDO
5 10	ROCAS DE DUREZA MEDIA Y ZONAS DE BOSQUE	HÚMEDO
10 25	ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS MUY METEORIZAR	SECO CÁLIDO
25 50	SEDIMENTARIAS BLANDAS	SECO CÁLIDO
50 100	ROCA	SECO CÁLIDO

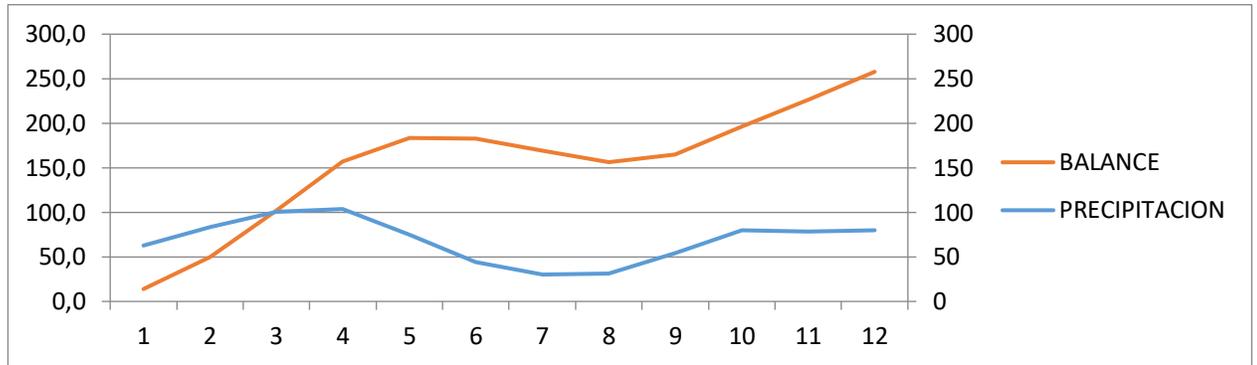
Tabla 7: BALANCE HÍDRICO

CUADRO DE BALANCE HIDRICO								
MES	PRECIPITACION	TEMP	i	ETP*(THORNTHWAITE)	SALDO	BALANCE	CAUDAL	CAUDAL TRASFORMADO
ENERO	62,79	9,1	2,48	48,89	13,8966215	13,8966215	975,670198	9,756701977
FEBRERO	83,56	8,9	2,39	47,87	35,6874013	49,5840228	1138,46932	11,3846932
MARZO	100,83	9,0	2,43	48,38	52,4468679	102,030891	1260,02933	12,60029326
ABRIL	103,72	9,1	2,48	48,89	54,8266215	156,857512	1279,40467	12,79404674
MAYO	74,54	8,9	2,39	47,87	26,6674013	183,524913	1070,36635	10,70366353
JUNIO	44,41	8,4	2,19	45,32	-0,90550638	182,619407	809,248301	8,092483008
JULIO	30,16	8,1	2,08	43,78	-13,6175779	169,001829	656,651742	6,56651742
AGOSTO	31,07	8,1	2,08	43,78	-12,7075779	156,294251	667,277461	6,672774605
SEPTIEMBRE	54,32	8,5	2,23	45,83	8,49247309	164,786724	902,236619	9,022366189
OCTUBRE	79,99	9,0	2,43	48,38	31,6068679	196,393592	1111,94026	11,1194026
NOVIMEMBRE	78,18	9,0	2,43	48,38	29,7968679	226,19046	1098,28193	10,9828193
DICIEMBRE	79,96	9,0	2,43	48,38	31,5768679	257,767328	1111,71504	11,11715044
TOTAL	823,53		28,06	565,76	257,767328		1006,77427	10,06774269
MEDIA	68,6275	8,75833333						

Elaborado: David Carrera 2015

a: 0,95

Gráfico 9: Balance hídrico y precipitación



Elaborado: David Carrera 2015

Tabla 8: Volumen de la Sub Cuenca (Variable Dependiente)

CUADRO DE INUNDACIÓN		Unidades
AREA 2D	1411,78	ha
AREA 3D	24923,23	ha
VOLUMEN	10361735831,97	m3
PP TOTAL	138493,21	mm
PP MENSUAL	11541,10	mm
Altura	50	m
Efectividad	0,59	%
Efectividad Neta	0,19	%

Elaborado: David Carrera 2015

Es la efectividad de la represa en llenar es de 0,19 % de posibilidades por lo que se debería bajar la altura para la construcción de la represa primero a 25 m y luego a 10 m según las necesidades, lo ideal sería llegar a una eficiencia neta del 80%

PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

4. GEOLOCALIZACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

4.1.JUSTIFICACIÓN

La propuesta adecuada para mejorar la gestión del recurso hídrico se basa en la incorporación de los interesados en el proceso de decisión y planeamiento. Por lo tanto, la preparación de planes de gestión del recurso hídrico puede ser un proceso más participativo que el convencional.

Una estrategia de manejo del recurso hídrico es usualmente un paso adelante en el camino hacia el desarrollo de un plan, debido a que las metas y objetivos básicos deben ser establecidos y la dirección clave de los cambios debe ser acordada antes de iniciar el planeamiento detallado. Los materiales están relacionados particularmente con las iniciativas que están siendo desarrolladas por la Global Water Partnership (GWP) y varios países y pueden ser empleados en conjunción con la publicación *Catalyzing Change* (GWP, 2005) la cual aporta elementos adicionales a la discusión. Nosotros creemos firmemente que el planeamiento no es un ejercicio lineal, sino que es cíclico y debe estar acompañado por evaluación regular, evaluación del progreso del cantón y de la provincia. (GWP, 2005)

El recurso hídrico se encuentra bajo presión creciente debido al aumento poblacional, la actividad económica y el aumento de la competencia entre los usuarios;

Las tomas de agua han aumentado dos veces más rápido que el crecimiento de la población y actualmente un tercio de la población mundial vive en países que experimentan estrés hídrico entre medio y alto

Las preocupaciones actuales con respecto a la variabilidad y el cambio climático requieren una gestión del recurso hídrico optimizada para enfrentarse con inundaciones y sequías más intensas.

4.2. OBJETIVOS

Diseñar una propuesta de manejo integral de los recursos hídrico de la sub cuenca del rio Cutuchi

Obtener el desarrollo sustentable de los recursos hídricos, para las futuras generaciones.

4.3. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA

- Generalidades
- Marco Institucional
- Política de recursos hídricos
- Gestión Nacional
- Propuesta previa del organismo de la cuenca
- Análisis de información geográfica

4.4. DESARROLLO

4.4.1. INSTITUCIONAL

Por varias razones, los gobiernos de los países en desarrollo consideran el planeamiento y gestión del recurso hídrico como una parte central de las responsabilidades gubernamentales. Este punto de vista es consistente con el consenso internacional que promueve el concepto del gobierno como facilitador y regulador, más que como implementador de proyectos. El reto es lograr un acuerdo mutuo sobre el nivel en el cual, en algún caso específico, la responsabilidad del gobierno debe ceder o ser

compartida con entidades autónomas de gestión de los servicios de agua y/o por organizaciones comunales.

Con el fin de poner en marcha la GIRH, se deben efectuar modificaciones institucionales para permitir:

El funcionamiento de un consorcio de interesados involucrados en la toma de decisiones, con la representación de todos los sectores de la sociedad y con buen balance de género;

- Gestión del recurso hídrico basada en límites hidrológicos;
- Estructuras organizacionales a niveles de cuenca y sub-cuenca, para permitir la toma de decisiones en el nivel más bajo posible;

La coordinación del gobierno de la gestión nacional del recurso hídrico entre los diferentes sectores de uso de este recurso. (GWP, 2005)

4.4.2. POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS

La política de recursos Hídricos es establecida por legislación e implementada por instituciones e instrumentos previstos en dicha ley y su reglamentación. Los aspectos institucionales dependen de:

- La legislación y reglamentos;
- Las instituciones que manejan los recursos hídricos de acuerdo con los instrumentos previstos en la legislación;
- Los mecanismos económicos de sustentabilidad: recuperación de costos y financiamiento.

En general, la política de los recursos hídricos es establecida por legislaciones, desagregada en contenidos específicos (sectoriales) o por una legislación integradora. La tradición en diversos países durante el siglo veinte siempre fue regular de forma

sectorial sin integración. Con el desarrollo de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en la década de los 90, se dio inicio a la implementación del proceso de integración intersectorial. GIRH es un nuevo instrumento de gestión desarrollado internacionalmente e integra la política de las Naciones Unidas como instrumento para cumplir las metas del milenio de reducción de la pobreza, saneamiento, vulnerabilidad de población a las enfermedades y desastres naturales..

La política actual en Ecuador en el tema de agua es diseminada o sectorizada. Solamente, en el mes de agosto de 2009 el Presidente de la República envió a la Asamblea una propuesta de Ley Orgánica de Recursos Hídricos, uso y aprovechamiento del agua para debate buscando establecer esta política integradora.

4.4.3. POLÍTICA ACTUAL MARCO LEGAL

El marco legal actual para la gestión del agua es la Ley de Aguas de 1972, que ha sido actualizada mediante una codificación realizada en el año 2004 y 2008. La ley establece como principios relevantes los siguientes:

- El agua es un bien público;
- El estado concede el derecho de uso del agua con base en criterios definidos;
- En caso de ocurrir la falta de disponibilidad del agua, el uso humano y animal es prioritario

4.4.4. LA LEY DE AGUAS ABORDA LOS SIGUIENTES ASPECTOS:

- Conservación y contaminación de las aguas;
- Adquisición de derechos de aprovechamiento de los usos de aguas y prelación;
- Concesiones del derecho de aprovechamiento de aguas para uso doméstico y de saneamiento;
- Concesiones del derecho de aprovechamiento para riego;
- Aguas para fines energéticos, industriales y mineros;
- Concesión de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas;
- Aguas minerales, termales y medicinales;

- Concesión de los derechos de aprovechamiento de aguas remanentes;
- Riego y saneamiento del suelo;
- Estudios y obras;
- Servidumbres;
- Aprovechamientos comunes, de los directorios de aguas y de las juntas administradoras de agua potable;
- Infracciones y penas;
- Jurisdicción y procedimiento.

4.4.5. GESTIÓN NACIONAL

En el proceso de descentralización existente en la gestión nacional de agua y ambiente se observa que hay muchas entidades que actúan sobre el mismo contenido y dificulta el desarrollo de las actividades, aún más si no hay un proceso integrador. La gestión del agua fue en un inicio atribución del INERHI - Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos, posteriormente reemplazado por el CNRH - Consejo Nacional de Recursos Hídricos y las CRDs Corporaciones Regionales de Desarrollo. En 2008 el CNRH fue reemplazado por la SENAGUA - Secretaría Nacional de Recursos Hídricos. Esta secretaría tiene la finalidad de conducir y regir los procesos de gestión del agua de una manera integrada y sustentable en las cuencas hidrográficas. Se prevé que la gestión del agua se la hará de manera desconcentrada, por cuenca hidrográfica o demarcación hídrica, a través de organismos de gestión de agua acreditados por la SENAGUA. Real López (2007) cita que la Ley de Aguas, la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre y las leyes de Creación del INAMHI, INERHI e INEFAN estableció que las tres entidades citadas, deben tener coordinación interinstitucional para proteger y desarrollar las citadas cuencas. Sin embargo, las disposiciones sobre cuencas hidrográficas que se incorporaron en las citadas leyes, no tuvieron un efecto significativo en la gestión institucional de los entes en referencia. Carente el estado de una visión de conjunto sobre los recursos naturales de relevancia hídrica, las políticas

en relación a las cuencas hidrográficas en el Ecuador fue visto como espontáneo y vinculado al “uso de un determinado recurso o área y no por una planificación ordenada del desarrollo”

En 1982, como una estrategia para integrar a las instituciones cuya acción institucional confluye en las cuencas hidrográficas, se creó la Comisión Nacional Permanente para la Protección y Manejo de las Cuencas Hidrográficas, CONAPCHID, como un cuerpo administrativo coordinador y asesor de los diferentes organismos del Estado para mejorar la gestión. Sin embargo, esta experiencia de coordinación fracasó debido a limitaciones institucionales del estado, por lo que no se concedió a la CONAPCHID un estatus definido, y desapareció después de creado el CNRH. Los principales problemas institucionales están relacionados con la fragmentación de las atribuciones institucionales en recursos hídricos y medio ambiente, sin una integración en la cuenca hidrográfica. El proceso acaba funcionando como sectorial sin integración de los objetivos principales de la sociedad que son la calidad de vida y conservación ambiental.

4.4.6. PROPUESTA PREVIA DEL ORGANISMO DE CUENCA

De acuerdo con Real López (2007). El autor basó su análisis en dos tipos de organismo de gestión: uno de derecho público, el segundo de derecho privado. Ambas formas de estructurar a un ente de gestión de cuencas tienen sus ventajas y desventajas. En la legislación existente y propuesta de financiamiento para el manejo de los recursos hídricos es a través de la aplicación de tarifas para la recuperación de costos de las inversiones que se realicen y los servicios que se presten. En un esquema de GIRH, las tarifas que se fijan a los usuarios, deben reflejar los costos asociados del manejo de estos recursos, para lo cual las normas citadas dan un sustento legal. Las alternativas para la creación del organismo de cuenca presentada fueron:

- Un instrumento dictado por los poderes ejecutivo o legislativo (decreto ejecutivo o decreto legislativo), los que generalmente se basan en una propuesta originada en el grupo social interesado;
- Convenio interinstitucional entre los entes públicos, gobiernos seccionales y entidades civiles que se encuentran involucrados en la gestión de los recursos hídricos y en la cuenca;
- La creación de un organismo civil con la participación de entidades públicas, privadas, civiles, comunitarias entre otros, con intereses en el área.

4.4.7. BENEFICIOS DE LA GIRH

4.4.7.1. Beneficios para la agricultura

La pobre imagen del sector agrícola está relacionada con su papel como el mayor usuario de agua y el principal generador de fuentes difusas de contaminación de recursos de agua superficial y subterránea. Si se toma esto en conjunto con el reducido valor agregado de la producción agrícola, el significado común de lo anterior es que el agua es desviada de las actividades agrícolas hacia los otros usos del agua (especialmente en situaciones de escasez de agua). Sin embargo, la reducción indiscriminada en la asignación de agua para agricultura, tiene consecuencias de largo alcance, tanto sociales como económicas. A través de la GIRH, se impulsará a los planificadores a ver más allá de la economía del sector y a tomar en cuenta las implicaciones de las decisiones de gestión del agua en el empleo, el medio ambiente y la igualdad social.

Al reunir a todos los sectores y a todos los interesados en el proceso de toma de decisiones, la GIRH es capaz de reflejar el “valor” combinado del agua y tomar a la sociedad como un todo, en la toma de decisiones difíciles que se relacionan con la distribución del agua. Esto puede significar que la contribución de la producción de alimentos, en la salud, la reducción de la pobreza y en la igualdad de género, por

ejemplo, puede hacer pasar por alto las comparaciones económicas estrictas de las tasas de rentabilidad de cada metro cúbico de agua.

La GIRH hace un llamado al planeamiento y planificación integrado, de forma que el agua, la tierra y los otros recursos sean utilizados de manera sostenible. Para el sector agrícola, la GIRH busca aumentar la productividad hídrica (es decir, más cultivo por gota) dentro de las limitaciones impuestas por el contexto económico, social y ecológico de una región o país en particular. (BURNEO, 2008)

4.4.7.2.OBJETIVOS

- Facilitar la coordinación, con carácter obligatorio, la acción de las entidades públicas y privadas para:
- Vigilar que las actividades de las entidades públicas y privadas en las cuencas hidrográficas se ejecuten conforme a las disposiciones legales, políticas y planes nacionales dictados al efecto;
- Elaborar un Plan de Manejo de la cuenca en el que se determinen los aspectos ecológicos, sociales, económicos y de vulnerabilidad social y ambiental, que requieran ser tratados, señalando la prioridad para cada caso.
- Precautelar la calidad del agua y los caudales ambientales en las cuencas y microcuencas;
- Cooperar y concertar interinstitucional e intersectorialmente, las actividades tendientes al manejo sustentable de las cuencas.

4.4.7.3. FUNCIONES:

- Apoyar a las organizaciones públicas participantes en el cumplimiento de sus atribuciones legales, vigilando que no se produzcan duplicación de actividades;

- Llevar un registro de las actividades, proyectos, obras y otras intervenciones, que pudieran tener impactos negativos en los recursos hídricos (agua, aire, suelo, bosques, cuencas) y monitorear su desenvolvimiento;
- Informar a las entidades públicas correspondientes, cuando alguna de esas actividades han incurrido en alguna infracción;
- Realizar acciones civiles, penales o administrativas, en defensa del ambiente y recursos naturales del área;
- Coordinar y, de ser el caso, apoyar los esfuerzos que realizan las diversas instituciones del Estado, tanto centralizadas como descentralizadas, así como las empresas privadas en materia de manejo sustentable de cuencas hidrográficas;

Controlar que las entidades nacionales y seccionales relacionadas al manejo sustentable de los recursos bosque, agua, suelo y biodiversidad, cumplan con las disposiciones legales y administrativas relativas al manejo sustentable de cuencas hidrográficas;

- Prevenir o manejar conflictos socio ambiental;
- Promover proyectos que faciliten la prevención o solución de conflictos.

4.4.7.4.CONFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN

Para el caso de la cuenca, los actores sociales e institucionales existentes podrían agruparse en los estamentos listados a continuación:

- Organismos de gestión de los recursos naturales renovables: agua (SENAGUA), cuencas hidrográficas (SENAGUA, MAE e INAMHI), suelo (MAG), bosques (MAE);
- Organismos de Gestión Ambiental: MAE, municipios, FONAG;
- Organismos de Gestión Territorial: Consejo Provincial de Pichincha, municipios, juntas parroquiales, MAE (áreas protegidas, bosques protectores).

- Usuarios: Riego, Electricidad, Consumo humano (EMAP-Q);
- Grupos Locales: Organizaciones indígenas y afro ecuatorianas, comunas, cooperativas, centros, entre otros; Asociaciones de propietarios; y, Asociaciones productivas: empresas que efectúan actividades turísticas, comerciales o industriales vinculadas al área de manera permanente;

Asistencia Técnica: Organismos profesionales, organismos no gubernamentales (FONAG), asistencia técnica internacional; universidades y centros de investigación científica.

Función dentro de la cual las universidades jueguen un papel fundamental en el estudio de las cuencas sub cuencas y micro cuencas, para el desarrollo del país, teniendo en consideración el agua como recurso vital no solo para consumo, sino también para el uso fundamental que es la agricultura, contamos una sub cuenca rica en agua, la cual debe ser aprovechada al máximo para evitar futuras, pérdidas en el sector agrícola como ganadero a causa únicamente de la falta del recurso vital.

Dentro de esto SENAGUA debería realizar una actualización de la situación de fuentes de agua superficial y subterránea (cuantificación, tipo fuentes, tipo contaminación, caudal base, calidad de agua, nivel contaminación, usos, estatal o privada, adjudicación, mapeo), para tener un punto de partida dentro del manejo integrado de los recursos hídricos, pues son ellos la instancia llamada a la protección y cuidado de las cuencas, sub cuencas, y micro cuencas de todo el país.

4.5. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

4.5.1. SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER

Es una metodología para asignar Identificadores (ID) a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno; asigna Ids a una unidad hidrográfica

para relacionarla con las unidades hidrográficas que contiene y de las unidades hidrográficas con las que limita.

4.5.1.1. Tipos de Unidades Hidrográficas.

El Sistema de delimitación y codificación de Pfafstetter considera tres tipos de unidades de drenaje: cuencas, intercuenas y cuencas internas.

4.5.1.2. Cuenca

Es un área (unidad hidrográfica) que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje.

4.5.1.3. Intercuenca

Es un área (unidad de drenaje) que recibe el drenaje de otra unidad que se ubica aguas arriba, mediante el curso del río principal, y permite el drenaje del flujo propio y del que ha ingresado a esta unidad hacia la unidad de drenaje que se ubica hacia aguas abajo. En tal sentido una unidad de drenaje tipo intercuenca es una unidad de drenaje o de tránsito del río principal al cual también aporta sus propios caudales.

4.5.1.4. Cuenca Interna

Es un área de drenaje que no recibe flujo de agua de otra unidad ni contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua.

4.6. Proceso de Codificación

Para iniciar el proceso de codificación se debe en principio determinar el curso del río principal de la unidad que se va codificar. Una vez determinado el curso del río principal, se determinan las cuatro unidades hidrográficas de tipo cuenca, que son las cuatro unidades de mayor área que confluyen al río principal. Las cuatro unidades tipo cuenca se codifican con los dígitos pares 2, 4, 6 y 8, desde aguas abajo hacia aguas arriba; es decir, desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Las otras áreas de drenaje se agrupan en unidades hidrográficas de tipo intercuenca, y se

codifican, también desde aguas abajo (desde la confluencia) hacia aguas arriba, con los dígitos impares 1, 3, 5, 7 y 9. Por la metodología de delimitación y codificación de las unidades hidrográficas, el código 9 siempre resulta o se reserva para la unidad de drenaje de mayor tamaño de la parte superior de la cuenca o cabecera de cuenca la misma que generalmente contiene el origen del río cuya unidad de drenaje se está codificando. Cada una de las unidades de drenaje de tipo cuenca o intercuenca, delimitadas y codificadas en un determinado nivel (por ejemplo el cuarto) se pueden a su vez subdividir y codificar siguiendo exactamente el proceso antes descrito, de modo que por ejemplo la delimitación y codificación de la unidad de drenaje tipo cuenca de código 1524 se subdivide y codifica en nueve unidades hidrográficas, cuatro de tipo cuenca códigos 15242, 15244, 15246 y 15248 y cuatro de tipo intercuenca de códigos 15241, 15243, 15245 y 15247 así como la unidad hidrográfica de cabecera de código 15249. El mismo proceso se aplica a las unidades de tipo intercuenca, de modo que por ejemplo la unidad tipo intercuenca de código 1485, se subdivide en las unidades de tipo cuenca de códigos 14852, 14854, 14856 y 14858 y en las unidades tipo intercuenca 14851, 14853, 14855, 14857 y 14859. Los códigos de las unidades menores deben llevar siempre al inicio el código o los dígitos de la unidad que lo contiene.

4.6.1. Particularidades del Método

Una particularidad del método se presenta en la codificación de las dos unidades más altas de la unidad hidrográfica que se está codificando. En este caso a la unidad que presenta mayor área de drenaje se le asigna el código “9” y a la otra, el código “8”. Esta particularidad del método permite identificar la cuenca donde se origina el río, que para el ejemplo corresponde al código 89.

4.7.DELIMITACIÓN DE LA CUENCA PRINCIPAL CON EL SOFTWARE ARC GIS

4.7.1. Obtención del DEM

Se puede obtener un DEM a partir de un TIN (creado por medio de curvas de nivel) o descargar un DEM directamente desde ASTER GDEM.

4.7.2. Definir proyección del DEM

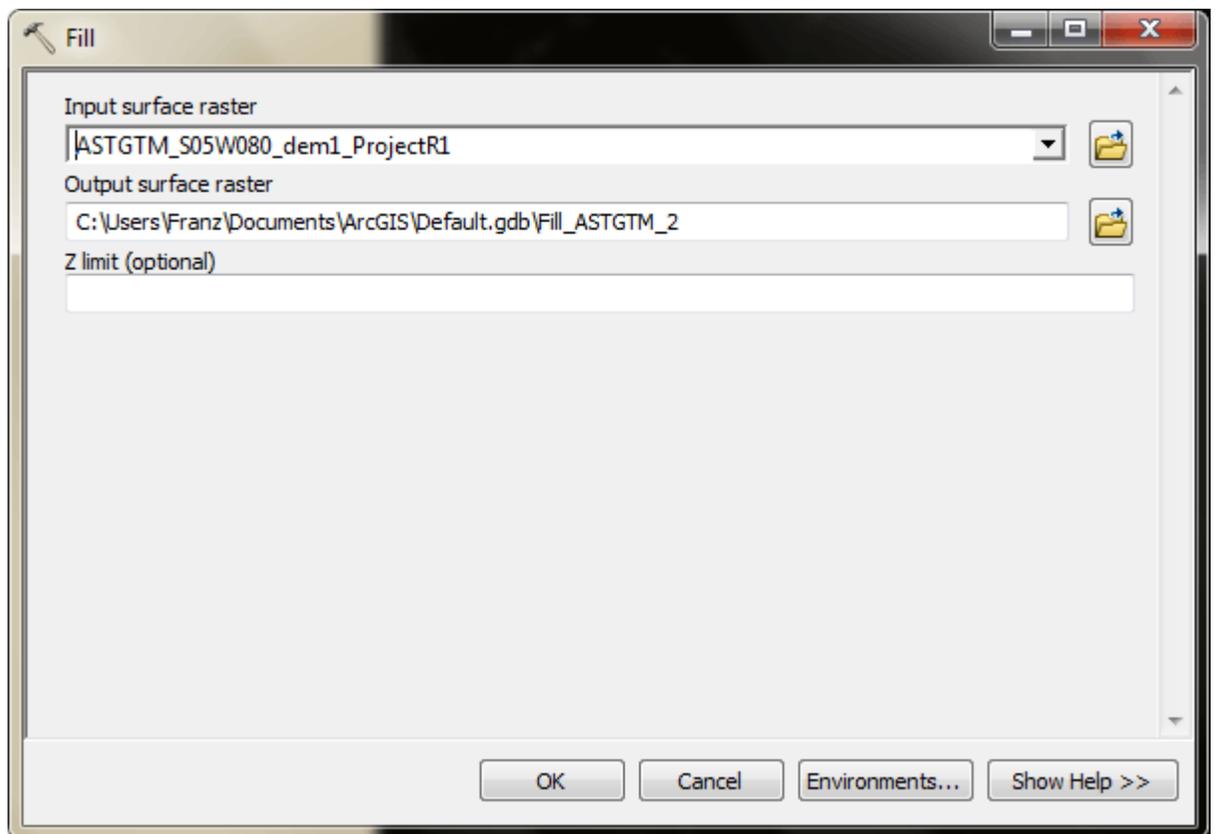
Es necesario que el archivo ráster cuente con una proyección, en caso de no contar se la puede definir desde la caja de herramientas ArcToolbox, se define la proyección tanto en el sistema de coordenadas entrante (en caso de no tener) como el de salida.

ArcToolbox > Data Management Tools > Projections and Transformations > Raster > Project Raster.

4.7.3. Eliminar imperfecciones del DEM

Una vez definida la proyección usaremos la herramienta Fill, que permite rellenar vacíos en la superficie del ráster para quitar imperfecciones en la información del DEM, tan solo es necesario trabajar con el DEM generado en el paso anterior.

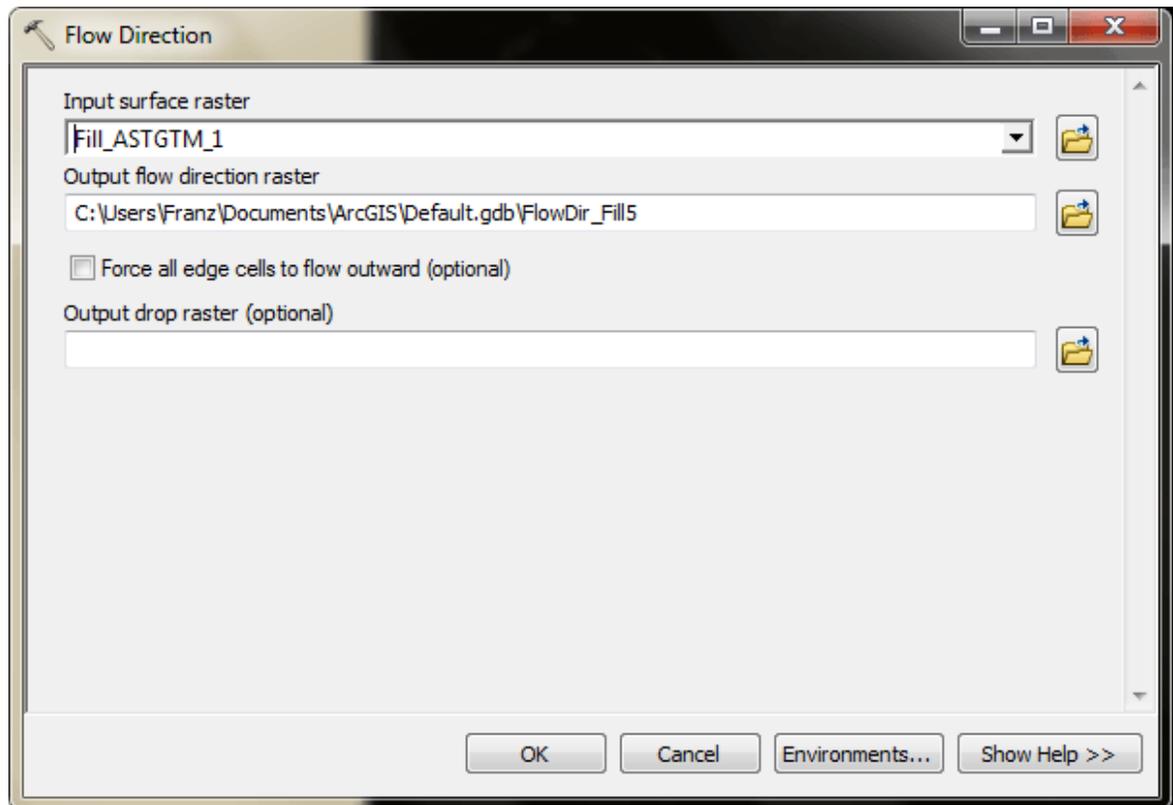
ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill



4.7.4. Definir la dirección de la red hídrica

Por medio de la herramienta Flow Direction, crea un ráster con la dirección de flujo de cada una de sus celdas hasta su vecina cuesta abajo, aquí seleccionamos el ráster generado con Fill.

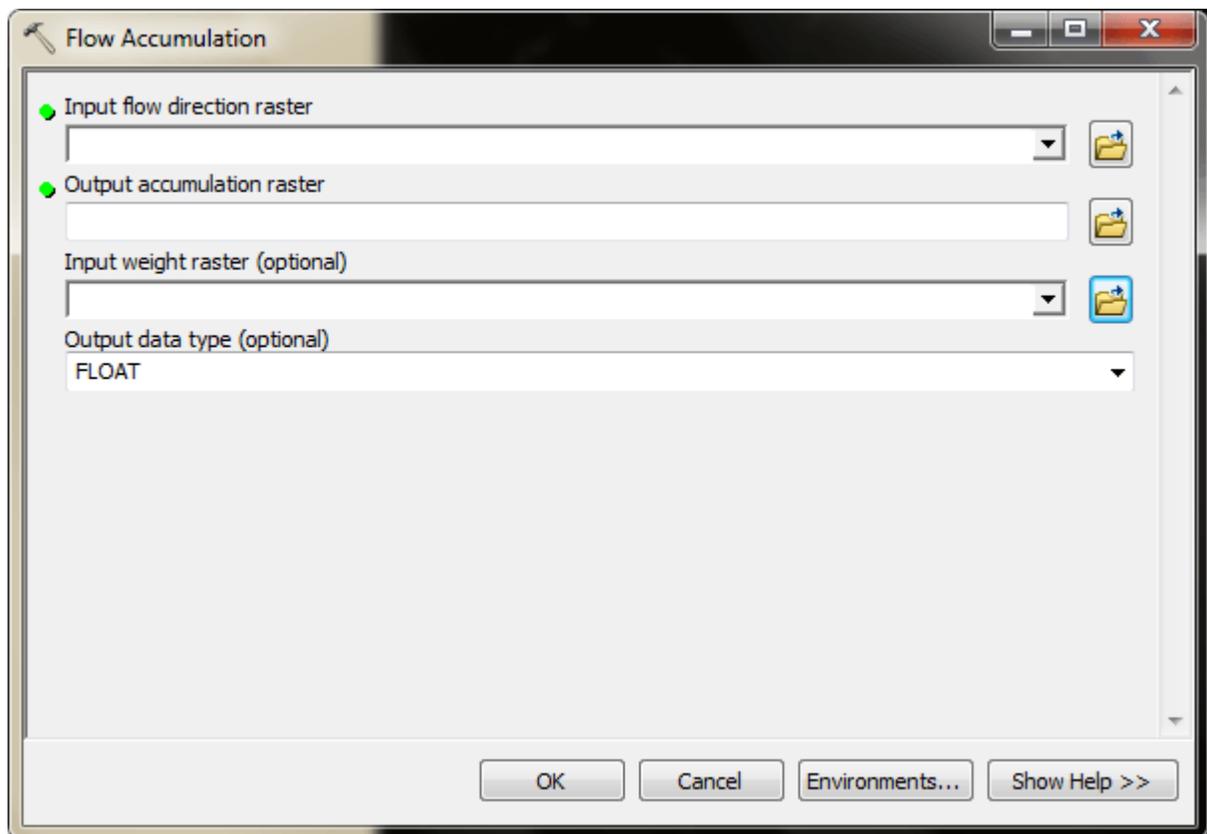
ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction



4.7.5. Determinar la acumulación la red hídrica

Ahora con la herramienta Flow Accumulation, se crea un ráster del flujo acumulado para cada una de sus celdas, también se puede aplicar un factor de peso si es necesario, la entrada de esta herramienta es el archivo ráster generado con la herramienta Flow Direction.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Accumulation

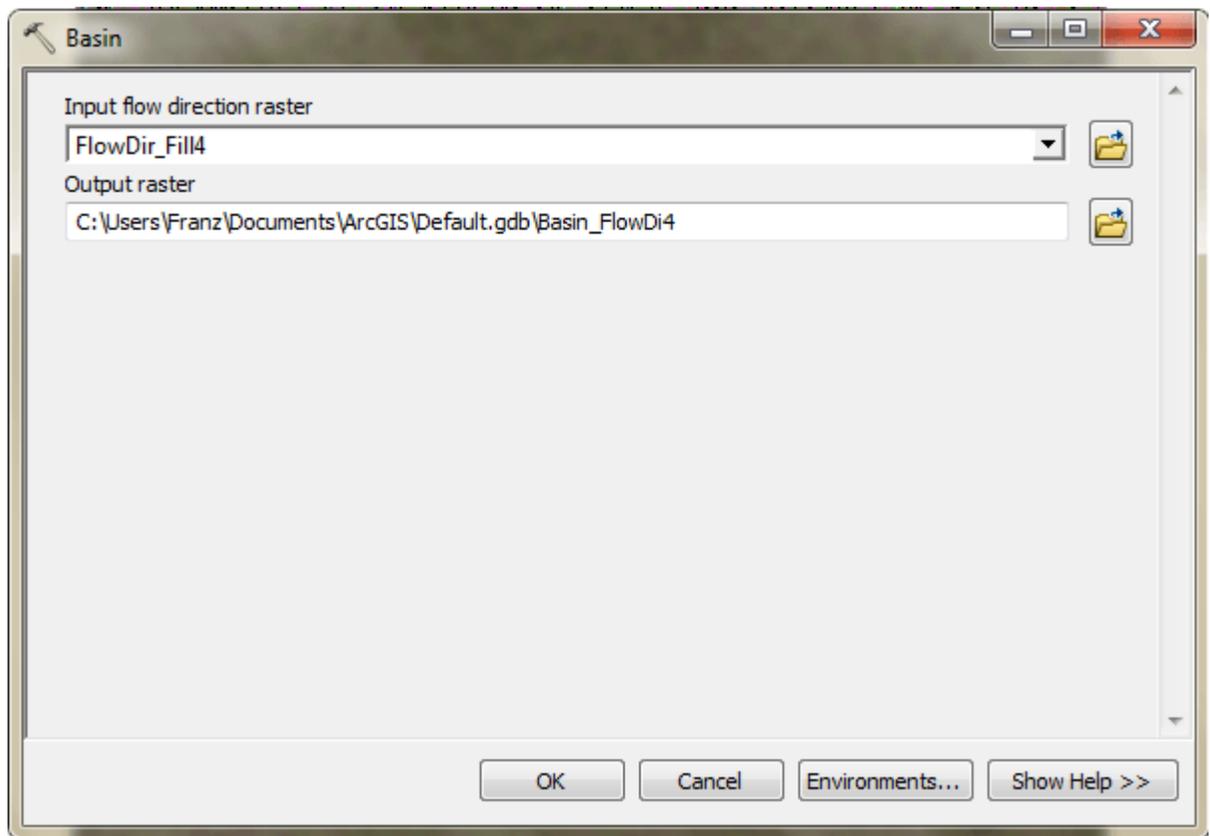


4.7.6. Delimitando automáticamente la cuenca hidrográfica

Para delimitar la cuenca hidrográfica se lo realiza apoyándose en las siguientes herramientas:

- **Basin**, elabora un ráster delineando todas las cuencas hidrográficas en base a la red de drenaje, el ráster de entrada es el creado con la herramienta Flow Direction.

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Basin



- Como siguiente paso ese transforma el ráster que se generó con Basin a vector (shapefile), con la herramienta Raster to Polygon (Raster to Features, en versiones anteriores a ArcGIS 10.2.2).

ArcToolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon

- **Recortar la cuenca hidrográfica**, aquí solo basta con usar la herramienta Clip de Geoprocessing, o en su lugar seleccionar la cuenca deseada y exportar desde las propiedades.

ArcToolbox > Analysis Tools > Extract > Clip

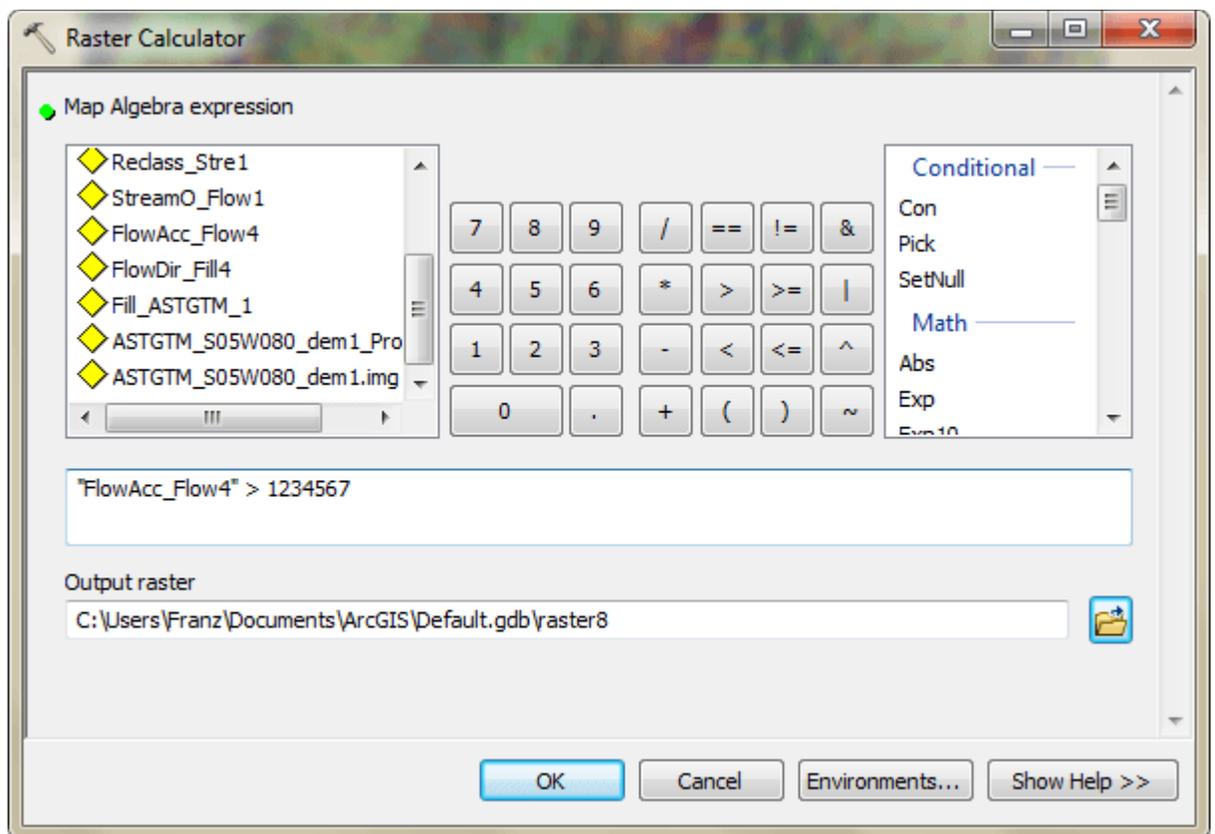
4.7.7. Construir automáticamente la red hídrica

Con el famoso Raster Calculator, para ello hay que tomar en cuenta de tamaño del pixel (tamaño del DEM), para este ejemplo al construir la red hídrica primaria se

puede determinar los valores del raster Flow Accumulation mayores a 12345, y para la secundaria mayores a 1234 (tanto en la primaria como secundaria jugar con los valores).

- Red primaria: Flow_accumulation > 1234567
- Red secundaria: Flow_accumulation > 1234

ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator



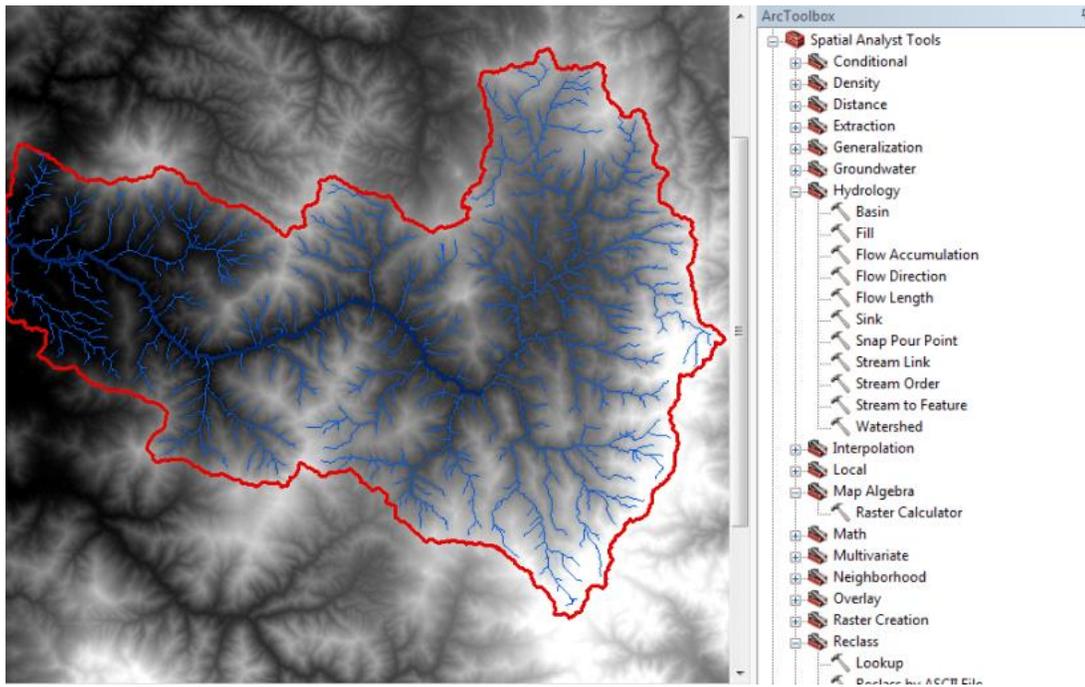
Ahora que se ha elaborado la red hídrica, convertir el ráster a shapefile con la herramienta **Raster to Polylines**.

ArcToolbox > Conversion Tools > From Raster > Raster to Polyline

4.7.8. Toque finales

Finalmente se procede a recortar los shapefiles de la red hídrica (construida anteriormente), con ayuda de la herramienta Clip, tomando como entrada la red de polilíneas y cortar con el perímetro de la cuenca determinada anteriormente (sexto paso).

ArcToolbox > Analysis Tools > Extract > Clip



CONCLUSIONES

- Una vez conocido la disponibilidad del recurso hídrico en la sub cuenca hidrográfica del cantón Latacunga, se puede implementar trabajos relacionados con el Gobierno Autónomo descentralizado en cuanto al, manejo adecuado de un programa de gestión del recurso hídrico enmarcado en la realidad.
- Los diferentes estudios que ha realizado SENAGUA se lo deberían realizar a nivel de cuencas hidrográficas, más a nivel de límites provinciales o cantonales, pues el líquido vital no conoce de limitaciones administrativas.
- El caudal medio de la sub cuenca del rio Cutuchi es de 10,6 m³/seg con este caudal podemos garantizar agua para todo el sector agrícola, teniendo en consideración que las precipitaciones máximas se registraron en el mes de Abril con 100,83 mm y las precipitaciones menores en el mes de Julio con 30,16 mm.
- Para llenar la represa debemos llegar a una efectividad neta del 80%, sin embargo en el estudio con una represa a 50m de altura únicamente llegamos a una efectividad neta del 0,19% lo que nos indica que debemos construir una represa de una mayor altura para poder manejar adecuadamente el recurso vital.

RECOMENDACIONES

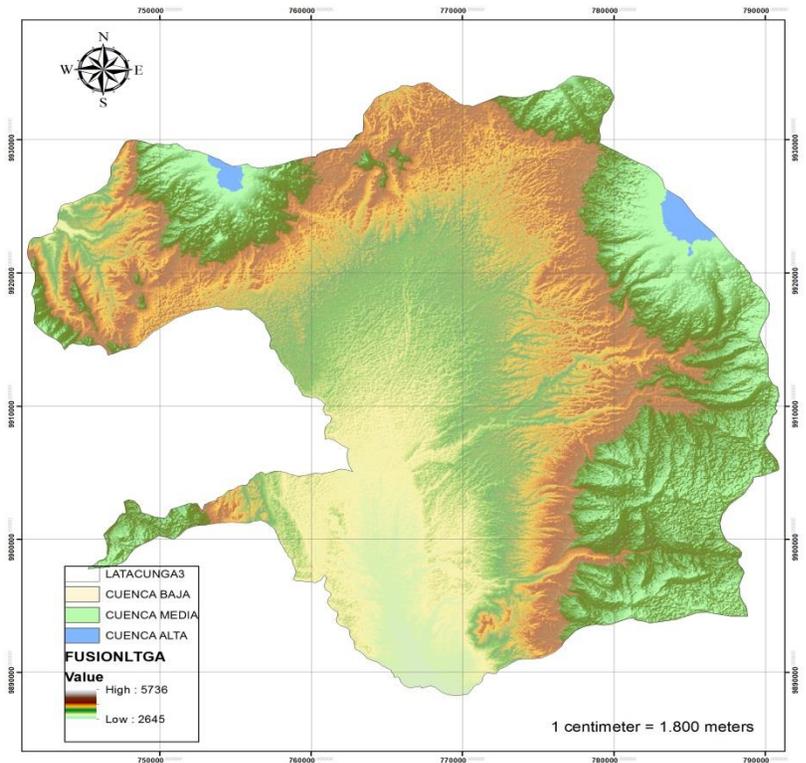
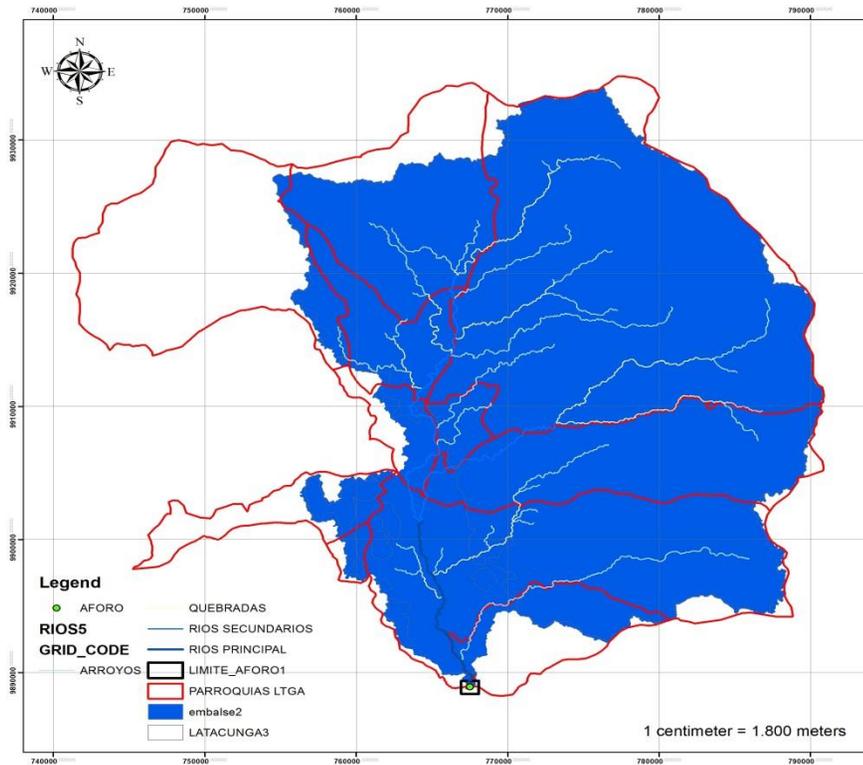
- Durante el desdoblamiento del pixel tener cuidado en los cálculos principalmente de la tabla t. en vista que debemos calcular exactamente el error medio total, para evitar inconvenientes en el cálculo del volumen de agua que se maneja.
- Elaborar una propuesta de manejo de recurso hídrico mediante geolocalización de las cuencas, sub cuencas y micro cuencas de la provincia, con el fin de obtener la caudal medio anual del recurso hídrico.
- Una vez conocido el caudal medio del río Cutuchi se debe realizar una planificación adecuada del manejo del Recurso Hídrico por parte de los GAD's, para dotar de agua para el riego agrícola en el Cantón Latacunga.

BIBLIOGRAFÍA

- Constitución de la Republica.* (2008).
- BLIEMSRIEDER, M. (2011). En Cayambe, *Ecológico y Plan de Manejo Ambiental para los páramos de la Parroquia Olmedo.*
- Bonhomme. (1999). *Geographic Information and Analysis.* España: Santillana.
- BORJA, R. (2002). *Enciclopedia de la Política.* México: Fondo de Cultura Económ.íc.
- BURNEO, D. (2008). Propuesta Sistema Tarifario, Proyecto Manejo Integrado de los Recursos Hidricos en la Hoya de Quito. *UICN.*
- CADENA, P. (2009). Obtenido de ESPOL:
https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5988/1/PITOLO_RIO_CUT_UCHI.pdf
- CATIE. (1985). *Seminario Internacional de manejo de cuencas hidrograficas.* La Ceiba CIRH, Curla.
- Chávez, N. (2007). *Introducción a la Investigación Educativa.* Maracaibo: Gráfica González.
- CNICE. (2006). Obtenido de
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/proces_td.htm
- DOUROJEANNI, A. J. (2002). *Evolución de revista hídricas en América Latina y el Caribe.*
- ESCOBAR, M. (2003). *Manejo de todas las Cuencas hidrograficas del ecuador.* Obtenido de
MANEJO_DE_TODAS_LAS_CUENCAS_HIDROGRAFICAS_DEL_ECUADOR
<ftp://ftp.fao.org/docrep/FAO/006/ad412s/ad412s00.pdf>
- ESRI. (2011). Modelos y Prácticas de peración.
- FAO. (2002).
- FAO. (2002). *Cuencas hidrograficas en el ecuador.* Obtenido de
[file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/CAPITULO_III_CUENCAS_HIDROGRAFICAS_EN_EL_ECUADORS%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/CAPITULO_III_CUENCAS_HIDROGRAFICAS_EN_EL_ECUADORS%20(1).pdf)
- FAO., O. d. (2005). *Uso del agua en la agricultura.,. Recuperado el 12 de 01 de 2016, de :*
[http://www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm.](http://www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm)
- Foursquare. (Febrero de 2006). Obtenido de <http://conceptodefinicion.de/geolocalizacion/>
- GASPARI. (2006). *Planificación de la Cuenca Hidrográfica.*
- GIGNOUX, J. (2003.). Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas.

- GIGNOUX, J. (2003.). Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas. . Oasis,, Ica , .
- Gis, O. (2001). Open Gis. *Introducción a Gis*.
- Grun. (1999). *Graphical User Interface*. España: s/e.
- GWP. (2005). Recursos Hídricos.
- Hé Hernández, S. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Bill.
- Herrera, A. (2004). *Guía Técnica*. Ambato.
- Linsley, R. (1977). *Hidrología para Ingenieros*. Bogotá: Mc Graw Hill Latinoamericana S.A.
- Moncayo., G. G. (2011). En *Plan estratégico de desarrollo del cantón Pedro Moncayo*. Quito.
- NCGIA. (1990). Obtenido de <http://www.ncgia.ucsb.edu/>
- POATS, S. (2006). *Estudio de caso: La acequia Tabacundo y las micro- cuencas de los ríos Pisque y la Chimba en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo, provincia del Pichincha, en el norte del Ecuador*. Quito-Ecuador.
- Pochat. (2008). Gestión Integral de Recursos Hídricos.
- Rojas, L. (2008). *Codificación de Unidades Hidrograficas*. Ecuador: s/e.
- SENAGUA. (2011).
- Shuttleworth, M. (26 de Septiembre de 2008). *Diseño de investigación descriptiva*. Obtenido de <http://explorable.com/es/disenio-de-investigacion-descriptiva>
- VISSCHER, J. T. (2004). *Compartir el esfuerzo de mejorar los servicios de agua y saneamiento . International Water and Sanitation Centre (IRC)*.

ANEXOS



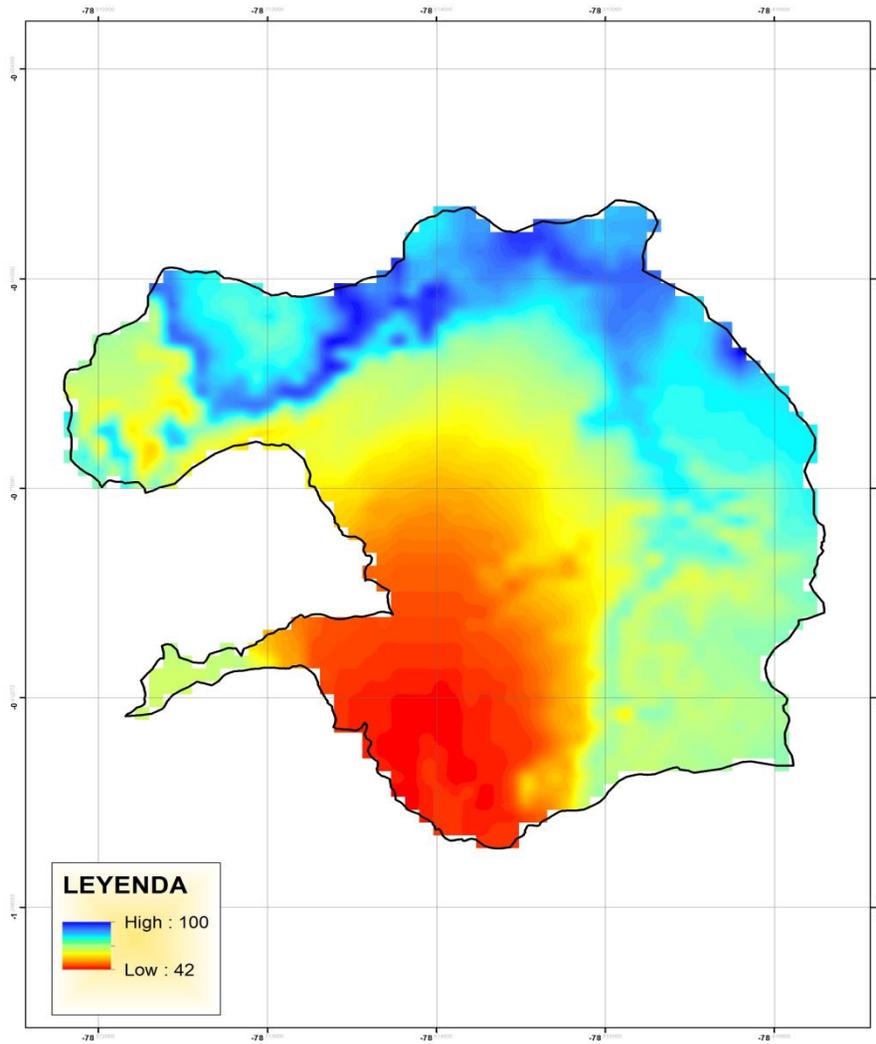
MAPA DE CUENCA PRINCIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA

CUADRO DE INUNDACIÓN	
2D	1047394175 ha
3D	1534266734 ha
VOLUMEN	3195956262723,90 ml
PP TOTAL	23076627,82 ml
PP MENSUAL	1923052,318 ml

CUADRO DE DRENAJES		
CAUCE	LONGITUD	PORCENTAJE
ARROYOS	192322,8	57,1
QUEBRADAS	86411,42	25,7
RIOS SECUNDARIOS	42416,69	12,6
RIOS PRINCIPAL	15536,51	4,6
TOTAL	336687,42	100

CUADRO DE DISTRIBUCION DE LAS CUENCAS		
NIVEL	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE
CUENCA BAJA	95332,9	68,8
CUENCA MEDIA	42051,22	30,4
CUENCA ALTA	1105,87	0,8
TOTAL	138489,99	100

MAPA DE ISOYETAS



MAPA DE ISOTERMAS

