



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

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

Proyecto de grado

**“Estimación de la Oferta Hídrica en la cuenca alta del río Pita
mediante el uso de herramientas Geoinformáticas”**

KATYA VERÓNICA PÉREZ VIERA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

Diciembre – 2007

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Proyecto de Grado titulado “**ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PITA MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS GEOINFORMÁTICAS**” fue realizado en su totalidad por la Srta. Katya Verónica Pérez Viera, bajo nuestra dirección.

Ing. Guillermo Beltrán

DIRECTOR

Ing. Francisco León

CODIRECTOR

RESUMEN

La evaluación de la disponibilidad hídrica de una región constituye la primera herramienta para la planificación del uso sustentable del mismo.

La zona de estudio corresponde a la cuenca alta del río Pita, región de gran importancia para Quito ya que este río es una de las fuentes del líquido vital para su población, que es el segundo núcleo urbano más grande del Ecuador.

El objetivo principal de ésta tesis es estimar la disponibilidad hídrica en la cuenca alta del río Pita, mediante Modelación Hidrológica y el uso del Sistema de Información Geográfica ArcGis, con el cual se desarrollaron todas las funciones necesarias para calcular el modelo en formato raster.

Una vez obtenido el resultado de caudal de los ríos que se ubican en la zona de estudio en unidades de m^3/s , se procedió a analizar ésta disponibilidad hídrica en función del tiempo para los 30 años de cálculo.

ABSTRACT

The assessment of water availability in a region is the first tool for planning its sustainable use.

The study area corresponds to the Pita upper river basin, a region of great importance to Quito because this river is one of the sources of the vital liquid to its population, which is the second largest urban area of Ecuador.

The main objective of this thesis is to estimate the water availability in the Pita upper river basin through Hydrological Modeling and the use of the geographical information system ArcGis, with which all necessary functions were developed to calculate the model in raster format.

Once the results of the flow of the rivers located in the study area calculated in m^3/s units were obtained, its availability was analyzed as a function of time for the 30-year calculation.

DEDICATORIA

A mi madre, por todo el amor, apoyo y ejemplo que me ha brindado durante toda mi vida.

A la naturaleza, por ser mi fuente de inspiración y por ser la fuerza para trabajar por un futuro mejor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre, por todos sus esfuerzos y cariño brindado.

A mi hermano, por ser la persona en la que siempre podré confiar.

A mis amigos, por cada momento compartido.

A cada uno de las personas que me brindaron su apoyo para la realización de este estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.2.1 Ubicación geográfica de la cuenca alta	3
1.2.2 Descripción de la cuenca alta	3
1.2.3 División de la zona de estudio	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivo específicos	5
1.4 MARCO LEGAL	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2. CONCEPTOS TEÓRICOS FUNDAMENTALES	7
2.1. EL CICLO HIDROLÓGICO	7
2.1.1. Definiciones y Esquemas	7
2.2. BALANCE HIDROLÓGICO.....	11
2.2.1 Definición.....	11
2.2.2 Ecuación General del Balance Hidrológico.....	11
Ingresos (I):	12
Egresos (E):.....	12
Cambio de almacenamiento (ΔS):	13
2.2.3 Parámetros que intervienen en la ecuación del Balance Hidrológico.....	13
Precipitación.....	13
Deshielo de Glaciares	14

Evapotranspiración.....	15
Infiltración	16
Escorrentía Superficial	17
2.3. BALANCE OFERTA - DEMANDA HÍDRICA	18
2.3.1. Demanda Hídrica	19
2.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA E HIDROLOGÍA.....	20
CAPÍTULO III.....	23
METODOLOGÍA.....	23
3. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO.....	23
3.1 ECUACIÓN DEL BALANCE HIDROLÓGICO	23
3.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	27
3.2.1 Información Cartográfica.....	27
3.2.2 Información Hidro – Meteorológica	27
3.2.3 Información de Campo.....	29
3.2.4 Información de Investigaciones.....	30
3.3 ANÁLISIS PREVIO DE DATOS METEOROLÓGICOS	35
3.3.1 Tiempo de modelación y Relleno de datos faltantes	35
3.3.2 Análisis de Confiabilidad de la Información	36
3.3.3 Definición de períodos de cálculo para la modelación.....	37
3.4 ANÁLISIS PREVIO DE LOS DATOS CARTOGRÁFICOS.....	39
3.4.1 Delimitación de las microcuencas.....	39
3.4.2 Modelo Digital de Elevación.....	41
3.5 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL BALANCE HIDROLÓGICO.....	43
3.5.1 Interpolación de la Precipitación	43
3.5.2 Caudal de Deshielo	46
3.5.3 Cálculo de la Evapotranspiración.....	48
3.5.4 Cálculo de la Infiltración	53
3.5.5 Concesiones de Agua	56

3.6	CÁLCULO DEL CAUDAL DE ESCORRENTÍA	57
3.7	CALIBRACIÓN DEL MODELO	59
3.7.1	Canal de Alumis	59
3.7.2	Retorno por irrigación ineficiente	60
3.7.3	Tomas de agua no incluidas	62
CAPÍTULO IV		63
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		63
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL ESTUDIO.....	63
4.1	OFERTA HÍDRICA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PITA (ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS)	63
4.1.1.	Comparación con Valores Reales Medidos	66
4.2	PRECIPITACIÓN EN FUNCION DEL TIEMPO.....	69
4.3	OFERTA HÍDRICA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO	72
4.4	ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOLECTADOS EN CAMPO	75
CAPÍTULO V		78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		78
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO.....	78
5.1	CONCLUSIONES	78
5.2	RECOMENDACIONES	80
CAPÍTULO VI		82
ANEXOS.....		82
6.	ANEXOS DEL ESTUDIO.....	82
6.1	DATOS.....	82
6.1.1	Estaciones Meteorológicas INAMHI.....	83
6.1.2	Estación Hidrológica INAMHI.....	97
6.2	FICHAS TECNICAS Y ENCUESTA.....	98
6.2.1	Fichas Técnicas – Captaciones de Agua.....	98

6.2.2	Formato de la Encuesta	116
6.3	CALCULOS.....	117
6.3.1	Análisis del Interpolador de Precipitación	117
6.3.2	Proceso de Cálculo en el ArcGis (Manual).....	120
	Precipitación.....	120
	Caudal de Deshielo.....	121
	Evapotranspiración.....	122
	Infiltración	123
	Concesiones de Agua	123
	Caudal de Escorrentía.....	124
	Calibración.....	125
6.4	MAPAS.....	129
	Mapa Base (01).....	130
	División de Microcuencas en la cuenca alta del río Pita (02)	131
	Estaciones Hidro – Meteorológicas (03)	132
	Modelo Digital de Elevación (4)	133
	Cobertura Vegetal (05).....	134
	Concesiones y tomas de agua en la cuenca alta del río Pita (06).....	135
	Precipitación en función del tiempo (07).....	136
CAPÍTULO VII		137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		137
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	137
7.1	ESTUDIOS RELACIONADOS	137
7.2	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 División en Microcuencas	4
Figura 2.1 Ciclo Hidrológico.	8
Figura 2.2 Representación en diagrama de bloques del sistema hidrológico global.....	10
Figura 2.3 Representación esquemática de la Ecuación General del Balance Hidrológico.....	11
Figura 2.4 Precipitación.....	13
Figura 2.5 Deshielo de Glaciares.....	15
Figura 2.6 Evapotranspiración	16
Figura 2.7 Infiltración.....	17
Figura 2.8 Escorrentía Superficial.....	18
Figura 2.9 Demanda hídrica.....	19
Figura 2.10 Hidrología y SIG.....	20
Figura 2.11 Rol de los Sistemas de Información Geográfica en Planificación	22
Figura 3.1 Esquema del Balance Hídrico.....	24
Figura 3.2 Metodología General.....	25
Figura 3.3 Modelo Oferta Hídrica en la Cuenca alta del río Pita mediante el uso de herramientas Geoinformáticas.....	26
Figura 3.4 Análisis de doble masa	36
Figura 3.5 Análisis Doble Masa de estación meteorológica eliminada (M354)	37
Figura 3.6 Balance Hídrico en el sitio Pita Bocatoma EMAAP-Q	38
Figura 3.7 Metodología para obtener la dirección del flujo	42
Figura 3.8 Metodología empleada para el Cálculo de la Evapotranspiración Estándar en el SIG ..	50
Figura 3.9 Cálculo Evapotranspiración de Cultivo FAO.....	52
Figura 3.10 Destinos de la precipitación en la superficie terrestre (Cálculo de la Infiltración)	54
Figura 3.11 Relación Precipitación – Caudal para la cuenca del río Pita.....	55
Figura 3.12 Metodología Cálculo Infiltración.....	55
Figura 3.13 Metodología Cálculo Concesiones	56
Figura 3.14 Metodología para el Cálculo del Caudal de Escorrentía	58
Figura 3.15 Metodología para calibración del retorno por irrigación ineficiente	61

Figura 4.1 Activación de "Map Tips" en ArcGis	63
Figura 4.2 Resultado del Modelo Oferta Hídrica en la Cuenca Alta del río Pita.....	64
Figura 4.3 Comparación con Valores de Caudal Reales	67
Figura 4.4 Precipitación en función del tiempo (Época Lluviosa)	71
Figura 4.5 Precipitación en función del tiempo (Época Seca)	71
Figura 4.6 Oferta hídrica en función del tiempo (Época Lluviosa).....	72
Figura 4.7 Oferta hídrica en función del tiempo (Época seca).....	73
Figura 4.8 Representación del caudal captado en la microcuenca Pita.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Estaciones Hidro-meteorológicas utilizadas	28
Tabla 3.2 Períodos de Estudio	38
Tabla 3.3 Especificaciones de las coberturas utilizadas en el TIN	41
Tabla 3.4 Modelos Kriging utilizados para la Interpolación de Precipitación para cada período	45
Tabla 3.5 Cálculo de la contribución de agua por deshielo para cada Microcuenca.....	47
Tabla 3.6 Ejemplo para el cálculo de Evapotranspiración Estándar para el mes de enero (1982). 52	
Tabla 3.7 Coeficientes de Cultivo (Kc) por cobertura de la zona de estudio.....	53
Tabla 4.1 Oferta Hídrica por Microcuencas	65
Tabla 4.2 Diferencias con caudales medidos	67
Tabla 4.3 Valores máximos y mínimos de Precipitación (mm/mes)	70
Tabla 4.4 Precipitación en función del tiempo (mm/mes).....	70
Tabla 4.5 Oferta Hídrica en función del tiempo (m ³ /s).....	72
Tabla 4.6 Representación de Captaciones de agua con respecto a la Oferta Hídrica de la microcuenca Pita	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1 Ecuación General del Balance	11
Ecuación 3.1 Oferta Hídrica en la cuenca alta del río Pita	24
Ecuación 3.2 Relleno de datos Meteorológicos	35
Ecuación 3.3 Transformación de unidades de (l/s) a (mm/mes)	47
Ecuación 3.4 Fórmula para el cálculo de ETo Penman-Monteith	48
Ecuación 3.5 Cálculo de la Infiltración	54
Ecuación 3.6 Transformación de mm/mes a m ³ /s	58
Ecuación 4.1 Comparación con valores reales	66

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según cantidades estimadas de agua disponible en el planeta en sus diferentes estados; el 96.5% de ella se encuentra en océanos, 1.7% en hielos polares, 1.7% en manantiales subterráneos, 0.1% en agua superficial y atmósfera; de la cual tan solo el 0.006% pertenece a los ríos.

A pesar de que este porcentaje es relativamente pequeño, representa grandes cantidades de agua pero que lamentablemente cada año disminuye. A medida que la civilización progresa, las actividades humanas invaden gradualmente el medio ambiente natural del agua, alterando el equilibrio dinámico del ciclo hidrológico e iniciando nuevos procesos y eventos. Es por esto importante la cuantificación del agua disponible para su óptimo uso.

El ecosistema Páramo, al integrar todas sus características (suelo, vegetación, temperatura, altura, precipitación, entre otros), es considerado la mayor fuente hídrica que abastece a la población del Ecuador. Se carece de cifras estimadas sobre el porcentaje de agua utilizable que viene de estos ecosistemas. Sin embargo, es seguro afirmar que gran parte del país depende de los páramos para

obtener agua, ya que la Cordillera de los Andes domina topográficamente todo el país.

Además de la elevada producción de agua del páramo, su suelo también posee una gran capacidad de regulación, en consecuencia el agua del páramo es intensivamente utilizada para consumo, irrigación y generación de energía hidroeléctrica (Buytaert et al., 2006).

El Río Pita es una de las principales fuentes de agua para Quito aportando un caudal de 1600 l/s al sector urbano de la ciudad de Quito; por esta razón se necesita generar investigaciones que contribuyan a un conocimiento más profundo del funcionamiento del sistema hidrológico y disponibilidad del recurso agua.

En este contexto, el presente estudio investigó y evaluó el funcionamiento del ciclo hidrológico en la Cuenca alta del Río Pita utilizando información hidrometeorológica y los Sistemas de Información Geográfica.

Esta investigación contribuirá a la zona centro y sur de la población del Distrito Metropolitano de Quito, ya que son los consumidores del líquido vital que nace en el sector de estudio; además los resultados obtenidos aportarán en la toma de decisiones acertadas sobre el destino del recurso y por ende su mejor manejo.

Estudiar el Balance Hidrológico desde el punto de vista espacial permite visualizar y por lo tanto comprender de una mejor manera la distribución y funcionamiento de los procesos que forman parte de éste ciclo; además cada uno de estos procesos se encuentran estrechamente relacionados con el espacio geográfico donde se desarrollan, por lo tanto, los resultados que se obtengan se adaptarán mejor al flujo del agua a través de la cuenca.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Ubicación geográfica de la cuenca alta

La zona de estudio se localiza en la Cordillera Oriental de los Andes Ecuatorianos, a unos 40 Km., al sur este de Quito (Pichincha); entre las coordenadas UTM zona 17 sur, al norte 9955340.48, al sur 9924740.48, al este 808078.518 y al oeste 777631.518. Su ubicación política administrativa se encuentra compartida por los cantones Quito y Mejía de las parroquias Pintag y Machachi respectivamente.

La cuenca del río Pita tiene una superficie aproximada de 585.6 Km², y se la ha dividido geográficamente en cuenca alta y baja siguiendo la cota de los 3600 m.s.n.m. La cuenca alta llega hasta los 5890 m.s.n.m. (en el Volcán Cotopaxi) y posee una superficie de 360.84 Km² (Anexo 6.4, Mapa 01).

1.2.2 Descripción de la cuenca alta

Basados en el mapa bioclimático de Cañadas (1983), el flanco norte del Cotopaxi pertenece a la región bioclimática Páramo Lluvioso y según la clasificación de Holdridge, esta zona corresponde a la formación ecológica bosque pluvial Sub-Alpino (bpSA). Los dos autores concuerdan que el área de estudio, la cual llega hasta la línea de las nieves, posee una temperatura que varía entre 6°C y 3°C por las noches.

Estas heladas hacen que las formas de vida del sector se caractericen por cierto tipo de fauna y vegetación capaz de resistir estos fuertes climas. La vegetación que predomina es el pajonal, el cual se amarilla y se seca en el verano, se encuentra disperso especialmente en el suelo arenoso. Además, en ciertas sectores de la zona de estudio, el suelo también está cubierto por pasto o pino.

La morfometría es variable, existen partes planas, onduladas o de fuerte pendiente de volcán; estos se forman a partir de la ceniza volcánica del Cotopaxi,

es de textura arenosa (media o gruesa), con afloramientos de piedra pómez (Cañadas, 1983).

El páramo es el mayor proveedor de agua para las regiones montañosas Andinas de Venezuela, Colombia y Ecuador. La calidad del agua es excelente, y los ríos que descienden del páramo proporcionan un flujo base alto y sostenido; esta alta producción de agua es debida principalmente a que su precipitación es de una frecuencia alta y de intensidad baja (Buytaert et al., 2006).

Esta zona es poco poblada porque la mayor parte de ella esta dentro del área de protección del Parque Nacional Cotopaxi, la gente que habita en el sector son guardaparques y personas que viven en las haciendas ubicadas allí (Hacienda Pullirima – Pushicungo).

1.2.3 División de la zona de estudio

Las investigaciones hidrológicas se fundamentan en el análisis de las “cuenca hidrográficas”. En este sentido, con el fin de abarcar toda el área ubicada por sobre los 3600 msnm de la cuenca del río Pita, se dividió a la zona en las siguientes 3 microcuencas (Anexo 6.4, Mapa 02):

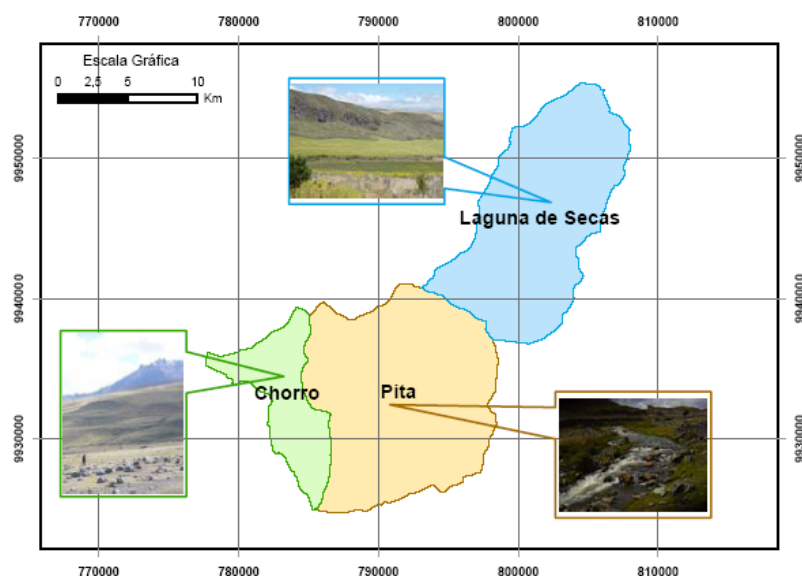


Figura 1.1 División en Microcuencas

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Estimar la disponibilidad hídrica en la cuenca alta del Río Pita mediante modelación hidrológica y el uso de herramientas Geoinformáticas.

1.3.2 Objetivo específicos

- ◆ Recopilar los datos necesarios para el desarrollo del Modelo, tanto de campo como de gabinete.
- ◆ Analizar los datos meteorológicos e hidrológicos disponibles de la cuenca alta del Pita.
- ◆ Estructurar la información temática necesaria, en el Sistema de Información Geográfica (SIG), para el Modelo Hidrológico.
- ◆ Generar un Modelo de Balance Hidrológico a partir de la información geográfica, meteorológica e hidrológica; mediante el empleo del SIG (herramienta Geoinformática).
- ◆ Calibrar el Modelo Hidrológico obtenido con el fin de adaptarlo de mejor manera a la realidad y datos disponibles.
- ◆ Evaluar los resultados generados por Modelo Hidrológico propuesto, en función de datos reales medidos en la zona de estudio.
- ◆ Analizar la evolución de la oferta hídrica en función del tiempo, mediante la comparación de los resultados del estudio para diferentes períodos de años.

1.4 MARCO LEGAL

Al realizar un estudio del recurso agua, es importante también conocer las bases legales que regulan su administración en nuestro país, ya que son ellas las que direccionarán su aprovechamiento, protección y conservación.

La ley que regula el aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del Ecuador se redacta en la Ley de Aguas (Decreto Supremo No. 369. RO/ 69 de 30 de Mayo de 1972.). De la revisión de éste documento, a manera de conclusiones, se mencionan los siguientes artículos:

- ◆ Las aguas de ríos, lagos, lagunas, manantiales que nacen y mueren en una misma heredad, nevados, caídas naturales y otras fuentes, y las subterráneas, afloradas o no, son bienes nacionales (Resumen de los Art. 2, 3 y 4).
- ◆ La concesión es la única forma de otorgar el derecho de uso de las aguas; a excepción de las que se requieran para servicio doméstico (Art. 14).
- ◆ Las concesiones del recurso se otorgarán en función de la disponibilidad del mismo y de las necesidades para las cuales se solicita su concesión (Art. 7).
- ◆ El Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) es la institución encargada de planificar, evaluar, inventariar, investigar y proteger el recurso agua del país (Art. 13).
- ◆ La conservación, preservación e incremento del recurso hidrológico son labores de carácter nacional (Art. 16).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. CONCEPTOS TEÓRICOS FUNDAMENTALES

2.1. EL CICLO HIDROLÓGICO

2.1.1. Definiciones y Esquemas

La hidrosfera es la porción del planeta en la que se encuentra el agua en sus diferentes estados; a los distintos caminos que toma el agua en esta porción, se denomina CICLO HIDROLÓGICO.

Como se puede observar en la Figura 2.1 los procesos que forman parte del ciclo hidrológico ocurren de forma continua, es por esto que en el ciclo no hay un inicio ni un fin.

A continuación se describe cada uno de sus componentes:

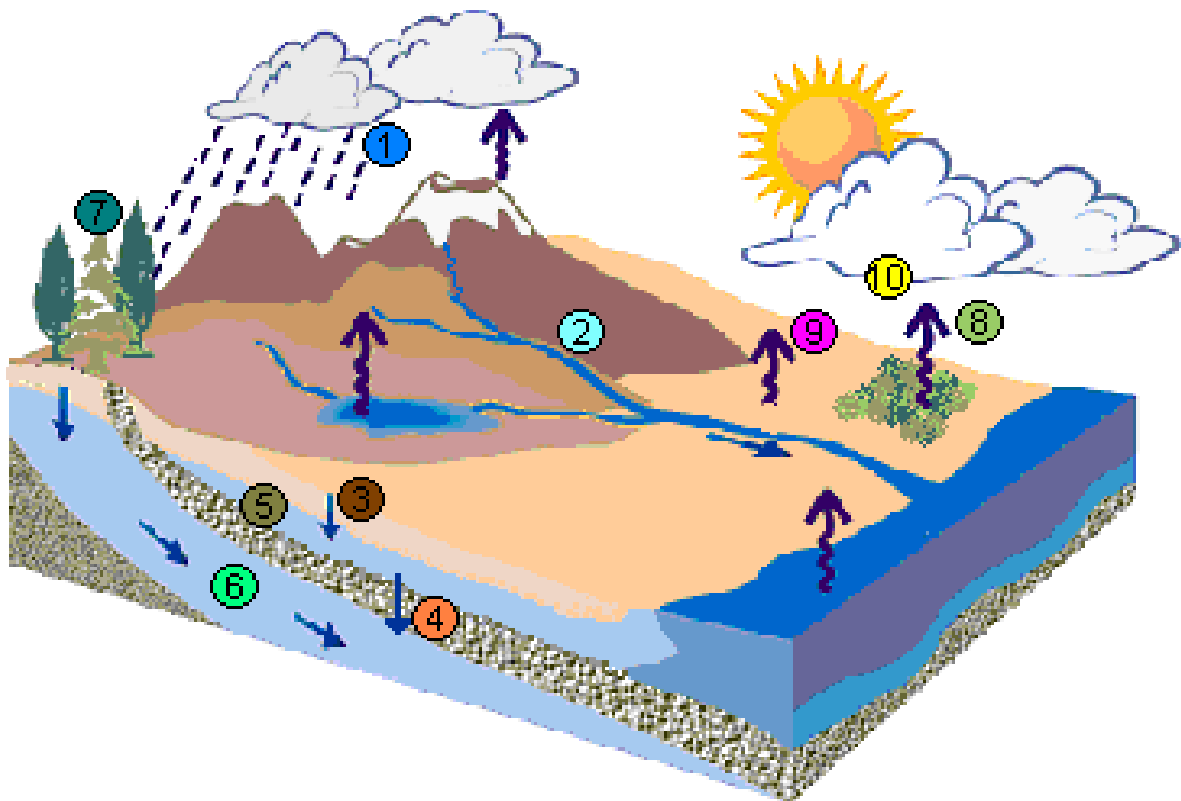


Figura 2.1 Ciclo Hidrológico. Fuente: Adaptación del Grafico Ciclo Hidrológico (www.tecnociencia.es)

<p>1</p>	<p>Precipitación (P): Agregado de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas o amorfas, que caen de una nube o grupo de nubes y alcanzan el suelo.</p>
<p>2</p>	<p>Escorrentía Superficial (Q_e): Parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno y se concentra en pequeños cursos de agua, que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos.</p>
<p>3</p>	<p>Infiltración (I_f): Una parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno a través de los poros y fisuras del suelo o las rocas, relleno de agua el medio poroso.</p>

4	Percolación (Pc): Movimiento de agua debido a la acción de la gravedad, desde la superficie del terreno hacia el nivel freático.
5	Flujo Subsuperficial (FSs): Flujo de agua que se presenta inmediatamente por debajo de la superficie del terreno.
6	Flujo Subterráneo (FSt): El agua que desciende, por gravedad-percolación y alcanza la zona saturada constituye la recarga de agua subterránea.
7	Intercepción (It): Proceso por el cual la precipitación es detenida y retenida por la vegetación y estructuras.
8	Transpiración (T): Proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera en forma de vapor.
9	Evaporación (E): Emisión de vapor de agua por una superficie libre a temperatura inferior a su punto de ebullición.
10	Evapotranspiración (Et): Cantidad de agua transferida del suelo, agua de los lagos, vegetación, etc., a la atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas.

Una metodología para estudiar el ciclo hidrológico es considerándolo como un sistema. Un sistema es un conjunto de partes conectadas entre sí, que forman un todo” (Ven Te Chow, 1964) y cada una de las partes tiene una entrada, un proceso y una salida. Los componentes del sistema son precipitación, evaporación,

escorrentía y otras fases del ciclo hidrológico. Cada uno de estos puede analizarse separadamente y a su vez dividirse en subsistemas.

En la siguiente figura se representa al ciclo hidrológico como un sistema:

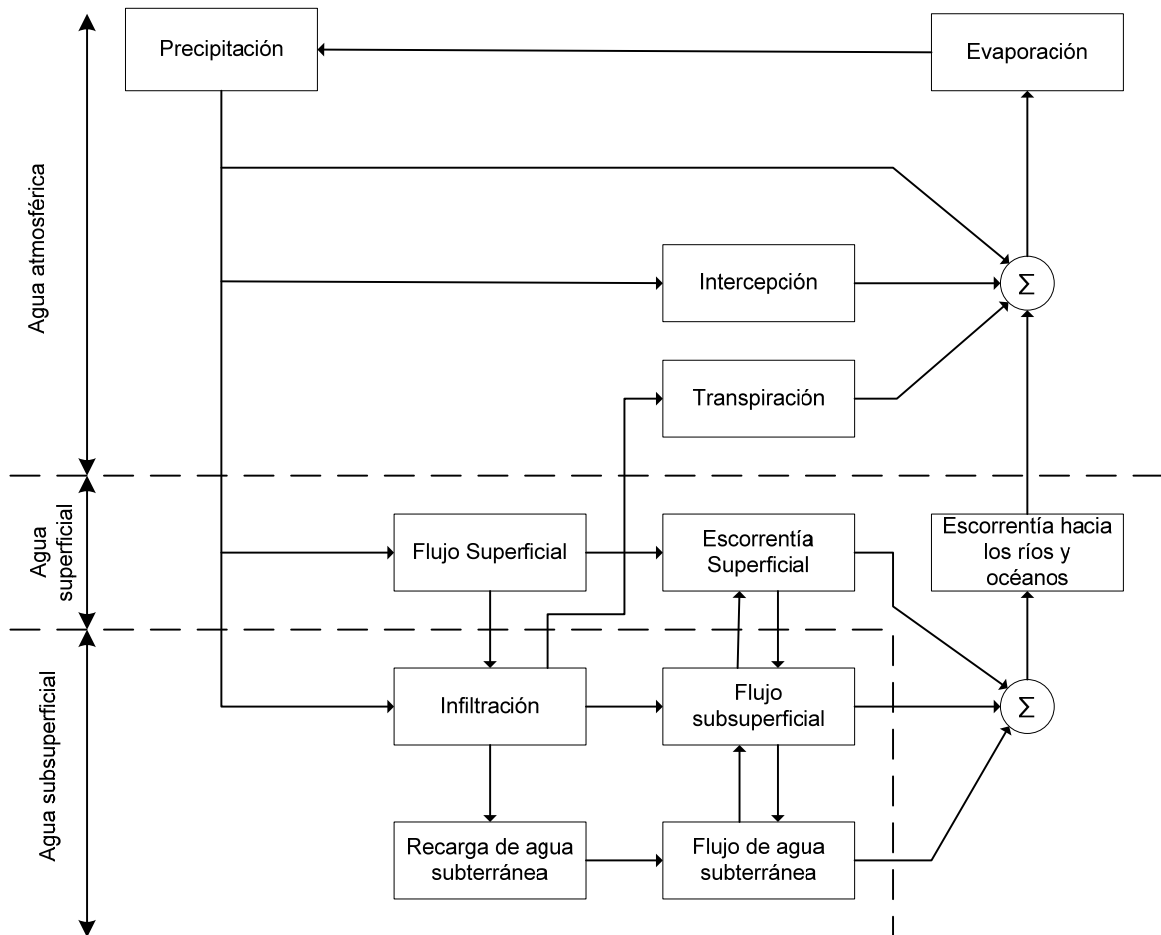


Figura 2.2 Representación en diagrama de bloques del sistema hidrológico global. Fuente: (Ven Te Chow, 1964)

Para estudios prácticos, en función de la disponibilidad de los datos, no se consideran todos los componentes del Ciclo Hidrológico, tan solo se toman los más relevantes para un determinado espacio geográfico de estudio; y además patrones importantes como topografía, uso del suelo y vegetación que sin duda alguna influyen en él.

2.2. BALANCE HIDROLÓGICO

2.2.1 Definición

El balance hidrológico se define como la disponibilidad de agua que se establece para un lugar y un período dados; esto se realiza mediante una comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Se tienen también en cuenta la constitución de las zonas de estudio y las extracciones sobre esas reservas.

El balance hidrológico es de gran utilidad para determinar necesidades netas de agua en proyectos, zonas de parques o áreas verdes y también en zonas de cultivos, para la estimación de rendimientos, para la planificación del riego, para la previsión de niveles de ríos y lagunas, etc.

2.2.2 Ecuación General del Balance Hidrológico

La ecuación fundamental para llevar a cabo el balance hidrológico es la ecuación de continuidad. Esta ecuación consiste en una cuantificación de las entradas y salidas de agua del sistema suelo – cobertura vegetal. La diferencia entre los ingresos y los egresos dan origen a los desecamientos o a las recargas que se evidencian en las reservas de agua en el suelo (cambio de almacenamiento).



Figura 2.3 Representación esquemática de la Ecuación General del Balance Hidrológico

$$I - E = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Ecuación 2.1 Ecuación General del Balance

Donde:

I = Ingresos

E = Egresos

t_i = Tiempo inicial

t_f = Tiempo final

ΔS = Cambio de almacenamiento

Δt = Cambio de tiempo

Ingresos (I):

- Precipitación
- Deshielo de Glaciares
- Trasvases de agua desde otras cuencas
- Aguas subterránea desde otras cuencas

Egresos (E):

- Evaporación
- Transpiración
- Infiltración
- Escorrentía superficial hacia otras cuencas
- Exportaciones de Agua
- Aguas subterráneas hacia otras cuencas

Cambio de almacenamiento (ΔS):

- Almacenamiento de aguas subterráneas
- Almacenamiento por cambio de humedad del suelo
- Almacenamiento superficial en embalses

El nivel de detalle de las entradas, salidas y almacenamiento depende del problema al que se enfoca el estudio y así también depende de la cantidad de información de la que se dispone o que se puede obtener.

2.2.3 Parámetros que intervienen en la ecuación del Balance Hidrológico

Precipitación

Este término se refiere a todas las formas de humedad emanadas de la atmósfera y depositadas en la superficie terrestre, como por ejemplo la lluvia, granizo, rocío, neblina, nieve o helada (Monsalve, 1999).

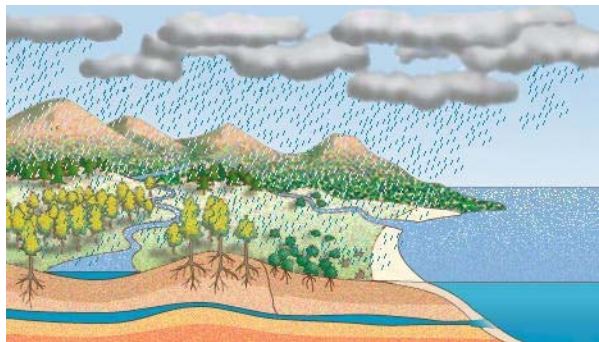


Figura 2.4 Precipitación. Fuente: recursos.cnice.mec.es

Para la formación de precipitación es necesaria la elevación de una masa de agua a la atmósfera y esto se puede lograr mediante varios mecanismos y en función de los mismos se derivan las clases de precipitación:

- Por convección: es la más común en los trópicos se origina por el levantamiento de masas de aire más ligero y cálido al encontrarse a su alrededor las masas de aire densas y frías.
- Orográficas: la precipitación debida al levantamiento del aire producido por las barreras montañosas. El efecto de las montañas induce a turbulencias y corrientes de convección, produciéndose un enfriamiento de ésta, condensación y precipitación.
- Ciclónica: esta asociada al paso de los ciclones y ligada a los planos de contacto entre masas de aire de diferentes temperaturas y contenidos de humedad.

Una vez que la masa de aire se encuentra en la atmósfera, gracias a la turbulencia del aire, se comienzan a formar pequeñas gotas de agua que siguen creciendo hasta que alcanzan un tamaño suficiente para que la fuerza de la gravedad actúe sobre ellas y comiencen a caer. Pero a medida que éstas caen, se evaporan y se reducen hasta un tamaño que la turbulencia las eleva nuevamente.

Este ciclo se repite por varias ocasiones hasta que alcanzan un tamaño suficientemente grande para traspasar la nube y descienden hasta la superficie. Este tipo de gotas tienen de 0.1 a 3 mm de diámetro.

Deshielo de Glaciares

El deshielo del Glaciar es una importante entrada para el cálculo del Balance hídrico ya que sobre todo en la época de verano, donde la precipitación es escasa y los parámetros de evapotranspiración e infiltración son altos, el caudal del deshielo mantiene el nivel del río.



Figura 2.5 Deshielo de Glaciares. Fuente: recursos.cnice.mec.es

En el Ecuador no hay cordilleras cubiertas de glaciares en forma continua ya que los nevados están aislados unos de otros por decenas de kilómetros y los volcanes tienen una forma cónica; en consecuencia los glaciares no están encerrados por ninguna cadena montañosa, ni tienen influencia de ninguna barrera de roca o de hielo que modifique el aporte calorímetro según el albedo, mediante cambios al régimen de los vientos (H. Seimond, A. de la Cruz, 1996).

Evapotranspiración

Evaporación es el cambio de agua a vapor y existen los siguientes tres tipos:

- Evaporación a la atmósfera desde: Superficies de agua, suelo descubierto, y vegetación mojada (este punto también se refiere a la evaporación del agua interceptada por las hojas de árboles y plantas, sobre edificios, etc.)
- Transpiración: Cambio de agua en vapor a través de las estomas de las plantas vivientes.
- Evapotranspiración: Es la combinación entre evaporación y transpiración. Para una superficie cubierta por vegetación es mejor calcular este punto ya

que es muy difícil distinguir entre varios tipos de evaporación y además procura incluir a todos los anteriores (LAAT y SAVENIJE, 2006).

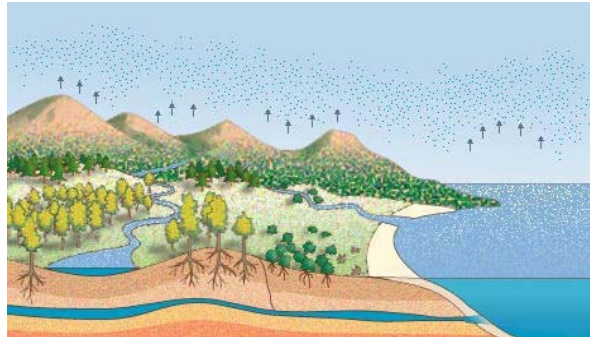


Figura 2.6 Evapotranspiración. Fuente: recursos.cnice.mec.es

La evapotranspiración depende de factores que tienen que ver con la superficie y con las condiciones atmosféricas. En el caso de la superficie, es importante tomar en cuenta la cobertura del suelo, la capacidad de almacenamiento de calor, el coeficiente de reflexión y la resistencia de evaporación de la cobertura; y los factores atmosféricos que se deben considerar son la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa y la radiación solar.

Infiltración

Es el proceso por el cual el agua llega al suelo desde la superficie, y son varios los factores que intervienen para que esto suceda; entre los que se puede mencionar:

- **Humedad del Suelo:** cuando el suelo está seco, la capacidad de infiltración es mayor hasta que las partículas que forman parte de éste suelo absorben el agua que necesitan; además, las fuerzas gravitacionales también ejercen fuerza sobre el agua que ingresa al suelo.
- **Permeabilidad del suelo:** depende principalmente del tamaño y distribución de los granos del suelo. La permeabilidad puede ser afectada por otros factores como la cobertura vegetal y compactación del suelo.

- Temperatura del suelo y condiciones externas: como por ejemplo la compactación del suelo por animales o intervención humana, arado de la tierra, formación de grietas por acción de las raíces de plantas, etc.

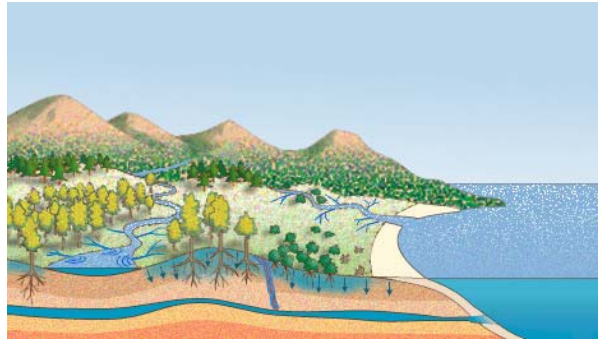


Figura 2.7 Infiltración. Fuente: recursos.cnice.mec.es

Una vez que la lluvia provee la humedad que el suelo necesita, el agua comienza a drenar y puede tomar 2 caminos: el primero es aquel que gracias a la gravedad alcanza la profundidad suficiente para alimentar al acuífero; y el segundo camino es uno paralelo a la superficie del suelo y posteriormente vuelve a salir al aire libre y se convierte en escorrentía superficial.

Escorrentía Superficial

Es el volumen de lluvia que hace su recorrido sin infiltrarse, desde el lugar donde cae hasta la corriente de agua a la que alimenta. La escorrentía comprende el exceso de la precipitación que se almacena después de una lluvia intensa y que se mueve libremente por la superficie del terreno, todo éste flujo contribuye para alimentar y aumentar el caudal que circula por las corrientes principales de agua.

La corriente de agua puede ser alimentada tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subsuperficiales y subterráneas; al aporte subterráneo se lo conoce como caudal base.

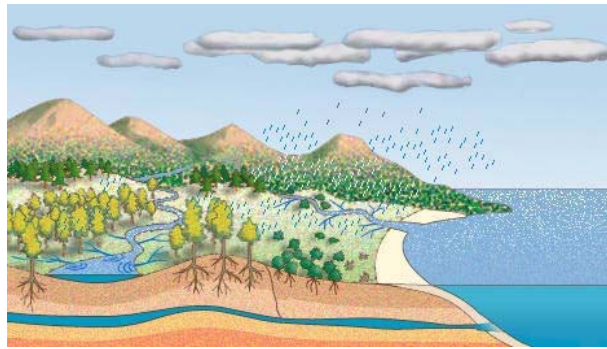


Figura 2.8 Escorrentía Superficial

Los factores que influyen para el escurrimiento superficial están ligados a tres tipos de origen:

- **Clima:** depende principalmente de la precipitación ya que a mayor intensidad, duración y frecuencia de ésta, el suelo colma con mayor rapidez su capacidad de infiltración y procede a escurrir el agua.
- **Características físicas de la cuenca:** se basa en el área de la cuenca, cuanto mayor sea el área, más agua se podrá recolectar; además, la permeabilidad del suelo, ayuda (como ya se mencionó anteriormente) a la infiltración.
- **Intervención humana:** se pueden realizar infraestructuras como por ejemplo: embalses que afecten el caudal y velocidad natural de las corrientes de agua.

2.3. BALANCE OFERTA - DEMANDA HÍDRICA

Como resultado del Balance Hidrológico se obtiene cuanta agua está disponible en una corriente al final del ciclo hidrológico; sin embargo, la importancia del estudio del agua está en función de los usos que se le puede dar al recurso con relación a la vida humana, vegetal y animal.

El Balance Oferta – Demanda Hídrica determina la cantidad de agua con la que se cuenta en el punto de cierre de la cuenca, tomando en cuenta el ciclo hidrológico (oferta hídrica) y los usos que se le da al agua en la mencionada cuenca (demanda Hídrica).

2.3.1. Demanda Hídrica

Se refiere a la estimación de la cantidad total de agua necesaria para satisfacer los usos que se le den al recurso. Son diversos los usos que se le dan al agua, uno de estos usuarios es la naturaleza misma, la cual necesita de un caudal para su normal funcionamiento, a esto lo llaman Caudal Ecológico.

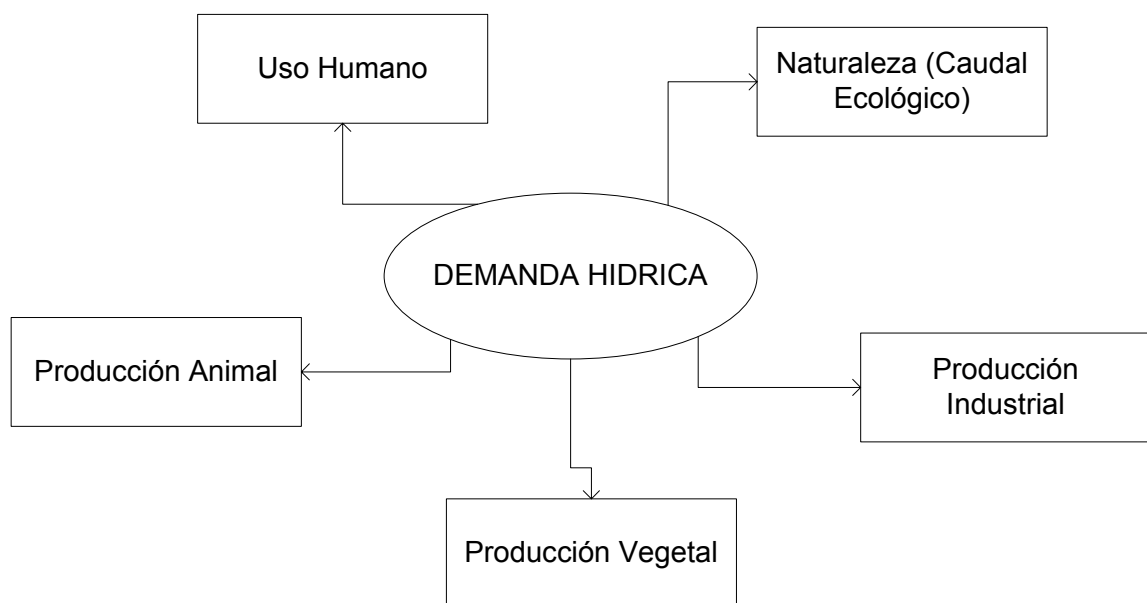


Figura 2.9 Demanda hídrica

En el Ecuador el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) es la entidad encargada de otorgar permisos de captación del agua para los diferentes usos humanos (concesiones). A este tipo de captaciones se las denomina legales ya que hay un pago por éstas. Pero también existen captaciones clandestinas y sobre éstas no existen registros.

2.4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA E HIDROLOGÍA

Históricamente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) fueron desarrollados para almacenar, manipular y visualizar información georeferenciada (Heatwole et al., 1987). Posteriormente los SIG fueron muy reconocidos debido a su aplicabilidad en lo concerniente a mapeos.

En la actualidad, es considerada como una herramienta geoinformática que es capaz no solo de manipular datos espaciales para su visualización, sino también de aplicar a los datos expresiones matemáticas con el objetivo de crear modelos.

La dinámica Hidrológica y Atmosférica posee una íntima relación entre ellas y sobre el espacio geográfico donde se desarrollan. Los SIG son una herramienta que permite integrar este tipo de información ambiental con su respectiva ubicación geográfica mediante el empleo de varias capas de datos (Figura 2.10); esto a su vez facilita su análisis e interpretación para la integración en modelos matemáticos.



Figura 2.10 Hidrología y SIG. Fuente: sinfotech-sig.teledetection.fr

Los Sistemas de Información Geográfica y la Hidrología son dos campos de trabajo que comparten muchos intereses. Para la mayor parte de proyectos en modelación ambiental, se considera los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta muy útil debido a que:

- Posee una muy buena estructuración de la base de datos
- Ayuda a integrar y combinar las bases de datos, procesando grandes cantidades de información con múltiples atributos.
- Puede manejar la gran cantidad de información espacial que es necesaria para este tipo de procesos.
- Sus herramientas tradicionales, como por ejemplo el algebra de mapas, facilitan la obtención de información derivada, la cual es necesaria para los cálculos de los modelos.
- Aceleran los procesos de desarrollo e implementación de los modelos.
- Garantiza que no se pierda la coherencia espacial en ninguno de los pasos de modelación.
- Brinda al investigador la posibilidad de visualizar y entender con claridad las relaciones espaciales (Morad et al., 2001)

Más aún, muchos expertos consideran que mejores métodos de análisis espacial serán desarrollados e incorporados en el SIG, y que además el SIG se transformará en una herramienta importante en todos los aspectos de modelación, incluyendo su construcción, validación y operación (Kemp, 1993).

Al combinar el uso del SIG para estudios hidrológicos, las capacidades de mapeo del SIG reducen enormemente el tiempo que se invierte en la preparación, proceso de datos, y presentación de resultados.

Finalmente, los SIG facilitan los procesos cartográficos de los datos lo que hace posible obtener resultados gráficos y cartográficos, incluyendo mapas temáticos. Esta es otra de las cualidades bien valoradas de los SIG, ya que su estructura de datos en capas posibilita que los modelos puedan ser interpretados con menor esfuerzo; lo que al final de todo el proceso fomentará a la mejor toma de decisiones sobre el recurso analizado.

En el ítem 1.1 se describe la importancia de evaluar la oferta hídrica para la planificación del uso sustentable del recurso agua. La siguiente figura (Figura 2.11) indica el significativo rol que desempeñan los Sistemas de Información Geográfica para alcanzar el objetivo de unificar el desarrollo con la conservación de los recursos naturales.

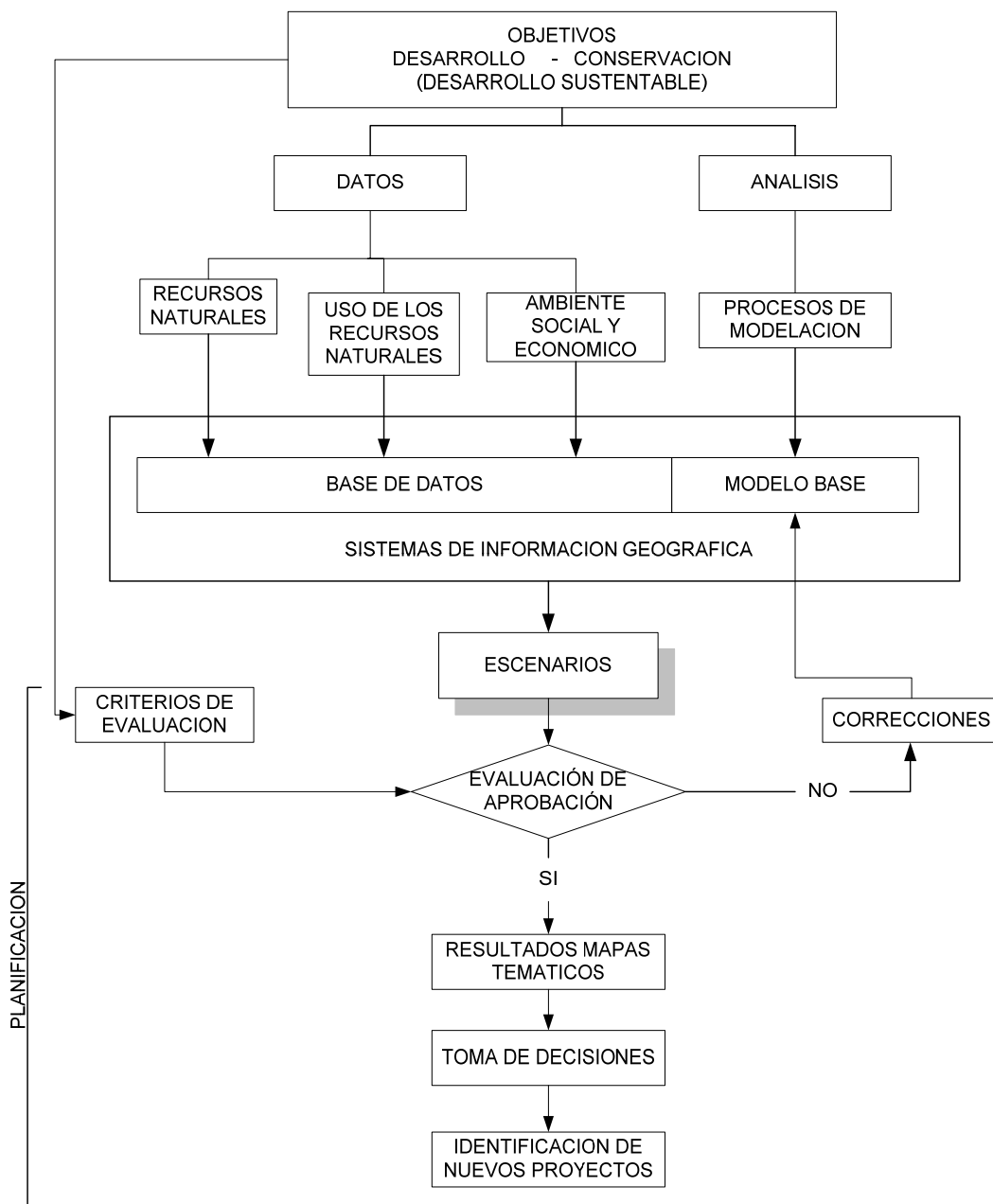


Figura 2.11 Rol de los Sistemas de Información Geográfica en Planificación. Fuente: Adaptación del gráfico Meijerink et al., 1993.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO

La metodología empleada en la investigación se describe a continuación.

ECUACIÓN DEL BALANCE HIDROLÓGICO

Las variables que se consideraron para el desarrollo del Modelo “Oferta Hídrica” de este estudio fueron seleccionadas en función de los datos hidrometeorológicos disponibles, y de los datos que se obtuvieron mediante salidas de campo e información recopilada.

El siguiente esquema presenta la ecuación que se utilizó para el balance hidrológico; dicho esquema y el sustento teórico de ésta tesis se basan el estudio realizado por Coello, 2007 sobre Balance Hídrico, estudio que se describe con mas detalle en el ítem 3.2.4.

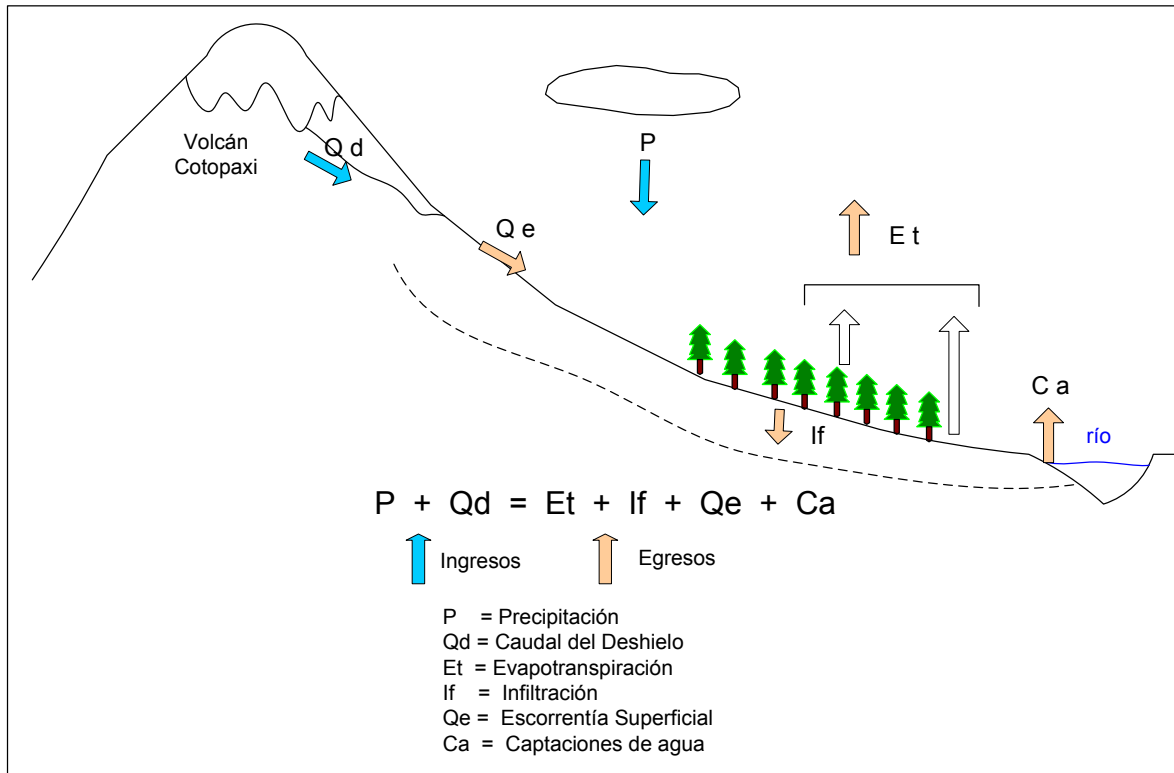


Figura 3.1 Esquema del Balance Hídrico. Fuente: Adaptación del estudio Coello, 2007.

En la ecuación presentada en la Figura 3.1 no se considera en el balance un almacenamiento de agua ya que, basados en Coello, 2007 no existe la suficiente información para plantear un sistema de reservorio no lineal; es decir, en éste sistema se asumió que todo lo que ingresa, sale.

De la ecuación de balance hidrológico, el valor que representa la oferta hídrica al final del ciclo hidrológico es el caudal de escorrentía superficial; es decir el objetivo del estudio. Por lo tanto, una vez despejado este valor obtenemos la Ecuación 3.1 y en base a ésta se desarrollaron los demás cálculos.

$$Qe = P + Qd - Et - If - Ca$$

Ecuación 3.1 Oferta Hídrica en la cuenca alta del río Pita

La metodología general que se siguió para el cálculo de la oferta hídrica de la cuenca alta del río Pita esta descrita en forma de diagrama en la figura 3.2.

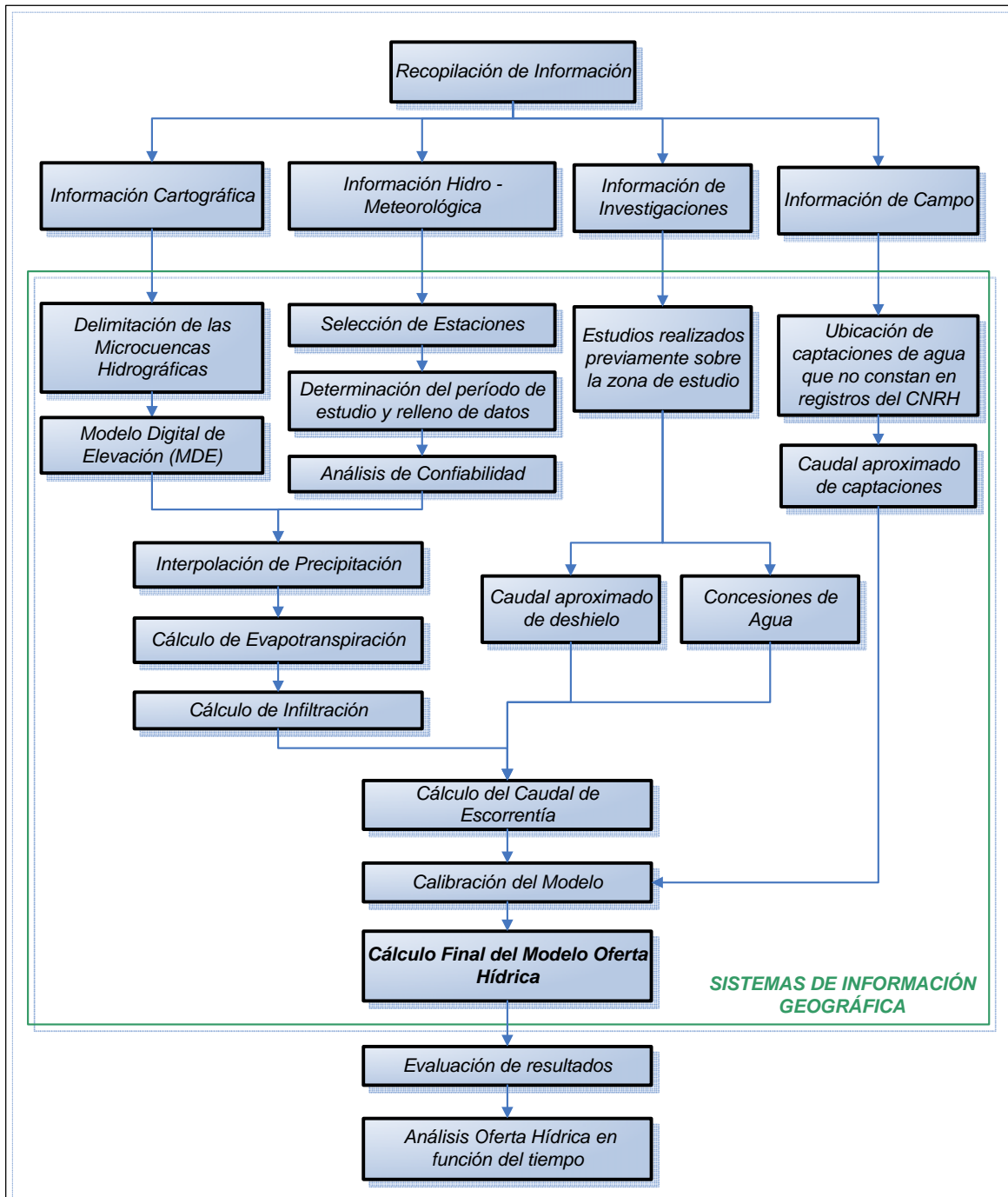


Figura 3.2 Metodología General

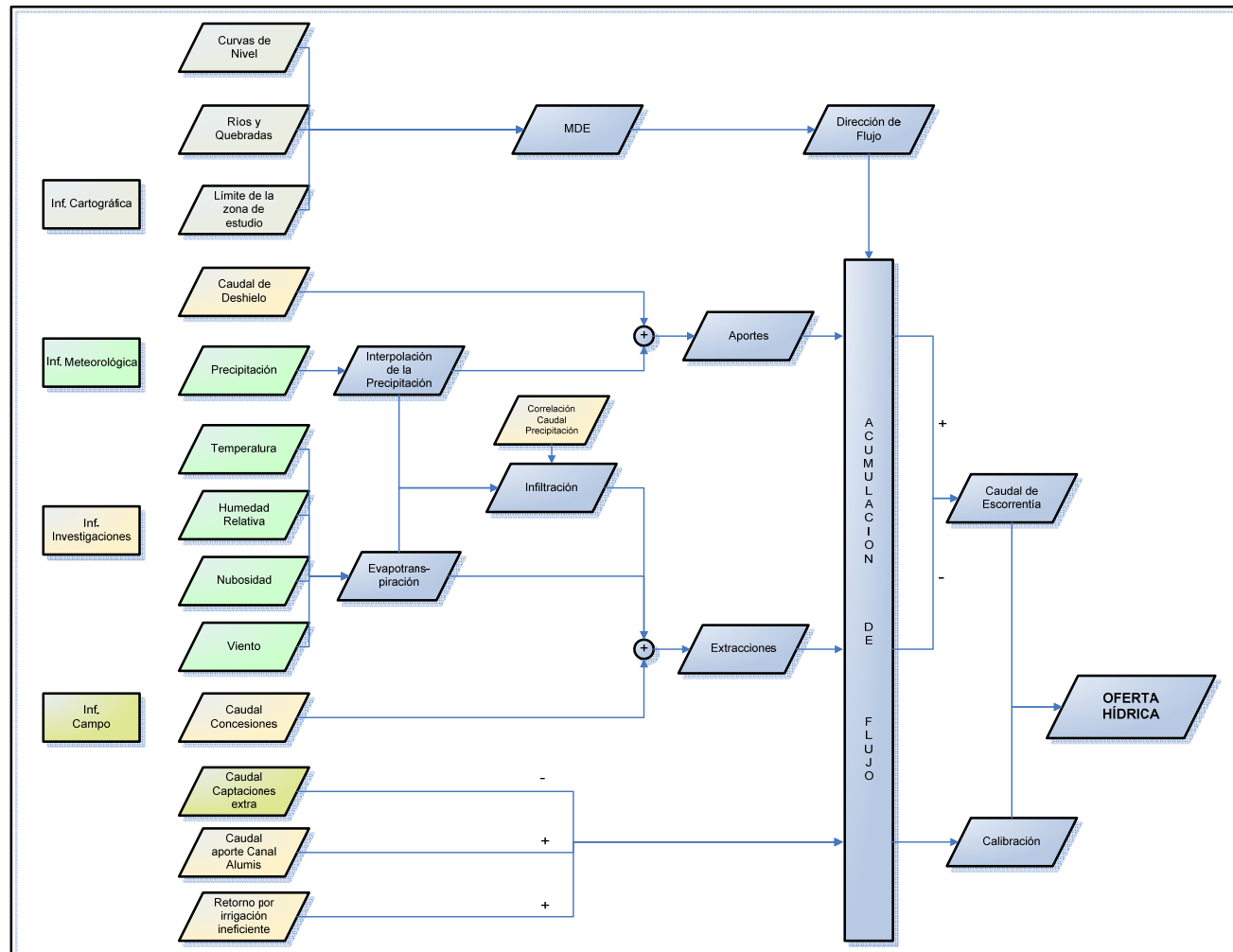


Figura 3.3 Modelo Oferta Hídrica en la Cuenca alta del río Pita mediante el uso de herramientas Geoinformáticas

RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Información Cartográfica

La información cartográfica que se utilizó para el estudio fue proporcionada por el Departamento de Geoprocesamiento de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q). Dicha información fue entregada como geodatabase y bajo el Sistema de Coordenadas PSAD56, UTM (Quito), posteriormente esta información fue transformada al Sistema de Coordenada PSAD56, UTM zona 17 Sur, ya que bajo este sistema se trabajó todo el estudio.

El desarrollo de este estudio, así como el manejo de toda la información geográfica recopilada se lo hizo con el software ESRI ArcGIS V 9.2., además se utilizó las extensiones:

- ◆ Spatial Analyst
- ◆ 3D Analyst
- ◆ Hydrology
- ◆ Hawth's Tools

Información Hidro – Meteorológica

A través del Fondo para la Protección del Agua se obtuvo la información de 11 estaciones meteorológicas y 1 estación hidrológica proveniente del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la ubicación de dichas estaciones se pueden ver en el Anexo 6.4, Mapa 03.

Dichas estaciones son:

Tabla 3.1 Estaciones Hidro-meteorológicas utilizadas

ESTACIONES	CÓDIGO	NOMBRE	ALTURA (m.s.n.m.)
Meteorológicas	M003	Izobamba	3058
	M064	Latacunga - Aeropuerto	2785
	M113	Uyumbicho	2740
	M114	Tumbaco	2348
	M117	Machachi	2944
	M120	Cotopaxi – Clirsen	3560
	M188	Papallacta	3150
	M347	Puembo	2460
	M353	Rumipamba – Pichincha	2940
	M354	San Juan – Pichincha	3440
	M364	Loreto Pedregal	3620
Hidrológica	H158	Pita AJ Salto	3550

Los registros de las estaciones mencionadas anteriormente se encuentran en el Anexo Datos (punto 6.1).

Las estaciones fueron seleccionadas en función de la cercanía de éstas al área de estudio; asimismo, se optó por las estaciones con los períodos de registros más largos y con el menor número de vacíos posibles.

Las once estaciones mencionadas poseen datos de precipitación; sin embargo, el resto de parámetros meteorológicos necesarios para este estudio son muy escasos o a su vez no los poseen.

En consecuencia, basándonos en la metodología de Coello 2007, debido a la falta de información se asumió que los datos de la estación M120 (Cotopaxi – Clirsén), que es la más cercana a la zona de estudio y que posee registros suficientes de temperatura, humedad relativa, viento y nubosidad; representa a la información meteorológica que se genera en la cuenca alta del río Pita; es decir sobre los 3600 m.s.n.m.

Información de Campo

El objetivo de la toma de información de campo es identificar y georeferenciar el sistema de concesiones que existe a lo largo de la cuenca alta del río Pita mediante visitas de campo que identifiquen y confirmen las tomas de agua legales y ubiquen las posibles tomas de agua clandestinas en área de estudio.

Tomando como referencia el estudio realizado por Coello (2007), se ubicaron las concesiones pertenecientes a la cuenca alta del río Pita; sin embargo el documento advierte que la información otorgada por el CNRH fue insuficiente para ubicar todas las concesiones de la cuenca. Aproximadamente un 15% de las concesiones no fueron ubicadas, las mismas que procuraron ser identificadas en el trabajo de campo.

En el anexo 6.2.1 se encuentra toda la información recopilada en campo y la ubicación de las concesiones se las puede apreciar en el Anexo 6.4, Mapa 06.

Información de Investigaciones

En función del objetivo principal del estudio, a continuación se resaltan ciertos trabajos realizados a nivel nacional y de la zona misma, en temas que tienen relación con la Oferta Hídrica.

- **Estudio:** Balance Hídrico en las Cuencas del Río Pita y San Pedro.

Realizado por: Xavier Coello (estudio realizado para el Fondo para la Protección del Agua), 2007.

Ubicación: Cuencas del Río Pita y San Pedro

Objetivos: Determinar la disponibilidad natural del recurso hídrico superficial en las cuencas de los ríos Pita y San Pedro así como la real disponibilidad del recurso hídrico, tomando en cuenta la demanda del recurso para los distintos usos, para determinar si es posible o no satisfacer el requerimiento de caudales ecológicos mínimos para que la fauna subacuática existente aguas abajo de las captaciones de la EMAAP-Q y de la EEQ.

Resultados: Se cuantificó la real disponibilidad del recurso hídrico mediante el balance oferta hídrica versus la demanda del recurso para los años 1982 a 1998.

Este análisis indicó que para el sitio Pita Bocatoma EMAAP-Q en la temporada lluviosa, las disponibilidades de agua luego de las captaciones, varían en promedio entre los 31 a 60 mm/mes, sin embargo esta variación puede incrementarse si se analiza los años extremos a disponibilidades que varían entre los 10 y los 95 mm/mes para un área de drenaje de 251.5 km². En temporada seca, el déficit de agua puede alcanzar los 17 mm/mes.

Para el sitio San Pedro Guangopolo EEQ, durante la temporada lluviosa, las disponibilidades de agua oscilan entre los 3 a 21 mm/mes en promedio, sin embargo los rangos de disponibilidades se pueden ampliar a desde -3.7 a 35.5 mm/mes, lo que implica que para temporadas lluviosas débiles el

balance puede tender a ser negativo, esto indica la fragilidad del sistema actual frente a la variabilidad climática normal. Si hablamos de cambio climático, los efectos podrían ser inclusive peores.

Este estudio fue realizado mediante tablas de cálculo en Excel; por lo tanto los resultados se presentaron de la misma forma.

➤ **Estudio:** Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Pita

Realizado por: Departamento de Acuífero de Quito de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito.

Ubicación: Cuenca del Río Pita

Objetivos: El objeto fundamental de este estudio fue establecer el origen y la causa de la disminución de los caudales del Río Pita, en especial en el sitio de captación del Sistema Pita – Puengasí, a este efecto se realizó el estudio Hidrológico de la cuenca de influencia, fundamentándose en la valoración del balance hídrico de la zona en estudio.

Resultados: Con los parámetros definidos en la zona de estudio, el balance hidrológico permitió establecer que en la cuenca del Río Pita hasta el sector del Proaño la infiltración es mínima, por lo que se considera a esta como una zona de tránsito; por el contrario el balance para el mismo Río Pita hasta la Bocatoma estableció que existe una pérdida por infiltración que está en el orden de los 250 l/s, valor que confirma la disminución de los caudales en el tramo de estudiado.

➤ **Artículo:** Variabilidad de la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Pita.

Realizado por: Departamento de Estudios e Investigaciones Hidrológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2006.

Ubicación: Cuenca del río Pita

Objetivos: Este trabajo se orienta al tratamiento exclusivamente de la hidrología de la zona del río Pita, y analiza de forma rápida la variabilidad de caudales y la influencia del glaciar en esta cuenca. Con este aporte, se pretende contribuir a la discusión sobre el tema y al desarrollo de una opinión favorable para lograr incrementar a la inversión en investigaciones climatológicas e hidrológicas de áreas montañosas.

Resultados: El área está caracterizada por la disponibilidad limitada de estaciones y de datos hidrometeorológicos, escasa investigación de la dinámica de los glaciares y de la hidrología subterránea de la zona; factores que introducen cierta incertidumbre en los cálculos realizados. Se puede determinar que la variabilidad y la disminución en la disponibilidad de caudales en el tiempo de la cuenca analizada, se debe principalmente a la reducción de las precipitaciones en el área de drenaje y del aporte de caudales por la fusión del glaciar.

➤ **Estudio:** Evaluación Hidrológica de las cuencas altas andinas

Realizado por: Torres Rómulo (Tesis de Grado - Ingeniería de la Escuela Politécnica Nacional).

Ubicación: Cuencas altas Río Papallacta, Machángara y Mocha

Objetivos: Mejorar el conocimiento de las relaciones entre las características climáticas, físico-geográficas e hidrológicas de las cuencas altas andinas.

Resultados: La presencia de cobertura vegetal reduce notablemente la erosión potencial y desmejoramiento del suelo. La restitución de las condiciones normales de las zonas altas, afectan positivamente la producción de agua. La variación estacional de la precipitación es menor en las zonas de cuencas altas. Se debe validar los registros de evapotranspiración por métodos más confiables.

- **Estudio:** Sistemas de Información Geográfica y Modelizaciones Hidrológicas: Una aproximación a las ventajas y dificultades de su aplicación

Realizado: Munir Morad (Kingston University) y Alejandro Triviño Pérez (Universidad de Alicante), 2001.

Ubicación: Alicante - España

Objetivos: Examinar algunos aspectos de los numerosos vínculos existentes entre los SIG y la modelación hidrológica. Se establece una visión global de los esfuerzos realizados en el pasado y las tendencias actuales observadas a la hora de aplicar los sistemas de análisis hidrológico. También se describen someramente algunos de los beneficios que las estructuras de datos orientadas a objetos tienen en estos modelos.

Resultados: Las aplicaciones de estos sistemas en el caso particular de las modelaciones hidrológicas ha ido en crecimiento en los últimos años, apreciándose actualmente una gran diversidad en los objetivos y resultados. Esta herramienta todavía plantea importantes limitaciones como consecuencia de los niveles de resolución de datos espaciales, la escala o la integración entre modelos de superficie y subsuperficiales. Pese a las dificultades de interpretación de determinados modelos, su difusión y progresos están alcanzando un nivel muy elevado.

- **Información:** Concesiones pertenecientes a la cuenca del río Pita

Fuente: Consejo Nacional de Recurso Hídricos

De los estudios analizados se concluye:

- ◆ La caracterización hidrológica de las cuencas altas permite el manejo y gestión de las cuencas hidrográficas.

- ◆ Las cuencas altas de la cordillera Central y Oriental son objeto de interés como zonas productoras de agua, se debe impulsar su monitoreo y estudio.
- ◆ El área de drenaje del río Pita (zona alta), mantiene una cobertura vegetal natural tipo páramo, en donde la intervención antrópica es casi nula.
- ◆ Los glaciares tropicales presentan una alta sensibilidad a la variabilidad climática, siendo importantes indicadores del cambio climático.
- ◆ Se puede indicar que ha existido una reducción de las precipitaciones en la zona de análisis y que existe una pérdida de caudal por efecto de infiltración.
- ◆ El río Pita tiene importancia por ser una de las fuentes de agua del sistema de abastecimiento urbano de la ciudad de Quito, aportando un caudal de 1600 l/s.
- ◆ La influencia de la precipitación en las cuencas de los ríos Pita y San Pedro es muy importante ya que es en función de ésta la disponibilidad de agua en sus cauces.
- ◆ Las herramientas SIG facilitan la estimación de las características físico-geográficas de una cuenca, reduciendo el tiempo del proceso de estudio, y mejorando la visualización de los resultados.
- ◆ El estudio del INAMHI afirma que el aporte del glaciar del volcán Cotopaxi aproximadamente es de 49 l/s.

ANÁLISIS PREVIO DE DATOS METEOROLÓGICOS

Tiempo de modelación y Relleno de datos faltantes

Se determinó el tiempo de modelación de acuerdo a la mayor cantidad de registros de todas las estaciones en un mismo período. Este tiempo corresponde a los años desde 1968 a 1997 (30 años).

El relleno de los datos meteorológicos se basa en McCuen (1989), el cual presenta el método del cociente normal (Normal-ratio method), que se basa en el promedio anual captado en una estación para la determinación de los pesos. La fórmula general para el cálculo del dato faltante, en este caso de la precipitación media mensual es:

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n w_i P_i$$

Ecuación 3.2 Relleno de datos Meteorológicos

En donde el peso ponderado para cada estación se calcula como:

$$w_i = \frac{A_x}{nA_i}$$

en donde:

A_i es la precipitación promedio anual en la estación i (estación cercana a la de relleno),

A_x es la precipitación promedio anual en la estación x (estación de relleno),

n es el número de estaciones meteorológicas alrededor de la estación x , tomadas en cuenta en el relleno.

El resultado de este proceso se lo puede apreciar en documento "Relleno" que se encuentra en la carpeta "CALCULOS" del dvd anexo a la presente tesis.

Análisis de Confiabilidad de la Información

Para esta parte del estudio se utilizó el Manual de Instrucciones, Estudios Hidrológicos (Naciones Unidas, 1972); aquí, se narra que es frecuente que existan cambios en la situación de pluviómetros, termómetros, en su instrumentación o bien en los procedimientos de observación. Estos cambios muchas veces no son anotados ni publicados con los datos, por lo que es muy recomendable realizar un análisis de los mismos que permita detectar errores.

Para detectar este tipo de errores se utiliza la Curva de Doble Masa. El análisis consiste en comparar los registros acumulados de una estación con los valores correspondientes, también acumulados de un grupo de estaciones localizadas en los alrededores y graficarlos. Esta metodología se consideró para analizar los registros de precipitación.

Un cambio de pendiente (ΔP) presente en la línea de tendencia de la gráfica generada, indica la existencia de una alteración en las estaciones pluviométricas o de un error que alteró la uniformidad de las medidas; basándonos en esto se valoró el uso de los datos en el estudio.

De esta manera, se graficó los valores acumulados de cada una de las estaciones con respecto a todas las restantes (en total 11 estaciones) y se obtuvo gráficos similares a la Figura 3.3 (dvd Anexo, archivo "DobleMasa").

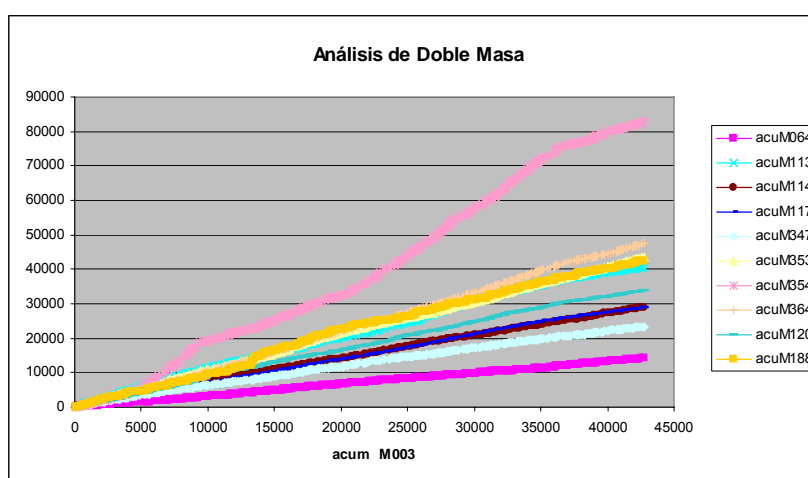


Figura 3.4 Análisis de doble masa

Como se puede observar, la mayoría de las gráficas que se generaron tienen una tendencia general a ser líneas rectas, lo que quiere decir que las estaciones están sujetas a un mismo tipo de régimen y que sus registros son confiables. También se puede observar claramente los quiebres del gráfico de la estación meteorológica M354 (línea en rosado) por lo que se procedió a analizar las líneas generadas a partir de ésta estación en la Figura 3.4.

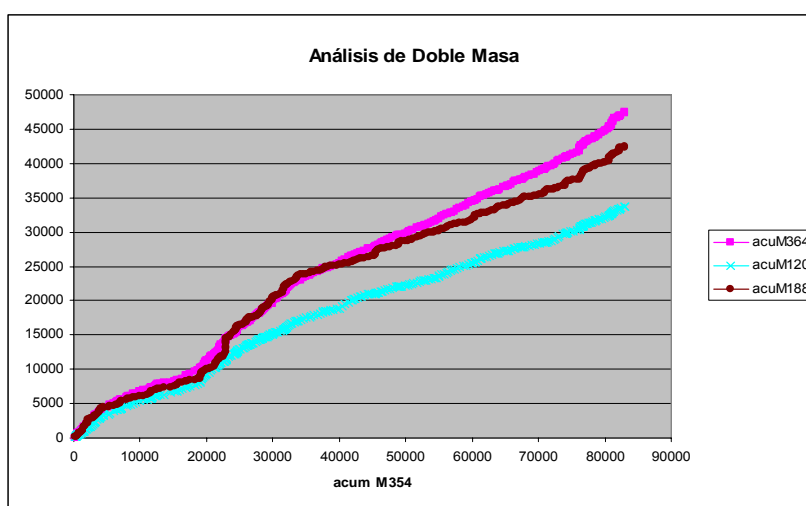


Figura 3.5 Análisis Doble Masa de estación meteorológica eliminada (M354)

Todas las líneas de esta figura tienen varios quiebres, lo que quiere decir que algún fenómeno alteró la uniformidad de las medidas en la estación M354. Por lo tanto, los registros de esta estación no son confiables y no se los utilizó en el análisis del balance hídrico.

Para la elaboración del Modelo Hidrológico se utilizaron las 10 estaciones meteorológicas restantes.

Definición de períodos de cálculo para la modelación

Con el fin de evaluar la evolución de la oferta hídrica en la cuenca alta del río Pita durante la fase de estudio (1968-1997), se dividió a dicha fase en 3 períodos de 10 años cada uno.

Además, basados en el Estudio Balance Hídrico realizado por la EMAAP-Q, (ver Figura 3.5) se pudo concluir que el comportamiento hidrológico en la zona tiene 2 etapas; la primera corresponde a la época lluviosa que comienza en el mes de septiembre hasta el mes de mayo. La segunda etapa es la época seca y pertenece a los meses de junio, julio y agosto.

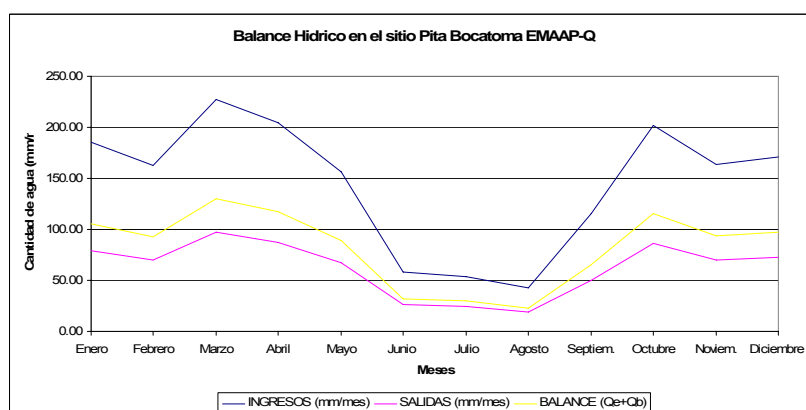


Figura 3.6 Balance Hídrico en el sitio Pita Bocatoma EMAAP-Q, período 1982-1998.

De esta manera, para facilitar los cálculos con la herramienta SIG, a cada período también se lo dividió en las épocas lluviosa – seca. Todos los datos Meteorológicos se dividieron en estos períodos para los futuros cálculos y consecuentemente los resultados también se los obtuvo en dichos períodos.

Tabla 3.2 Períodos de Estudio

PERÍODO	AÑOS		ÉPOCA
Período 1 (P1)	1968 – 1977	10 años	Lluviosa Seca
Período 2 (P2)	1978 – 1987	10 años	Lluviosa Seca
Período 3 (P3)	1988 – 1997	10 años	Lluviosa Seca

ANÁLISIS PREVIO DE LOS DATOS CARTOGRÁFICOS

Delimitación de las microcuencas

Para el presente estudio se definieron 3 ramales que nacen en la cuenca alta del río Pita. Los dos primeros nacen en las quebradas del volcán Cotopaxi y el cuarto nace al noroccidente del volcán Sincholagua.

Siguiendo la divisoria de aguas y cerrando las cuencas aproximadamente a los 3600 m.s.n.m., se fraccionó a la zona de estudio en las siguientes 3 microcuencas, a las cuales se las denominó en función de su ramal principal (Anexo 6.4, Mapa 03):

- ♦ Microcuenca Pita: se encuentra entre el volcán Cotopaxi y el cerro Sincholagua, recibe un especial aporte de los deshielos del Cotopaxi. Posee un área de 169,8 Km². Es en ésta microcuenca donde nace el río Pita y es alimentada por las quebradas nororientales del Cotopaxi y de las ubicadas al sur del Sincholagua.



Fotografía: Zona nororiente del volcán Cotopaxi

- ♦ Microcuenca Chorro: nace de las quebradas ubicadas al noroccidente del volcán Cotopaxi y de las quebradas ubicadas al este del Rumiñahui. La microcuenca Chorro posee un área de 47,86 Km², el agua que se genera en ésta microcuenca es un aporte para el río El Salto, el cual aproximadamente a los 3240 m.s.n.m., se une al río Pita.



Fotografía: Zona noroccidente del volcán Cotopaxi

- ◆ Microcuenca Laguna de Secas: capta toda el agua proveniente de la zona este de la cuenca alta del Pita, recibiendo aportes de las quebradas Pullurima Viejo, Liseo, Guanguil, entre otras. Toda el agua que se genera en esta área de 143,16 km² se acumula en la Laguna de Secas. Posteriormente el agua aflora como afluentes del río Guapal, el cual aproximadamente a los 2750 m.s.n.m. se une al río Pita.



Fotografía: Laguna de Secas

Modelo Digital de Elevación

El Modelo Digital de Elevación es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno. Dicha representación de la superficie del terreno es muy importante ya que determina como el agua fluye a través de ella. Es decir, de donde proviene el agua y hacia donde se dirige; además, se obtiene una visión general de la morfología de la zona de estudio.

El Modelo Digital de Elevación para el presente proyecto, se creó aplicando la extensión 3D Analyst, mediante el método Red de Triangulación Irregular (Triangulated Irregular Network, TIN); sobre la base de las siguientes especificaciones para cada una de las coberturas cartográficas utilizadas:

Tabla 3.3 Especificaciones de las coberturas utilizadas en el TIN

COBERTURA	ATRIBUTO GRÁFICO	TIPO DE INGRESO
Curvas de nivel	Línea	Mass points
Ríos y quebradas	Línea	Hard Breaklines
Límite de la zona de estudio	Polígono	SoftClip

La modelación de la oferta hídrica se obtuvo a partir de capas tipo raster, que consiste en una matriz de celdas cuadradas denominadas píxeles, en donde cada píxel contiene información; por ejemplo en el caso del MDE, cada píxel contiene información de elevación. En consecuencia, utilizando la misma herramienta anterior, es decir el 3D Analyst, se convirtió al TIN obtenido a un archivo de tipo raster (Anexo 6.4, Mapa 04).

La dimensión de la celda o píxel se dio en función de la escala de la información cartográfica base (1:50.000). El valor mínimo visible equivale a 1/3 de la escala; además, para definir la dimensión del píxel también se consideró el ancho promedio del río; por lo que las dimensiones del píxel de este raster y de todos los raster que se generaron para el modelo es de 17x17 metros.

Con el fin de posteriormente obtener una capa con la información de la dirección del flujo, se debía transformar el Modelo Digital de Elevación obtenido a uno que no posea depresiones u hoyos; las depresiones son celdas a las que confluyen todas las circundantes y no encuentra salida. Esto afecta en la modelación del flujo de agua a través de la cuenca por lo que deben ser eliminados.

Para esta situación se realiza un proceso de filtrado, eliminando estas celdas mediante su relleno; esta metodología se desarrolló con la extensión Hydrology y se describe en la Figura 3.6.

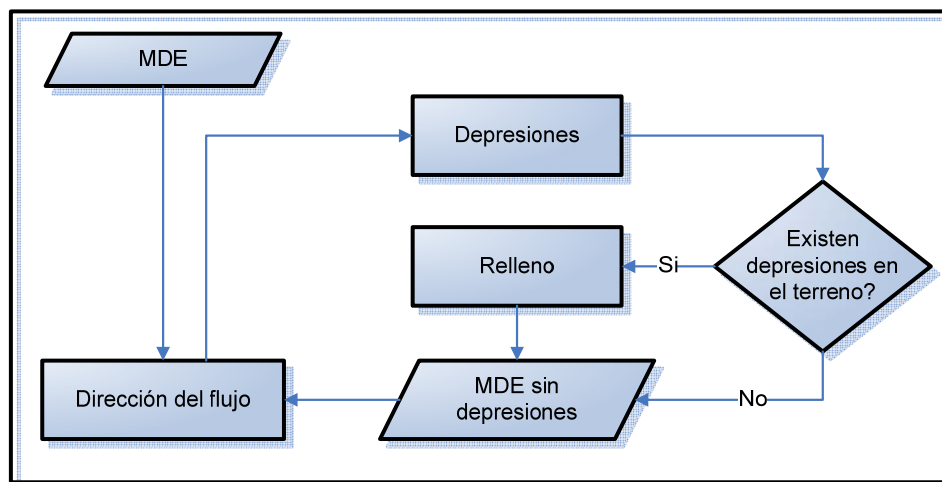


Figura 3.7 Metodología para obtener la dirección del flujo. Fuente: Manual Hydrology Modeling Sample Extensión

La Dirección de flujo determina el patrón de movimiento a partir de las orientaciones de cada celda calculada en base al MDE; la dirección del flujo es el camino de menor resistencia que recorrerá una gota de agua drenado por gravedad, desde un punto mayor a uno de menor elevación (Manual Extensión Hydrology).

CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL BALANCE HIDROLÓGICO

Los parámetros del Balance Hidrológico se obtuvieron como capas de tipo raster, en donde cada píxel tiene una dimensión de 17x17 metros; y se homogenizó las unidades de cada parámetro a mm/mes promedio de cada época (lluviosa - seca). En el Anexo 6.3.2 se detalla el Manual para el cálculo de los parámetros con el uso del ArcGis.

A continuación se describe la metodología de cálculo de dichos parámetros.

Interpolación de la Precipitación

Este cálculo se realizó interpolando los datos de precipitación (mm/mes promedio) de cada una de las estaciones meteorológicas. Se denomina interpolación a la construcción de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos.

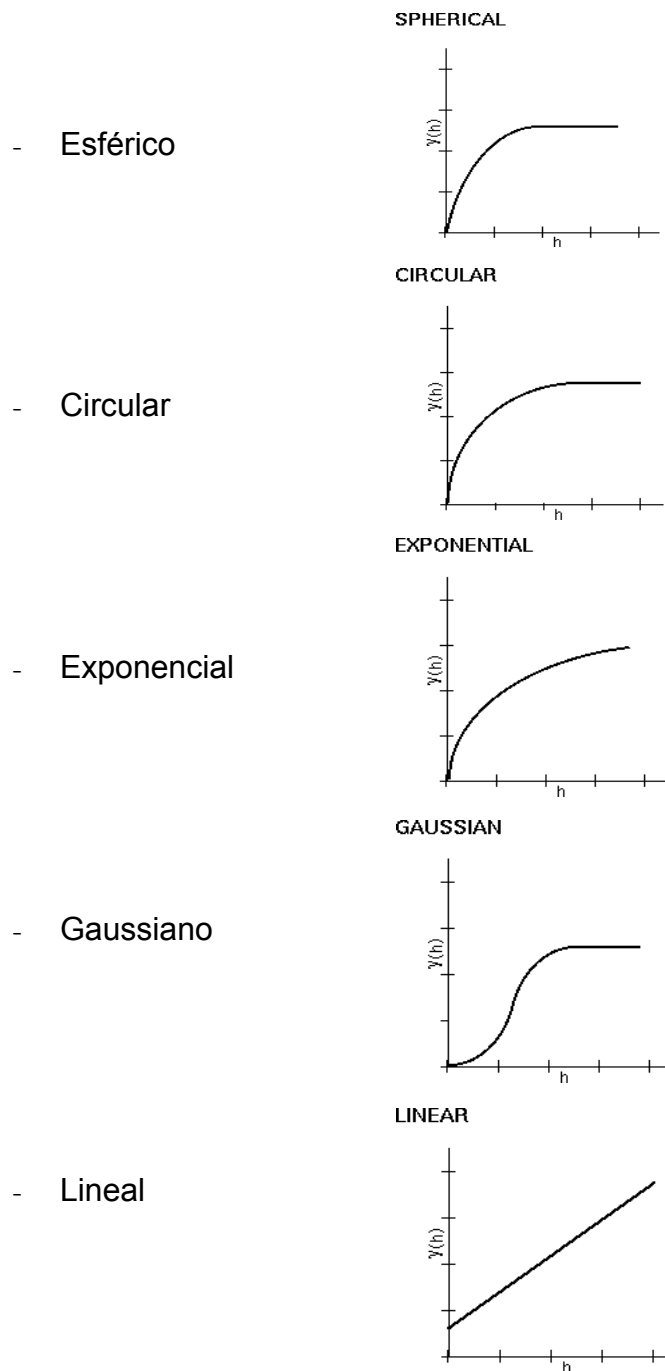
Como se pudo observar en el punto 3.2.2 (Información Hidro-Meteorológica), son pocas las estaciones que se ubicadas en la zona de estudio; además, basados en el Mapa 02 del Anexo 6.4, la distribución espacial de dichas estaciones tampoco facilitaron la identificación del interpolador que refleje de mejor manera el comportamiento de la precipitación.

En consecuencia de lo mencionado anteriormente, no se pudo determinar estadísticamente que interpolador se adaptaba a los datos obtenidos. Sin embargo, basado en los escritos del profesor de Maestría de Hidrología en la Universidad de Delft, Holanda (2005) Yangxiao Zhou y en base también a estudios meteorológicos realizados a nivel local; se utilizó el interpolador de Kriging ya que dichos documentos aseguran que Kriging es el interpolador que mejor se adapta a las variables de tipo meteorológico.

Kriging al mismo tiempo posee varios modelos que se basan en la estructura del variograma de los datos. El variograma es una función que describe la correlación

espacial de la variable (Zhou, 2005). Así, el variograma de los datos puede adaptarse a una curva exponencial, esférica, a una línea, entre otros.

En este sentido, con el fin de determinar que tipo de variograma se adapta más a nuestros datos de precipitación, se utilizó el interpolador Kriging de la extensión Spatial Analyst del ArcGis, y se interpoló con todos los modelos de variograma que este comando posee; es decir:



Posteriormente, obtenidas los archivos de tipo raster interpolados, se tomó los valores de precipitación en los puntos de las estaciones y se comparó con los valores reales de precipitación (error absoluto).

A continuación se calculó el error promedio para cada tipo de variograma y finalmente se escogió el variograma con el menor error promedio.

Todos estos cálculos se hicieron para cada período y estación como se detalla en el Anexo Cálculos (punto 6.3.1). A continuación se detallan los modelos que se utilizaron para interpolar y el error mínimo promedio:

Tabla 3.4 Modelos Kriging utilizados para la Interpolación de Precipitación para cada período

PERIODO	AÑOS	MODELO KRIGING	ERROR PROMEDIO
P1 Lluvioso	1968 – 1977	Circular	0,19
P1 Seco	1968 – 1977	Circular	0,10
P2 Lluvioso	1978 – 1987	Esférico	0,11
P2 Seco	1978 – 1987	Gaussiano	0,09
P3 Lluvioso	1988 – 1997	Exponencial	0,95
P3 Seco	1988 – 1997	Lineal	0,10

Se cortó a los raster obtenidos con el límite de la zona de estudio.

Caudal de Deshielo

El río Pita nace en el flanco norte del Volcán Cotopaxi, y parte del caudal que recibe este río es alimentado por el deshielo del volcán.

Para el estudio del balance hídrico es importante analizar este aspecto ya que es un ingreso más para el sistema; sin embargo, los estudios que se orientan al monitoreo del aporte del deshielo son pocos.

En octubre del 2006, se organizó una Conferencia Regional sobre Cambio Climático y Retroceso de los Glaciares en la zona Andina, con un enfoque especial en las Consecuencias para la Gestión de los Recursos Hídricos. Aquí se presentó un estudio denominado “Variabilidad de la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Pita” realizado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, el cual trata de determinar el caudal de aporte del deshielo.

Los resultados obtenidos del estudio mencionado anteriormente se usaron para el desarrollo de los cálculos del balance hídrico de ésta tesis. Por lo tanto, se asumió que el caudal de aporte del deshielo asciende a 49 l/s (INAMHI, 2006); además, el estudio describe que dicho valor se mantiene constante durante todo el año por lo que no se distinguió este aporte entre estaciones.



Fotografía: Glaciar del volcán Cotopaxi

A continuación se procedió a transformar este valor a las unidades de mm/mes. Para éste cálculo se utilizó la capa tipo Shapefile “Cobertura Vegetal” de la cuenca del río Pita (Ver Anexo 6.4, Mapa 05), y se calculó el área que corresponde a la zona de nieve, este valor es 3782767,533 m².

Con éste dato se procedió a la transformación de unidades:

$$49 \frac{l}{s} \times \frac{1m^3}{1000l} \times \frac{1}{AreaNieve.m^2} \times \frac{1000mm}{1m} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{24horas}{1día} \times \frac{30.6días}{1mes}$$

$$49 \frac{l}{s} \times \frac{1m^3}{1000l} \times \frac{1}{3782767.533} \times \frac{1000mm}{1m} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{24horas}{1día} \times \frac{30.6días}{1mes} = 34.25 \left[\frac{mm}{mes} \right]$$

Ecuación 3.3 Transformación de unidades de (l/s) a (mm/mes)

De acuerdo con las microcuencas establecidas en la zona de estudio, solo dos reciben el aporte del deshielo por lo que se calculó el área de nieve correspondiente a cada microcuenca y en función de esto se obtuvo los porcentajes de área de nieve; valores que se multiplicaron a los valores anteriores para conseguir la contribución de agua por deshielo en cada microcuenca y estación. El área de deshielo del volcán Cotopaxi se lo puede visualizar en el Anexo 6.4, Mapa 04, Cobertura “Cuerpo de Agua”.

Tabla 3.5 Cálculo de la contribución de agua por deshielo para cada Microcuenca

MICROCUENCA	AREA NIEVE (m²)	%	mm/mes
Pita	2559418,432	67,66	23,17
Chorro	1223349,101	32,34	11,08
Total	3782767,533	100	34,25

Se ingresó estos valores como puntos de una capa tipo raster; posteriormente, se hizo una reclasificación para transformar los píxeles con valores de “NoData” (ubicados en la zona de estudio) a valores de “0” (cero).

Cálculo de la Evapotranspiración

Numerosos investigadores han analizado el funcionamiento de los varios métodos de cálculo de Evapotranspiración para diversas localidades. Como resultado de una Consulta de expertos llevada a cabo en mayo de 1990, el método Penman-Monteith se recomienda actualmente como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración de referencia o la evapotranspiración del cultivo de referencia simbolizada como ETo.

La superficie de referencia es muy similar a una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme, creciendo activamente y dando sombra totalmente al suelo, con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial fija (r_c) de 70 s/m y un albedo (r) de 0,23 (FAO, 2006).

El método Penman-Monteith ha sido seleccionado debido a que aproxima de una manera cercana la ETo de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos (FAO, 2006). Además, la FAO ha desarrollado procedimientos para la estimación de los parámetros climáticos que no se posea.

Para este cálculo se utilizó la fórmula de Penman-Monteith que se describe a continuación:

$$ET_o = \frac{C}{L} \frac{sR_N + c_p \rho_a \frac{(e_a - e_d)}{r_a}}{s + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)}$$

Ecuación 3.4 Fórmula para el cálculo de ETo Penman-Monteith (Laa, 2005)

Donde,

E_{To} = Evapotranspiración Estándar del cultivo de referencia (mm/d)

C = Constante para convertir unidades de $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ($C=86400$)

R_N = Radiación neta sobre la superficie terrestre

L = Calor latente de vaporización ($L=2.45\times 10^6$ J/kg)

s = Pendiente de la curva de presión de vapor de saturación-temperatura.

c_p = Calor del aire a presión constante

ρ_a = densidad del aire

e_d = Presión actual de vapor del aire

e_a = Presión del vapor de saturación para la temperatura del aire

γ = Constante psicrométrica

r_a = Resistencia aerodinámica

r_c = Resistencia del cultivo

Los datos meteorológicos necesarios para desarrollar la fórmula de Penman – Monteith en la zona de estudio fueron pocos por lo que, como ya se mencionó en el punto 3.2.2, se asumió que la información meteorológica perteneciente a la estación M120 es representativa para la cuenca alta del río Pita.

De esta manera, las primeras capas de ingreso (temperatura, humedad relativa, viento y nubosidad) se ingresaron con un solo valor de los pixeles que conforman la cuenca alta del Pita, mediante la extensión Spatial Analyst.

La metodología empleada para el cálculo de la Evapotranspiración estándar en el ArcGis se describe en la Figura 3.7. Dicho procedimiento se desarrolló para cada período de estudio y para cada estación (Lluviosa – Seca).

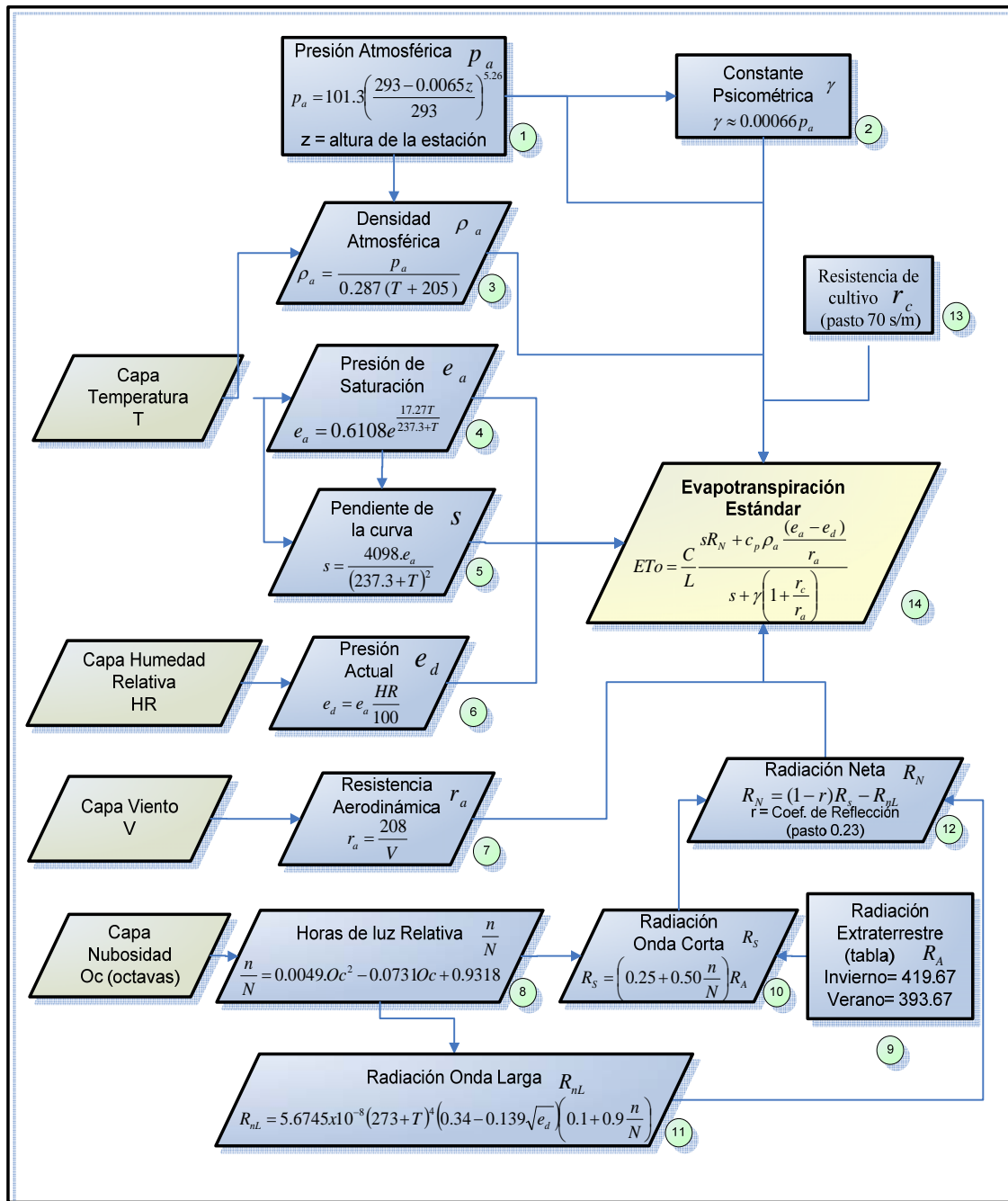


Figura 3.8 Metodología empleada para el Cálculo de la Evapotranspiración Estándar en el SIG (fórmulas tomadas de Laot, 2005)

Con el fin de detallar los cálculos realizados para encontrar la evapotranspiración estándar, a continuación se describe un ejemplo en donde los datos de ingreso son los registros del mes de enero de la estación M120 para el año 1982:

Altura = 3561 m.s.n.m. Temperatura = 8.5 ° C Humedad relativa = 95 %
 Viento = 9.1 m/s Nubosidad (octavas) = 6

Parámetro	Símb.	Ecuac	Cálculo	Resp.
Presión Atmosférica	p_a	1	$101.3 \times \left\{ \frac{293 - 0.0065 \times 3561}{293} \right\}^{5.26}$	65.7 kPa
Constante Psicométrica	γ	2	0.00066×65.7	0.043 kPa/°C
Densidad Atmosférica	ρ_a	3	$65.7 / \{0.287(8.5 + 275)\}$	0.8 kg/m ³
Presión de Saturación	e_a	4	$0.6108 \exp\{17.27 \times 8.5 / (8.5 + 237.3)\}$	1.10985 kPa
Pendiente de la curva	s	5	$4098 \times 1.10985 / (237.3 + 8.5)^2$	0.075
Presión actual	e_d	6	$1.10985 \times 98 / 100$	1.054 kPa
Resistencia Aerodinámica	r_a	7	$208 / 9.1$	22.86 s/m
Horas de luz relativa	$\frac{n}{N}$	8	$0,0049 \times 6^2 - 0,0731 \times 6 + 0,9318$	0.67
Radiación extraterrestre	R_A	9	Tabla de radiación extraterrestre. (latitud 0°) Etapa Invierno	419.67 W/m ²
Radiación Onda Corta	R_S	10	$(0.25 + 0.5 \times 0.67) \times 419.67$	245.42 W/m ²
Radiación Onda Larga	R_{nL}	11	$5.6745 \times 10^{(-8)} \times (273 + 8.5)^4 \times (0,34 - \{0,139 \times \text{RAIZ}(1.054)\})^* \{0,1 + (0,9 \times 0.67)\}$	50.1 W/m ²
Radiación Neta	R_N	12	$(1 - 0.23) \times 245.42 - 50.1$	138.92 W/m ²
Evapotranspiración estándar	ET_o	14	$86400 / (2.45 \times 10^6) \{0.075 \times 138.92 + 1004.6 \times 0.8 \times (1.11 - 1.05) / 22.86\} / \{0.075 + 0.043 \times (1 + 70 / 22.86)\}$	1.8065 mm/d

* La numeración de las ecuaciones corresponden a los números en círculos verdes de la figura 3.7.

Tabla 3.6 Ejemplo para el cálculo de Evapotranspiración Estándar para el mes de enero (1982)

Posteriormente, a esta evapotranspiración estándar se la multiplica por un factor de corrección denominado Coeficiente de Cultivo (K_c); dicho coeficiente transforma el resultado obtenido en una evapotranspiración real de la cobertura actual del terreno. El K_c varía principalmente en función de las características particulares del tipo de cobertura.

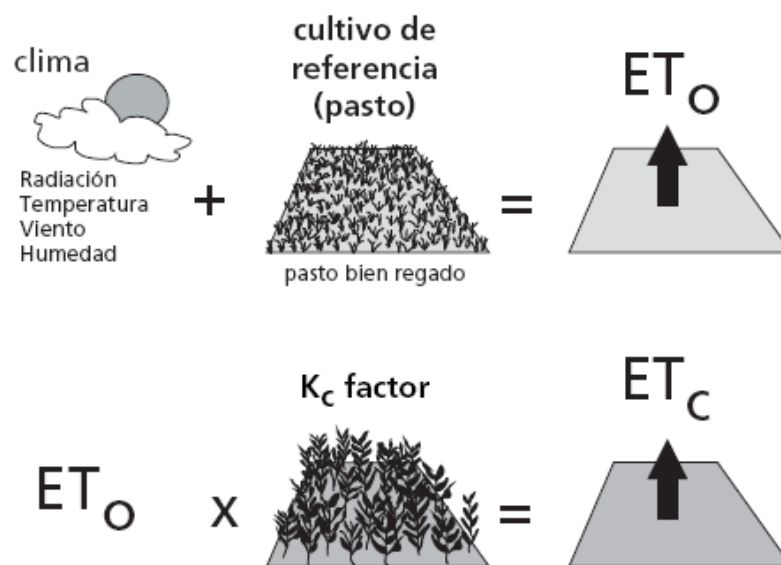


Figura 3.9 Cálculo Evapotranspiración de Cultivo FAO. Fuente: FAO, 2006.

Para este cálculo se utilizó la capa tipo Shapefile “Cobertura Vegetal” de la cuenca del río Pita y se definió 7 clases de cobertura en función de la Evapotranspiración para la zona de estudio. Estas coberturas se pueden apreciar en el Anexo 6.4, Mapa 05.

Tomando los Coeficientes de Cultivo (K_c) usados en el estudio de Coello, 2007; se transformó la información de coberturas tipo vector a uno de tipo raster, en donde cada píxel posee el valor del K_c . A continuación, se multiplicó este raster con el raster de la ET_0 .

Tabla 3.7 Coeficientes de Cultivo (Kc) por cobertura de la zona de estudio.

Fuente: Coello, 2007

TIPO DE COBERTURA	COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc)
Páramo Herbáceo	0,7
Páramo Arbustivo	0,45
Bosque (Coníferas)	1
Pasto	0,75
Cultivos	0,63
Suelo Descubierta	0,3
Cuerpos de Agua	1,25

Hasta el momento, la evapotranspiración obtenida está dada en mm/día. Para transformar este resultado a las unidades definidas para el balance hídrico (mm/mes), se multiplicó a cada capa de épocas seca y lluviosa por 30.6.

Cálculo de la Infiltración

El cálculo de éste parámetro se basa en la ecuación desarrollada por Maidement (1994); la cual describe que la precipitación tiene 3 posibles destinos al llegar a la superficie terrestre (ver figura 3.9):

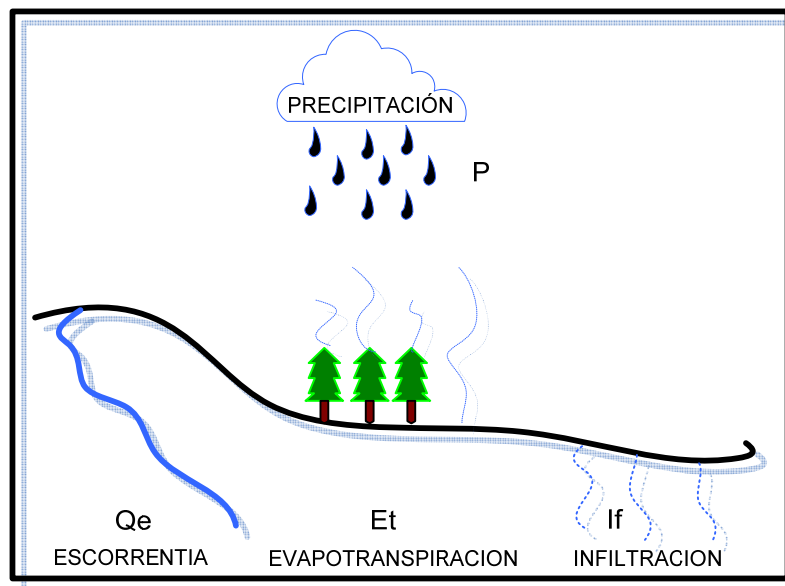


Figura 3.10 Destinos de la precipitación en la superficie terrestre (Cálculo de la Infiltración)

Fundamentados en esto se deriva las ecuaciones 3.6, las mismas que indican que los parámetros: evapotranspiración, escorrentía e infiltración son el resultado de la multiplicación de un factor por la precipitación. Los factores deben sumar la unidad.

$$P = Et + Qe + If$$

$$Et. = \alpha.P.$$

$$Qe = \beta.P.$$

$$If. = \gamma.P.$$

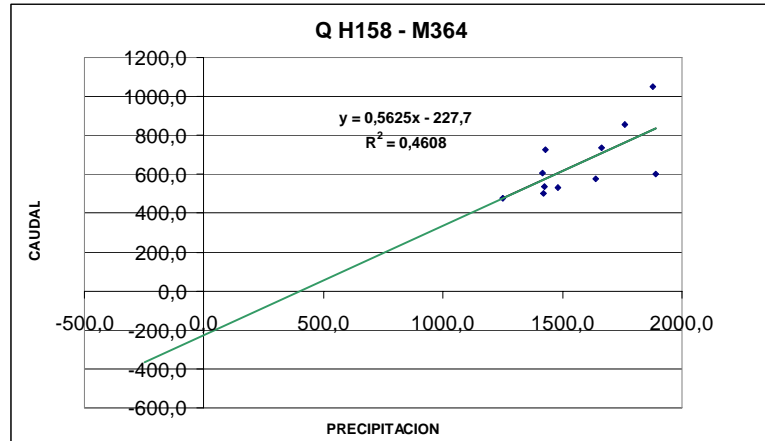
$$1 = \alpha + \beta + \gamma.$$

Ecuación 3.5 Cálculo de la Infiltración. Fuente: Maidement (1994)

El factor alfa (α) pudo ser fácilmente despejado ya que previamente se calculó la precipitación y la evapotranspiración de la zona de estudio; por lo tanto mediante algebra de mapas se obtuvo dicho factor.

Al factor beta (β) no se lo puede despejar porque el caudal de escorrentía es justamente nuestra incógnita final; sin embargo, se obtuvo este factor del estudio realizado por Coello 2007; en donde se graficó los registros de precipitación versus los valores de caudal de la única estación hidrológica vigente ubicada en la

cuenca del río Pita (H158), y se determinó la ecuación que los define. El valor de la pendiente de la ecuación corresponde al factor β para nuestro cálculo.



Correlación (r) = 0.68 β = 0.56

Figura 3.11 Relación Precipitación – Caudal para la cuenca del río Pita.

Fuente: Coello, 2007.

El factor gamma (γ) se lo obtuvo despejándolo de la última ecuación del grupo de ecuaciones 3.6 también con la ayuda del algebra de mapas. Finalmente para el cálculo de la infiltración se multiplicó al factor γ por la precipitación.

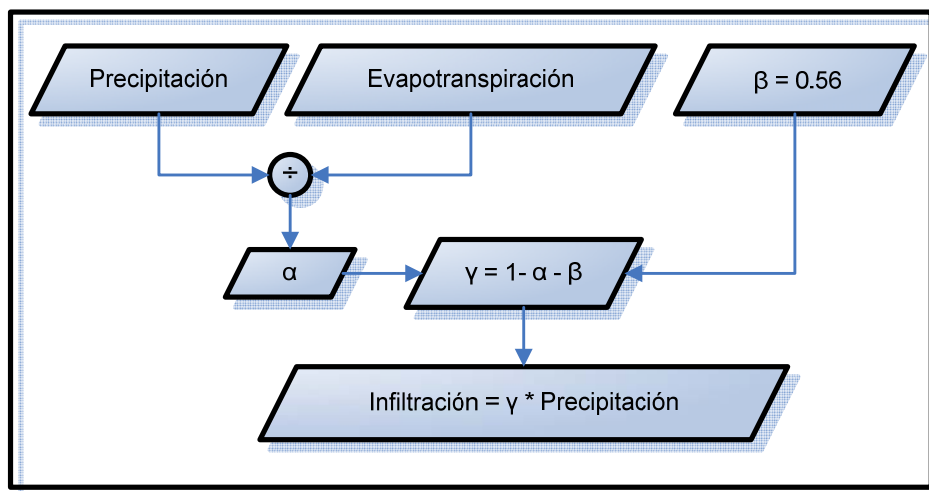


Figura 3.12 Metodología Cálculo Infiltración

Concesiones de Agua

Sin duda alguna, este aspecto es muy importante ya que aporta significativamente en la demanda del recurso hídrico y en consecuencia al valor final de la oferta.

La metodología empleada para este cálculo consistió en ubicar las concesiones pertenecientes a la cuenca alta del río Pita. Dicha información fue realizada con la documentación de concesiones proporcionada por el CNRH.

La información fue filtrada hasta conseguir que todos los registros posean información de caudal concesionado; este dato se encontraba en las unidades de litro por segundo (lt/s). Para transformarlos a mm/mes se utilizó nuevamente la Ecuación 3.3 (Transformación de unidades). Con el fin de resolver ésta ecuación se necesitó el valor del área de influencia de cada concesión y para esto se utilizó el raster de Dirección del Flujo que se describe en la Figura 3.6 (Metodología par obtener la dirección del flujo).

Posteriormente, se creó un raster de Acumulación del Flujo; el cual identifica el número de celdas o píxeles que fluyen a cada celda de la zona de estudio en función de la dirección de las pendientes.

Una vez identificado el número de celdas que aportan en cada punto de las concesiones se pudo calcular su área de influencia multiplicando dicho número por 289 (m²); ya que la dimensión de cada píxel equivale a 17x17 m².

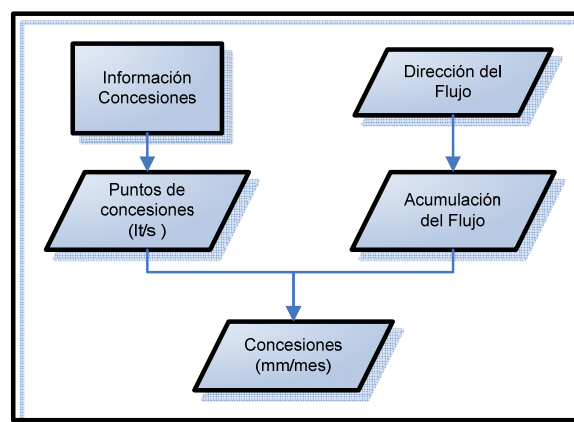


Figura 3.13 Metodología Cálculo Concesiones

Los valores obtenidos fueron ingresados como un campo más en el shapefile de concesiones; a continuación, utilizando estos datos se procedió a transformarlo en un archivo raster.

Finalmente, se hizo una reclasificación para transformar los píxeles ubicados en la zona de estudio con valores de "NoData" a valores de "0" (cero).

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ESCORRENTÍA

Una vez calculados cada uno de los parámetros que intervienen en el esquema de Balance Hídrico que se utilizó para este estudio, se procedió a calcular la Ecuación 3.1.

Para realizar este cálculo nuevamente se utilizó la aplicación Acumulación del Flujo, dicha herramienta también posee una función adicional conocida como Raster de Pesos.

La función Raster de pesos permite determinar la acumulación del flujo no solo como una suma del número de píxeles que fluyen a lo largo de una cuenca hidrográfica, sino también como la acumulación del valor que se les dé a dichos píxeles (pesos). En el caso del presente estudio, este valor corresponde al agua restante en la superficie que contribuiría a la escorrentía superficial.

No obstante, la mencionada función no admite la acumulación de valores negativos por lo que se procedió con la metodología que describe la figura 3.11; en donde se sumó todos los parámetros que corresponden a los Aportes de Agua en la superficie, con éste raster de los aportes se calculó la acumulación del flujo. De la misma manera se procedió con los parámetros que extraen agua del sistema (Extracciones).

Posteriormente, mediante algebra de mapas se restó los Aportes menos las Extracciones para obtener los Caudales en mm/mes.

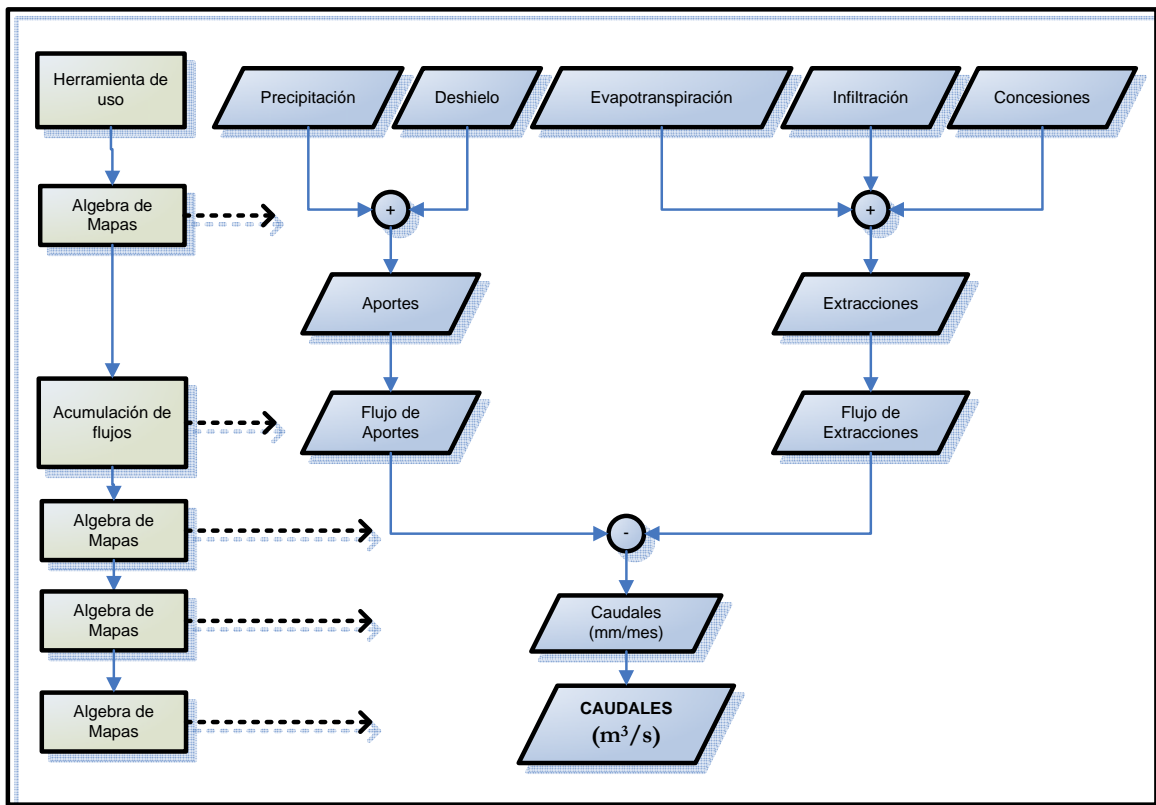


Figura 3.14 Metodología para el Cálculo del Caudal de Escorrentía

La metodología se aplicó para cada uno de los períodos y estaciones definidas en el estudio. Para el cálculo de los caudales en m^3/s se siguió el siguiente proceso.

$$Q \frac{mm}{mes} * \left[\frac{1m}{1000mm} \times Dimensiones.píxel(17x17).m^2 \times \frac{1mes}{30.6dias} \times \frac{1dia}{24h} \times \frac{1h}{3600s} \right] = Q \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$Q \frac{mm}{mes} * 0.0000001093107 = Q \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Ecuación 3.6 Transformación de mm/mes a m^3/s

CALIBRACIÓN DEL MODELO

La calibración del modelo consiste en implementar ajustes finales a los cálculos realizados, con el fin de que el resultado final sea lo más cercano posible a la realidad. De ésta manera, primeramente se procedió a identificar parámetros cuantificables que afecten de alguna u otra forma al valor de caudal en la zona de estudio y que no fueron considerados en la Ecuación General del Modelo de Oferta Hídrica (Ecuación 3.1).

Fruto del análisis del estudio realizado por Coello (2007), se identificaron dos parámetros que no fueron considerados para el modelo, estos son: el aporte del trasvase del canal Allumis y el caudal de retorno por irrigación ineficiente.

Además, como ya se mencionó anteriormente, la información de concesiones proporcionada por el CNRH fue insuficiente para ubicar todas las concesiones que se encontraban en la zona de estudio; razón por la cual, éste fue un factor más de calibración.

Para concluir ésta investigación se debía comparar los resultados obtenidos con valores reales medidos; esto se realizó con los registros de caudal de la estación H158. Este resultado se describe en el Capítulo 4 de Resultados, en el punto 4.1.1.

Canal de Alumis

El agua del canal de Alumis proviene del río Tambo, río que nace al sur este del volcán Cotopaxi. Su agua se dirige hacia la provincia del Cotopaxi, atravesando a la cuenca del río Pita; sin embargo durante la construcción de este canal (es decir hasta el año 2000, Coello 2007), el agua era desviada hacia el río Pita. Al canal se lo puede ver en el Anexo 6.4, Mapa06.

El departamento de Ríos Orientales de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito realiza continuamente aforos del aporte de

éste canal al río Pita. Se promedió los valores de caudal de los aforos hasta el año 2000; este valor corresponde a 431.6 l/s.



Fotografía: Canal Alumis

Cabe recalcar que hasta la actualidad en las épocas lluviosas, parte del agua del canal Alumis desborda hacia el río Pita.

La metodología que se empleó para considerar este dato consistió en ubicar el punto de medición de los aforos; a dicho punto se le asignó el valor de $0.432 \text{ m}^3/\text{s}$ transformándolo a raster. Posteriormente se realizó una reclasificación con el fin de eliminar los píxeles con valores de "NoData".

Se calculó la acumulación del flujo del aporte y finalmente, se sumó a los valores de caudal al resultado del modelo.

Retorno por irrigación ineficiente

Otro punto que se consideró es el caudal de retorno por irrigación ineficiente. Según Coello 2007, la zona de estudio no cuenta con mediciones de eficiencia de los sistemas de riego por lo que se asumió que este valor ascendía al 10% del valor de precipitación (Nonner, 2003).



Fotografía: Hacienda Pullirima – Pushicungo

La metodología de su cálculo consistió en identificar las áreas de cultivo presentes en la zona de estudio mediante el empleo del mapa de Uso Actual, posteriormente se tomó los valores de precipitación de estas áreas cortándolas de los raster de precipitación previamente calculados (de cada período y estación).

Al raster generado se lo multiplicó por 0.1, se procedió de la misma manera que se lo hizo con el aporte del Canal Alumis (ver Figura 3.15).

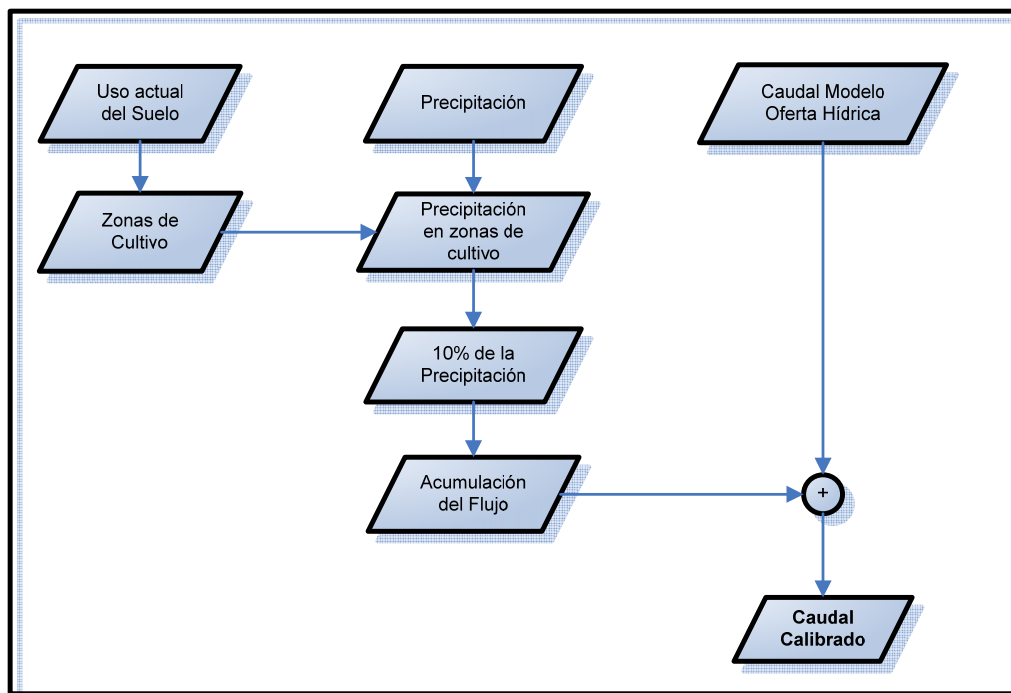


Figura 3.15 Metodología para calibración del retorno por irrigación ineficiente

Tomas de agua no incluidas

La metodología consistió en visitas de campo a los ríos que forman parte de la cuenca alta del Pita; a lo largo de los ríos se ubicaron las tomas de agua visualizadas y se llenó una ficha técnica de cada una de ellas (ver Anexo 6.2.1); además se pueden visualizar dichas tomas de agua en Anexo 6.4, Mapa 06, con el nombre “Tomas encontradas en campo”.

Posteriormente se hizo un análisis (ver ítem 4.4) de la información recolectada en campo y se identificó las tomas de agua que no estaban incluidas en los datos de concesiones.

Parte de la información recolectada en el campo fue el caudal aproximado de dichas tomas de agua; cuyos valores se ingresaron como raster de los puntos. Así, se procedió a calcular su acumulación del flujo y restarlo del raster de Caudal de Escorrentía.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DEL ESTUDIO

OFERTA HÍDRICA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PITA (ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS)

La Estimación de la Oferta Hídrica en la cuenca alta del río Pita se obtuvo en formato raster para cada período y estación de estudio; en donde, cada píxel representa un área de 289 m² y su valor de respuesta corresponde al caudal en m³/s que dicho píxel aporta hacia el río.

De esta manera, los píxeles con valores de caudal más altos, corresponden a las zonas de quebradas por donde transita la red hídrica (ríos). Activando la opción "Show Map Tips" en la pestaña "Display" de las propiedades del raster, se visualiza el caudal del píxel en donde el puntero del ratón se ubique.

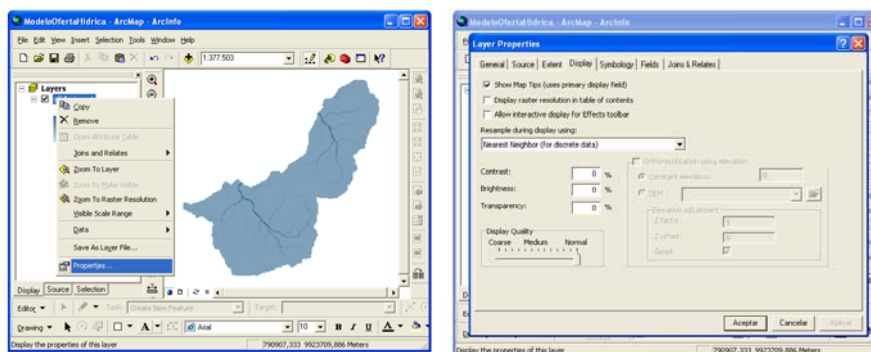


Figura 4.1 Activación de "Map Tips" en ArcGis

El resultado del modelo se lo puede visualizar en ArcGis ya que bajo esta plataforma se realizó todos los cálculos; pero también puede visualizarse en todos los Programas capaces de desplegar archivos tipo raster.

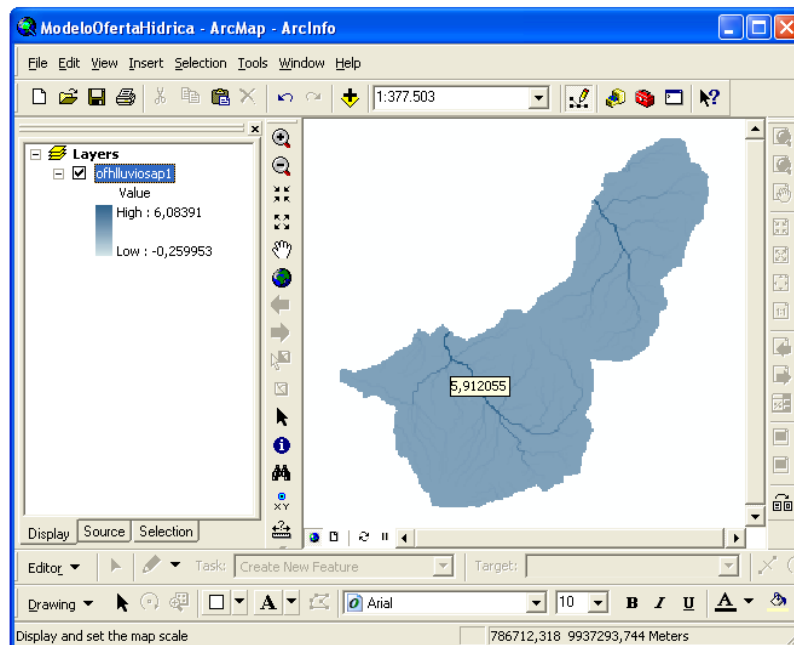


Figura 4.2 Resultado del Modelo Oferta Hídrica en la Cuenca Alta del río Pita

Como se puede apreciar en la Figura 4.2, el resultado del modelo generado permite consultar el caudal de todos los ríos y quebradas que la escala de la información base permitió identificar en la zona de estudio. Esto se puede lograr tan solo con hacer zoom sobre el tramo del río que se quiere visualizar el caudal y posicionando el cursor sobre el píxel deseado.

Como se planteó al inicio de la tesis, se dividió a la zona de estudio en las tres microcuencas que allí se formaban; en consecuencia, se presentarán los resultados identificando los caudales al final de los tres ramales, tal como lo describe la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Oferta Hídrica por Microcuencas

PERIODO	EPOCA	CAUDAL (m ³ /s)		
		M. CHORRO	M. PITA	M. LAGUNA DE SECAS
P1 1968 – 1977	Lluviosa	0.23	6.08	3.87
P1 1968 – 1977	Seca	0.07	2.67	2.43
P2 1978 – 1987	Lluviosa	0.22	5.78	3.48
P2 1978 – 1987	Seca	0.05	2.40	2.14
P3 1988 – 1997	Lluviosa	0.22	5.58	3.21
P3 1988 – 1997	Seca	0.05	2.26	2.13

Como se puede observar en la tabla, los caudales que se generan en la época lluviosa superan en más del doble al caudal que se genera en la época seca para las microcuencas del Chorro y del Pita.

En el caso de la Microcuenca de la Laguna de Secas, la variación es menor debido a que se ubica más al oriente de la zona de estudio, siendo influenciada por las corrientes de aire orientales donde la precipitación en el transcurso del año es más uniforme.

Además, es claro distinguir que la microcuenca del río Pita es la que mayor caudal genera en la cuenca alta. El agua de la microcuenca el Chorro es la de menor caudal; sin embargo, aguas abajo se une al caudal generado en las quebradas del Rumiñahui y formarán el río el Salto, posteriormente éste se une al río Pita.

Finalmente, el caudal de la microcuenca Laguna de Secas es un aporte para dicha laguna, esta agua aflora nuevamente en la cuenca baja del Pita mediante vertientes que forman el río Guapal, río que también se une al río Pita.

4.1.1. Comparación con Valores Reales Medidos

Esta comparación se hizo con el fin de identificar que tanto se acerca a la realidad los valores calculados, para lo cual se necesitaba datos de caudal medidos en la zona de estudio. La única fuente existente para esta comparación fue la estación hidrológica del INAMHI “H158” (Pita AJ Salto).

Según entrevistas personales realizadas a hidrólogos, basados en su experiencia profesional, afirman que los registros de caudal de la estación anteriormente mencionada no son muy confiables. Sin embargo, al no contar con más fuentes de comparación en toda la zona de estudio, se asumió que los datos de la estación H158 perteneciente al INAMHI, representan los valores reales de caudal y en base a la misma, se realizaron las comparaciones.

Se procedió a calcular los valores de caudal promedio de la estación H158 en m^3/s para cada uno de los períodos y estaciones que se definieron en la modelación de la oferta hídrica (ver tabla 3.2. Períodos de Estudio). A estos valores se los comparó con el píxel donde se ubica la mencionada estación hidrológica.

$$Diferencia\left(\frac{m^3}{s}\right) = caudal.real_{H158} - caudal.calculado_{ModeloOH}$$

Ecuación 4.1 Comparación con valores reales

Respecto a esta diferencia, se calculó su media, sus valores máximo y mínimo, y la desviación estándar.

Tabla 4.2 Diferencias con caudales medidos

PERÍODO	ÉPOCA	CAUDAL REAL m ³ /s	CAUDAL CALCULADO m ³ /s	DIFERENCIA m ³ /s	DIFERENCIA ABSOLUTA m ³ /s
P1	Lluviosa	2,015	4,159	-2,145	2,145
P1	Seca	1,872	1,931	-0,060	0,060
P2	Lluviosa	3,183	3,944	-0,761	0,761
P2	Seca	2,489	1,774	0,716	0,716
P3	Lluviosa	2,407	3,769	-1,363	1,363
P3	Seca	2,261	1,684	0,577	0,577
Media					0,937
Min					0,060
Max					2,145
Desv. Estandar					0,724

Como se puede observar en el cuadro anterior, la diferencia absoluta máxima pertenece al primer período de cálculo (época lluviosa 1968 – 1977). Los siete primeros años de éste período poseen valores de caudal aproximado 1.8 m³/s, a finales del séptimo año (1974), inmediatamente los caudales suben hasta alcanzar valores de 4.086 m³/s (Ver Anexo 6.1.2 Estación Hidrológica). Expertos afirman que es posible que esto sea debido a un mal funcionamiento de la estación hidrológica en dicho período.

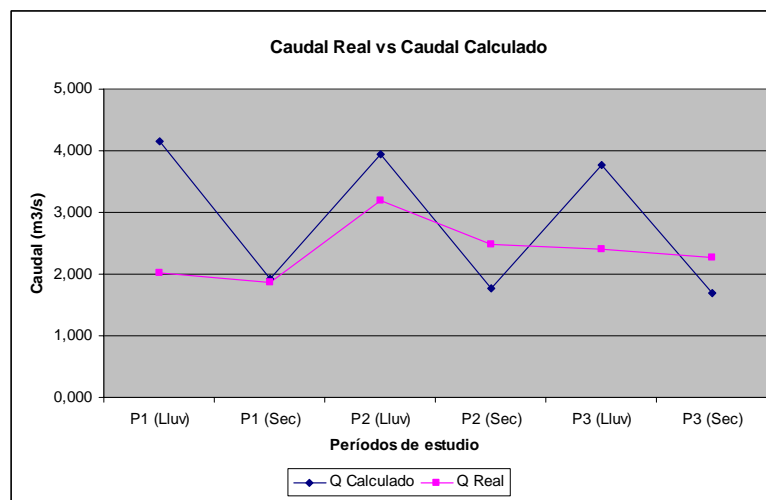


Figura 4.3 Comparación con Valores de Caudal Reales

Si se eliminara este valor máximo, la diferencia promedio disminuiría y por lo tanto mejoraría la comparación entre valores medidos y calculados, esto se puede apreciar en la Figura 4.3.

En dicha Figura, se observa la irregularidad en los datos de caudal reales, y por el contrario la uniformidad de los caudales calculados en la comparación época Lluviosa – Seca. Además, se visualiza la tendencia de disminución de los caudales calculados.

El resto de diferencias son menores; sin embargo, cabe señalar que para el modelo que se ha desarrollado, se asumieron varios factores que influyen en gran medida para el valor final de caudal, entre ellos:

- ◆ Se asumió que el balance hidrológico en la zona de estudio es un sistema lineal (todo lo que ingresa sale); lo que quiere decir que no existe almacenamiento. Esto no es cierto, ya que una de las características del suelo del páramo es su capacidad de almacenamiento de agua. No obstante, en la actualidad este factor es muy difícil de identificar menos aún de cuantificarlo, además no existen datos en la zona que hagan referencia de este punto.
- ◆ Se definió el interpolador que se adaptó de mejor manera a los escasos datos que se tenían; sin embargo, esto no quiere decir que la interpolación obtenida refleje en su totalidad el comportamiento de la precipitación en la zona de estudio. Para conseguir esto, se necesita una mayor cantidad de estaciones que midan la precipitación y una distribución uniforme de las mismas en toda el área.
- ◆ Para el cálculo de la evapotranspiración, se asumió que los registros de temperatura, humedad relativa, viento y nubosidad de la estación M120 fueron representativos para toda la cuenca alta del río Pita ya que no existían más estaciones que midieran estos datos.

- ◆ En función de un estudio realizado por el INAMHI, se asumió que la aportación de deshielo del Glaciar del Cotopaxi, es de 49 l/s; sin embargo, según el criterio de expertos, este valor es muy pequeño.
- ◆ Y, se asumió que el caudal concesionado es la cantidad de agua que se extrae de la red hídrica constantemente durante todo el año.

En base a los puntos indicados anteriores, se puede decir que los resultados del modelo hidrológico propuesto, son una estimación de la oferta hídrica que, en función de la información disponible, pretende una aproximación lo más cercana a la realidad.

PRECIPITACIÓN EN FUNCION DEL TIEMPO

Debido a que los cálculos se hicieron para tres períodos de 10 años cada uno, se pudo hacer un análisis de cómo está cambiando la oferta hídrica con el transcurso del tiempo.

La precipitación es el parámetro de mayor influencia para el cálculo de la oferta hídrica del modelo planteado; en consecuencia, como primer punto se analizó la variación de la precipitación para los tres períodos y cada una de las épocas (lluviosa – seca).

La representación de la precipitación en función del tiempo se la puede apreciar en el Anexo 6.4, Mapa 07.

Tabla 4.3 Valores máximos y mínimos de Precipitación (mm/mes)

VALORES	PERIODO 1 (1968 – 1977)	PERIODO 2 (1978 – 1987)	PERIODO 3 (1988 – 1997)
	Época Lluviosa		
Máximo	160.15	156.76	160.96
Mínimo	126.14	118.20	107.04
	Época Seca		
Máximo	126.32	117.69	106.66
Mínimo	48.818	38.272	26.074

Como podemos ver en la Tabla 4.3, la precipitación (mm/mes) en la zona de estudio está disminuyendo conforme transcurren los años. Esta tendencia de disminución puede aparentar que no coincide para la época lluviosa de los años 1988 al 1997; sin embargo si vemos el Mapa mencionado anteriormente (Mapa 07), se puede distinguir que, a pesar de que se tiene un pico mayor que en los 20 años anteriores, el área de lluvia mas intensa (color azul) es cada vez menor en comparación con los años anteriores; además, su valor mínimo es más bajo.

La afirmación anterior se aclara en la Tabla 4.4 en donde se evalúa la precipitación promedio en función del tiempo.

Tabla 4.4 Precipitación en función del tiempo (mm/mes)

	PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3
	Epoca Lluviosa (septiembre - mayo)		
Precipitación Media	143,15	137,48	134,00
% de disminución		3,96	2,53
	Epoca Seca (junio - agosto)		
Precipitación Media	87,57	77,98	66,37
% de disminución		10,95	14,89

Al comparar la precipitación media en la Época Lluviosa del Período 2 con el Período 1, podemos ver que la precipitación a disminuido en un 3.96%; y para el Período 2 versus el Período 3, también a disminuido en un porcentaje del 2.53.

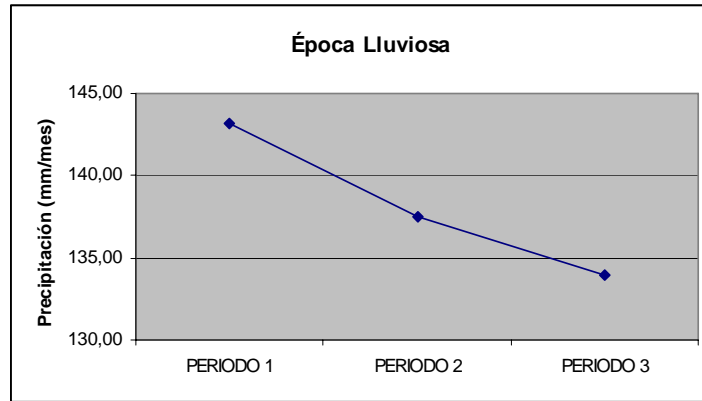


Figura 4.4 Precipitación en función del tiempo (Época Lluviosa)

La precipitación para la Época Seca también disminuye en la comparación entre períodos, pero estos porcentajes de disminución son más altos que en los meses lluviosos.

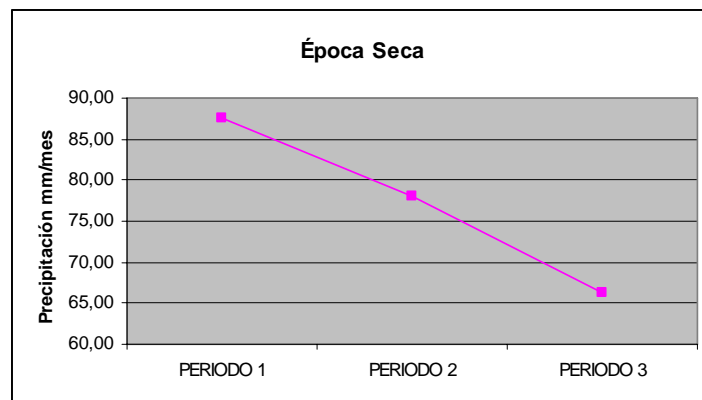


Figura 4.5 Precipitación en función del tiempo (Época Seca)

OFERTA HÍDRICA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

Para la realización de este análisis se utilizó el caudal calculado para la microcuenca Pita, ya que es la que influye directamente en la cuenca del río Pita.

Tabla 4.5 Oferta Hídrica en función del tiempo (m³/s)

	PERIODO 1 (1968-1977)	PERIODO 2 (1978-1987)	PERIODO 3 (1988-1997)
	Época Lluviosa (septiembre - mayo)		
Caudal	6,08	5,78	5,58
% de disminución		4,93	3,46
	Época Seca (junio - agosto)		
Caudal	2,67	2,4	2,26
% de disminución		10,11	5,83

El caudal para la microcuenca Pita ha disminuido en el transcurso de los 30 años analizados. Al comparar el período 1 con el período 2 en la época lluviosa, el caudal disminuyó en un 4.93%; mientras que para la comparación de los períodos 2 y 3, el agua en el río disminuyó en un 3.46%

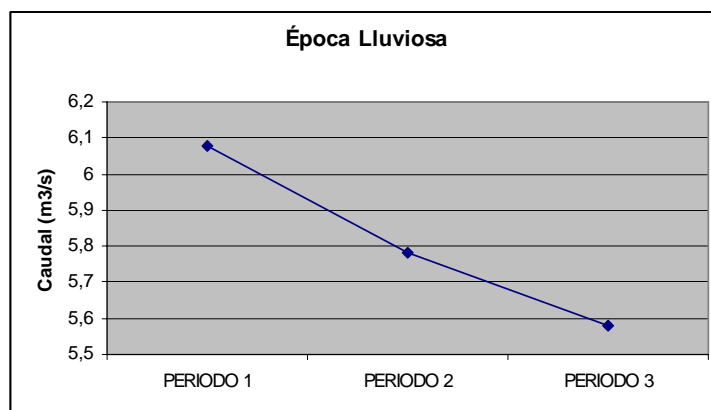


Figura 4.6 Oferta hídrica en función del tiempo (Época Lluviosa)

De la misma manera, según los valores calculados, en la época seca el caudal en el río Pita por sobre los 3600 m.s.n.m. está disminuyendo. En este caso el porcentaje de disminución es mayor que en la época lluviosa; dicho porcentaje de las comparaciones entre los periodos 1 – 2 y 2 – 3 son 10.11% y 5.83% respectivamente.

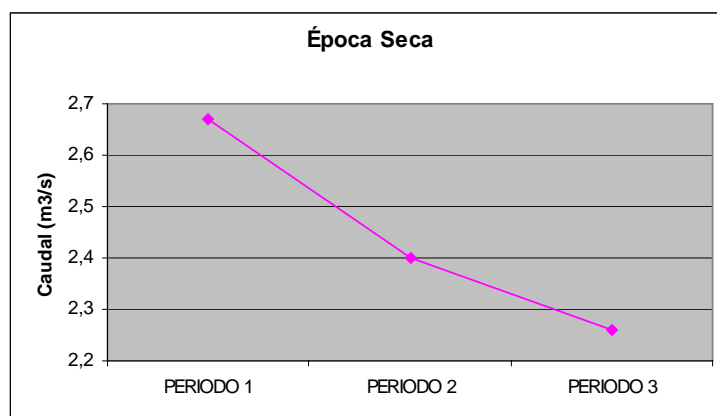


Figura 4.7 Oferta hídrica en función del tiempo (Época seca)

Con el fin de analizar la influencia de las captaciones de agua en el cálculo de la oferta hídrica de la microcuenca Pita, se procedió a calcular el porcentaje que representan dichas captaciones con respecto al caudal obtenido del Modelo.

Para la elaboración de la Tabla 4.6 se sumó los caudales de todas las concesiones y las tomas de agua ubicadas en campo que se encuentran en la microcuenca Pita. Este valor corresponde a 0.752 m³/s y se asumió que se mantiene constante durante todo el año ya que los caudales concesionados son fijos; es decir, no cambian entre Épocas Secas y Lluviosas.

Tabla 4.6 Representación de Captaciones de agua con respecto a la Oferta Hídrica de la microcuenca Pita

Período de cálculo	Caudal calculado (m3/s)	Captaciones de agua (m3/s)	% que representa las captaciones
Época Lluviosa			
P1	6,08	0,752	12,36
P2	5,78		13,01
P3	5,58		13,47
Época Seca			
P1	2,67	0,752	28,15
P2	2,40		31,32
P3	2,26		33,26

Tanto para la Época Lluviosa como para la Época Seca el porcentaje que representa las captaciones de agua se vuelve cada vez más representativo porque el caudal esta disminuyendo con el transcurso del tiempo.

En la Época Seca al generarse menor cantidad de agua, el caudal captado toma mayor importancia que en Épocas lluviosas, siendo representado en promedio por un porcentaje del 31%. Debe tomarse en cuenta que si las captaciones se incrementan y si la tendencia de disminución de caudal continua, el porcentaje en esta época puede alcanzar cifras alarmantes.

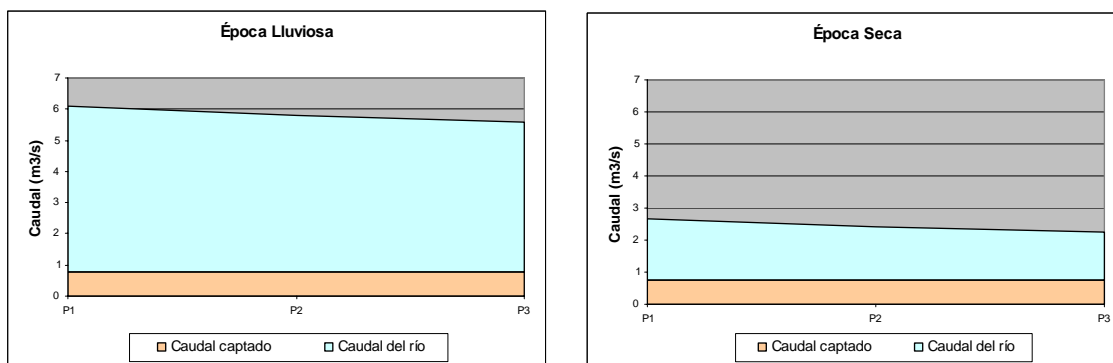


Figura 4.8 Representación del caudal captado en la microcuenca Pita

ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOLECTADOS EN CAMPO

El documento proporcionado por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) consistió en un archivo de tipo Excel en donde cada fila correspondía a una concesión otorgada; y cada columna a una característica de dicha concesión. Muchas de estas concesiones no poseían una gran cantidad de información importante para su identificación, por lo que se vio la necesidad de descartarlas.

Del estudio de Coello 2007, se obtuvo un archivo tipo shape que localizó la mayor cantidad de concesiones posible. Sin embargo, Coello advierte que aproximadamente el 15% de las concesiones no pudo ser localizadas por falta de información (Anexo 6.4, Mapa 06). Este archivo es el que sirvió como base para el desarrollo del Trabajo de campo y por consiguiente de su análisis.

Se procedió a identificar todas las concesiones ubicadas en la cuenca alta con el fin de establecer una guía para las salidas de campo. Además, se entabló contacto con el Parque Nacional Cotopaxi y el Parque Nacional Antisana solicitando los permisos necesarios para la realización de esta investigación, ya que la mayor parte del área de estudio se encuentra bajo su dominio.

Las salidas de campo consistieron en ubicar la mayor cantidad de tomas de agua en la zona de estudio, llenando una ficha técnica de cada una de ellas (Anexo 6.2.1, Fichas Técnicas), en donde además de identificar el sistema hídrico y su posible concesionario, se calculó el caudal aproximado de dichas tomas.

Además de las fichas técnicas, también se realizó una encuesta a los guardaparques, ya que son quienes habitan en la zona de estudio. Esto se hizo con el fin de evaluar el estado actual y pasado del sistema hidrológico del sector, y las actividades que se están desarrollando en él (Anexo 6.2.2 formato de la encuesta).

Del trabajo de campo respecto a las tomas de agua se obtuvo como resultados:

- ♦ Con la guía de los guardaparques de las 2 reservas, se logró identificar 18 tomas de agua en la zona de estudio. Cada toma, al no contar con una codificación establecida por el CNRH (ya que en los datos proporcionados

no los poseían); fueron codificadas con la letra T más una numeración que fue en el orden de ubicación de las mencionadas tomas (Anexo 6.2.1).

- ◆ Las salidas de campo se realizaron en el mes de septiembre, mes en el que el verano finaliza; esto ocasionó una dificultad en la medida de los caudales. Se procedió a aproximar su caudal en función de las dimensiones de la toma.
- ◆ De las tomas de agua identificadas, cuatro no se encontraban en el archivo base; sin embargo no se puede afirmar si estas tomas de agua son o no clandestinas ya que pueden estar en el grupo de concesiones ($\approx 15\%$) que no pudieron ser consideradas por falta de información.

Dichas tomas son (Anexo 6.4, Mapa 06):

- T6 (Anexo 6.2.1 pag: 105)
- T8 (Anexo 6.2.1 pag: 107)
- T9 (Anexo 6.2.1 pag: 108)
- T11 (Anexo 6.2.1 pag: 109)

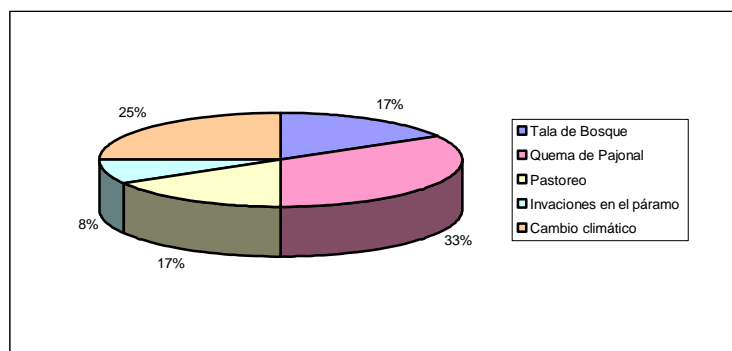
Estas tomas que fueron consideradas para la calibración del modelo.

De acuerdo al trabajo de campo realizado el porcentaje de “nuevas” tomas encontradas con respecto a las 18 localizadas es del 22%.

- ◆ De las tomas de agua identificadas, tan solo una que constaba en el archivo base estaba fuera de funcionamiento (T13 Anexo 6.2.1 pag: 111).
- ◆ De acuerdo a los datos del CNRH la mayor cantidad de concesiones, ubicadas en la zona de estudio, están destinadas para el riego (Anexo 6.4, Mapa 07).

De la encuesta realizada (ver formato de encuesta Anexo 6.2.2), se obtuvieron los siguientes resultados:

- ◆ Se realizó la encuesta a 7 guardaparques, 3 de la Reserva Antisana y 4 del Parque Nacional Cotopaxi.
- ◆ Todos los guardaparques afirman que el nivel del agua de los ríos ha disminuido, esto concuerda con el resultado obtenido del Modelo Hídrico propuesto en ésta tesis. Además, es unánime la afirmación que la precipitación también ha disminuido; una vez más concuerda con el resultado descrito en el ítem 4.2 (Precipitación en función del tiempo).
- ◆ Según el criterio de los guardaparques, las razones por las que el agua en el río ha cambiado son:



- ◆ Afirman que el páramo hace 10 años era más abundante y más alto; de la misma manera indican que el uso agrícola permanece igual, el pastoreo disminuyó y las actividades de conservación y turismo se han incrementado.
- ◆ Los guardaparques han recibido poca capacitación sobre conservación de las fuentes hídricas; la institución que ha impartido dicha capacitación es el Fondo para la Protección del Agua (FONAG).
- ◆ Para ellos, las soluciones más importantes para la conservación del agua son concienciar a la gente que vive en los alrededores sobre su importancia y la reforestación de especies nativas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO

CONCLUSIONES

- ◆ El recurso hídrico es de vital importancia para la supervivencia del hombre; es por esto que a nivel mundial se realizan campañas en post de la conservación del Agua. En el Ecuador la conservación del recurso hídrico es una tarea de carácter nacional; consecuentemente, que esta investigación es un aporte para alcanzar dicha meta.
- ◆ El presente estudio es una contribución al entendimiento del funcionamiento del ciclo hidrológico en la cuenca alta del río Pita (por sobre los 3600 m.s.n.m.). La mayor parte de éste territorio corresponde a zona de páramo, esta es considerada como proveedora de agua y actualmente se encuentra protegida por las reservas naturales Antisana y el Parque Nacional Cotopaxi.
- ◆ Los cálculos que se empleó para obtener los parámetros del Modelo Oferta Hídrica, buscan una adaptación a los datos hidro-meteorológicos disponibles, a las características particulares de la zona estudiada, y a las recomendaciones hechas a nivel mundial para obtener mejores resultados. De esta manera, se pretendió alcanzar valores de caudal lo más cercano a la realidad.

- ◆ Los sistemas de información geográfica poseen un papel fundamental no solo en la integración de la información, sino también en el procesamiento espacial que permite la extracción automática de los parámetros a incluir en el modelo hidrológico propuesto. Logrando así, obtener el caudal en toda la red hídrica de la zona de estudio.
- ◆ La información meteorológica de temperatura, viento, humedad relativa y nubosidad, disponible para la realización de éste estudio fue insuficiente; por lo que se asumió que los registros de una estación eran los representativos para la cuenca alta del río Pita.
- ◆ Además de la poca presencia de estaciones meteorológicas en la zona de estudio, su distribución espacial fue otro inconveniente para la interpolación de la precipitación. En consecuencia, la interpolación obtenida busca adaptarse de mejor manera a los datos con los que se calculó; mas esto no quiere decir, que es el mejor acercamiento al comportamiento real del fenómeno.
- ◆ Los datos de caudal de la única estación hidrológica ubicada en la zona de estudio, no contaba con registros confiables. Sin embargo, al no poseer otros registros de caudal, estos datos se utilizaron para evaluar los resultados obtenidos con el Modelo.
- ◆ La presentación de los resultados obtenidos mediante sistemas de información geográfica facilitan su visualización y por ende propician una mejor comprensión del funcionamiento del ciclo hidrológico y del modelo de oferta hídrica propuesto.
- ◆ En los 30 años que se analizó, la precipitación y la oferta hídrica ha disminuido con forme el tiempo ha transcurrido. Tanto en la época lluviosa como en la época seca existe porcentajes de disminución en los valores de estos dos parámetros.

Al dividir los 30 años de estudio en 3 períodos de 10 años cada uno, se pudo apreciar una clara tendencia a la baja; sin embargo, es preciso aclarar

que se necesita un mayor número de registros para afirmar que esta tendencia también se extiende para el futuro.

- ◆ La base de datos de las concesiones otorgadas en el área de estudio, posee varias dificultades para la ubicación de las mismas; razón por la cual se procedió a identificarlas mediante visitas de campo.
- ◆ Conforme transcurre el tiempo los consumidores finales del agua concesionada aumentan mientras que la cantidad de agua en el río está disminuyendo; y, según la Ley de Aguas que rige nuestro país, las concesiones del recurso se otorgarán en función de la disponibilidad del mismo.
- ◆ Según el criterio de los guardaparques, la disminución del páramo se debe al desconocimiento de la población, que habita en zonas aledañas, sobre la importancia que el páramo tiene sobre el recurso agua.

RECOMENDACIONES

- ◆ Incrementar el número de estaciones meteorológicas en la zona de estudio que midan todos los fenómenos meteorológicos; los registros de estas estaciones servirán para mejorar los resultados de los parámetros calculados.
- ◆ Instalar al menos una estación hidrológica en el río Pita por sobre los 3600 m.s.n.m, con el fin de obtener una fuente confiable de comparación de los caudales calculados.
- ◆ Estudiar el comportamiento del suelo de páramo en cuanto a almacenamiento de agua, de esta manera se podrá considerar este parámetro en futuros estudios de oferta hídrica.

-
- ◆ Se deben fomentar la investigación sobre nuevos métodos de interpolación de la precipitación que se adapten de mejor manera a los datos meteorológicos disponibles en nuestro país y que reflejen con mayor precisión el comportamiento de los fenómenos atmosféricos
 - ◆ Evaluar la influencia del Cambio Climático en la disminución de la precipitación en la zona de estudio y por ende en la Oferta Hídrica.
 - ◆ Realizar un inventario de las vertientes ubicadas en la zona de estudio y su origen ya que estas e conjunto forman son un importante aporte para el caudal de los ríos.
 - ◆ Mejorar el sistema de registro de concesiones del Consejo Nacional de Recursos Hídricos.
 - ◆ Instaurar un sistema de control de las concesiones otorgadas y de las posibles tomas de agua clandestinas que se estén desarrollando a lo largo de la red hídrica en la zona de estudio.
 - ◆ Otorgar Concesiones no solo en función de la disponibilidad del recurso hídrico, sino también tomando en cuenta la disminución que éste recurso tiene con el transcurso del tiempo.
 - ◆ Realizar campañas de capacitación sobre la importancia de la conservación de las fuentes hídricas tanto a los guardaparques como a la población aledaña a la zona de estudio. Además se pueden entregar volantes informativos sobre este tema al turismo que ingresa a las reservas.
 - ◆ Reforestar el área de estudio con especies nativas que procuren restaurar el suelo de páramo afectado por las plantaciones de pino en la zona de estudio.

CAPÍTULO VI

ANEXOS

6. ANEXOS DEL ESTUDIO

DATOS

Estaciones Meteorológicas INAMHI

Precipitación

COD : M003 NOMBRE: IZOBAMBA

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1962		176,2	236,4	134	121,3	94,8	6,1	13,1	39,5	74,3	162,3	52,4
1963	199,5	185,3	201,6	176,8	97,6	59,2	60	29,7	41,5	102,3	107,3	176,9
1964	60,9	59,2	44,9	315,2	83,1	112,5	48,6	68	35,3	101,9	176,5	115,5
1965	155,9	75,3	198,6	287,6	157,5	2,1	5,3	10	142,6	209,5	236,8	129,8
1966	91,3	123,3	111,9	159,3	193	74,2	30,7	24,5	64,7	154,4	107,9	94,8
1967	144,3	253,2	166,4	72,8	118,4	61,9	21,9	14,2	38,8	195,2	72,5	38,7
1968	79,9	158,8	220,5	143	28,7	67,6	28,6	56,7	103,6	154,8	133,9	76,5
1969	122	188,1	163,8	259,8	156,6	106,8	0,7	15,5	153,4	174,2	146,1	215,3
1970	128,5	213,9	119,6	92,7	203,1	52,2	8,3	27,3	77	81,9	209,4	159,1
1971	221,3	302	283,3	111,1	107,7	154,2	4,3	56,9	107,8	194,3	130,6	106,6
1972	218,4	143,5	236,2	177,6	134,4	98	7,1	40,9	26,5	76,8	227,7	119,2
1973	91,1	78,7	183,7	220,5	182,8	91	47,5	45,4	113,5	132	75,5	107,8
1974	77,6	213,8	196,5	173,2	126,5	97,3	25,8	39,5	105	271,6	192,3	165,4
1975	105,2	263,9	220,8	166	155,4	64,8	126,1	55,1	76,8	174,1	190,5	141
1976	129	155,8	248,7	234,2	133,7	47,2	7,5	20,2	40,1	83,5	128,3	112
1977	135,2	101,6	132,3	129,2	57,2	110,2	28,4	64	122,6	97,9	43,1	127,1
1978	77,7	61,6	172,4	188,2	166	8,6	68,3	65,8	97,2	37,4	66,5	129
1979	71,2	44,6	193,4	164,1	166,9	47,2	28,3	78,6	175	62,6	48,9	31,5
1980	76,2	152	119,6	144,4	60	31,1	14,3	36,7	63,4	216,4	164,2	83,4
1981	95,4	168	223,8	240,9	93,6	74,3	49,1	81,2	40,7	180,2	161,7	142,3
1982	211,5	125,8	157	176,3	228,6	31,9	34,4	1,2	99,2	161,4	184,8	367,9
1983	133,2	87,1	205,4	230,6	215,6	60,9	19,2	40,7	58,5	121,2	137,2	247,1
1984	69,7	311,8	213,3	261,4	174,5	68,9	28,2	54,8	143,2	163,5	200,3	116,5
1985	126,3	32,1	69,4	104,7	197,7	54,3	23,3	48,5	90,7	68,1	62,3	106,2
1986	186,4	124,8	143,5	251,9	203,6	25,7	2	21,3	75,1	163,1	152,8	66,8
1987	114	82,2	126,5	159,6	118,9	15,9	37,3	50,5	108,6	116	40,8	24,3
1988	156,6	219,5	32,9	351,5	187,2	101,8	42,1	68,6	134,6	164,1	215,7	96,9
1989	230	188,7	200	156,5	100,1	112,2	40,6	24,5	118,6	186,4	39,2	20,4
1990	76,7	157,4	62,4	292,5	85,7	15,2	65,4	25,1	43,5	190,6	48,6	74,1
1991	125,4	104,7	180,8	95,4	147,7	90,9	43,9	14,4	116,7	133,5	138,8	142,3
1992	53,9	80	98,6	178,1	121,8	37,4	24,7	17,4	114,9	118,8	88,5	92,7
1993	141,9	227,3	237,4	234,1	130,5	9,5	21,7	17,1	91,4	88	102,3	244,9
1994	180,6	211,7	244	220,6	224,7	11,5	24,5	7,6	86,8	75,2	197,1	159,5
1995	53,9	61,4	208,4	168,8	107,9	84,8	53,2	100,5	50,7	137,1	209,9	124,9
1996	160,9	220,7	223,7	237,4	212,5	75,2	30	39,8	45,6	163,6	74,2	83,6
1997	233,4	102	194,9	168,1	104,1	112,8	4,6	17	71,1	150,5	250,3	195,3
1998	83,1	143,2	205,9	264,7	224,9	49,6	37,6	72	57,4	192,5	181,4	44,7
1999	93,4	251,3	269,5	152,3	201	134,5	7,9	43,6	157,2	104,2	160,3	192,5
2000	161,2	184,6	268,8	231,4	250,5	137,7	42,6	28,8	167,7	49,9	57,9	73,7
2001	144,8	168,2	226,3	133,6	102	38,2	36,1	72,9	91,4	7,9	119	192,6
2002	94	93,4	201,4	248	132,7	69,7	26,5	11,8	22,9	124,6	185	243,6
PROM	127,79	153,58	181,57	192,88	146,724	68,141	30,798	39,546	88,068	133,06	137,28	127,68
MAX	233,4	311,8	283,3	351,5	250,5	154,2	126,1	100,5	175	271,6	250,3	367,9
MIN	53,9	32,1	32,9	72,8	28,7	2,1	0,7	1,2	22,9	7,9	39,2	20,4

COD : M064	NOMBRE: LATACUNGA - AEROPUERTO
-------------------	---------------------------------------

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1934				58,2	71,4	22,3	25,2	5	0,1	61,5	87	5,3
1935	35,5	20,5	41,5	36	21,3	20			5,4	41,8	36,9	37,5
1936	7,2	50,9	33,5	72,5	43,5	11,4	1,7	0,4	3,7	0	0	0
1956							11,7	2,9	62	97,4	29,7	76,5
1957	64,5	62,9	103,8	105,7	61,8	5,4	11,6	0,4	8,9	65,6	54,6	17
1958	51,1	36,4	43,3	69	41	22,6	0,6	37,1	22,2	26,1	15	48,9
1959	12	18,2	27,8	92,6	90,3	44,6	6,6	19,9	8,1	43,7	58,3	51,7
1960		52,1	113,4	19,3	21,6	3,7				55,1	26,7	29,8
1961	46,3	25,5	85	93,2	25,2	54,3	36,4	2,9	8,6	36,2	22,2	41,3
1962	33,4	80,2	53,8	63,1	37,6	77,3	12,5	7,2	20,2	25,7	88,9	36,5
1963	57,1	84	44,1	24,3	31,3	21,4	15,9	0	2,6	33,9	103	56,8
1964	9,7	21	21,4	112	15,5	76,8	15,5	24,9	27,9	39,3	38,3	63,1
1965	37,5	16,7	23,5	160,7	20,7	1,6	5,3	3,4	27,4	45,5	101,8	33,5
1966	15,5	36,4	72,6	36,8	44,6	28	17,6	13,2	44,2	87,2	53,2	63,4
1967	29,3	89,3	34,3	40	28,7	32,3	21,7	9,6	6,1	88,3	57,4	15,2
1968	39,9	62,3	72,7	28,9	5,9	46,1	9,4	33,7	33,3	47,9	54,5	35,4
1969	24,6	33,5	19,2	111,8	16,9	26,5	0	13,2	16,2	73,2	54,7	88,6
1970	31	71,5	24,7	62,4	68	19,4	5,9	8,3	6,7	23,4	39,1	23,7
1971	21,2	48,6	81,5	38,4	24,4	45,7	14,3	0	10,6	97,9	61,7	4,9
1972	105,3	73,9	48,7	37,6	12,9	8,2	0	30,9	8,9	16,7	45,7	31,6
1973	19,1	51,1	32,5	88,7	45,9	16,9	23,1	14,9	68,1	32,4	26,2	26,2
1974	19,6	82,8	95	73,3	56,3	29,3	36,8	1,6	69,3	81,6	85,5	32,3
1975	6,7	121	52,9	24,8	43,3	21,8	51,3	53,3	27	81,6	67,8	58,3
1976	35,7	39,3	88,5	70,6	60,2	27,8	13,5	6,4	16	45,7	42,9	49,9
1977	64,4	31	23,4	43,9	28,9	32,5	5,4	41,4	53,1	58,8	7,9	77,5
1978	10,2	28,3	54,7	16,9	51,8	2,9	33,6	2,6	133,9	5,6	35,7	66,5
1979	29,1	4,9	47	81,1	42,2	8,9	9,3	35,5	59,4	10,8	7,6	4
1980	27,4	101,5	31,4	51,1	19,7	10,3	0,4	3	20,8	109,1	88,1	18,5
1981	32,1	33,7	56,7	63,6	34,4	16,5	18	36	6,1	59,7	36,5	31,2
1982	61,3	57,7	61,3	95,6	115,2	0,9	22,2	5,6	7,1	67,9	93,4	95,6
1983	15,9	35,3	65,5	149,9	76,1	8,4	4,5	11,9	13,5	33,4	24,7	31,8
1984	35,4	93,6	88,6	59,5	39,8	17,8	18,3	7	69,4	64,1	61	23,7
1985	33,5	9,2	7,7	17,3	83,7	18,5	11,6	15,3	25,8	10,4	28,2	54,9
1986	42,7	21	66,6	33,2	43,6							
1988						18,8	21,1	21	37,8	56,4		
1990	0,3	12		8,1	9,1	17,1	8,6	6,1	14,7	113,1	18,2	15,7
1991	10,2	19,3	107,1	26,1	34,3	16,2		3,1	15,7	41,6	35,5	37,6
1992	14,2	23,2	24,1	93,8	26,8	5,2	0,8	5,3	45,9	53,2	30,4	17,7
1993	29,1	65,8	124,4	94,2	77,7	4,8	13,7	9,6	59,4	27,8	55,6	95,7
1994	53,3	110	83,6	86,6	66,5	12,4	14,2	12,5	22,9	30,6	108,7	63,2
1995	2,4	48,2	35,1	56,7	35,5	8	27,3	10	15,8	109,4	51,5	47,6
1996	49,6	110,4	66,9	65,9	83,3	59	5,4	5,4	38,6	62,4	16,7	16,7
1997	88,9		25,7	68,8	7,1	23,7	1,3	2,9	22,2	36,2	57,4	36,8
1998	20,6	82,7	43	94,9	44	14,4	15,8	10,2	22,5	30	64,9	23,9
1999	63,9	113,2										
PROM	33,822	53,149	55,663	64,931	43,0476	22,85	14,203	13,015	28,288	51,819	49,36	40,143
MAX	105,3	121	124,4	160,7	115,2	77,3	51,3	53,3	133,9	113,1	108,7	95,7
MIN	0,3	4,9	7,7	8,1	5,9	0,9	0	0	0,1	0	0	0

COD : M113	NOMBRE: UYUMBICHO
-------------------	--------------------------

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1900	132,2	151,3										
1931	58,6	135,5	209,1	267,3	162,1	101,6				145,3	98	207,5
1932	305	142,9	119,6	359	289,2	36				44,3	59,7	120,5
1936		133,8	191,3	117,6	179,5	118,5	13,9	4,5	28,6	86,2	47,9	165,4
1937	115,2		251,8	61,4	239,3	54,7	59,8	5,7	186,5	49,5	77,2	162,6
1938	207,4	140,9		320,2	206,3	51,1	146,6	44,3	181,2	131,2	56,2	236
1939	171,6	204,9	201,1	133	188,4	146,2	71,3			9,4	97,1	113,7
1940	145,2	205,1		79,5	206	138	0,2			94,1		130,8
1941	176,2	177,6	134,7	208,4	154,6	18,4	3,7	5,4	35	13,6	42,2	156,9
1942	107,5	144,9	196,1	140,1		101,7	0,7					
1962				157,2	118,2	93,6	3,8	20,3	64,1	109,8	193,3	98,1
1963	171,8	215	149,6	192,1	80,1	64,1	60	24,8	20,7	175,2	221,8	207,7
1964	71,6	134,1	91,2	269,1	132,4	138,3	60,4	59,7	41,6	94,5	202	138,9
1965	128,3	110	256,5	243,1	188,4	23,8	3,3	6	109,9	262,5	296,6	195,1
1966	100,8	151,6	134,6	142,3	250,6	69,7	37,8	70,3	60,1	171	202,9	237,4
1967	285,2	525,2		257	195,2	64,7	22,5	15,1	81,9	266,5	170,4	203,8
1968	179,5	212,9	241,9	219,9	50,3	71,9	41,8	60,2	130,6	147,3	103,4	60,5
1969	139,5	188,9	191	322,1	217,9	128,1	0	7,3	96,3	164,6	144,2	229,5
1970	181,5	318,5	150,8	206,9	183,7	33,2	18,1	34,5	112,6	103,3	297,1	195,5
1971	362,8	363,6	303,6	136,8	172,9	172,5	5,6	56,6	152,8	272	164,8	109
1972	287,6	156,4	207	159,2	147	92	6,6	27,8	23,4	83,6	197,6	83,8
1973	72,6	66,6	172,2	253,4	130,4	79,4	45,2	51,6	112,6	120,2	48	112
1974	101,2	301,2	269,2	141	135,6	93,2	34,4	25,6		208	275,8	152
1975	78	176	163,8	157,2	142,6	103	109,2	51,8	60	149,6	166,2	98,2
1976	153,6	109,8	265,6	221,4	63,2	37,2	1,4	5,6	35,2	43,8	55,9	54
1977	107,2	57,6	120,2	157,8	66	77,2	0	52,6	71,8	103,6	53,9	210,8
1978	112	17,3	88,4	194,2	111,2	13,4	90,6	42,8	102,6	23,2	67,2	63,8
1979	62,8	50,4	161,6	124,4	135,6	46	45,1	87,4	125,6	61,8	25,7	30,2
1980	165,7	220,2	119,6	210,1	61,9	28	13,6	26	75	132,2	161,2	80,3
1981	180,6	205,8	201,6	179,2	136	50,6	23,2	53,2	30	132,2	46,7	83,6
1982	60,6	109,8	182,8	133	270,7	12,7	10,8	0	127,4	135,8	225,5	85,6
1983	214,3	49,9	143,7	249,8	167,4	33,3	0	31,8	0	132	209	201,4
1984			186,7	383,4	94,4	132	35,2	24	134,2	159,7	95,6	89,9
1985	93,9	18,5	143,7	115,1	150,6	48	1,8	18,8	250,7	22,8	52,1	125,2
1986	218,8	340	226,9	364,9	335,9	42,2	0	24,1	108,9	84,6	166,7	199,3
1987	112,8	32,3	187,6	227,3	364,4	21,7	51,7	63,4	75,6	62,8	19,5	0
1988	63,9	88,2	192,7	310,7	356,7	92,4			135,4			
1990			82,1	296,3	83,4	25,8					175,7	
1991			114,7			45	24,6	4,3	87,8	114	175,7	190,2
1992	98,7	70,3	114,7	96,3	101,5	20,5	21,8	12,5	85,4	124,1	77,4	33,8
1993	158,9	174,5	363,7	206,5	69,7	133,1	14,3	14		123,2	72,8	79,8
1994	89	142,8	155,1	190,3	131,8	28,7	9,3	6,2	29,9	56,6	131,4	125,8
1995	0	0	76,2	143,4	56,3	59,1	182,4	51,1	6,4	71,4	38,4	62,6
1996	132,1	70,3	173,2	114,4	117,5	30,2	0	25,7	93,1	66,8	47,1	66,3
1997	154	19,9	42,7	113,2	80,3	12	14,6	22,2	54,5	39,8	120,3	58,1
1998	81,8	60,1	52,7	119,5	107,4	23,4	19,2	49,6	44,1	97,4	104	32,9
1999		185	166,1	106,8	113,9	100,6	6,3	27,3	122,8	143,2	73,4	282,8
2000	132,2	151,3	199,2	171,7	213,8	100,5	74		128,5	72,7	1,1	32,6
2001	159,9	190,8	104,9	31,4	28,2	1,3	0	0	0	0	58,1	173,6
2002	65,1	48,4	201,3	190,4	67,3	30	19,3					
PROM	140,85	150,45	171,17	191,57	154,379	66,094	31,202	30,353	85,57	109,01	120,37	128,39
MAX	362,8	525,2	363,7	383,4	364,4	172,5	182,4	87,4	250,7	272	297,1	282,8
MIN	0	0	42,7	31,4	28,2	1,3	0	0	0	0	1,1	0

COD : M114	NOMBRE: TUMBACO
-------------------	------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1930	32,3	50,5	67,3	157,3	35,9	57,6	0	75,7	6,8	113,4	101,2	61,3
1931	53,4	27,6	112,8	110,7	132,3	80,5	2,6	0	29,5	105,4	29,3	23,2
1932		77,1	72,6	122,3	31,9	9,5	25,5	57	22,7	144,5	115,5	66,3
1933		38,8										
1946	66	127	86	130	66	0	1	0	0	115	41	48
1947	76	78	48	48	89	36	10	14	54	121	78	97
1964					84,9	66,2	58,8	28,8	60,4	67,3	150,4	94,5
1965	37	26,8	88,4	305,2	108,2	9,4	0	31,3	75,9	193,2	252,3	143,4
1966	11,5	36,4	108,1	97,9	100,5	56,8	13,2	18,4	59,7	165,2	100,8	75,1
1967	34	152	99,7	79,4	82,6	1,5	0	4,1	23		42,8	20,6
1968	40,4	173,8	67,5	126,9	40,2	59,8	5,9	51,5	130	149,2	126,4	99,4
1969	70,3	69,3	173,9	216,2	56,2	52	0	3,3	136,4	160,3	95,4	74,7
1970	79,9	202,9	17,1	92,1	159,7	39,7	2,6	5,6	39,5	41,3	180,6	32,2
1971	237,7	149,6	210,7	178,1	75,1	70,4	14,5	3,3	53,7	196,9	106,4	73,9
1972	113,1	137,4	218,3	157	125,4	61,9	28,2	32,5	49,6	59,9		106,4
1973	73,4	72,2	119,1	239	72	25,5	15,6	103,1	381,2	60,4	46,9	105,4
1974	58,1	101,4	123,8	309,1	61,8	45,3	7,9	5,2	78	117,1	102,5	92,9
1975	54,5	167,1	201,3	54,3	115,6	36,5	83,3	34,9	42,2	132,4	111,3	62
1976	83	60	181,3	102,1	31,9	33,9	1,3	0	61,6	114,4	146,2	70,6
1977	24,9	39,8	81,6	77	13,4	47,7	1,6	39	100,6	155,5	23,5	110,4
1978	51,4	41,4	73,5	179,8	76,2	2,8	40,3	0,6	86,7	11,2	50,2	57,5
1979	33,2	31,1	130,4	141	122,4	29,4	9,8	73,7	97,4	55,5	31,2	46,5
1980	70,2	174	61,4	131,1	22,3	8,3	2,9	15,7	58,7	120,9	168,7	51,1
1981	17	115	141,8	187	110,9	26,5	18,6	71,4	13,8	28,7	60,3	82,7
1982	89,7	62,2	115,1	129,4	171,1	3	19,2	1,6	90,5	173,3	149,8	166,5
1983	67,9	84,8	222,5	113,2	100,5	9,8	0,6	4,9	9,4	151,2	189,7	205
1984	133,3	199,2	124,1	171,3	89,1	25,9	12,8	60,3	132,3	86,9	125,3	12,4
1985	38,4	69,4	39,2	198,4	117,7	13,1	5,4	8,1	134,3	107,4	72,7	101,2
1986	103,9	123,9	154,9	139,1	46,7	10,6	0	0	52,6	98	65,4	39,3
1987	73,1	44,2	103,7	149,9	113,5	32,2	37	15,8	48,9	95,2	7,3	31,7
1988	56,3	58,3	17,9	190	100,3	72,2	30,7	44,7	72,1	94,8	157,7	60,1
1989	92,2	61,3	194,4	79,4	61,9	64,9	25,5	15,1	81,4	195,2	29,1	11,4
1990	33,7	65,8	88,5	84,9	20,5	18,1	19,8	37,4	37,4	189,2	76,1	57,2
1991	93	43,4	106,7	23	126,6	59,7	28,4	0,1	84,8	65,8	174	58,9
1992	15,9	38,2	80,1	46	53,2	9,6	0	2,5	94	39,5	139,1	24,1
1993	93,7	129,4	184,5	147,2	98,7	18,5	22,8	0	59,1	118,6	53,3	158,3
1994	172,6	71,7	150,9	101,7	59,6	0	7	3,5	19,6	37,9	213,9	43,2
1995	2,9	61,6	171,9	117,8	64,3	48,1	17,7	27,7	0	228,8	286,4	101,5
1996	85,2	122,3	76,9	81,4	161,7	40	24	12,4	77,4	124,1	23	38,2
1997	194,2	48,3	167,9	40,3	52,2	42,9	0	0	115,6	129,8	156,1	48,9
1998	36,1	60,8	95,5	87,3		10,8	20,4	10	13,1	87,9	121,1	24,7
1999	60,2	118,7		118,6	32,7	25,6	0	41,6	86,7	147,1	125,8	77,5
2000	118,3	130,4	120,4	139,2			20,3	6,6	56,5	22,7	51	91,1
2001	38,2	29,4			33,2	3		0	37,3	6,7	37,2	36,7
2002		63,4	116,1	177,8	50,7	19,2	0	0	28,2			
PROM	72,659	90,445	123,03	135,38	81,35	30,665	14,522	20,682	74,189	110,06	108,32	72,776
MAX	237,7	202,9	222,5	309,1	171,1	72,2	83,3	103,1	381,2	228,8	286,4	205
MIN	2,9	26,8	17,1	23	13,4	0	0	0	0	6,7	7,3	11,4

COD : M117	NOMBRE: MACHACHI
-------------------	-------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1931	24,5	100,5	123,3	94,1	56,2			6	25,8	65	36	54,2
1932	98,4	144,4	124	144,2	97,8	18,8	5,5	84,7		60,6	45,5	
1933	149,5	65,1	153,3	123,3	58,3	60,3	33,3	20,3				
1963					28,8	33,5	70,4	1,3	18,5	52,8	70,2	80,3
1964	16,5	52	67,7	145,4	57,4	78,8	22,2	83,6	54,7	66,6	88,1	106,1
1965	72,5	47,4	112	157,1	56,7	19,9	10,8	24,6	64,8	161,8	130,6	94,2
1966	83,5	64,1	81,8	78,2	93,9	45,4	20,4	17,8	65,2	71,9	76,9	102,1
1967	99,8	117,1	69,8	20,5	71,5	42,6	43,5	16,3	35,5	154,5	67,3	60,3
1968	93,4	136,4	103,7	140,9	14,6	48,9	32,3	38,1	88,6	109,1	56,3	34,7
1969	64,2	107,7	163,7	153,8	48,1	122,1	3,6	18,8	73,3	90,6	96,4	97,3
1970	108,5	179	115,4	105	157,7	44,4	27,8	16,2	95,7	65,2	98,9	119
1971	161,6	200,9	202,2	117,4	59,6	89,3	32,9	67,9	89,8	86,5	99,4	74,8
1972	104,4	119,5	167,9	83	114,3	54,3	25,2	48,8	43,5	49,8	137,1	72,1
1973	58	30,9	164,8	153,6	108,4	79,2	56,9	116,4	103,4	62,4	70,8	58,9
1974	53,6	149,2	84,6	87,4	64,8	100,5	24,7	36,7	93,5	118,9	181,3	106
1975	76,9	164,3	138,2	84,5	107	132,2	79,8	83,9	66,7	89,8	118,9	70,4
1976	129,2	108,9	107	106,7	83,4	23,8	6,4	5,6	43,5	47,4	38,4	82,3
1977	139,2	64,4	75,5	45,6	42,5	37,6	20,1	38,1	72,9	77,9	39,9	118
1978	84,5	48,7	124,8	129,5	111,5	21	61,7	28,6	77,9	17,6	36,9	62,9
1979	55,7	47,1	128,9	111	121,8	44,6	29,8	44,3	151,4	26,5	47,2	16,8
1980	72,3	139,3	70,5	91,4	33,3	40,5	7,5	42,1	23,4	152,5	111,9	102
1981	93,8	107	188,1	127,5	55,2	46,3	38,1	40,4	34,8	65,3	51,8	85,6
1982	110,7	152,1	96,8	115,8	151,7	33	47,7	2,7	93,8	123,7	112,1	155,3
1983	88,2	80	162,5	135,7	143,1	58,3	27,1	28,7	65,9	71,5	66	115,4
1984	69,7	244,5	158,6	160,9	141,5	48	51,1	22,9	107	115,8	120,7	68,6
1985	106,9	50,7	22,7	63,3	70	28,8	20,4	52,3	72,6	53,1	62,3	90,7
1988								48,3	93,3	115,9	152,3	
1989	256,5											
1990												
1991					65,3							
1992	46,4	78,9	98,5	62,4	115,9	8	6,8	38,6	93,2	76,2	69,7	11,9
1993	95,5	69,4	81,1	76,7	90,8	49,1	20,7	22,9	108,3			
1997								0	58,6	99,2		
1998	31,1											
PROM	91,207	106,28	118,05	107,96	83,4862	52,193	30,619	36,563	71,986	83,861	84,552	81,596
MAX	256,5	244,5	202,2	160,9	157,7	132,2	79,8	116,4	151,4	161,8	181,3	155,3
MIN	16,5	30,9	22,7	20,5	14,6	8	3,6	0	18,5	17,6	36	11,9

COD : M120	NOMBRE: COTOPAXI - CLIRSEN
-------------------	-----------------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1930						40,4	14,3	69,1	22	148,2	60,2	83,1
1931	60,3	113,8	147,7	178,8	89,5	74,3	44,8	12,8	52,5	153,5	42,1	88,1
1932	130,7	135,2	156,6	226,9	230	110,8	24,6	1,6				
1933								18,4	70,2	59	81	77
1934	50,1	122,6	214,6	201,5	135,8	125,9	48,6	30	50,7	173,8	81	209,2
1935	120,2	176,2	353,4	191,4	224,8	198	121	72	65,2	349,6	290,4	204,6
1936	57,9	54,2	145,3	166,4	163,4	96,2	18	0	9	90,6	24,1	60
1937	51,8	133	85,6	84,7	87,7	24,6	0	0	94,2	46,5	105,3	101
1938	132,2	163,2	127,5	135,9	127	76,4	25,1	106,8	11,9	28,8	0	41,2
1939	33,3							0	93,6			26,8
1940	99,1	46,4	44,9	103,3	65	39,9	0	0	45,2	56,2	42,6	0
1941	122	85,8	82	170,5	55,3	0	0	0	0	6,5	49,6	47,8
1942	54,3	114,4	108	151	183,8	26,9	0	12,3	10,4	37,3	98,2	67
1943	90,5											
1956									99,6	180,8	34,5	38,4
1957	94,1	89,8	184	178,1	90	45,6	11,3	7,8	40	84	99,5	75,2
1958	150,5	73,8	101,4	211,3	121,6	23,2	8,9	80,5	43,5	109,8	29,3	57,3
1959	49,7	53,8	116,3	213,4	198,5	130,9	19,3	31,5	14,8	84,1	72,7	129,5
1960	116,4	110,3	86,1	100,6	103,1	20,9	47,2	36,7	28,5	88	102,1	53,5
1961	99	78,2	175,6	183	39,7	107	55,3	12,7	62,1	86,4	67,8	113,9
1962	97,3	66,1	194,2	111,1	113,8	91,9	32,4	24,3	36,1	73,8	114,1	39,8
1963	98,6	130,2	154,3	110	62,9	71,3	96,9	8,7	27,6	82,3	143,9	108,7
1964	28,2	46,9	59,6	207	86,6	139,7	61,7	91,7	61,7	94,6	110,7	63,1
1965	108,1	55,7	135,5	176,1	132,7	64,1	23,7	34,8	150,7	130,9	156,6	106,1
1966	167,8	77,4	137,6	106,4	123,4	86,2	44	25,4	103,2	101,2	78,6	89,7
1967	99,9	179,5	105,5	53,4	103,2	86,3	52,2	18,5	28,5	167,3	83	27,3
1968	135,1	89,2	118,4	99,4	30,1	45,5	44,4	35	56,7	132,5	52,5	67
1969	72,5	112,8	107	139,9	86	117,5	0	21	77,3	58,2	113	224,8
1970	116,1	150,8	110	202,1	200,8	69,8	38,8	41	101,3	60,7	119,5	101,6
1971	112	199,9	297,7	107,9	74,9	67,9	31,1	26,4	122,4	283,3	121,7	86,8
1972	126,1	153,5	245,2	72,1	147,7	42,3	20,8	75,4	32,1	32,8	180,7	96,2
1973	86,6	35,4	116,6	230	168,2	42,3	114,8	90,9	208,7	83,7	99,9	56,8
1974	68,6	259,2	168,2	139,5	234,9	204,6	75,4	15,7	209,3	189,4	163,1	157,1
1975	50,2	206,2	251,8	121,1	189,3	141,1	123,6	80,2	51,5	117,3	145,1	45,8
1976	81,2	81,9	81,5	103,1	148	39	23,9	18,6	49,5	104,6	138,8	82,4
1977	135,5	73,3	169,9	80,6	82,1	69,8	29,3	46,9	112,7	122,7	52,5	86
1978		74,4	77,6	150,6	123,4	59,3	68,1	38,3	83,7	12,5	40,6	88,1
1979	8,5	27,5		140,6	172,2	30,3	4,4	39,2	145,4	71,2	28,5	46,2
1980	31,1	51,2	29,9	75,3	116,7	43,8	12,5	38,3	35,3	167,3	82,2	49,2
1981	47,8	78,7	61	104,4	58,8	61,8	74,9	124,1	48,9	90,4	47,8	137,1
1982	121,8	120,5	46,4	128,3	161,1	21,7	32,4	2,4	84,2	167,1	165,9	107
1983	128,6	174,3	103,3	139,9	134,7	109,5	48,9	45,8	50	71	104,6	114,4
1984	78,8	274,9	311	300,7	253,8	86,1	81,2	30,2	129,3	194,7		149,9
1985	62,9	0,9	6,8	59,7		43,8	37,3	40,7	55,3	70,4	84,9	87,9
1986		45,8	127,2	164	54,1	0	0	18,6	95,5		69,9	85,6
1987	98,8	37	117,8	61,7			74	31	102,9		14,5	36,5
1988	127,3	105,5	106,7		59,5	128,7	233	128	137,6		141,4	116,9
1989	119,2	149,6	114	134,7	95,9	49,8	64	87,2	103,4	297,4	52,1	22,8
1990	72,9	85,3	96,7	213,5	138,8	64,7	60,8	22,4	27,2	217	21,1	39,2
1991	42,1	140,7	91	125,4	52,6	83,8	13,1	2	29,9		121	113,5
1992	38,9	82,1	108,9	56,3	51,4	13,7	0	3,1	55,7	87,2	60	87,5
1993	165,2	191,2	206,8	295,5	101,7	56,3	14,4	20	71,8			
1999					160,9	96,2	25,9	25,7	124,1	75,9	50,5	143,9
2000	87,4	166,8	217	220,2	225,7	110,9	19,5	30,8	153,5	52	108,1	80,3
2001	154,4	75,4	187,5	118,3	126,5	49,2	57	6,2	72,3	10,2	73,1	157,8
2002	79,2	77,2	154,5	196,6	108,7							
PROM	91,216	108,55	137,68	147,8	124,414	72,598	42,604	35,485	72,617	110,7	88,406	88,012
MAX	167,8	274,9	353,4	300,7	253,8	204,6	233	128	209,3	349,6	290,4	224,8
MIN	8,5	0,9	6,8	53,4	30,1	0	0	0	0	6,5	0	0

COD : M188	NOMBRE: PAPALLACTA
-------------------	---------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1949	154,9	145,3	109,9	189,8	235	294,3	271,1	260	217,6	105,7	139,4	105,7
1950	149,2	177	97,4	129,8	106,4	348,1	402	340,6	192,7	60,5	99,3	103,3
1951	170,1	184,7	163,4	248,5	218,3	290,5	303,5	161,4	126,7	184,4	182,7	178,7
1952	140,3	176	106	163,6	226,8	250,8	260	219,9	101,6	166,8	124,9	132,1
1953	191,9	74	95,5	256,3	137	461,1	453,5	292,1	100,9	186,4	166,7	104,2
1963								61,9	45,5	38,9	58,3	50,7
1964	26,8	123,5	84,9	87,6	69,9	224,1	93,8	171,2	188,2	78,2	64,7	62,2
1965	83,4	26,6	61,7	103,5	138	113,1	157,5	174,1	65,8		144,8	65,7
1966	85	77,2	157,2	91,1	42,9	95,5	161,7	98,7	151,6	55,2	63,5	131,8
1967	91,3	57	63,9	55,8	34,6	184,1	226,1	135,5	60,4	91,5	59,6	24,2
1968	91,9	58,8	107,4	84,5	41,4	151	199,3	70,9	81,3	97,5	49,5	86,8
1969	461,1	65,4	190,5	226,5	118,1	161,6	68,4	208,6	89,6	93,3	58,2	71
1970	76,2	132,3	125,7	129,2	157,9	171,7	143,2	154,4	160,7	83,5	97,4	49,1
1971	60,7	107,5	105,3	84,7	100,3	153,2	181,5	121,2	105	169,3		74,2
1972	94,2	81,5	102,1	89,5	84,4	152,7	183,3	84,6	89,8	97,7	127,9	63,6
1973	122,5	64,8	92,5	98,6	116,6	92,5	153,9	200,1	147	33,2	64,1	57,2
1974	57,7	158,4	83,4	94	218,7	168,9	312,1	62,1	171,4	101,3	95	83,5
1975	118,2	83	92	73,1	155,2	329,8	190		108,8	222	150,2	88,1
1976	153,7	53,4	45,4	258,2	373	654,5		469,2	180,9	154,7	418,1	228
1977	6,6	301,9	269,5	241,8	96,8	145,2	130,7	152,6	83,8	60,3	63,5	68,3
1978	52,3	72,7	111,8	163,2	70,1	286,5	124,9	98,8	88,7	37,2	30,3	34,1
1979	19	34,8	87,3	127,1	150,7	117,4	71,9	177,3	256,3	104,1	149,4	125,4
1980	125,3	49,7	121,7	114,2	220,4	199,9	182,2	171,9		195,9	81,2	67,4
1981	111,2	117,4	121,1	246,9	328	155,7	404,5	67,5	32	81,5	76,2	100,3
1982	166,6	40,6	89,6	187,5		125,4	312,7	139,2	113,5	57,6	65	97,3
1983		129,6	66,7	82,5	146,8	63,1	103,4	118,4	120,1	92,2	30,3	62,5
1984	80,4	80,7	61,5	104,5	79,7	117,2	151,1	44,9	193,7	65,1	78,6	35,1
1985	27,7	94,6	101,1	59,1	253,4	241,7	267,5	145	83,1	60,1	45,1	64,5
1986	34,3	36	124,7	106,1	79,1	108,6	267,8	74,7	93,2	53,2	71,3	70,3
1987	59,8	198,3	73,8	174,4	152,2	109,9	154,2	111,3	63	78,1	33,9	34,4
1988	54,9	65	107,5	139,1			166,5	125,4	112,9	72,6	113	52,8
1989	62,3	84,4		62,3	247	270,2	236,6	84,9	97,5	97,4	36,4	8,4
1990	53,1	36,8	158,6	106,1	149,2	179,6	163	110,5	87,9	105,7	35,1	57,8
1991	51,6	139,2	73,2	103,9	133,3	190	192,9	144,4	68,4	70,3	72,2	20,8
1992	41,2	68,1	131,3	114,2		109,9		112,4	94,8	40	52,7	63,9
1993	65,3	69,3	168,8	85,2	144,5	204,1	199,4	99,8	138,9	63,9	64,8	52,3
1994	56	43,3	89,1	117,8	139	191,5	187,7	257	102,2	82,2	93,5	100,6
1995	40,9	27,5	51,6	65,8	102,9	131,3	112,6	72,2	71,1	43,1	105,6	53,2
1996	48,5	122,8	74,3	80,2	104,9	126,5	257,4	116,8	120,1	44,4	57,4	41,1
1997	78,6	100,6	55,9	97,7	183,9	130,7	226,7	103,6	55,9	52	75,3	63,1
1998	66,4	43,8	54	84,6	70,6	276,1	257,3	113				
2003			706	436,9	557,9		195,6	51,5	79	62,9	66,5	76,3
2004	9,6	73,5	145,2	115,9	165,7	203,7	210,2	126,1	60,1	72,9	37,1	50,8
2005	30,1	87,4	123,3	236	133	190,1	96,8	66,6	60,1	34,4	61,7	102,3
2006	81	41,5										
MEDIA	79,6	85,5	121,1	129,7	153,1	181,3	187,3	130,7	107,7	83,5	83,0	70,0
MAX	461,1	301,9	706,0	436,9	557,9	654,5	453,5	469,2	256,3	222,0	418,1	228,0
MIN	6,6	26,6	45,4	55,8	34,6	63,1	68,4	44,9	32,0	33,2	30,3	8,4

COD : M347	NOMBRE: PUEMBO
-------------------	-----------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1963				54,3	82,5	37,5	15,8	6,4	33	68,3	109,9	53,5
1964	13	23,8	26	166,4	101,1	69,1	36,6	24,8	62,5	53,5	100,8	83,8
1965	39,7	41,7	96,2	186,7	75,7	20,4	0	40	54,1	146,1	233,9	80
1966	54,5	44	117,6	74,2	38,8	38	25,2	11,5	107,4	166,4	109,2	47,4
1967	48,4	133,2	56,6	75,1	69,7	15,8	8,9	3	23,8	141,5	33,8	27
1968	77,9	106,1	100,9	90,3	14,5	40,3	0,6	26,2	114,2	198,3	88,7	35,4
1969	59,8	54	359,5	151,7	40,4	54,1	2,8	3,8	90,8	96,1	154,4	118,4
1970	115,7	186,9	36,3	85,2	141,9	21,3	3,6	3,2	37	81,9	180	29,5
1971	100,5	250,4	212,1	111,2	82,6	77,7	5,7	2,4	57,2	145,8	89	62,2
1972	68	155,3	168,5	104,6	63,4	88,8	32,9	28,5	29,4	57,3	121,7	79
1973	22,5	54	67,7	177,1	42,5	10,6	12	65	66,7	57,3	5,9	82,2
1974	70,6	101	106	136,3	54,2	26,9	7,7	3	89,6	105,7	104,8	72,7
1975	21,4	127,2	130,8	69,4	71,7	43,1	101,2	17,8	71,6	84,9	105,8	35,7
1976	55	31,5	118,5	101,5	71,1	26	0	0	23,2	94,8	92,6	77
1977	14,2	12,4	106,5	64,1	21	24,4	0,9	14,8	97,8	195,3	23,8	79,3
1978	29,8	71,8	47,3	149,7	74,5	7,8	10,6	1,1	46,8	32,3	27	40,9
1979	26,2	32	153,3	136,9	136,9	32,4	8,2	61,3	104,7	47,8	11,5	35,9
1980	28,9	178,6	50,6	149,4	13,5	9,6	0	8,3	56,4	93,4	139,5	78,3
1981	22,2	49,4	108,6	123,6	58,7	14,1	9,4	39,6	11,1	52,9	39,3	75,6
1982	108,6	45	74,6	118,8	189,6	4,6	19,6	3,5	73,1	151,4	137	182,8
1983	45,4	57,4	268	133,5	104,1	31,9	0,8	13,5	8,8	104,9	78,6	168
1984	55,7	146,8	83,1	148	69,6	11,5	3,8	22	77	50,7	95,8	17,9
1985	21,1	4,1	42,6	61,1	77,9	18,5	8,2	15,8	130,5	19,2	37,3	31,7
1986	22,9	86	135,8	110,4	66,3	8,9	0	0	50,1	66,4	71	52,3
1987	87,7	29,4	57,8	143,9	100	12,7	12,6	17,8	98,9	200	3,1	15,3
1988	52,2	64,6	18,1	203,4	81	41,9	30,9	23,3	61,2	120,7	97,7	43,4
1989	61,7	32,2	111,7	63,6	98,8	51,3	12,1	29,2	92,5	114,2	48,8	0
1990	32,5	53,1	35	65,3	27,7	21	8,4	14,2	25,6	252	17,2	71,9
1991	102,3	18,2	107	38	112,2	15,5	18,2	1,1	5,1	48,8	131,3	52
1992	26,5	40,7	80,6	29,7	28,5	7,2	8	3,4	44,9	72,1	69,6	13,5
1993	62,6	126,1	145,9	123	98,6	6,8	11	6,3	49,1	0	0	
1994	0	0	0	0	34,8	9,3	2,1	0	23,6	46,9	149,7	43,2
1995	4,4	36,6	142,3	91,6	66,3	42,4	32,9	34,5	16,9	91,3	153,1	45,1
1996	188,2	82	113,8		0							
PROM	52,73	75,015	105,43	107,21	70,8853	28,527	13,658	16,524	58,624	98,733	86,721	60,341
MAX	188,2	250,4	359,5	203,4	189,6	88,8	101,2	65	130,5	252	233,9	182,8
MIN	0	0	0	0	0	4,6	0	0	5,1	0	0	0

COD : M353	NOMBRE: RUMIPAMBA - PICHINCHA
-------------------	--------------------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1900	271,5	243										
1964							30,6	66,8	64,3	67,6	103,6	209,3
1965	154,4	103,7	169,8	259,8	140,4	2	1,3	10,8	148,3	173,6	366,5	187,7
1966	66,3	126,6	124,7	144,7	211,7	36,1	18	45,2	79,9	199,4	203,6	205,7
1967	138,1	238,1	262,8	39,2	108,8	30	28,2	6,8	26,6	136,4	109,5	138,8
1968	177,7	204,8	188,9	156,1	34,6	106,2		57,4	113,9	176,2	113,8	117,3
1969	142,1	143,8	96,5	390,4	56,8	160,9	9,9	4,8	192,6	226,8	173,7	183,9
1970	171,1	296,6	114,7	148,7	137,5	38,8	5,3	4,2	71,5	127,8	195	228,5
1971	253,9	320,9	303	122,6	88,4	70,3	11,9	20,9	96,5	306,3	179	255,6
1972	244	156,7	241,7	213,7	120,6	49,9	0	42,8	24,8	93,4	228,9	73,3
1973	64,9	104,4	145,5	225,8	133,5	83,4	85	55,7	104,8	45,9	119,5	120,9
1974	151,4	329,7	312	130,8	114,1	23,8	48,1	20,7	92,1	196,7	170,3	195,6
1975	123,8	263,8	178,8	133,8	76,8	74,1	116,4	40,6	38,5	152,4	215,6	278,1
1976	113,6	165,2	264,6	146,2	108,1	43,3	0	0	88	142,3	107,8	206,6
1977	49,6	54,9	129,1	128,5	72	92,4	15,6	32,5	106,9	121,7	134,4	249,2
1978	101,3	81,4	92,1	226,7	108,3	0	123,6	44,1	58,7	58,4	87,6	277,8
1979	106,3	143,9	380,3	117,7	216,8	21	71,9	112,3	116,4		88,9	72,1
1980	159,6	317,5	78,8	192,4		12,3		54,9	93,3	149	203,6	153
1981	157,8	157,1	199,9	239,4	122,9	29,4	21,6	78,7	16,8	162,4	160,1	150,7
1982	293,4	137,2	249,6	119,5	112	52,1	25,4	0	117	113,6	160,4	237
1983	158,2	156,2	215,3	187,3	168,7	11,2	18,6	63,9	19,1	163,4	93,9	207
1984	159,3	191,7	187,1	225,4	129,8	65,8	6,8	51,9	157	156,7	136	100,4
1985	142,8	14,6	80	78,2	50,9	13,1	37,9	13,6	82,7	36,3	68,4	142
1986	153,7	101	195,1	141,2	98,3	0	0	0	48,9	177,3	121,1	77,6
1987	113,9	83,7	223,3	180,5	76,4	34,1	54,5	65,3	63	196,7	120,6	69,4
1988	94,7	148,6	52,1	242,5	140,5	62	28,2	49,4	86,8	133,3	295,6	125,3
1989	225,2	151,2	246,5	149	55,3	103,3	0	13	121,6	250,5	103,3	74,5
1990	90,1	211	142,7	225,8	51,2	25	22,6	54,8	33,7	209,4	33,5	136,8
1991	153,4	152,8	308,1	147,9	119,4	47,9	25,4	0	99,7	84,7	190,1	216,3
1992	73,8	182,6	130,5	92,4	54,8	31,1	15,8	40,3	132,7	116,6	116,1	100
1993	170,6	189,3	138,7	157,1	112,5	24,9	16,8	0	85,2	132,6		238,1
1994	193	135,2	283	207,5	103,3	26,1	18,9	5,4	47,4	169,1	183,3	198,2
1995	61,7	148,4	182	154,4	128,5	31,9	59,3	78	0	146,7	142,1	146,3
1996	253,5	195,8	235,6	195,9	180,1	48,4	72,1	39,6	27,3	200,6	70,5	123,2
1997	279,8	139,8	200,5	112,3	81,7	176,5	33,9	7,5	61,6	164,7	296,4	129,3
1998	79,2	112,9	174	128,8	123,1	26,8	28,9	42,8	30,6	141,6	287,8	94,2
1999	204,7	328,1	180,2	151,5	127,2	96,7	7,6	35,8	101,2	91,6	164,9	234,7
2000	271,5	243	267,5	194,1	298,6	109,5	70	28,8	156,4	88,3		
2002				100,8	113,9	64,6	22	14,7	11,1	247,2	198,1	347,4
PROM	157,29	175,01	193,75	167,8	116,042	52,024	32,003	34,316	79,392	150,19	159,54	170,32
MAX	293,4	329,7	380,3	390,4	298,6	176,5	123,6	112,3	192,6	306,3	366,5	347,4
MIN	49,6	14,6	52,1	39,2	34,6	0	0	0	0	36,3	33,5	69,4

COD : M354	NOMBRE: SAN JUAN - PICHINCHA
-------------------	-------------------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1930	118,5	179,7	153,1	131,5	114,4	100,2	3	42,4	22,7	261,7	101,4	163,8
1931	67,2	60,9	254,6	209,4	206,9	71	63,4	19,2	88,7	99,3	59,2	152,9
1932	138,2	187	268,3	187,5	264,1	43	14,9	96,7	58,8	97,4	98,9	165,3
1933	224	98,7	177,3	246,1	117,6	122,4	14,3	47,3	181,7	84,8	42,1	121,5
1934	30,5	161,5	219,9	240,6	333,5							
1948	69,5	62,9	122,3	188,2	107,1	38,4	10,3	11,5	95,2	210,4	38,2	19,1
1949	152,7	121,6	169,4	155,8	115,3	67,4	34	29,4	86,5	65,5	79,1	10,2
1950	135,2	205,6	177,1	261	185	147,1	8,4	55,5	136,1	100,4	92,4	183,2
1951	224,1	123,4	107,5	132,2	195,5	89,7	28,7	0	97,9	144,1	128,7	205,5
1952	151,6	109,6	177,2	224,2	195	25,7	9,1	10,7	54,8			
1965								33,6	115	139,6	237,7	109,1
1966	130,3	65,6	184,2	196,9	199,4	108,3	46	29,5	158,8	174,5	110,3	160,5
1967	224,4	538,9	197,4	165,4	152,5	60,9	35,9	26,4	42,1	206,8	89,7	45,5
1968	141,1	189,3	120,9	105,7	103,3	107,7	54,9	92,5	190,8	99,2	103	51
1969	125,5	98,8	202,1	176,9	137,1	67,4	5,2	61,3	174	166	202,5	107,9
1970	169,2	146	142,3	206,8	226,5	35,3	28,3	57	118,4	153,9	266,5	120,2
1971	622,3	281,7	564,4	306,1	317,5	301,9	21,7	152,7		636,4	366,1	271,9
1972	392,7	485	562,8	472,6	612,5	488,1	36,1	97,7	53,4	116,9	320,6	356,2
1973	133,5		528,2	915,2	655,7	345,5	82,5	360,5	480,7	420,4	106,4	193,8
1974	286,4	774,6			75,9	74	34	43,5	158,9	193,3	196,8	110,1
1975	207,9	245,6	289,4	216,5	274,3	198,9	134,8	89,4	98,8	136,4	82,7	70,3
1976	151,1	156,2	253,4	279,5	69,6	0	0	0				
1978					149,6	57,1	108,4	73	163	26	77,4	143,1
1979	145,4	182	320	227	162,7	216,9	11	113,5	248,9	111,6	8	83,2
1980		144	131	220,6	109,3	64,7	24	330,1	33	31	263,4	113,1
1981	222,8	277,5	298,5	335,2	133,4	141,9	35,7	61,4	61	144,5	126,2	201,9
1982	198,2	168,1	198,4	252,7	332,8	80	128	54,2	384	455,4	401,6	494
1983	296	387,4	478	472,7	406,8	78	250,3		315,9	385,7	431,6	513,4
1984	375,7	442,5	465	472,7	383	228	280	90	374	430	322,3	355
1985	503,7	258,9	318,8	346,5	359	0	77	186,2		349	322,6	366
1986	390	400	392	399	331,7	214,4	0	146,6	278,2	472,3	398,5	271,1
1987	323,8	262,5	438,4	400,3	286,2	318,6	248,4	257,4	364,9	423,8	342,5	102,1
1988				431,3	372,8	316,1	200,7	307,7	303,6	376,1	371,9	424,5
1989	453,9	418,7	428,6	323	365,2	234,3			368,4	428,7	30,5	218,1
1990	345,3	415,6	328,4	438,7	327,3	202,7	189,6	119,9	361,3	499,4	310,6	217,4
1991				268,5	379,8	390,1	183,6	90,5	165,3	338,6	497,6	329,4
1992	398,4	398,4	414,3	474,3	337,2	59,1	18	127,1	159,9	275,4	356,3	355,3
1993				587,7	485,5	4	6	1	289,6	405,9	344,2	577,7
1994	398,7	0	71,5	105,8	127,3	40,9	60,3	130,3	41,8	65,9	198,3	136,3
1995	67	85,9	184,7	261,3	202,4	202,7	305,2	90,9	38,9	204,4	251,9	81,4
1996	362,6	314	319,4	313,1	198,8	79,5	22,5	9	23	201,9	32,1	26,4
1997	202	114,1	143,6	345,4	209,9	139,8	0	0	58,6	257	455,1	73,7
1998	39,3	151,6	109,3	309,6	369	70	26,3	52,1	48,9	92,6	177,5	29,7
1999	178,3	487,3	390	508,8	300,3	414,5	29,7	13,8	162,1	115,8	99,8	161,7
2000	119,3	133	201	195,5	251	326,7	364,4	367,3	85	43,7	275,4	284,2
2001	220,1	230,6	257	293	284,5	329,3	14,5	0,1	1,3	65,3	262,2	248,4
2002	65,5	190,4	176,3	98,2	47	0	2,1	53,5	96	194,2	105,7	111,4
PROM	224,44	237,93	266,73	297,7	251,548	148,94	73,891	91,645	159,07	225,03	208,76	194,01
MAX	622,3	774,6	564,4	915,2	655,7	488,1	364,4	367,3	480,7	636,4	497,6	577,7
MIN	30,5	0	71,5	98,2	47	0	0	0	1,3	26	8	10,2

COD : M364	NOMBRE: LORETO - PEDREGAL
-------------------	----------------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

PRECIPITACION MENSUAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1900	256,1	234										
1963				111,1	80,9	60	47,8	2,2	59	112,3	170,8	265,7
1964	87,7	269,1	73,1	248,8	91,9	84,5	49	76,6	91,8	145,2	140,3	164,9
1965	150,3	55,8	165,9	230,2	86,3	22,3	2,5	34,5	106,6	147,7	219,8	142,2
1966	119,3	151,2	118,9	164,5	156,6	58,3	24	60,2	63,9	141,9	181,7	226,6
1967	188	230,8	163,9	61,7	48,9	51,4	28	6,9	27,7	142,8	116,1	66
1968	75,5	125,2	171,3	199,7	70,2	104,1	19,3	44	101,3	215,3	74,4	102,9
1969	95,8	146,4	135,9	203,1	33	123,8	6	10	119,1	182,3	198,6	217,8
1970	186,6	180,7	202	128,3	168,2	38	15,6	0	85,8	128,3	171,5	133,4
1971	308,7	288,8	266	133,4	153,4	145,1	12	46,5	58,4	209,9	215	121,1
1972	198,2	132,4	301	148	115	95,5	29	79,5	43	110,1	187,3	123,9
1973	96,7	45,9	103,6	148,4	113,1	85,1	80,2	97,4	125,6	171,9	284,5	131,1
1974	176	333,9	209,5	126,7	84,4	92,7	21	22	162,5	218	344,3	177,9
1975	114,7	243,5	284,6	105,1	195	95	135,5	81,5	60,3	222,4	315,5	277,3
1976		170,7	218,4	115,9	97	35	7,5	15	71,6	122,9	150,8	162,4
1977	177,5	91,1	134,2	113,7	166,4	71,2	37,4	75	132	143,5	151,5	211,2
1978	137	89,9	99,8	146,2	155,3	19,7	73,3	16,5	106,7	26,8	90,4	215,7
1979	118,2	75,2	206,7	180,9	210,5	48,5	47,4	79,2	136,3	73,2	74,9	46,9
1980	161,7	251,9	110,2	215,9	52,5	48,3	12,5	47	89,9	243,2	188,8	180,4
1981	111,5	173,1	277,1	134,8	190,5	92,7	29,8	85,2	50,5	136,7	189,5	133,4
1982	250,7	200,3	171	170,6	192,9	50,3	41	2	130,7	223	175,5	222
1983	198,1	148,3	206,1	219,4		43,5	44,9	21	37,6	211,1	112,5	272
1984	152,2	286,8	272,3	205,7	181,3	44,8	80,2	60,7	192,1	190,6	138,5	139,9
1985	258,8	33,1	75,7	151,5	131,6	9	37,6	53,1	178,3	144,8	109,8	180,9
1986	184	109,8	190,4	198,8	163,1	23	0	40,9	59,4	209,2	128,7	134,6
1987	172	49,5	243,8	152,9	89,8	35,3	84,6	16,7	191,6	214,8	122,2	66,6
1988	151,9	180,5	108,9	307,5	217,6	111,6	65,7	31,5	81,2	181,7	280	194,1
1989	245,7	143,5	428,3	157,3	76,7	105,8	38,5	16,9		303,4	40,8	114,5
1990	123	145,9	99,4	221,8	126,9	43,4	68	24,3	56,5	323,3	84,9	98,3
1991	133,7	60,1	354	159,5	149,3	78,7	45,2	9	128,2	143,2	193	220,7
1992	102,5	204,5	222	162,4	93,3	17,5	26	60	132,7	165	113,7	136,4
1993	223,4	245,6	263,1	245,5	134,9	19,7	37,5	19	117,5	153,5	147,7	242
1994	210,4	216,9		172,1	112,4	31,4	26,5	34	74,3	76,6	214,2	143,4
1995	45	55,9	77,2	117	124,5	41	87,5	124,5	56	100,4	173,6	99,2
1996	111,8	183,1	208,9	197	192,2	95,8	56,5	21,5	56,4	214,6	90	207,2
1997	239,8	111,4	259,1	135,9	87,6	71,9	10,4	0	105,6	104,5	268,9	143,4
1998	103,5	172	177,5	241,9	194,2	26,3	34,2	60,9	56,7	220,8	163,2	57,6
1999	193,4	241,2	238,4	86,7	143,4	130,1	9	62,5	176,2	169		241,1
2000	256,1	234	249,5	206,7	178,8	95,4	44,2	16,9	84,9		61,6	145,2
2001	175,1	93,3	187	75	107,9	42,4	0	0	38,7	25,8	168,5	177,1
2002	187,1	101,6	216,3	195,9	132,4	63	16,6	20,1	30,8	176,1		
PROM	166,09	162,67	197,13	167,44	130,767	63,778	38,298	39,368	94,292	165,28	164,55	162,49
MAX	308,7	333,9	428,3	307,5	217,6	145,1	135,5	124,5	192,1	323,3	344,3	277,3
MIN	45	33,1	73,1	61,7	33	9	0	0	27,7	25,8	40,8	46,9

Temperatura

COD : M120	NOMBRE: COTOPAXI - CLIRSEN
-------------------	-----------------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

TEMPERATURA ° C

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1930						6,1	6	5,9	6,4	6,5	6,9	7,3
1931	7,4	7,5	7,2	7,2	6,7	6,3	5,4	5,5	5,8	6,5	6,5	6,3
1932	6	5,6	4,8	5,9	5,5	6,8	6,4	7,7	7			
1933							6,5	6,3		6,9	7,8	7,4
1934	7,1	6,7	6,7	7,1	7,1	6,9	6,5	6,6	7,3	7,2	8	7,8
1935	8,3	7,5	7,8	8	7,2	6,9	6,6	6,4	8,1	7,3	7,6	7,9
1936	8,2	8,4	7,8	7,5	7,8	6,7	7	7	7,2	7,8	8,8	8,4
1937	8,7	8,1	8,3	8,4	7,5	7	6,7	7,8	7,2	7,6	7,4	7,9
1938	7,9	8,3	7,7	7,4	6,9	7	6,2	6,6	7,1	7,6	7,5	7,8
1939	7,9	8,2						8,1	7,8			8,1
1940	8	8	8,3	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,3	8,3	8,4
1941	8,2	8,6	8,7	8,3	8,3	8,2	8,4	8,9	8,8	8,8	8,4	8,8
1942	8,7	8,8	8,8	8,9	8,8	8,8	8,2	8,4	8,6	8,9	8,7	8,8
1943	8,8	8,1		8,5								
1956									6,4	7	7,9	8,2
1957	7,5	8	8	7,9	8,1	7,4	7,5	7	7,6	7,8	8,3	8,5
1958	8,8	8,6	8,5	8,6	8,6	7,7	7,7	7,7	7,7	8,4	8,2	8,9
1959	9,1	8,6	8,3	8,1	8,1	7,6	7,7	7,5	7,8	7,6	7,8	8,5
1960	8,1	8	8,1	8,2	8	8	7,2	6,6	7,5	8,1	8,1	8,3
1961	8,2	7,6	8,2	8,2	8,4	7,3	7,1	6,9	7,2	7,7	7,2	7,9
1962	7,9	7,6	7,5	7,7	7,7	6,9	7,3	7,2	8	7,8	7,9	8,1
1963	7,7	7	7,6	8,1	8	7,4	6,8	7,8	8	8	7,5	8,4
1964	8,7	8,6	8,4	7,5	8,1	6,8	6,5	6,8	7,1	7,1	7,3	6,9
1965	7,5	7,7	7,6	7,4	7,6	7,1	7,3	7,1	8	8	7,8	8,1
1966	8,4	8,3	8,3	7,8	8,3	7,7	7,3	7,7	7,6	7,9	8,1	7,9
1967	7,7	7,8	8,1	8,2	8	7,2	7,6	7,5	7,8	7,6	8	7,7
1968	7,7	7,8	7,8	8,1	7,7	7,8	7,7	7,9	8	8	8	7,9
1969	7,9	8,1	8,5	8,4	8	7,9	8	8	8,2	8,3	8,2	8,3
1970	8,4	8,2	8,5	8,1	8,3	8,1	8,2	7,9	8,1	8,2	7,9	8,3
1971	8,2	8,1	7,9	8,2	8,3	8,3	8,1	8	7,8	7,7	8	7,9
1972	8,1	7,9	8,2	8,2	8,4	8	8,1	8,2	8,2	8,2	8,5	8
1973	8,1	8,5	8,5	8,6	8,5	8,1	8,6	8,7	8,6	8,4	8,6	8,6
1974	8,4	8,1	8,4	8,6	8,5	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,6	8,5
1975	8,4	8,4	8,5	8,4	8,5	8,1	7,9	8	8,1	8,4	8,5	8,6
1976	8,3	8,4	8,5	8,5	8,5	8,3	8,1	8,2	8,3	8,6	8,5	8,6
1977	8,6	8,6	8,7	8,7	8,5	8,4	8,5	8,4	8,1	8,5	9	8,6
1978		8,8	8,8	8,5	8,6	8,5	8,8	8,4	8,4	8,5	8,8	8,6
1979	8,5	8,4		8,5	8,3	8,5	8,3	8,5	8,4	8,6	8,2	8,5
1980	8,5	8,5	8,5	8,4	8,5	8,3	8,3	8,2	8,3	8,4	8,3	8,7
1981	8,9	8,8	8,7	9,1	9,2	8,9	8,4	8,5	8,3	8,6	8,8	8,7
1982	8,5	8,7	8,8	8,5	8,2	8,2	7,6	8,9	8,6	8,1	8,6	8,6
1983	9,1	9,2	8,9	8,6	8,5	8,2	8,2	8,2	8,1	8	8,6	8,1
1984	8,3	7,8	8,1	8,4	8,3	8,3	7,7	8,4	7,9	8		8,6
1985	8,5	8,6	9,5	8,6		8,3	7,4	7,4	8,3	8,6	8,1	8,5
1986		8,6	8,3	8,8	8,9	8,8	8,9	8,8	8,9		9,1	8,9
1987	9,1	9,3	8,9	9,1			9,5	9,5	9,3		9,1	9,2
1988	9,1	9,1	8,9		8,6	9,6		8,4	8,3		8,2	9
1989	7,9	8,4	8,5	8,4	8,3	8,2	8,3	8,6	8,6	7,7	9,1	8,9
1990	8,9	8,7	8,7	8,5	8,6	8,8	8,8	8,9	8,8	8,6	8,9	9,3
1991	9,1	9	9	8,6	8,5	8,4	8,6	8,4	8,6		8,1	8,5
1992	8,6	8,6	8,6	8	8,3	8,2	8,4	8,9	8,5	8,4	8,5	8,6
1993	8,3	8,1	8	8	8,2	8,6	8,5	8,6	8,3			
1999					7,5	7,5	7,4	7,6	7,3	7,5	8,2	7,9
2001	6,7	8	7,4	7,6		7,4	7,6	7,1	6,9	9	8	8,9
2002	8,6	8,6	8,1	8,4	8,7							
PROM	8,2347	8,2137	8,2063	8,1837	8,11702	7,8408	7,69	7,8135	7,9212	7,9804	8,1714	8,2961
MAX	9,1	9,3	9,5	9,1	9,2	9,6	9,5	9,5	9,3	9	9,1	9,3
MIN	6	5,6	4,8	5,9	5,5	6,1	5,4	5,5	5,8	6,5	6,5	6,3

Humedad Relativa

COD : M120	NOMBRE: COTOPAXI - CLIRSEN
-------------------	-----------------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

HUMEDAD RELATIVA (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1959	89	84	94	96	93	91	95	97	97	93	83	86
1960	88	87	87	88	88	84	83	80	80	84	84	85
1961	88	86	88	88	84	84	81	83	77	84	82	85
1962	89	86	89	94	93	94	89	86	810	86	89	89
1963	92	97	94	96	90	90	90	89	90	92	94	94
1964	92	93	91	96	90	90	89	86	85	86	88	87
1965	90	88	82	92	92	90	87	87	90	91	92	93
1966	95	92	93	94	92	90	94	90	91	91	90	90
1967	92	94	92	90	93	94	92	93	92	93	93	92
1968	93	93	93	92	92	93	93	92	93	93	93	93
1969	93	93	92	92	92	91	90	89	89	90	89	90
1970	89	89	89	91	89	90	91	90	90	92	92	92
1971	92	92	94	92	91	92	91	91	91	92	92	92
1972	91	92	92	92	91	93	93	92	91	92	92	92
1973	92	92	91	92	91	92	93	94	94	93	93	93
1974	93	94	95	94	94	95	95	95	94	95	95	96
1975	95	95	96	95	95	95	95	95	95	96	95	95
1976	96	96	94	95	95	95	95	94	95	94	95	95
1977	95	95	94	94	95	95	95	94	91	92	92	92
1978		92	92	91	92	93	92	92	92	92	91	90
1979	92	92	93	92	92	91	92	90	91	92	92	91
1980	95	94	94	95	94	94	95	95	95	95	95	95
1981	94	95	94	94	94	94	95	95	91	95	95	95
1982	95	95	95	95	95	95	95	94	95	95	95	96
1983	95	95	95	95	95	95	95	95	96	95	96	95
1984	96	95	95	95	96	95	95	95	95	95		95
1985	96	96	96	96		95	94	95	95	95	95	95
1986		96	96	95	96	95	96	96	96		96	96
1987	96	95	96	95			97	95	96		96	96
1988	96	96	95		95	96		95	94		95	96
1989	96	96	96	96	96	96	96	96	96	97	96	96
1990	96	96	96	96	95	95	96	96	96	96	96	96
1991	96	96	96	95	96	96	96	96	96		95	96
1992	96	96	96	94	95	95	95	96	95	96	95	96
1993	95	95	95	95	95	95	96	96	95			
1999					93	94	88	85	92	92	92	95
2000		97		97	98				93		93	
2001	96	92	96	95		94	93	96	94	91	97	94
2002	93	94	97	95	90	94	93	93	90	94	98	96
2003	91	92	93	94	94	95	97	99	98	98	99	99
2004										98	98	97
PROM	93,278	93,154	93,316	93,763	93	93,026	92,816	92,487	110,4	92,714	93,026	93,231
MAX	96	97	97	97	98	96	97	99	810	98	99	99
MIN	88	84	82	88	84	84	81	80	77	84	82	85

Viento

COD : M120	NOMBRE: COTOPAXI - CLIRSEN
-------------------	-----------------------------------

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/h)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1982	9,1	1,5	1,2	8,7	6,7	1,5	9,5	9,5	8,5	5,7	8	8
1983		9,7	7,5	4,7	6,2	8,6	1,2	1,7	1,8	7,3	9,4	9,4
1984	1,4	6,9	5,9	5,3	6,9	8,6	1	12	8,6	7,5		8
1985	7,9	1,7	1,7	1,7		9,4	1,9	8,4	8	8,4	9,3	8,7
1986		8,1	7,8	7,8	8,3	8,3	13,1	9,3	9,3		9,3	9,3
1987	9,1	4	9,6	5,4			12,7	12,8	9,6		7,5	11,5
1988	6,7	6,7	11,5		7,2	12		12,2	12,2		6,8	6,8
1989				7,6	8,3	8,3	1,4	1,4	8,7	8,7	12	11,1
1990	8,5	8,5	8,5	8,5	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	9,6	9,6	9,6
1991	11,8	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,4		9,4	9,4
1992							12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
1993	7,3	7,3	7,3	7,3	5,4	11,9	11,9	12,5	12,5			
PROM	7,725	6,35	7,01	6,61	6,58889	7,89	6,9182	8,6	8,575	8,5857	9,42	9,5182
MAX	11,8	9,7	11,5	9,1	9,1	12	13,1	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
MIN	1,4	1,5	1,2	1,7	1,2	1,2	1	1,4	1,4	5,7	6,8	6,8

Estación Hidrológica INAMHI

COD : H158 NOMBRE: PITA AJ SALTO

INSTITUTO NACIONAL DEL METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

CAUDAL (m3/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1964								2,64	4,732	3,268	1,782	1,674
1965	1,609	1,529	1,475	1,827	1,932	2,291	2,019	2,06	1,719	2,011	3,177	2,684
1966	1,87	2,749	2,494	2,496	1,801		1,918	1,573	1,923	1,996	1,81	2,034
1967	1,891	1,865	2,257	2,01	1,782	2,369	2,464	2,146	1,841	2,136	1,494	1,069
1968	1,09	1,141	1,421	1,387	1,243	1,391	1,803	1,286	1,186	1,449	1,246	1,108
1969	0,914	1,118	1,001	1,57	1,333	1,631	1,28	1,439	1,041	1,188	1,338	1,43
1970	1,334	1,606	1,281	1,185	1,385	1,537	1,1	1,189	1,041	0,947	1,503	1,06
1971	1,134	1,076	1,394	1,296	1,133	1,08	1,287	0,876	0,923	1,292	1,069	0,912
1972	1,075	1,01	1,017	1,173	0,896	0,885	1,123	0,876	0,934	0,806		0,87
1973	0,852	0,863	0,906	1,013	0,872	0,776	0,835	0,887	0,892	0,842	0,766	0,753
1974	0,709	1,147	1,701	1,475	0,997	0,847		3,03	3,124	4,086	3,904	3,249
1975	3,184	0	3,324	3,079	3,245	5,227		4,382	4,216	4,34	4,303	4,293
1976	4,574	5,19	5,045	5,3	4,023					5,857	4,613	4,136
1977	4,11			4,497	3,987		4,821					
1979												
1980						3,189	3,025	2,881				3,115
1981	2,906	2,892						1,828	1,826	1,775		
1982											5,233	6,485
1983	6,758	6,702						2,227	2,246	2,232		
1984												2,49
1985	2,301	2,125										
1986			2,445	1,996	2,175				2,283	2,336	2,281	
1987					2,733	2,304	2,254	2,139				
1988					2,352	2,568	2,623					
1989	2,498	2,568	2,715		2,343	2,526	2,604	2,495	2,489	2,47	2,289	2,063
1990	2,185	2,219	2,19									
1991				2,643	2,64	2,631				2,32	2,483	2,322
1992	2,188	2,322	2,402	2,768	2,314	2,404	2,627	2,678	2,496	2,143	2,213	2,112
1993	2,183	2,427	2,855	2,917	2,193	2,085	2,117	2,09	2,226	1,846	2,132	2,502
1994	1,998	2,774	2,6	2,856	2,611	2,753	2,88	3,117	2,747	2,633	2,853	2,655
1995	2,84	2,671	2,258	2,357	2,487	2,445	2,359	2,325	2,207	2,19	2,478	2,173
1996	2,272	2,988	2,966	2,874	2,713	2,581	2,826	2,618	2,545	2,304	2,088	2,125
1998	4,619	6,147	7,147	7,083	4,469	3,444	3,387	2,938	2,785	3,22	3,451	2,495
1999	2,936	3,508	3,383	3,533	3,278	2,668	2,795	3,527	3,469	2,879	2,773	3,454
2000	3,21	3,233	3,598	3,345	3,483	3,129	2,981	2,765	2,979	2,581	2,196	1,899
2001	2,907	2,739	3,149	2,919	2,794	2,935	3,139	3,233	3,026	3,026	2,824	3,047
2002	2,866	2,537	3,176	3,201	3,155	3,19	3,054	3,05	2,712	2,599	3,139	3,1
2003	3,291	3,023	3,087	3,094	3,301	3,136	3,106	2,656	3,019	3,121	3,054	3,206
2004	2,799	2,397	2,435	2,925	3,036	2,849	2,875	2,908	2,572	2,92	2,921	3,075
2005	2,861	2,831	3,073	2,951	2,911	3,174	2,757	2,784	2,579	3,015	3,115	3,447
PROM	2,515	2,5132	2,5998	2,7061	2,43926	2,4302	2,4466	2,3548	2,3372	2,4461	2,5699	2,4851
MAX	6,758	6,702	7,147	7,083	4,469	5,227	4,821	4,382	4,732	5,857	5,233	6,485
MIN	0,709	0	0,906	1,013	0,872	0,776	0,835	0,876	0,892	0,806	0,766	0,753

FICHAS TECNICAS Y ENCUESTA

Fichas Técnicas – Captaciones de Agua

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :	sin cod	FECHA:	11/09/2007
TOMA # :	T1		
COORDENADAS	X =	784160	
(UTM- WGS84)	Y =	9938028	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Quebrada el chorro sin nombre, acequia de la toma 2
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	San José del Pedregal
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Acequia
CONCESIONARIOS	San José del Pedregal

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Del Control Norte del Parque Nacional Cotopaxi, se sigue el camino que va hacia el Pedregal, al cruzar con el primer riachuelo aprox unos 50 m hacia el oeste</p>


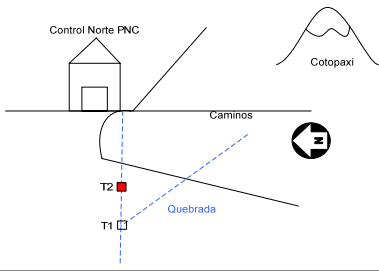
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)	0,9	DISTANCIA (m)	1,5
PROFUNDIDAD (m)	0,09	TIEMPO (s)	10,03
CAUDAL (l/s)	12,52	VELOCIDAD (m/s)	0,15

OBSERVACIONES:

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	11/09/2007
TOMA # :	T2		
COORDENADAS	X =	784202	
(UTM- WGS84)	Y =	9937988	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Vertiente s/n
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	San José del Pedregal
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Caja de Cemento
CONCESIONARIOS	San José del Pedregal

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Del Control Norte del Parque Nacional Cotopaxi, se sigue el camino que va hacia el Pedregal, al cruzar con el primer riachuelo aprox unos 20 m hacia el oeste</p>


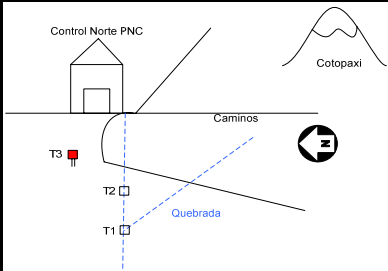
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)		DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 1	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: Como se puede observar en la foto, el caudal era muy pequeño para poder medirlo.

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	11/09/2007
TOMA # :	T3		
COORDENADAS	X =	784415	
(UTM- WGS84)	Y =	9937858	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Vertiente s/n
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	San José del Pedregal
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente y bien cuidado
TIPO DE OBRA	Caja de cemento y entubado
CONCESIONARIOS	San José del Pedregal

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Del Control Norte del Parque Nacional Cotopaxi 30 m hacia el oeste a un costado del camino que se dirige al Pedregal</p>


CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)	0,25	DISTANCIA (m)	1
PROFUNDIDAD (m)	0,18	TIEMPO (s)	5,64
CAUDAL (l/s)	7,98	VELOCIDAD (m/s)	0,18

OBSERVACIONES:

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	11/09/2007
TOMA # :	T4		
COORDENADAS	X =	784514	
(UTM- WGS84)	Y =	9937390	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	2 Vertientes
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	San José del Pedregal
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente y bien cuidado
TIPO DE OBRA	Caja de cemento con 2 tuberías
CONCESIONARIOS	San José del Pedregal

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Del Control Norte del Parque Nacional Cotopaxi 70 hacia el sur a un costado del camino que se dirige hacia el control sur</p>


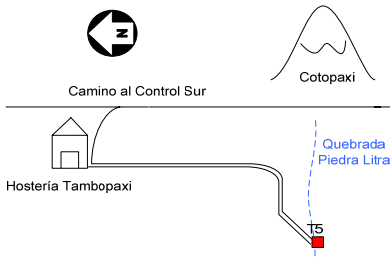
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)	0,42	DISTANCIA (m)	1
PROFUNDIDAD (m)	0,24	TIEMPO (s)	7,77
CAUDAL (l/s)	13,05	VELOCIDAD (m/s)	0,13

OBSERVACIONES:

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	11/09/2007
TOMA # :	T5		
COORDENADAS	X =	783347	
(UTM- WGS84)	Y =	9934816	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Quebrada Piedra Litra
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	Tambopaxi
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Tubería
CONCESIONARIOS	Gustavo Changoluisa

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: al sur de la hostería Tambopaxi se ubica la quebrada Piedra Litra. La toma se encuentra por donde cruza el alambrado de la propiedad</p>


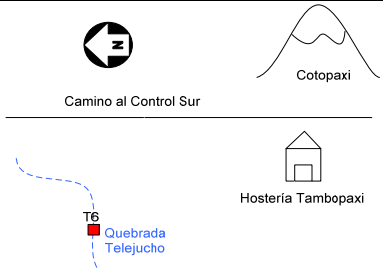
CAUDAL APROXIMADO			
DIAMETRO DEL TUBO (cm)	8	DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 8	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: La forma de la quebrada impidió la medición del caudal; sin embargo se una aproximación del cálculo. La tubería poseía un diámetro aprox de 8 cm

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	13/09/2007
TOMA # :	T6		
COORDENADAS	X =	782919	
(UTM- WGS84)	Y =	9936028	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Quebrada Telejucho
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Acequia
CONCESIONARIOS	

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Siguiendo el camino del control sur hacia el control norte, la primera quebrada pasando la hostería Tambopaxi por sobre la primera colina.</p>


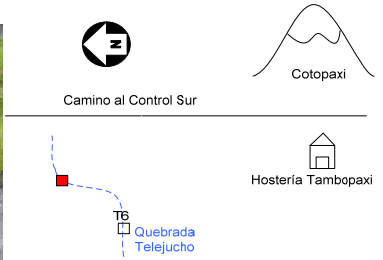
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)	0,045	DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)	0,08	TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 13	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: El caudal es muy pequeño por lo que no se puede medirlo
Esta concesión no consta en datos CNRH

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	13/09/2007
TOMA # :	T7		
COORDENADAS	X =	783462	
(UTM- WGS84)	Y =	9937064	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	s/n (Quebrada Telejucho)
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	Escobar Jorge, Jácome Guido y otros
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Acequia
CONCESIONARIOS	Escobar Jorge, Jácome Guido y otros

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Siguiendo el camino del control sur hacia el control norte, la primera quebrada pasando la hostería Tambopaxi en las faldas de la primera colina.</p>


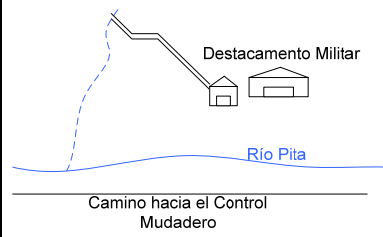
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)	0,5	DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)	0,05	TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 10	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: Caudal escaso para medición. El agua de ésta acequia solo sirve para el rancho de la familia Jácome

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	13/09/2007
TOMA # :	T8		
	X =		788648
(UTM- WGS84)	Y =		9935490

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	s/n
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	deconocido
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Tubo (manguera)
CONCESIONARIOS	Destacamento Militar (La Merced)

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Siguiendo el camino del control norte hacia el control mudadero del PNC, se observa claramente la entrada al destacamento militar y la quebrada que los dota de agua</p>

CAUDAL APROXIMADO			
DIAMETRO MANGUERA (cm)	2	DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 1	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: Agua para el uso del destacamento. Esta concesión no consta en datos CNRH

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	13/09/2007
TOMA # :	T9		
COORDENADAS	X =	784616	
(UTM- WGS84)	Y =	9937652	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Acequia San José
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Tubería
CONCESIONARIOS	Control Norte PNC

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Toma ubicada a 10 metros del control norte hacia el este en dirección de la acequia San José</p>

CAUDAL APROXIMADO			
DIAMETRO DEL TUBO (cm)	5	DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 5	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: Agua para el consumo del Control Norte del Parque Nacional Cotopaxi (PNC). Esta concesión no consta en datos CNRH

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	14/09/2007
TOMA # :	T11		
COORDENADAS	X =	788234	
(UTM- WGS84)	Y =	9933572	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Quebrada Potrerillo, Quebrada Carnero Machay y Vertientes Manantiales
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	Acequia San José
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente y muy bien mantenido
TIPO DE OBRA	Acequia
CONCESIONARIOS	Según datos proporcionados, ésta acequia se dirige a Machachi

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Siguiendo el camino del Control Norte del PNC hacia el Control Mudadero, se toma el primer desvío hacia la derecha hasta los manantiales; la toma a unos 300 m hacia noroeste.</p>


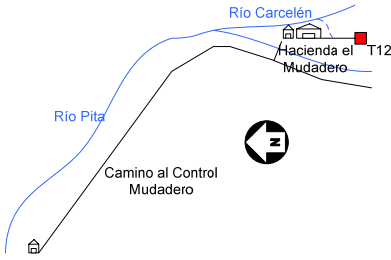
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)		DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	260,00	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: Caudal calculado por Guardaparques de la reserva, aseveran que el mismo es constante durante el año. Esta concesión no consta en datos CNRH

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	14/09/2007
TOMA # :	T12		
COORDENADAS	X =	793122	
(UTM- WGS84)	Y =	9930422	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Vertiente
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	Hacienda Mudadero
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Tanque de cemento con Manguera
CONCESIONARIOS	

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Desde donde nace el río Pita (unión del Carcelén con el Gualpaloma) se sigue el camino hasta la primera entrada hacia la izquierda, ahí se encuentra la hacienda y la toma está 50 m hacia el sur.</p>

CAUDAL APROXIMADO			
DIAMETRO DEL TUBO (cm)	3	DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 2	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: Del tanque de cemento se toma el agua que va por el tubo, el resto se dirige al río Carcelén
--

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	
TOMA # :	T13		
COORDENADAS	X =	784803	
(UTM- WGS84)	Y =	9937558	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Acequia San José
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	Control Norte
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	No Vigente
TIPO DE OBRA	Tanque de Cemento
CONCESIONARIOS	Escobar Jorge, Jacome Guido y Otros (según CNRH)

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Por el camino hacia el control Mudadero, la toma abandonada se encuentra aproximadamente a 1,15 Km del control norte</p>


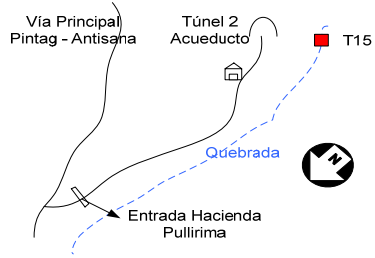
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)		DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)		VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: Según datos proporcionados por los Guardaparques, esta toma no sirvió porque la fuerza de agua no alcanzaba para llegar al control norte.

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	19/09/2007
TOMA # :	T15		
COORDENADAS (UTM- WGS84)	X =		801588
	Y =		9940920

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	s/n
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	s/n
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Acequia
CONCESIONARIOS	Hacienda Pullirima Pushicungo

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Al ingresar a la hacienda Pullirima se llega al final del camino donde se ubican 2 casas de la hacienda y el túnel 2 del acueducto Quito, claramente se distingue la quebrada y varios metros hacia arriba esta la toma</p>


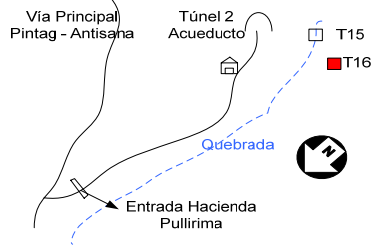
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)	0,6	DISTANCIA (m)	1,5
PROFUNDIDAD (m)	0,04	TIEMPO (s)	2,1
CAUDAL (l/s)	17,14	VELOCIDAD (m/s)	0,71

OBSERVACIONES: De esta toma nace una acequia de la cual surge una nueva toma varios metros abajo, ésta se describe en la siguiente ficha

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	19/09/2007
TOMA # :	T16		
COORDENADAS	X =	801635	
(UTM- WGS84)	Y =	9941010	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	s/n
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	Acequia (Ficha T15)
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Pequeña Acequia con tuberías, llegan a tanque de cemento
CONCESIONARIOS	Hacienda Pullirima Pushicungo


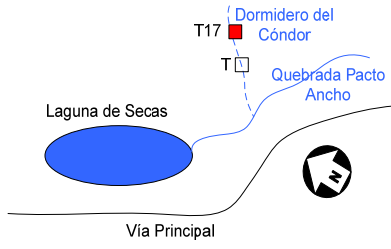
UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Al ingresar a la hacienda Pullirima se llega al final del camino, se distingue la quebrada varios metros quebrada debajo de la toma 15</p>

CAUDAL APROXIMADO DE PEQ ACEQUIA			
ANCHO CANAL (m)	0,45	DISTANCIA (m)	1
PROFUNDIDAD (m)	0,05	TIEMPO (s)	2,08
CAUDAL (l/s)	10,82	VELOCIDAD (m/s)	0,48
CAUDAL TUBO	≈ 2	DIAMETRO TUB(cm)	2
OBSERVACIONES: El segundo tubo de esta toma, se rompe casi al llegar a el tanque de cemento, pero toda el agua se dirige hasta allí.			

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	19/09/2007
TOMA # :	T17		
COORDENADAS	X =	797937	
(UTM- WGS84)	Y =	9949090	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Quebrada conocida como El Dormidero del Condor
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	Se visualizaro 2 tomas en la misma quebrada, la segunda aun no esta en funcionamiento
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Primera toma esta en vigencia y la segunda esta en construccion
TIPO DE OBRA	Acequias
CONCESIONARIOS	1ra) Organización el Salache 2da) Hacienda Gordillo (en construcción)

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Al llegar a la laguna de Secas se puede observar claramente de frente a la vía las 2 tomas</p>

CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)		DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 9	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: No se pudo observar directamente el caudal porque su acceso era difícil, el valor se aproxima en base a relatos de guardaparques.

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	19/09/2007
TOMA # :	T18		
COORDENADAS	X =	797124	
(UTM- WGS84)	Y =	9949410	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Vertiente s/n
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	Pinantura
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Tubería
CONCESIONARIOS	Pinantura

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Bajando hacia la población de Secas ubicada al costado de la laguna, a unos 200 m al costado del camino de 3er orden</p>

CAUDAL APROXIMADO			
DIAMETRO DEL TUBO (cm)	5	DISTANCIA (m)	
PROFUNDIDAD (m)		TIEMPO (s)	
CAUDAL (l/s)	≈ 15	VELOCIDAD (m/s)	

OBSERVACIONES: Esta tubería llega a un tanque del cual se distribuye agua a Pinantura; el resto del agua se desfoga en la laguna TipoPungo.
--

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	19/09/2007
TOMA # :	T19		
COORDENADAS	X =	797114	
(UTM- WGS84)	Y =	9949400	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Vertiente s/n
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Acequia
CONCESIONARIOS	Predios aledaños a la vertiente (conocido como población de Secas)

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Ubicada aproximadamente a 10 m sobre la toma 18, en el sector de la población de Secas</p>


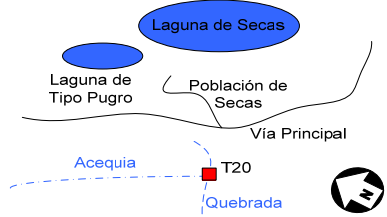
CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)	0,3	DISTANCIA (m)	1
PROFUNDIDAD (m)	0,05	TIEMPO (s)	7,11
CAUDAL (l/s)	2,11	VELOCIDAD (m/s)	0,14

OBSERVACIONES:

FICHA TECNICA DE TOMAS DE AGUA

CODIFICACIÓN :		FECHA:	19/09/2007
TOMA # :	T20		
COORDENADAS	X =	796817	
(UTM- WGS84)	Y =	9949250	

SISTEMA HIDROGRAFICO DE LA TOMA	Quebrada s/n
NOMBRE DE LA TOMA (CANAL O ACEQUIA)	
ESTADO DE LA OBRA (VIGENCIA)	Vigente
TIPO DE OBRA	Acequia
CONCESIONARIOS	Hacienda Sr Roberto Merino

UBICACIÓN	
FOTOGRAFIAS	CROQUIS
	 <p>Descripción: Acequia localizada por sobre la vía principal, al costado opuesto de la población de Secas que se ubica adyacente a la laguna.</p>

CAUDAL APROXIMADO			
ANCHO CANAL (m)	1	DISTANCIA (m)	2
PROFUNDIDAD (m)	0,16	TIEMPO (s)	6,1
CAUDAL (l/s)	52,46	VELOCIDAD (m/s)	0,33

OBSERVACIONES: Agua destinada solo para riego y ganado de la hacienda; para consumo humano, la hacienda utiliza el agua de la T18. El acceso fue restringido

Formato de la Encuesta

ENCUESTA

Nombre: _____

Fecha: _____

Como es el nivel de agua del rio comparado hace 10 años.

Mayor Igual Menor

Por que cree usted que ha cambiado la cantidad de agua del río?

Cómo era la cantidad de lluvias hace 10 años?

Mayor Igual Menor

Que meses llueve mas?

Cómo ha cambiado el páramo desde hace 10 años?

Que actividades realiza usted en el páramo?

Que actividades cree usted que han cambiado al páramo?

Para que usa el agua del río?

Que hace usted para cuidar el río?

Ha recibido alguna capacitación sobre la protección del agua? Quien lo hizo?

Según usted que se debe hacer para conservar el agua?

Tiene usted alguna costumbre con relación al páramo o al agua del río?

Conoce usted de la existencia de tomas clandestinas de agua?

CALCULOS

Análisis del Interpolador de Precipitación

ESTACION	P1Lluviosa	Esférico	error	Circular	error	Exponencial	error	Gaussiano	error	Lineal	error
M003	147,80	147,98	0,18	147,98	0,18	147,75	0,05	138,1741	9,62	148,0303	0,23
M064	47,19	47,19	0,00	47,19	0,00	47,19	0,00	47,1944	0,00	47,1944	0,00
M113	156,59	156,22	0,37	156,22	0,37	156,22	0,37	141,2507	15,34	156,205	0,38
M114	109,66	109,92	0,26	109,92	0,26	109,46	0,20	116,6872	7,03	109,8898	0,23
M117	97,68	98,51	0,83	97,95	0,27	98,51	0,83	134,6829	37,01	97,9365	0,26
M120	122,98	122,09	0,89	122,70	0,28	122,69	0,28	114,0414	8,94	122,7134	0,27
M188	120,59	120,45	0,13	120,65	0,06	120,67	0,08	120,359	0,23	120,7113	0,13
M347	91,32	91,53	0,21	91,52	0,20	91,53	0,21	99,4359	8,11	91,53	0,21
M353	159,03	158,62	0,41	158,85	0,18	158,77	0,26	148,5502	10,48	158,8439	0,19
M364	160,15	159,22	0,93	160,04	0,12	160,03	0,13	144,3621	15,79	160,0399	0,11
	Error Medio		0,42		0,19		0,24		11,26		0,20

ESTACION	P1Seca	Esférico	error	Circular	error	Exponencial	error	Gaussiano	error	Lineal	error
M003	53,17	53,00	0,17	53,22	0,05	53,11	0,06	53,1693	0,00	52,8678	0,30
M064	21,25	21,25	0,00	21,25	0,00	21,25	0,00	21,2533	0,00	21,2533	0,00
M113	50,79	50,85	0,06	50,85	0,06	50,85	0,06	50,831	0,04	50,8004	0,01
M114	30,40	30,42	0,02	30,41	0,01	30,48	0,08	30,4777	0,08	30,3291	0,07
M117	50,42	50,52	0,10	50,59	0,17	50,49	0,07	50,4497	0,03	50,8755	0,46
M120	59,77	59,70	0,06	59,79	0,03	59,66	0,10	59,6763	0,09	59,817	0,05
M188	183,88	183,33	0,55	183,32	0,56	183,28	0,61	183,4784	0,41	183,3445	0,54
M347	24,84	24,94	0,10	24,95	0,11	24,96	0,12	24,8622	0,02	24,9539	0,11
M353	44,89	44,94	0,05	44,90	0,01	44,94	0,06	44,8307	0,06	44,9646	0,08
M364	57,33	57,33	0,00	57,32	0,01	57,34	0,01	56,9998	0,33	57,3047	0,03
	Error Medio		0,11		0,10		0,12		0,11		0,16

ESTACION	P2Lluviosa	Esférico	error	Circular	error	Exponencial	error	Gaussiano	error	Lineal	error
M003	136,66	136,63	0,03	136,47	0,19	136,47	0,19	126,7576	9,90	134,9401	1,72
M064	45,86	45,86	0,00	45,86	0,00	45,86	0,00	45,8575	0,00	45,8575	0,00
M113	136,68	136,67	0,01	136,67	0,01	136,67	0,01	129,6149	7,06	135,9096	0,77
M114	96,31	96,54	0,23	96,54	0,23	96,55	0,24	101,35	5,04	96,8981	0,59
M117	97,12	97,18	0,06	97,18	0,06	97,64	0,52	121,1453	24,02	100,3983	3,28
M120	100,83	100,67	0,16	100,68	0,15	100,69	0,14	98,1359	2,69	100,9497	0,12
M188	99,52	99,65	0,13	99,65	0,13	99,61	0,10	100,33	0,81	99,9785	0,46
M347	79,47	79,65	0,18	79,65	0,18	79,66	0,19	82,9192	3,45	80,5784	1,11
M353	138,51	138,32	0,19	138,32	0,19	138,32	0,19	138,3269	0,18	138,0403	0,47
M364	156,77	156,64	0,13	156,32	0,45	156,63	0,15	138,5913	18,18	152,9309	3,84
	Error Medio		0,11		0,16		0,17		7,13		1,24

ESTACION	P2Seca	Esférico	error	Circular	error	Exponencial	error	Gaussiano	error	Lineal	error
M003	40,08	39,85	0,23	39,83	0,25	39,96	0,12	40,1015	0,02	39,783	0,30
M064	12,92	12,92	0,00	12,92	0,00	12,92	0,00	12,9233	0,00	12,9233	0,00
M113	35,71	35,81	0,10	35,80	0,09	35,88	0,17	35,7606	0,05	35,8988	0,19
M114	18,68	18,43	0,25	18,70	0,02	18,76	0,08	18,4055	0,27	18,6945	0,02
M117	33,28	33,42	0,14	33,48	0,19	33,37	0,09	33,3433	0,06	33,6645	0,38
M120	43,98	43,96	0,02	43,99	0,01	43,88	0,10	43,9471	0,03	44,0321	0,05
M188	157,15	156,66	0,49	156,66	0,49	156,62	0,54	156,8837	0,27	156,6622	0,49
M347	13,60	13,70	0,09	13,70	0,10	13,71	0,11	13,6216	0,02	13,4983	0,11
M353	36,58	36,49	0,08	36,50	0,08	36,54	0,04	36,375	0,20	36,56	0,02
M364	42,96	42,95	0,01	42,94	0,02	42,96	0,01	42,9731	0,02	42,9401	0,02
	Error Medio		0,14		0,12		0,13		0,09		0,16

ESTACION	P3Lluviosa	Esférico	error	Circular	error	Exponencial	error	Gaussiano	error	Lineal	error
M003	145,29	130,76	14,52	134,74	10,54	144,51	0,78	121,1905	24,10	127,5787	17,71
M064	47,58	47,58	0,00	47,58	0,00	47,58	0,00	47,58	0,00	47,58	0,00
M113	115,39	123,51	8,12	121,97	6,59	115,84	0,45	124,7788	9,39	123,7418	8,36
M114	91,84	93,21	1,36	92,64	0,79	93,21	1,36	95,2791	3,43	93,5097	1,67
M117	88,57	101,68	13,10	97,66	9,09	89,13	0,55	115,9577	27,38	107,2183	18,64
M120	100,20	99,25	0,95	98,34	1,87	100,04	0,16	96,5587	3,64	97,7738	2,43
M188	84,54	87,13	2,59	85,71	1,17	84,69	0,16	88,4069	3,87	87,1306	2,59
M347	70,21	75,34	5,14	73,14	2,93	75,34	5,14	78,4707	8,26	77,0983	6,89
M353	146,84	139,51	7,33	142,33	4,52	146,16	0,68	135,4747	11,37	136,5157	10,33
M364	160,99	147,50	13,49	153,63	7,36	160,80	0,19	136,0089	24,98	145,1968	15,79
	Error Medio		6,66		4,49		0,95		11,64		8,44

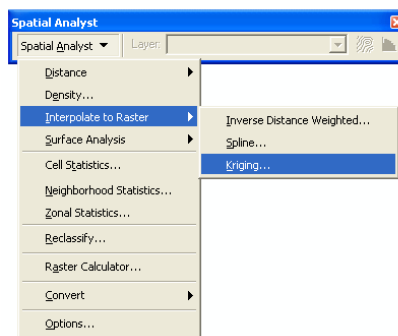
ESTACION	P3Seca	Esférico	error	Circular	error	Exponencial	error	Gaussiano	error	Lineal	error
M003	44,47	44,38	0,09	44,30	0,17	44,38	0,09	44,6682	0,20	44,6682	0,20
M064	14,64	14,64	0,00	14,64	0,00	14,64	0,00	14,6426	0,00	14,6426	0,00
M113	40,82	40,95	0,13	40,93	0,11	40,95	0,13	41,0289	0,21	40,7753	0,04
M114	23,11	23,14	0,03	22,85	0,26	23,19	0,08	23,1841	0,07	23,1841	0,07
M117	29,57	29,76	0,19	29,80	0,23	29,73	0,16	29,5504	0,02	29,5504	0,02
M120	47,30	47,20	0,10	47,26	0,04	47,15	0,15	47,1963	0,11	47,1363	0,17
M188	158,33	157,85	0,48	157,85	0,48	157,81	0,52	157,9973	0,34	157,9973	0,34
M347	19,32	19,40	0,08	19,41	0,09	19,41	0,09	19,2928	0,03	19,2928	0,03
M353	38,60	38,58	0,02	38,56	0,04	38,58	0,02	38,4657	0,14	38,5148	0,09
M364	47,31	47,22	0,09	47,29	0,02	47,31	0,00	47,353	0,04	47,353	0,04
	Error Medio		0,12		0,14		0,12		0,12		0,10

Proceso de Cálculo en el ArcGis (Manual)

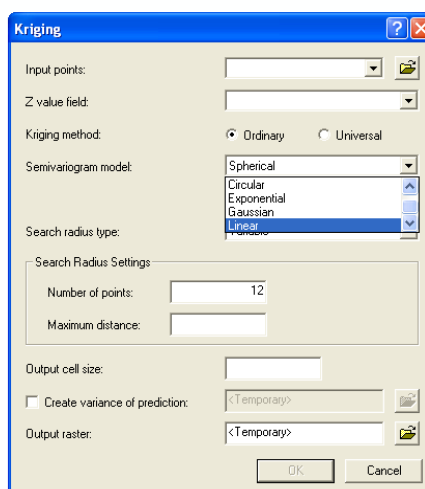
A continuación se describen las herramientas utilizadas en el ArcGis V 9.2 para el cálculo del Modelo Oferta Hídrica.

Precipitación

Para la interpolación de la precipitación se utilizó la herramienta Spatyal Analyst, el comando interpolar a raster, el interpolador de Kriging.

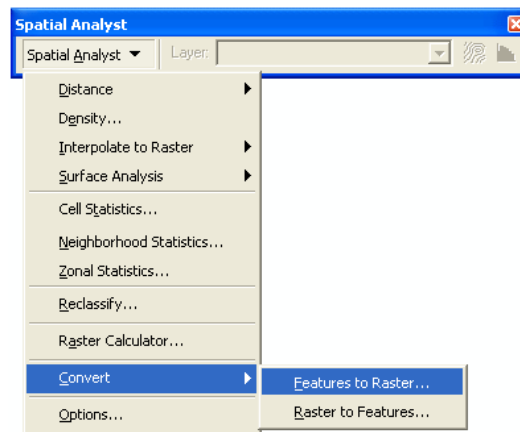


Aquí, Kriging presenta 5 modelos de variograma: esférico, circular, exponencial, gaussiano o lineal. Se interpola para cada uno de estos variogramas y se procede de la forma que se explica en el ítem 3.5.1 para identificar el modelo que se adapta de mejor manera a los datos.

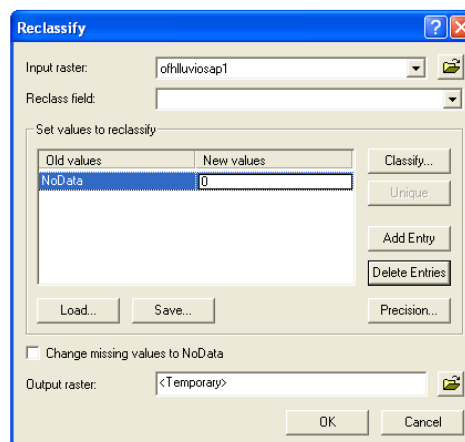


Caudal de Deshielo

Una vez obtenido el caudal de aporte del deshielo en mm/mes, se transforma esta información a una de tipo raster mediante el comando Convertir de la barra de herramientas del Spatial Analyst.

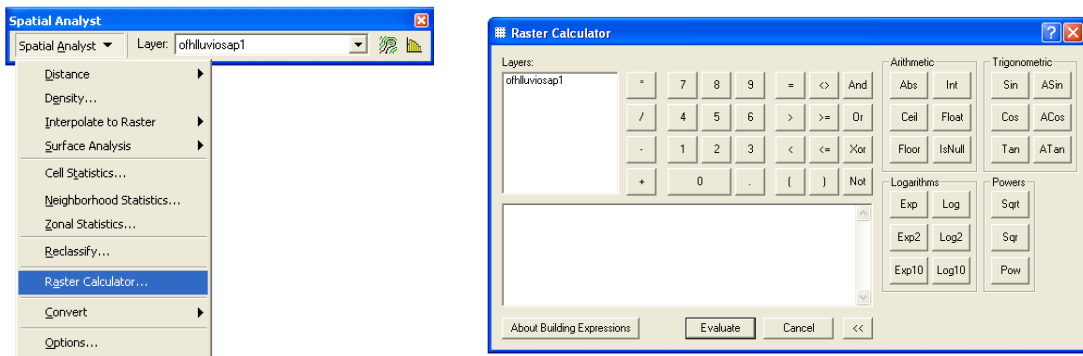


Al final de este proceso, se obtendrá un raster en donde los píxeles de aporte del deshielo poseen un valor, mientras que el resto tiene valores de “No data”; lo que es un inconveniente para futuros cálculos. Con el fin de eliminar este problema se utiliza el comando Reclasificar del Spatial Analyst, allí cambiamos los valores de “No Data”, a valores de cero tal como lo indica la figura.

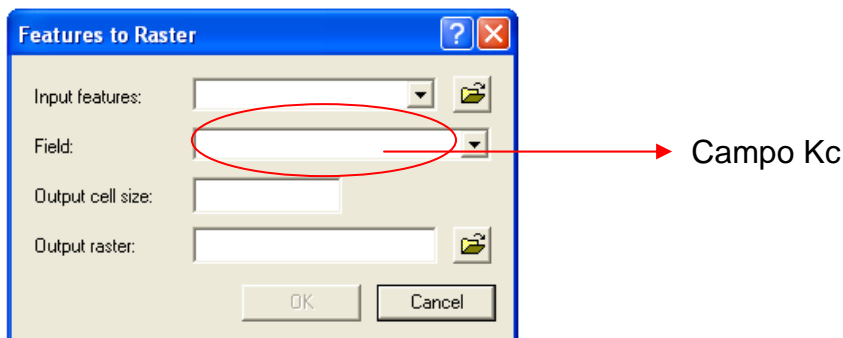


Evapotranspiración

El proceso de cálculo de la Evapotranspiración estándar (ET_o) se realiza con la Calculadora de Raster del Spatial Analyst, en dicho comando se encuentran todas las funciones necesarias para su obtención.



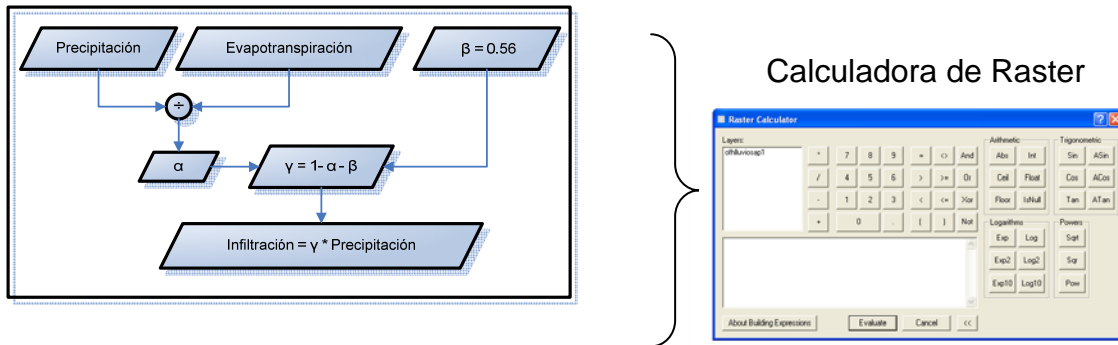
Para obtener el Coeficiente de cultivo (K_c), se debe agregar un campo en la tabla de atributos del archivo tipo vector de Uso actual del Terreno, en función del tipo de cobertura se debe llenar el K_c que le corresponde de acuerdo a la Tabla 3.7. Posteriormente se transforma el archivo a raster utilizando el campo de K_c creado.



Finalmente, al raster de K_c se multiplica por el raster de ET_o que se obtuvo anteriormente con la Calculadora de Raster.

Infiltración

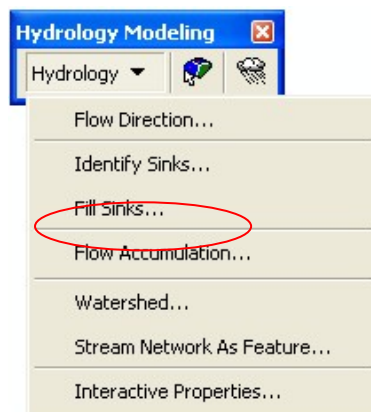
En el cálculo de este parámetro, solo es necesario el uso de la Calculadora de Raster y se sigue el proceso descrito en el ítem 3.5.4.



Concesiones de Agua

Se ingresó estos valores como puntos de una capa tipo raster; mediante la herramienta Spatial Analyst en ArcGis; posteriormente, con la misma herramienta, se hizo una reclasificación para transformar los píxeles con valores de "NoData" (ubicados en la zona de estudio) a valores de "0" (cero). Este proceso se describió con más detalle en el cálculo realizado para el caudal de deshielo.

Posteriormente, con la extensión Hydrology se crea un nuevo raster llamado Acumulación del Flujo; el cual identifica el número de celdas o píxeles que fluyen a cada celda de la zona de estudio en función de la dirección de las pendientes (raster Dirección del Flujo).

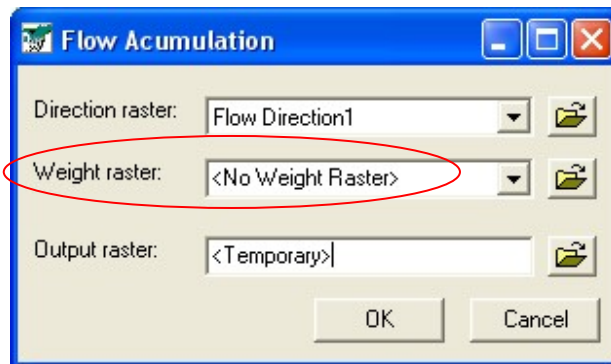


Este raster se utilizó para identificar los píxeles que fluyen hasta cada punto de las concesiones de agua; es decir, lo que se pretende es identificar el área de influencia de cada concesión multiplicando el número de píxeles por su dimensión (17m x 17m). Con estos valores ya se puede transformar los caudales concesionado de lt/s a mm/mes, mediante la siguiente ecuación:

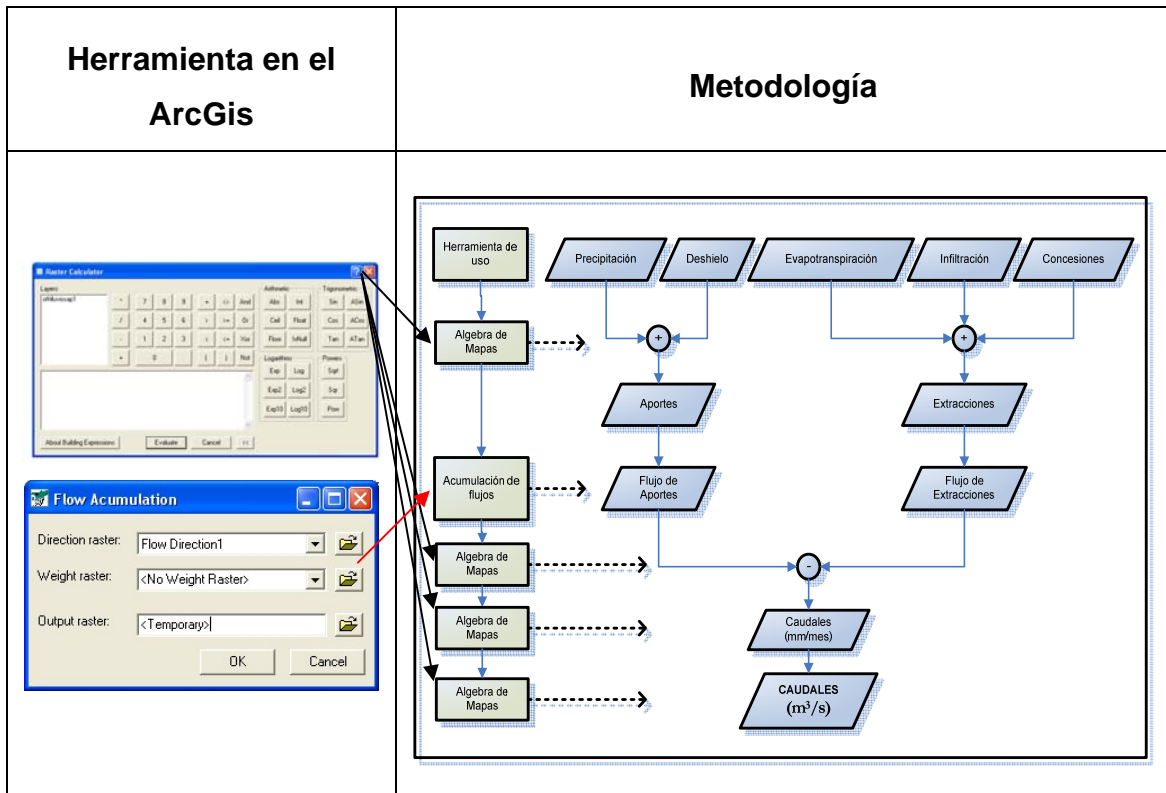
$$\frac{l}{s} \times \frac{1m^3}{1000l} \times \frac{1}{AreaInfluencia.m^2} \times \frac{1000mm}{1m} \times \frac{3600s}{1h} \times \frac{24horas}{1día} \times \frac{30.6días}{1mes}$$

Caudal de Escorrentía

Calculados los 5 parámetros anteriores, ya se puede despejar el caudal de escorrentía de la ecuación 3.1; sin embargo, previo al despeje la extensión Hydrology del ArcGis posee comando muy útil para calcular la acumulación del flujo en función de los valores que posea cada píxel y no solo como una cuantificación de los píxeles, éste comando se denomina Raster de pesos.



La acumulación de flujo no permite la suma de valores negativos por lo que primera se debe seguir el siguiente proceso:

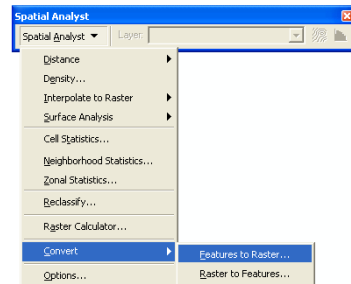


Calibración

Como ya se mencionó en el texto, se identificaron 3 parámetros para la calibración del caudal obtenido, los procesos para incluir los mencionados parámetros en ArcGis son:

☛ Canal Alumis

Se ingresa el caudal de aporte del Canal Alumis utilizando la herramienta Convert del Spatial Analyst; posteriormente, los valores de “No data” deben ser transformados a 0 con el comando “Reclasify” de la misma barra de herramientas.

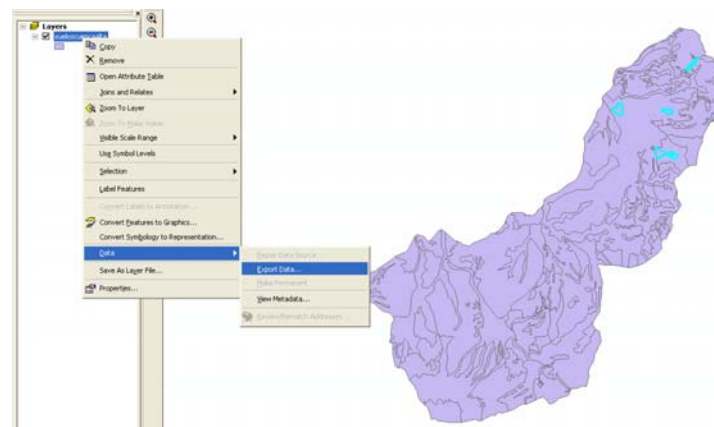




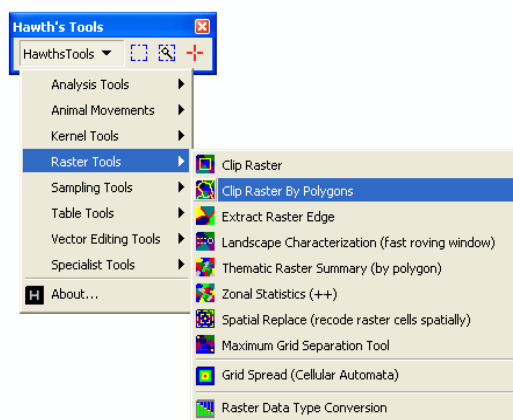
Finalmente, se calcula su acumulación de flujo con el comando “Flow Accumulation” de la barra de herramientas del Hydrology y con el raster de Dirección del flujo.

◆ Retorno por irrigación ineficiente

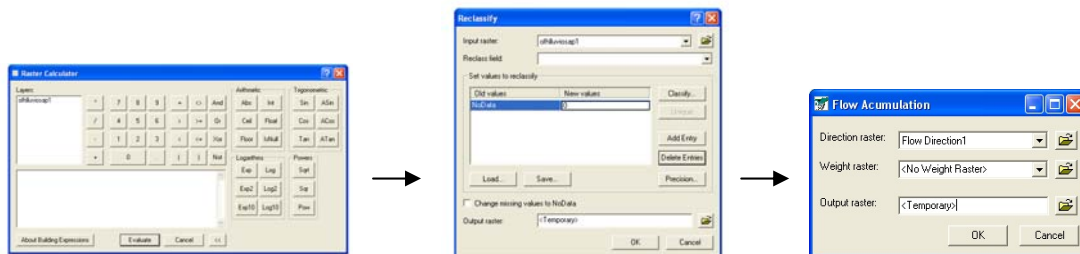
Con el mapa tipo vector del “Uso Actual del Terreno”, se selecciona las áreas de cultivo y se crea un nuevo archivo que solo contenga estas áreas de la forma que indica la figura.



Con los polígonos obtenidos de las zonas de cultivo se cortó al raster de precipitación mediante el uso de la extensión Hawth’s Tools, como se muestra en la siguiente figura:



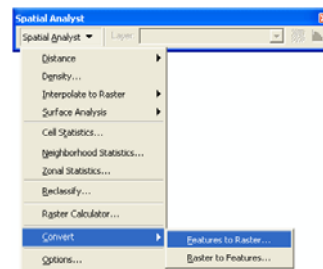
Al nuevo raster cortado lo multiplicamos por 0.1 para encontrar el 10% de la precipitación recibida con la Calculadora de Raster. Nuevamente se hace una reclasificación para eliminar los valores de “No Data” y se calcula su acumulación de flujo.



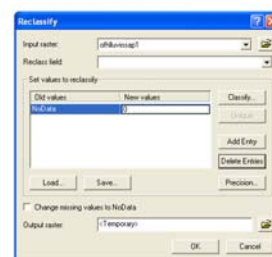
◆ Tomas de agua no incluidas

Una vez ubicados los puntos de tomas de agua que se encontraron en el trabajo de campo, se procede a:

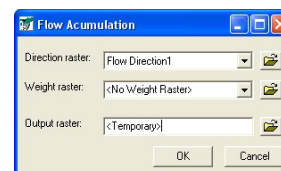
transformar éste archivo a uno de tipo raster



eliminar los valores de “No data”

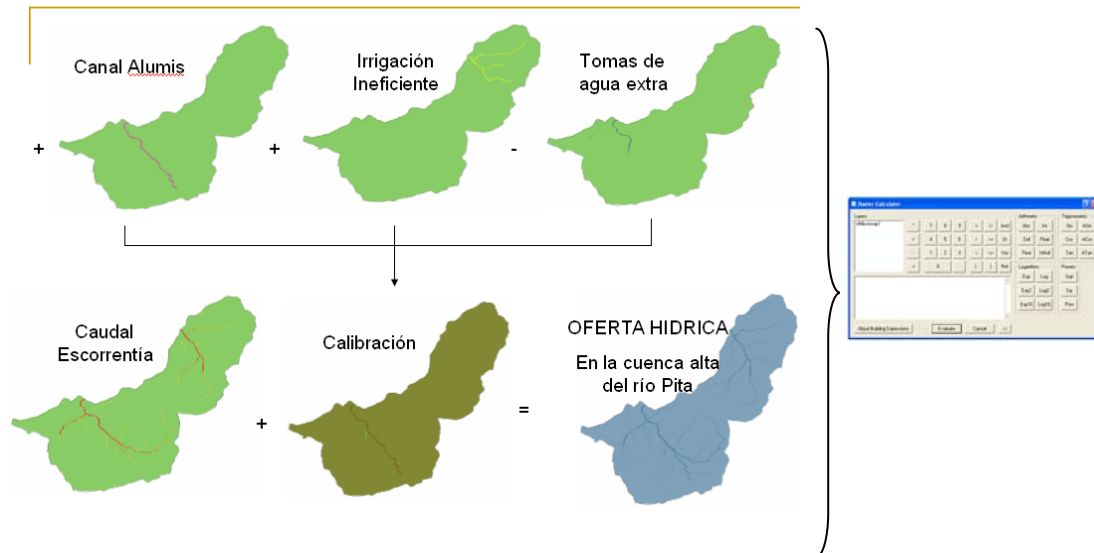


calcular la acumulación del flujo



Para unificar los raster obtenidos de cada uno de los parámetros de calibración, se suma los que corresponden a nuevos aportes (canal Alumis, retorno por irrigación ineficiente) y a restar los que son pérdidas (tomas extra de agua); utilizando la Calculadora de Raster y denominando al nuevo raster “Calibración”.

Por último, sumamos el raster Calibración al raster de Caudal de escorrentía.



6.4 MAPAS

Mapa Base (01)

División de Microcuencas en la cuenca alta del río Pita (02)

Estaciones Hidro – Meteorológicas (03)

Modelo Digital de Elevación (4)

Cobertura Vegetal (05)

Concesiones y tomas de agua en la cuenca alta del río Pita (06)

Precipitación en función del tiempo (07)

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. BIBLIOGRAFÍA

ESTUDIOS RELACIONADOS

- ◆ CNRH Consejo Nacional de Recursos Hídricos *Información de Concesiones Otorgadas en la cuenca del río Pita.*
- ◆ COELLO, Xavier. *Estudio Hidrológico para Evaluación del Balance Hídrico y Caudal Ecológico de las Cuencas de los Ríos Pita y San Pedro.* Estudio realizado para el Fondo para la Protección del Agua. Quito, Julio 2007.
- ◆ DEPARTAMENTO DE ACUIFEROS de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito. *Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Pita.* Quito, 2001. 38 p.
- ◆ DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. *Variabilidad de la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Pita.* Octubre - 2006. 10 p.

- ◆ MORAD, Munir y TRIVIÑO PEREZ, Alejandro. *Sistemas de Información Geográfica y Modelizaciones Hidrológicas: una aproximación a las ventajas y dificultades de su aplicación*. Boletín de la A.G.E. (Asociación de Geógrafos Españoles) N.º 31. España, 2001. págs. 23 – 46.
- ◆ TORRES GUERRON, Rómulo Darío. *Evaluación Hidrológica de cuencas altas andinas*. Escuela Politécnica Nacional. Tesis de Grado Facultad de Ingeniería Civil. Quito

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ◆ BUYTAERT, W., R. CELLERI, B. DE BIEVRE, R. HOFSTEDE, F. CISNEROS, G. WYSEURE, J. DECKERS, 2006. *Human impact on the hydrology of the Andean páramos*. Earth Science Reviews 79:53-72.
- ◆ CAÑADAS CRUZ, Luís. *Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito – Ecuador. MAG – PRONAREG, 1983.
- ◆ CHOW, Ven Te (ed.). *Handbook of applied hydrology, a compendium of water – resources technology*. New York: Mc Graw – Hill, 1964. 584 p.
- ◆ FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. *Evapotranspiración del Cultivo*. Estudio FAO Riego y Drenaje # 56. Roma, 2006.

- ◆ Galería de Imágenes del Área de Ciencias de la Naturaleza del Ministerio de Educación y Ciencia de España. Disponible en la red: <http://recursos.cnice.mec.es/>
- ◆ Hydrology Modeling Sample Extention Manual.
- ◆ KEMP, Karen K. *Environmental Modelling and GIS: dealing with spatial continuity*. Artículo publicado en HydroGIS 93: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources (Proceedings of the Vienna Conference, April 1993). IAHS Publ. no. 211. 1993.
- ◆ LAAT, Dr. P.J.M. , SAVENIJE, Prof. Dr. H. H. G. *Principles of Hydrology*. UNESCO – IHE Institute for Water Education. 2006.
- ◆ McCUEN, R. H. *Hydrologic Analysis and Design*. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey – USA. 1989.
- ◆ MEIJERINK A.M.J., MANNAERTS C. M., DE BROUWER H. A. & VALENZUELA C.R. *Application of ILWIS to decision support in watershed management: case of the komering river basin Indonesia*. Artículo Publicado en HydroGIS 93: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources (Proceedings of the Vienna Conference, April 1993). IAHS Publ. no. 211. 1993.
- ◆ MONSALVE SAENZ, Germán. *Hidrología en la Ingeniería*. 2da Edición. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999. 384 p.

- ◆ NACIONES UNIDAS – Programa para el Desarrollo. Organización Meteorológica Mundial. *Manual de Instrucciones, Estudios Hidrológicos*. Publicación No. 70. San José, Costa Rica, 1972. 540 p.

- ◆ SEMIOND H., DE LA CRUZ A. *La red de Monitoreo Glacio-Hidrológica en el Ecuador. Investigaciñ fundamental y aplicaciones*. Memorias del Encuentro Científico “Montañas, Glaciares y Cambios Climáticos. Escuela Politécnica Nacional, Orstom – FUNDACYT, 1996.

- ◆ Teledetección y Sig en modelaciones hidrológicas. Disponible en la red: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=942980>

- ◆ VENNEKER, R. *Hydrological Systems and Processes*. UNESCO – IHE Institute for Water Education. 2006.

HOJA DE ENTREGA

Este Proyecto de Grado fue entregado a la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército.

Katya Verónica Pérez Viera

Autora

Ing. Francisco León

Coordinador de Carrera

Dr. Mario Lozada

Secretario Académico

Sangolquí, ____ de diciembre del 2007