

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS
HÍDRICOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO (NEVADO
CAYAMBE), UTILIZANDO EL MODELO OFERTA-DEMANDA EN
ARCGIS.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

RICARDO JOSÉ VALENCIA GUDIÑO

rvalencia989@gmail.com

DIRECTOR: REMIGIO HERNÁN GALÁRRAGA SÁNCHEZ, Ph.D.

remigio.galarraga@epn.edu.ec

CODIRECTOR: XAVIER COELLO RUBIO, MSc.

xaviercoello@gmail.com

Quito, Junio 2014

DECLARACIÓN

Yo Ricardo José Valencia Gudiño, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

RICARDO JOSÉ VALENCIA GUDIÑO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ricardo José Valencia Gudiño, bajo mi supervisión.

ING. REMIGIO GALÁRRAGA PH.D.
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. XAVIER COELLO MSC.
CODIRECTOR DEL POYECTO

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia. A mis padres que siempre me han apoyado en todo, pa gracias por todos tus consejos y todo lo que me has enseñado, mami gracias por el inmenso cariño y paciencia demostradas, a mi ñaño gracias por soportarme jaja.

En segundo lugar, al Doc. Galárraga por los consejos y oportunidades que me ha brindado durante todo el trayecto de consecución de esta tesis. A Don Vic, por ser un compañero más en los viajes requeridos y por estar siempre dispuesto a colaborar en lo que hacía falta. A David, a la distancia, un agradecimiento por toda la información brindada, por ser una persona siempre positiva y motivadora, por acompañarme en los recorridos y por permitirme concretar una amistad al otro lado del Atlántico. Y a las personas e instituciones que me han facilitado información, conocimientos o recursos como: el Ing. Xavier Coello por todos los consejos y el tiempo dedicado, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, a la Secretaria Nacional del Agua, a la Organización Pueblo Kayambi, al IRD por el apoyo económico parcial a través del proyecto GREATICE y a la Escuela Politécnica Nacional.

Finalmente a todos mis compañeros que han sabido acompañarme en el recorrido de mi vida universitaria, Compañero mu, compañero Lenin, Nathy, Vero, Gabby, Cosita, Javi, Byron, Suco, Pollo, Elv, Corn. A mis panas de toda la vida Andrés, Gato. A mi enamorada, gracias amorcita por soportarme jaja... y en fin ¡Gracias a Todos!

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, y a todas las personas que de una u otra manera han sido parte de mi vida.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE MAPAS	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
PRESENTACIÓN.....	XVIII
CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
CAPÍTULO 2: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. ÁREA DE LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	4
2.1.1. CLIMA	4
2.1.2. USO DE SUELO	14
2.1.3. PENDIENTE	15
2.1.4. HIDROGRAFÍA	17

2.1.5.	FLORA Y FAUNA.....	18
2.1.6.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	19
2.2.	MODELO OFERTA-DEMANDA	29
2.2.1.	LIMITACIONES DEL MODELO.....	34
2.3.	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RESPUESTA HIDROLÓGICA	35
2.4.	DISPONIBILIDAD Y ESTRÉS HÍDRICO	38
2.5.	ESTACIONES HIDROLÓGICAS EMPLEADAS PARA LA CALIBRACIÓN Y EL MODELAMIENTO	40
2.6.	USOS DE AGUA EN LAS ZONA DE ESTUDIO	42
2.7.	RELACIÓN PRECIPITACIÓN-ESCORRENTÍA	45
2.8.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	47
2.8.1.	REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS	48
2.9.	CAMBIO CLIMÁTICO.....	50
CAPÍTULO 3: DETERMINACIÓN DE LA EXISTENCIA DE ESTRÉS HÍDRICO EN LAS MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO.....		52
3.1.	CALIBRACIÓN DEL MODELO	52
3.1.1.	CÁLCULO DEL ERROR CUADRÁTICO MEDIO.....	55
3.1.2.	CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO Y EL ERROR ABSOLUTO MEDIO (EAM) 55	
3.1.3.	CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE EFICIENCIA C_{eff} (Nash-Sutcliffe)55	
3.2.	ESTIMACIÓN DE LA OFERTA NATURAL	59
3.3.	ESQUEMA GENERAL DEL MODELO DE OFERTA NATURAL.....	61
3.4.	ESQUEMA GENERAL DE OBTENCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA ..	62
3.5.	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA	63
3.6.	ESQUEMA GENERAL DE OBTENCIÓN DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO	65
3.7.	CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO ACTUALES	66

3.8. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO A FUTURO PARA DIFERENTES ESCENARIOS	68
3.8.1. ESCENARIOS ANALIZADOS	68
3.8.2. DEMANDA A FUTURO	68
3.8.3. CÁLCULO DE ESTRÉS HÍDRICO PAR LOS ESCENARIOS PROPUESTOS.....	70
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	71
4.1. ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO actuales	71
4.2. INDÍCES DE ESTRÉS HÍDRICO FUTURO	72
4.2.1. ESCENARIO P+D+.....	72
4.2.2. ESCENARIO P-D+.....	72
4.3. APORTE POR LAS DISTINTAS HIDROZONAS AL CAUDAL MENSUAL	74
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1. CONCLUSIONES.....	76
5.2. RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	87
ANEXO N° 1 : MODELO HIDROLÓGICO DE ARCGIS	88
ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA NO GLACIAR.....	89
ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA GLACIAR.....	90
ESTIMACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO PARA Q MEDIO	91
ESTIMACIÓN DEI ESTRÉS PARA Q80% DEL TIEMPO	92
ESTIMACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO TOTAL.....	93

ANEXO N° 2: DATOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS HOMOGENEIZADOS Y RELLENADOS, EMPLEADOS PARA EL MODELAMIENTO Y LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	94
ANEXO N° 3: CAPTACIONES EN LA MRB: DATOS DE LA ORGANIZACIÓN PUEBLO KAYAMBI.....	116

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 2. 1: PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO. 19

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA DEL RÍO BLANCO	6
TABLA 2.2. USOS DE SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO.....	15
TABLA 2.3. PENDIENTES DEL TERRENO PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO.....	16
TABLA 2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MRB.	26
TABLA 2.5. DATOS DE ALTURA Y ÁREA, USADOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA Y LA FRECUENCIA DE ALTITUDES EN LA MRB.	28
TABLA 2.6. VALORES DE COEFICIENTES DE ESCORRNETÍA PARA DISTINTOS USOS DE SUELO, OBTENIDOS DE LA BIBLIOGRAFÍA.....	34
TABLA 2.7. ESTACIONES HIDROLÓGICAS (UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO) EN LA ZONA DE ESTUDIO..	40
TABLA 2.8. CÁLCULO DE LA HOMOGENEIDAD DE LAS SERIES DE CAUDALES	41
TABLA 2.9. USOS Y CAUDAL AUTORIZADO EN EL CANTÓN CAYAMBE.....	43
TABLA 2.10. USOS Y CAUDAL AUTORIZADO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO.....	44
TABLA 2.11. CAUDALES OBTENIDOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EMPLEANDO EL MÉTODO DE CORRELACIÓN DE ÁREAS.....	46
TABLA 2.12. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UTILIZAR UN MODELO VECTOR.....	49

TABLA 2.13. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UTILIZAR UN MODELO RÁSTER.....	50
TABLA 3.1. DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE RACHAS SEGÚN THOM, RECOMENDADO POR LA OMM.....	9
TABLA 3.2 COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO OBTENIDOS PARA LAS DIFERENTES HIDROZONAS Y PARA DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO.....	52
TABLA 3.3 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN OBTENIDOS PARA LAS DIFERENTES HIDROZONAS.....	53
TABLA 3.4. COEFICIENTES DE DESHIELO MENSUALES OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DEL APORTE GLACIAR.....	54
TABLA 3.5 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN PARA OBTENER EL Q80%..	54
TABLA 3.6 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO (CAUDALES MEDIOS).	56
TABLA 3.7 CRITERIOS PARA AGRUPAR LOS VALORES DE ESTRÉS HÍDRICOS OBTENIDOS.....	67
TABLA 3.8 ESCENARIOS EMPLEADOS PARA EL CÁLCULO DE ESTRÉS HÍDRICO A FUTURO.....	70
TABLA 4. 1 VARIACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO ENTRE LA ACTUALIDAD Y LOS ESCENARIOS FUTUROS.	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2. 1 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES UBICADAS AL OCCIDENTE DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES.....	10
GRÁFICO 2. 2 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES UBICADAS AL ORIENTE DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES.	11
GRÁFICO 2. 3 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA MRB	13
GRÁFICO 2. 4 CURVA HIPSOMÉTRICA Y FRECUENCIA DE ALTITUDES	28
GRÁFICO 2. 5 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LAS ÁREAS DE APORTE DE LAS ESTACIONES H152 Y H144	42
GRÁFICO 2. 6 CAUDALES MEDIDOS EN LA ESTACIÓN H144	42
GRÁFICO 3. 1 CAUDALES NATURALES Y OBTENIDOS CON EL MODELO ...	57
GRÁFICO 3. 2 CAUDALES NATURALES Y OBTENIDOS CON EL MODELO ...	57
GRÁFICO 3. 3 CAUDALES 80% NATURALES Y MODELADOS	58
GRÁFICO 3. 4 CAUDALES 80% NATURALES Y MODELADOS	58
GRÁFICO 3. 5 POBLACIÓN EN LA PARROQUIA CAYAMBE, CON DATOS DE LOS TRES ÚLTIMOS CENSOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 ESTACIONES METEOROLÓGICAS EMPLEADAS PARA DETERMINAR LA PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA DE LA MRB	7
FIGURA 2. 2 ISOYETAS INTERPOLADAS PARA LA MRB	13
FIGURA 2. 3 USOS DE SUELO 2009, EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	15
FIGURA 2. 4 PENDIENTES EN LA MRB.....	17
FIGURA 2. 5 HIDROGRAFÍA DEL LADO NOR-OCCIDENTAL DEL NEVADO CAYAMBE.....	18
FIGURA 2. 6 DIAGRAMA DE LA OBTENCIÓN DEL ORDEN DE LAS CUENCAS PARA DOS MÉTODOS.....	22
FIGURA 2. 7 ORDEN DE LA MRB (STRAHLER)	23
FIGURA 2. 8 SINUOSIDAD DE LAS CORRIENTES	24
FIGURA 2. 9 CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES PARA ZONAS CON CARACTERÍSTICAS DIFERENTES	32
FIGURA 2. 10 CICLO HIDROLÓGICO EN EL BOSQUE ANDINO	36
FIGURA 2. 11 CONCESIONES EN LA MRB	45
FIGURA 2. 12 VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS RÁSTER Y VECTOR	48
FIGURA 2. 13 REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN DATOS RÁSTER Y VECTOR	49
FIGURA 4. 1 ESTRÉS HÍDRICO ACTUAL EN LA MRB.....	71
FIGURA 4. 2 ESTRÉS HÍDRICO ESCENARIO P+D+ EN LA MRB	72
FIGURA 4. 3 ESTRÉS HÍDRICO ESCENARIO P-D+ EN LA MRB	73
FIGURA 4. 4 APORTES DE CAUDAL DE LAS DISTINTAS HIDROZONAS	75
FIGURA 4. 4 APORTES DE CAUDAL DE LAS DISTINTAS HIDROZONAS	75

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 2. 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO.....	5
---	---

RESUMEN

El desarrollo económico de las zonas aledañas al Nevado Cayambe (Pichincha, Ecuador) ha puesto de manifiesto una presión social sobre los recursos naturales, en especial el agua, que en parte proviene de los deshielos del nevado.

El estudio evalúa la disponibilidad de agua en la microcuenca del río Blanco ubicada en el lado occidental del nevado Cayambe. Para esto se empleó datos hidrológicos mensuales (1962-2010), valores mensuales de precipitación (1976 - 2010), valores de caudales de estaciones hidrológicas y autorizaciones y concesiones de uso de agua en el área de estudio. A partir de esta información y junto con datos de uso y tipos del suelo se obtienen y se validan coeficientes de escorrentía. Los coeficientes obtenidos se emplean en un modelo de simulación Oferta-Demanda, que se implementa en el sistema de información geográfica ArcGIS, para obtener la disponibilidad hídrica actual y los índices de estrés hídrico, actuales y futuros.

Una vez obtenido el estrés hídrico actual en las distintas zonas de la microcuenca, se generaron escenarios a futuro variando la precipitación actual y la demanda hídrica de la zona, con el propósito de obtener los índices de estrés hídrico para los escenarios futuros analizados. La variación de la oferta natural, como consecuencia del cambio de ocupación del suelo, es también cuantificada.

ABSTRACT

The economic development of the areas near the Cayambe Icecap (Pichincha, Ecuador) has revealed social and human pressure on natural resources, especially water, which partly comes from the melting of the Cayambe Icecap.

The study assesses de water availability in the Basin of the Río Blanco that is located in the west side of the Cayambe Icecap. The data used for this study were monthly data of precipitation values (1976 - 2010), discharge of hydrological stations and authorizations, and water rights in the study area. From this information and with land use and soil type data runoff coefficients were obtained and validated, making a calibration process. The obtained coefficients were used in a Supply-Demand simulation model, which is implemented in the ArcGIS to obtain current water availability and water stress indexes.

Once the current water stress indexes are obtained, some different future scenarios will be developed. For the scenarios the precipitation level and the water demand in the area will be changed, to obtain de water stress indexes for the scenarios mentioned before. The change in the natural water offer due to the land use variation is also quantified.

PRESENTACIÓN

En el presente estudio se establece la disponibilidad hídrica actual, así como los distintos índices de estrés hídrico tanto para el presente como para distintos escenarios a futuro. Además se cuantifica la variación de la oferta natural de agua como consecuencia de la variación de la ocupación del suelo.

El capítulo 1 “Aspectos Generales” trata los temas generales, base sobre la cual se desarrollará el proyecto de titulación, incluyendo una breve introducción al tema el objetivo general y los específicos, y las justificaciones del trabajo.

El capítulo 2 “Investigación Bibliográfica” presenta la información obtenida en la bibliografía sobre la microcuenca en estudio, el marco teórico relacionado con la tesis y los conceptos y herramientas utilizadas para la realización del modelamiento.

El capítulo 3 “Determinación de estrés hídrico en la microcuenca del Río Blanco” expondrá los pasos realizados para la obtención del estrés hídrico en la microcuenca en análisis.

El capítulo 4 “Resultados” presenta los índices de estrés hídrico obtenidos, para la microcuenca del río Blanco, tanto actualmente como en los escenarios analizados a futuro.

El capítulo 5 “Conclusiones y recomendaciones” presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el estudio, con base a los objetivos planteados en el capítulo 1.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua posee una gran importancia para el ser humano y los ecosistemas en general, al ser un elemento fundamental para la vida, sin la cual esta última no se puede desarrollar. Si bien en el planeta se estima que existen alrededor de $1.37 \times 10^9 \text{ km}^3$ de agua, de este volumen únicamente el 2,53% es agua dulce, y el porcentaje de aguas superficiales disponibles es apenas el 0.1% (FAO, 2002).

Los recursos hídricos a nivel mundial están distribuidos de manera poco uniforme, habiendo zonas en las cuales existe una “abundancia” del recurso, mientras en otras su escasez es un problema muy marcado. Según la OMS (2009), para el 2009 la escasez de agua afectaba a todos los continentes y a cuatro de cada diez personas en el mundo, para 2025, cerca de 2000 millones de personas vivirán en países o en regiones donde la escasez de agua será absoluta y los recursos hídricos por persona estarán por debajo de los 500 m^3 anuales recomendados por la OMS (Holmes, 2009).

Esta escasez, y la creciente presión por el uso del recurso hídrico para diversos fines como: agrícola industrial, consumo humano, piscícola, abrevadero, generación de energía eléctrica, recreacionales, y hasta receptor de desechos han incrementado la conciencia de la sociedad en general y de la comunidad científica en particular, acerca del manejo adecuado que se le debe dar al recurso. Considerando que la gestión integrada del recurso presenta varios desafíos como: el constante crecimiento poblacional y urbanizacional, el aumento de cultivos y plantaciones exógenas en detrimento de la vegetación natural, el aumento de conflictos por el uso de agua entre, entre otros (TUCCI y C.E.M, 2009); resulta fundamental ampliar el conocimiento en relación a la oferta natural de agua así como los usos y autorizaciones de uso que pueden ser otorgados para satisfacer las necesidades presentes y futuras en la zona. En cuanto a

planes de manejo en 2009 el Fondo Para la Protección del Agua junto con el Banco Interamericano de Desarrollo presentaron el *Plan de Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en la Cuenca Alta del Río Guayllabamba*, en el cual se enfoca tres componentes principales la gestión, la parte institucional y la generación y recopilación de información (Tucci y C.E.M, 2009).

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la disponibilidad del agua en los alrededores del nevado Cayambe, mediante el cálculo de los índices de estrés hídrico para los caudales representativos (Q_{med} y $Q_{80\%}$) de la microcuenca del río Blanco ubicada en el lado occidental del nevado, con base al análisis de oferta natural de agua y de la demanda hídrica, actual y futura.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una base de datos representativa y homogénea de la información meteorológica de estaciones cercanas a la vertiente occidental del Cayambe.
- Evaluar en base a información de la SENAGUA, FONAG y otras entidades los usos y autorizaciones de agua en la microcuenca del río Blanco.
- Evaluar las condiciones actuales de estrés hídrico en la microcuenca a analizar.
- Evaluar el estrés hídrico futuro en la microcuenca analizada, con base a escenarios de oferta y demanda.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El interés de esta investigación yace en la importancia del agua como recurso socioeconómico. Un recurso fundamental para la vida misma de las personas y el mantenimiento de los ecosistemas. Así como también relacionado con todas las actividades económicas, y con diversos procesos sociales que pueden verse

afectados en caso de no contar con una cantidad de recurso suficiente. Para el caso del nevado Cayambe y el río Blanco es posible establecer cinco aspectos de notable importancia:

- El estudio de los recursos hídricos es fundamental para generar un uso y aprovechamiento adecuado y equitativo. Hay que considerar que en la Constitución de la República del Ecuador (2008), artículo 12 se expresa que “el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable”, por lo que todas las actividades o acciones que puedan llegar a afectar la oferta natural de agua en una zona deben ser analizadas previamente.
- Determinar si la oferta hídrica de una zona es superior a la demanda en la misma, es información muy valiosa que permite la toma de decisiones y la definición de políticas adecuadas respecto al manejo del agua.
- El aumento de plantaciones e invernaderos en la zona es un factor que incrementa la demanda hídrica y varía la oferta natural, motivo por el cual resulta importante conocer el comportamiento hidrológico de este tipo de coberturas de suelo.
- El cambio climático puede traer varias consecuencias respecto a la variación de la precipitación lo que a su vez puede influir en la disponibilidad de los recursos hídricos. Ante esta situación resulta fundamental realizar estudios que permitan planificar adecuadamente el manejo del agua.
- La variación del uso de suelo en la microcuenca del río Blanco, puede causar la variación del aporte de aguas superficiales y sub superficiales al río, lo que puede generar conflictos entre los usuarios y afectar el derecho consagrado en la constitución artículo 12, mencionado anteriormente.

CAPÍTULO 2

INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ÁREA DE LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

La localización política de la microcuenca en estudio, es el Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha, Ecuador. El cantón se encuentra ubicado en la parte nororiental de la provincia de Pichincha, y está constituido por dos parroquias urbanas y cinco parroquias rurales. Limita al norte con la provincia de Imbabura, al sur con el Distrito Metropolitano de Quito, al oeste con el cantón Pedro Moncayo y al este con la provincia de Napo y posee una superficie de 1187 km². El rango altitudinal del cantón Cayambe va desde los 2600 msnm hasta los 5790 msnm (Gobierno de la Provincial de Pichincha, 2010).

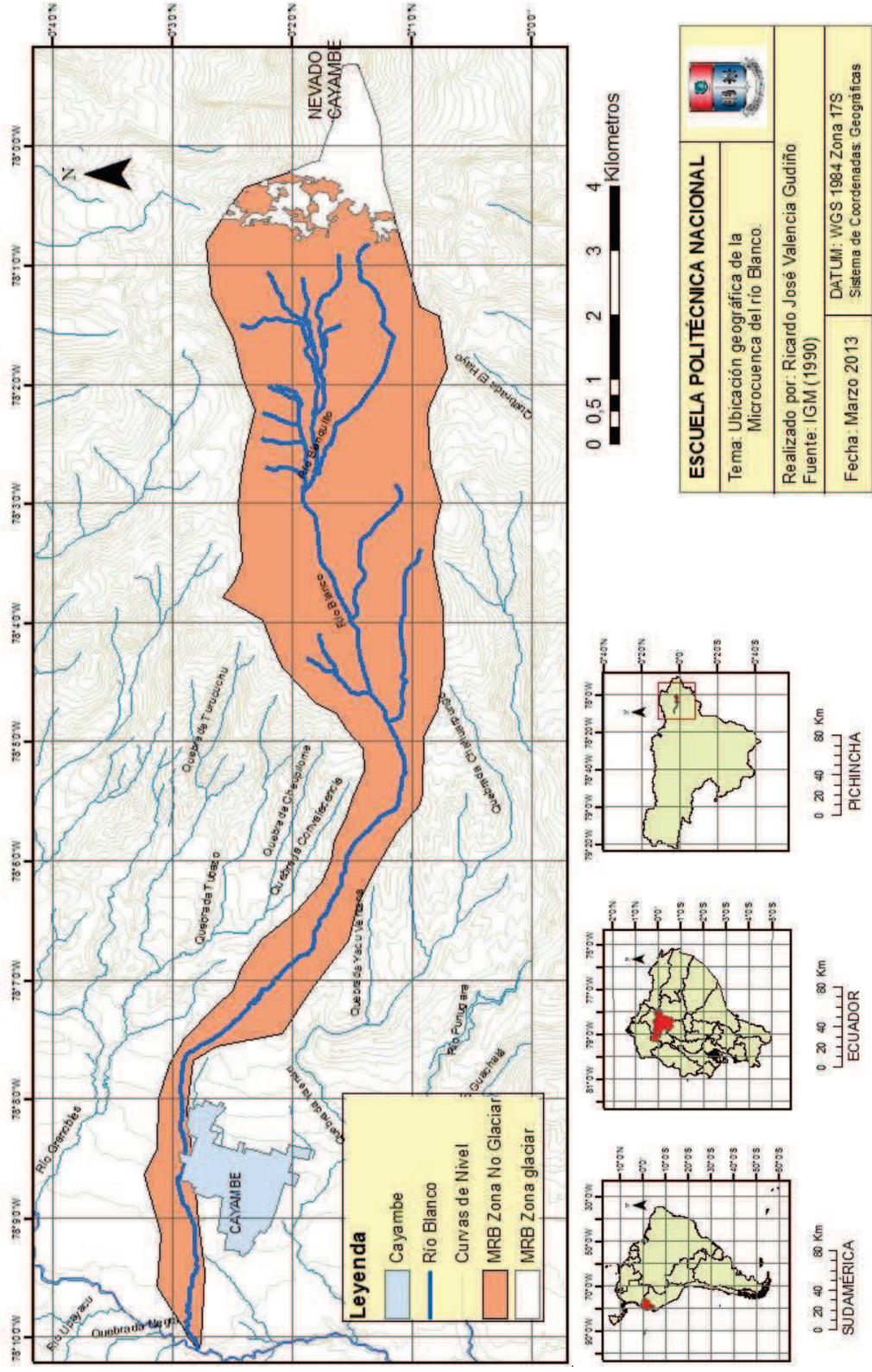
La microcuenca del río Blanco se encuentra en el lado occidental del nevado Cayambe, y en la parte alta tiene el nombre de río Blanquillo (Ver Mapa 2.1).

2.1.1. CLIMA

TEMPERATURA

De acuerdo a Bolay et al. (2004) debido al gran rango altitudinal del cantón Cayambe, éste cuenta con diferentes pisos ecológicos y climáticos con marcadas variaciones de temperatura: en las alturas el clima es frío y hasta glaciario con temperaturas medias mensuales que pueden estar entre los 3 y 4°C, mientras que en el valle de Cayambe el clima es templado con una oscilación térmica de 17,9°C, teniendo un promedio medio mensual para el cantón de 14.8°C. Al igual que en toda la región ecuatorial se tiene altas variaciones de temperatura durante el día (hasta 10°C), poca variación a lo largo del año y un número alto de horas de sol.

MAPA 2. 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO.



Para los datos de temperatura se empleó como única estación la Olmedo-Pichincha (M023) tomando en cuenta las Isotermas del (2000) del INAMHI, para el relleno de los datos de temperatura se utilizó la temperatura promedio mensual multianual únicamente si el número de datos faltantes en un año era menor a cuatro meses, si el número de datos faltantes era superior o igual a cuatro meses, el año no era tomado en cuenta para la serie de datos.

PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO

Para caracterizar la precipitación de la zona donde se asienta la microcuenca del río Blanco (MRB) se emplearon 9 estaciones meteorológicas presentadas en la Tabla 2.1 y en la Figura 2.1, y un método de interpolación. Se tomaron estas estaciones considerando su proximidad al área de estudio. El período de análisis fue desde 1973 hasta 2010, considerando que desde 1973 se tiene registros de precipitación en los anuarios meteorológicos. Previo a la utilización de los datos fue necesario realizar el relleno y homogeneización de los mismos.

TABLA 2.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA DEL RÍO BLANCO

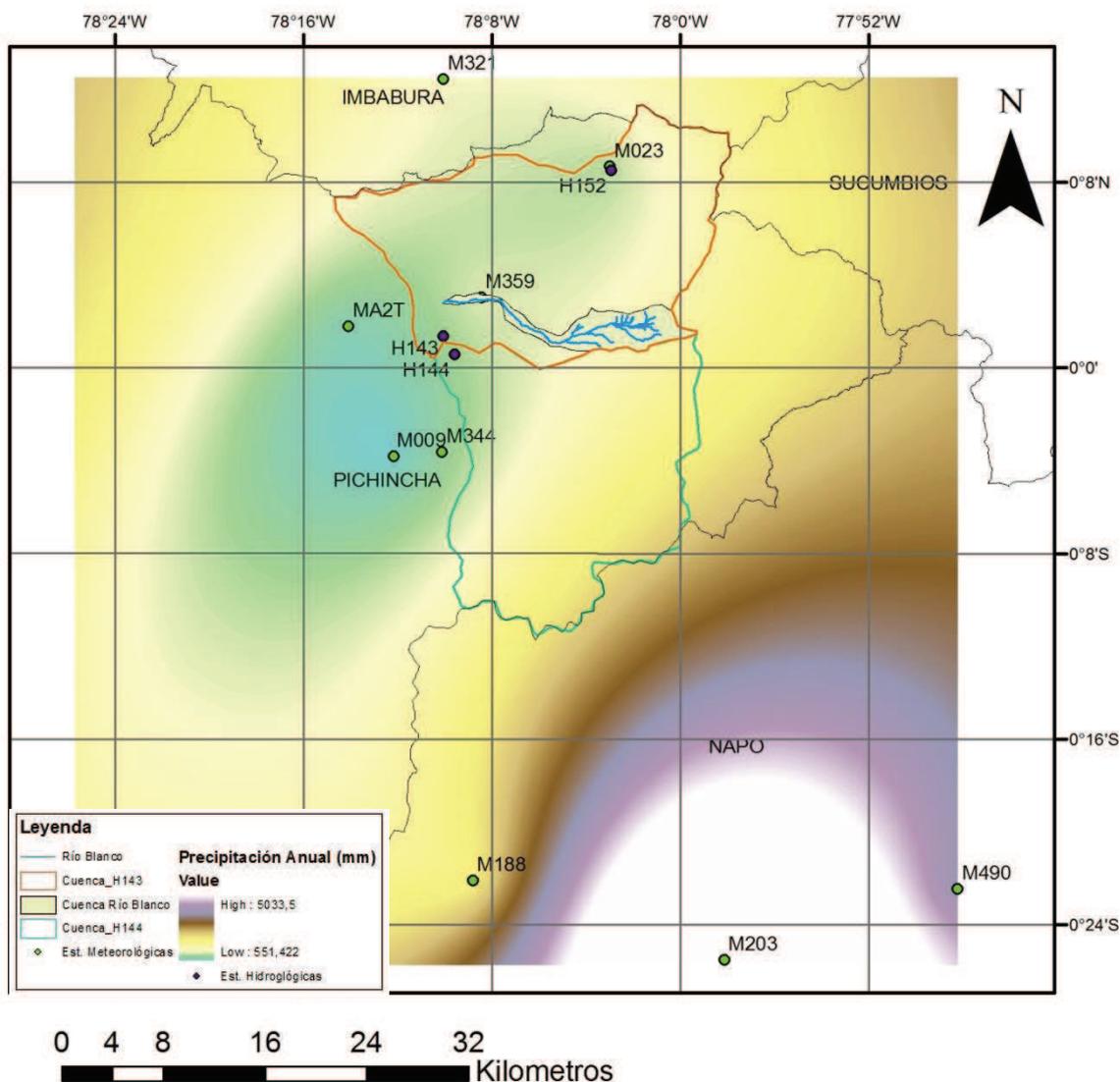
Código	Nombre	Localización Geográfica			Tipo
		Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (msnm)	
M023	Olmedo-Pichincha	0° 08' 53" N	78° 2' 52" W	3120	CO
M359	Cayambe	0° 03' 14" N	78° 8' 22" W	2840	PV
M490	Sardinas	0° 22' 16" S	77° 48' 6" W	1615	PV
M188	Papallacta	0° 21' 54" S	78° 8' 41" W	3150	CO
M009	La Victoria Guayllabamba	0° 03' 26" S	78° 12' 2" W	2262	CO
M321	Topo – Imbabura	0° 12' 41" N	78° 9' 58" W	2860	PV
M344	Cangahua Pichincha	0° 03' 26" S	78° 10' 2" W	3140	PV
M203	Reventador	0° 25' 13" S	77° 58' 0" W	1145	PV
MA2T	Tomalón Tabacundo	0° 02' 00" N	78° 14' 0" W	2790	AG

O = Climatológica Ordinaria, PV = Pluviómetrica, AG = Agrometeorológica.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2012

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

FIGURA 2. 1 ESTACIONES METEOROLÓGICAS EMPLEADAS PARA DETERMINAR LA PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA DE LA MRB



Fuente: Inamhi, 2011

Realizado por: Ricardo Valencia

Relleno y Homogeneización de datos de precipitación

Para el relleno de datos de precipitación de las estaciones mencionadas se buscó en primer lugar la posibilidad de emplear el modelo Correlación-Regresión. De acuerdo a De la Paz (2010) el coeficiente de correlación mide el grado de dependencia entre dos series de datos. Para emplear este método se necesita que las estaciones estén cerca, y además que se cuente con series de datos completos, para periodos similares. La fórmula a emplear es la siguiente:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad 2.1$$

donde:

x = Variable Independiente

y = Variable Dependiente

\bar{x} = Promedio de los valores de x

\bar{y} = Promedio de los Valores de y .

En los datos de precipitación, para el relleno de los datos mensuales se empleó principalmente el modelo correlación – regresión. Y en los casos en los que no se pudo emplear el método antes mencionado, se procedió a rellenar los datos faltantes con el valor promedio mensual multianual. Para la homogeneización de los datos de precipitación se emplearon dos métodos de acuerdo a De la Paz (2010) dichos métodos fueron la realización de curvas de dobles masas y la prueba de rachas para la serie de datos tanto mensuales como anuales.

La curva de dobles masas permite demostrar de manera gráfica la relación entre los datos meteorológicos de dos estaciones cercanas, para períodos de tiempo comunes. El método consiste en obtener la serie acumulada de datos de las dos estaciones a analizar y graficarlas, colocando en el eje x la estación a ser controlada. Lo que se busca obtener es una línea recta, en caso de observar anomalías en la gráfica se debe revisar y corregir los datos empleando un coeficiente, que se obtiene de la misma gráfica mediante una regresión lineal.

La prueba de rachas o test de rachas, consiste en establecer la distribución de los elementos en relación con la mediana, por sobre o por debajo de ésta. El procedimiento consiste en calcular la mediana de la serie, contar los valores que están por sobre y por debajo de la mediana, y finalmente contar el número de veces en las cuales se pasa de un valor menor a un valor mayor o viceversa. Para saber si la serie es homogénea o no, se cuenta el número de valores por sobre la mediana (NA), y el número de cambios de racha encontrados (NR), si la serie es

homogénea el número de rachas caerá en un rango establecido en relación con el número de datos por sobre la mediana, es decir $P10\% < NR < P90\%$, los valores de NA, P10% y P90% se encuentran en la Tabla 3.1.

TABLA 3.1. DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE RACHAS SEGÚN THOM, RECOMENDADO POR LA OMM.

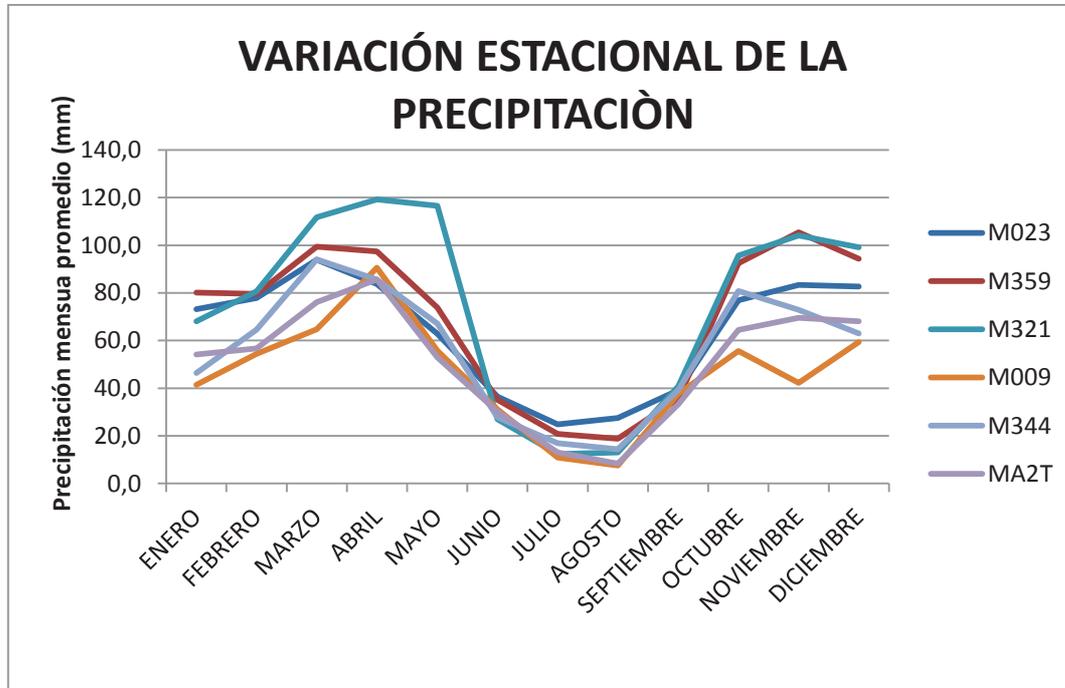
NA	P10%	P90%
10	8	13
11	9	14
12	9	16
13	10	17
14	11	18
15	12	19
16	13	20
17	14	21
18	15	22
19	16	23
20	16	25
25	22	30
30	26	36
35	31	41
40	35	47
45	40	52
50	45	57

Fuente: De la Paz, 2010.

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Revisando los datos de precipitación se pueden distinguir dos patrones de comportamiento claramente marcados. El primero se encuentra representado por las estaciones: M023, M321, MA2T, M009, M344, M359, las cuales presentan una precipitación bimodal, es decir que presenta dos estaciones lluviosas durante el año, lo que se comprueba al observar la variación estacional de las estaciones mencionadas (Gráfico 2.1).

GRÁFICO 2. 1 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES UBICADAS AL OCCIDENTE DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES.



Fuente: Anuarios Meteorológicos, INAMHI, 1976-2010.

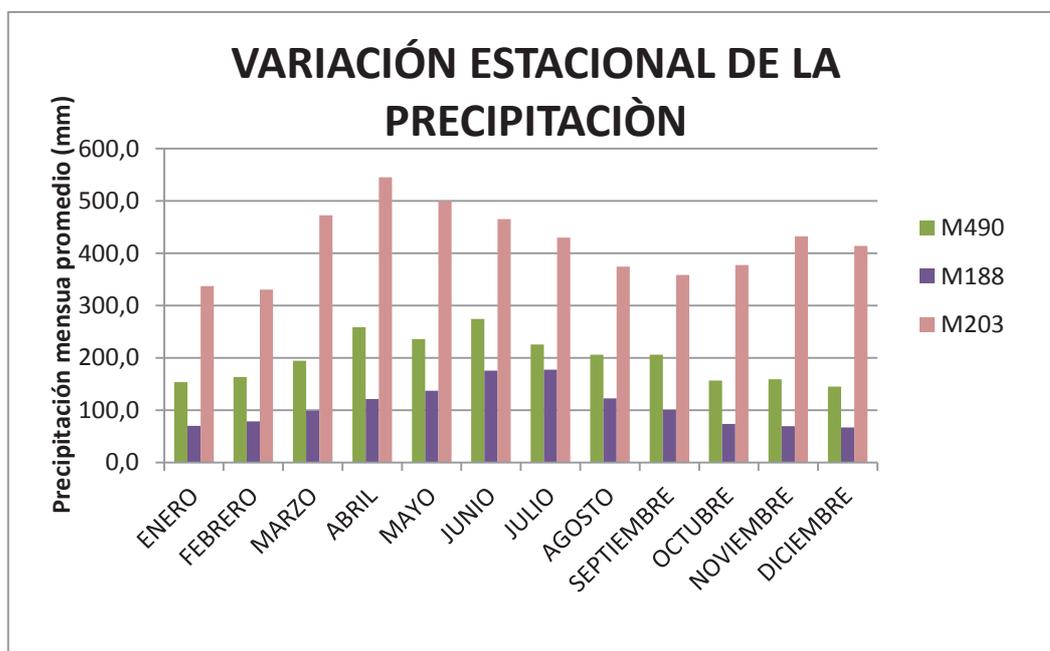
Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Todas las estaciones mencionadas siguen un mismo patrón, en el cual se pueden apreciar dos épocas lluviosas la primera entre marzo y abril y la segunda entre octubre, noviembre y diciembre, dependiendo la estación en análisis. La estación que presenta mayores variaciones en el gráfico con respecto al resto, es la M321 (Topo-Imbabura), un factor que puede ocasionar esa diferencia es su ubicación geográfica, al encontrarse mucho más al norte, en la provincia de Imbabura, a diferencia del resto de estaciones que se encuentran en la provincia de Pichincha y presentan una mayor cercanía geográfica.

Por otro lado las estaciones: M490, M188 y M203 presentan patrones distintos de precipitación. La estación M490 (Sardinas) presenta en general mayores niveles de precipitación que las otras dos estaciones en el gráfico, además tiene un máximo de precipitación en el mes de abril. Por otro lado la estación M188 (Papallacta) presenta una época lluviosa entre los meses de junio y julio, pero con

niveles menores que la estación M490 durante todo el año. Finalmente la estación M188 presenta una época lluviosa más larga que las estaciones anteriores al ir desde abril hasta septiembre aproximadamente. Si bien las estaciones M188 y M203 presentan épocas “lluviosas”, la diferencia no es muy marcada entre esta época y la de menor precipitación, por lo que se tiene una precipitación más homogénea durante todo el año.

GRÁFICO 2. 2 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN DE LAS ESTACIONES UBICADAS AL ORIENTE DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES.



Fuente: Anuarios Meteorológicos, INAMHI 1976-2010.

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Interpolación de la precipitación

Los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas son observaciones puntuales, es decir datos dispersos. Para obtener la precipitación en toda el área y por ende en la microcuenca en estudio, es necesario realizar una interpolación basados en el principio de *autocorrelación espacial* es decir que “el valor de la observación meteorológica puntual que ofrece la estación va a ser muy similar al valor de la misma variable en sus inmediaciones y, que a medida que vaya aumentando la distancia entre un determinado sitio con respecto a la estación meteorológica, el valor de la variable en el sitio va a diferir mucho más

progresivamente” (Duque, 2008).

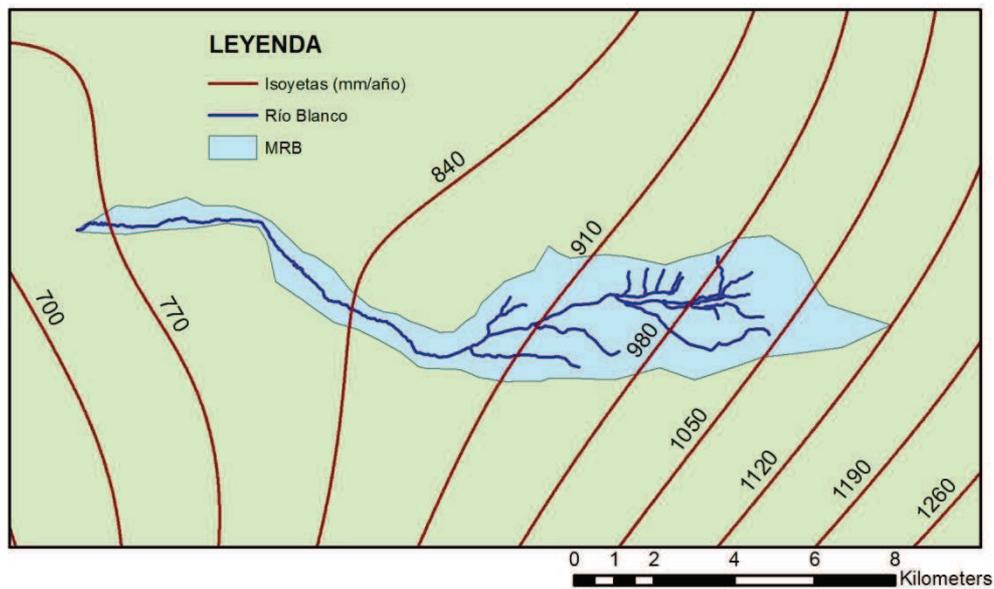
Existen métodos de interpolación directos y analíticos: los primeros no infieren con la autocorrelación espacial, mientras que los segundos si lo hacen.

Para la interpolación se empleará el método analítico de Kriging el cual “determina los valores estimados con valores ponderados que se relacionan inversamente con la distancia respecto al punto de datos real, por ello, el valor que más cercano esté al punto real será el que más se le aproximará” (Duque, 2008) es decir “las ponderaciones están basadas no solo en la distancia entre los puntos medidos y la ubicación de la predicción, sino también en la disposición espacial general de los puntos medidos” (ESRI, 2010). Este método presenta dos ventajas para su aplicación: minimiza los errores al mínimo en la obtención de los valores ponderados y considera la autocorrelación espacial.

EL método de interpolación Kriging presenta distintos modelos de interpolación, siendo los principales: esférico o Matheron, exponencial, y lineal. Para el presente estudio se utilizará el modelo exponencial, considerando que en un estudio similar realizado para la cuenca del río La Chimba en la zona norte del nevado Cayambe donde fueron empleadas seis estaciones meteorológicas, se determinó que el modelo matemático que presentaba mejores resultados de interpolación es el exponencial “el modelo de interpolación Kriging exponencial... representa un error de estimación... que es el mínimo en función de los anteriores modelos” (Duque, 2008).

De la interpolación realizada se obtuvo las isoyetas de precipitación anual para la MRB (Figura 2.2), y se concluyó que presenta dos estaciones lluviosas la primera entre febrero y mayo con las mayores precipitaciones en marzo y abril, y la segunda entre los meses de octubre y diciembre con una máxima precipitación en el mes de noviembre. Siendo la estación “seca” o de menor precipitación entre junio y septiembre (Ver Gráfico 2.3). La precipitación anual de la MRB es de 865.5 mm.

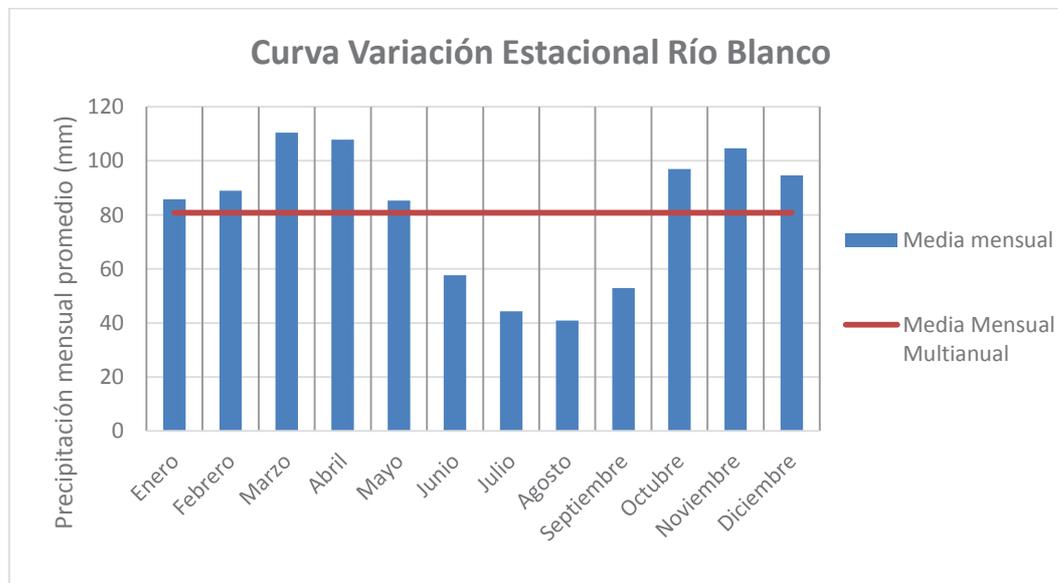
FIGURA 2. 2 ISOYETAS INTERPOLADAS PARA LA MRB



Fuente: Anuarios Meteorológicos, INAMHI, 1976-2010.

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

GRÁFICO 2. 3 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA MRB



Fuente: Anuarios Meteorológicos 1976-2010, INAMHI.

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

2.1.2. USO DE SUELO

La MRB se encuentra ubicada en la zona de páramo de la región interandina. El uso de suelo ha cambiado en la zona, de agricultura a potreros, debido a las presiones antropogénicas por utilizar el suelo para actividades productivas más rentables económicamente de acuerdo con la información obtenida de los dueños de terrenos en la zona. De acuerdo a Hofstede et al. (2002) se ha estimado que el 90-95% de los bosques andinos, incluyendo los que están en el páramo, han desaparecido. En dicho estudio se realizó un análisis del estado de conservación del páramo de Cayambe mediante transectas, considerando el grado de quema, pastoreo, disturbio y degradación, materia orgánica (MO), actividad biológica del suelo y número de especies, determinando que el estado de conservación tuvo un valor de 1 con una escala que iba desde 0 = bajo estado de conservación hasta 5 = excelente. Se menciona además que los páramos mejor conservados se encuentran en los extremos norte y sur del País, y sobre los flancos orientales de la Cordillera Oriental. Este proceso de deterioro del páramo se muestra también en la MRB, siendo éste un factor importante para la variación de la oferta natural de agua.

De acuerdo con la información del trabajo de Serrano et al (2013), en la MRB se tiene varios usos de suelo, siendo el páramo el principal con más de un 40% (Tabla 2.2 y Figura 2.3). Se emplearon los datos de Serrano et al (2013) debido a que los datos presentan una mejor desagregación al compararlos con los datos del MAGAP, en los cuales por ejemplo se presentan zonas cuya característica es compartida 50% Invernadero – 50% Agrícola lo que dificulta la clasificación de este tipo de coberturas, así como también existe una comparación multitemporal de los datos de usos de suelo en cuatro años 1973, 2002, 2009 y 2013. Una de las debilidades de los datos es que no se realizó chequeo de campo, por lo que se deberá verificar y validar a futuro para obtener mejores resultados. Se puede observar en la Figura 2.3. que si bien en la MRB al igual que en la cuenca H152 el uso principal es el páramo, en la primera existen además otros usos como plantación forestal, tierra erosionada, nieve, agrícola, pastos, bosque e invernadero, situación diferente de la cuenca H152 donde más del 90% del área es páramo y uso agrícola, con pequeñas áreas de tierra erosionada y plantación

forestal. Esta diferencia puede causar diferencias entre las cuencas antes mencionadas al momento de calibrar el modelo hidrológico mencionado en el punto 2.2. La cuenca H144 por otro lado presenta la mayoría de usos de la H143 pero con una proporción distinta, con menor presencia de invernaderos y plantaciones forestales, y la ausencia de zonas urbanas.

TABLA 2.2. USOS DE SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO

Uso	Descripción	Área (km ²)	%
Agrícola	Cultivo al Aire Libre	0,10	0,30
Conservación y Protección	Páramo, Bosque Natural.	17,38	52,30
Bosque	Bosque natural, y pasto para ganado	5,99	18,02
Plantación Forestal	Bosque forestal	3,32	9,99
Antrópico	Área Urbana	1,67	5,03
Cuerpo de Agua	Cuerpo de Agua	0,00	0,00
Nieve y Hielo		2,38	7,16
Tierras Improductivas	Nieve, hielo, afloramiento rocoso, mina y grava.		
Total		33,23	100,00

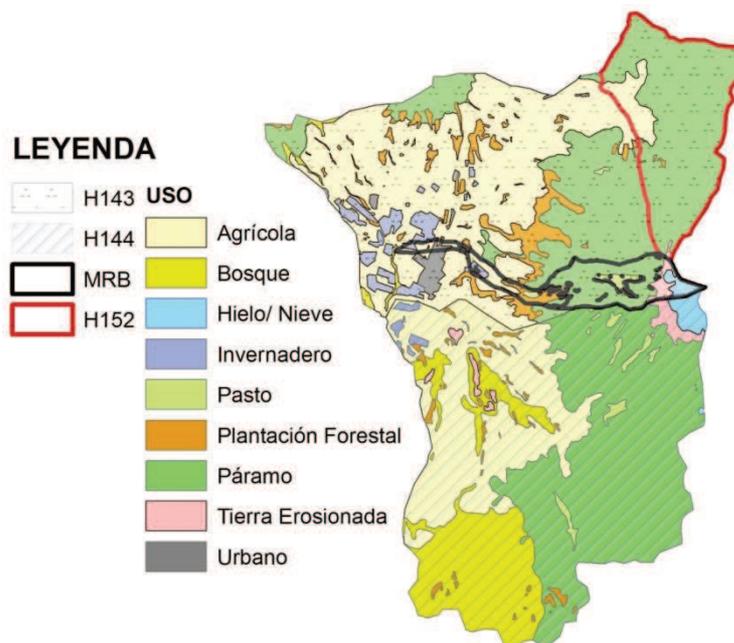
Fuente: Serrano et al., 2013.

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

2.1.3. PENDIENTE

La topografía del área se caracteriza por su irregular relieve, con empinadas pendientes, que encierran pequeños valles en forma de “U” y “V”. (ECOLAP y MAE, 2007). De acuerdo con el mapa de pendientes del terreno de la sierra del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) (2002), el rango de pendientes para la MRB está entre menor al 5% y mayor al 70%, siendo la pendiente de tipo montañosa (>70%) la que ocupa la mayor proporción de área con un 41,87% (Ver Tabla 2.3 y Figura 2.4). La pendiente media de la MRB es de 24%.

FIGURA 2. 3 USOS DE SUELO 2009, EN EL ÁREA DE ESTUDIO.



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

Fuente: Serrano et al., 2013

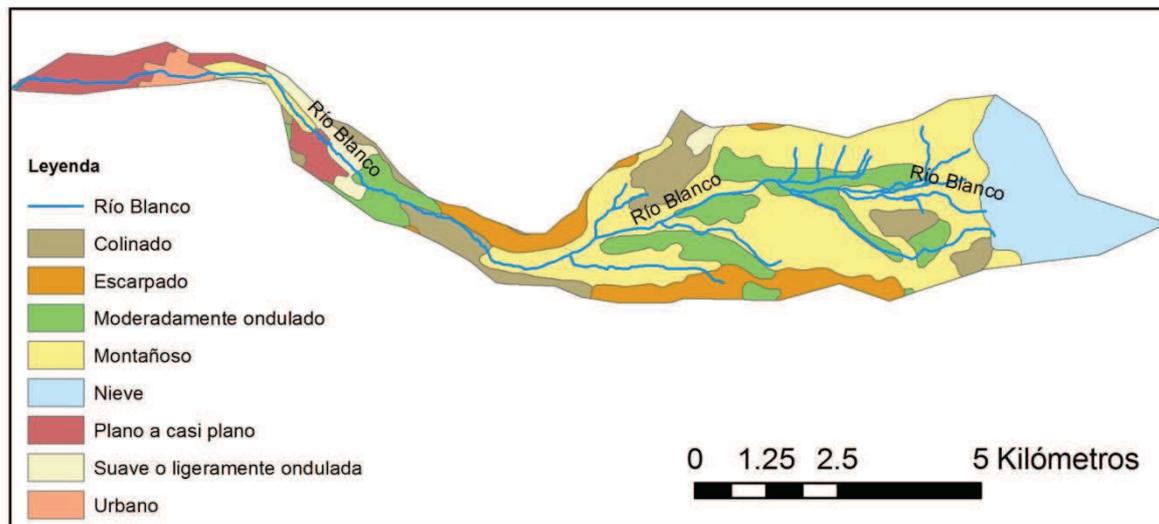
TABLA 2.3. PENDIENTES DEL TERRENO PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO

Rango Pendiente %	Descripción	Área Km ²	%
Urbano	Urbano	0,48	1,44
0-5	Plano a casi plano	2,18	6,56
5-12	Suave o ligeramente ondulada	1,11	3,34
12-25	Moderadamente ondulado	4,92	14,81
25-50	Colinado	3,33	10,02
50-70	Escarpado	2,96	8,91
>70	Montañoso	13,91	41,87
Nieve	Nieve	4,34	13,03
	Total	33,23	100,00

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), 2002.

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

FIGURA 2. 4 PENDIENTES EN LA MRB



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

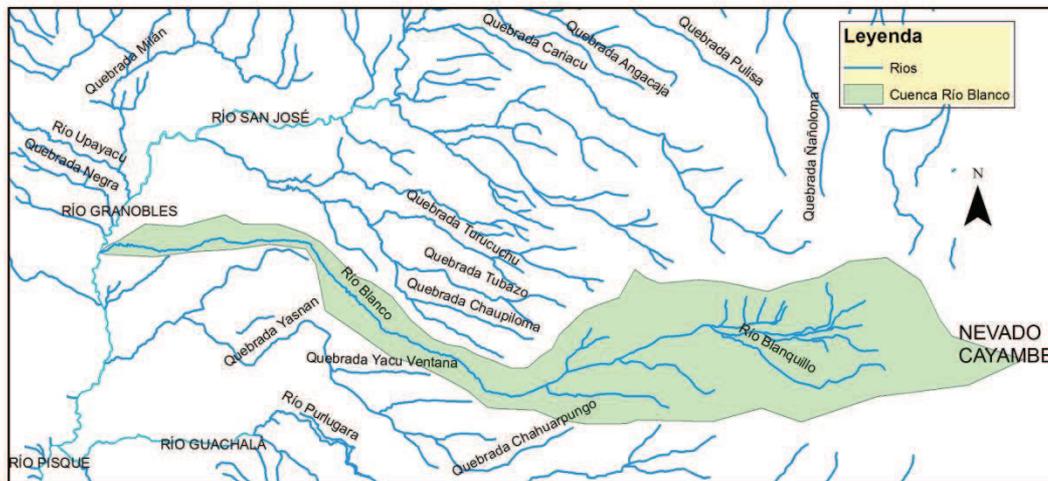
Fuente: Magap et al., 2002

2.1.4. HIDROGRAFÍA

La hidrografía en la zona noroccidental del nevado Cayambe es numerosa, existen diversos ríos y cuerpos hídricos; entre los principales están El Guachalá, Granobles, donde desemboca el río Blanco; San José, La Chimba, Chalpar, Blanco; las Quebradas Cajas, Alpachaca, Mojanda, San Blas, Yasnan, entre otros (Figura 2.5) (IGM, 1990).

El río Pisque localizado en el lado sur-occidental del nevado Cayambe recibe las aguas de los ríos Granobles y Guachalá y abarca ocho parroquias, cinco rurales (Ascázubi, Cangahua, Otón, Santa Rosa de Cusubamba y Olmedo) y tres urbanas (Ayora, Cayambe y Juan Montalvo), pertenecientes al cantón Cayambe.

FIGURA 2. 5 HIDROGRAFÍA DEL LADO NOR-OCCIDENTAL DEL NEVADO CAYAMBE



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

Fuente: IGM, 1990

2.1.5. FLORA Y FAUNA

El 28% de la microcuenca del río Blanco pertenece a la reserva ecológica Cayambe Coca. Al estar ubicada dentro de la reserva ecológica Cayambe-Coca, cuenta con una gran diversidad tanto de flora como de fauna natural, la cual se ha visto afectada por el cambio en el uso del suelo para emplearlo en fines agropecuarios. En general en la reserva Cayambe-Coca se han registrado más de cien especies de plantas endémicas siendo las principales: *Pleurothallis wigginsii* (Orchidaceae), *Lachemilla jamesonii* (Rosaceae), *Monnina equatoriensis* (Polygalaceae). Como especies características de los páramos de la reserva se pueden mencionar las siguientes especies de flora: taruga cachu (*Helenia weddeliana*), achicoria (*Hypochoeris sonchoides*), chuquiragua (*Chuquiraga jussieui*), romerillo (*Hypericum juniperinum*), licopodio (*Huperzia crazza*), achupalla (*Puya* sp.) y quinua (*Polylepis incana*). En lo que respecta a la fauna en la reserva ecológica Cayambe-Coca se han identificado 106 especies de mamíferos, 395 de aves, 70 de reptiles y 116 de anfibios. De las especies de mamíferos más representativas se encuentran oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), lobo de páramo (*Lycalopex culpaeus*), puma (*Puma concolor*), gato montano o andino (*Oncifelis colocolo*), cuchucho andino (*Nasella olivacea*),

ciervo enano (*Mazama rufina*) (ECOLAP Y MAE, 2007).

Respecto de las áreas intervenidas para usos antropogénicos existen plantaciones de árboles dedicados a la explotación maderera como por ejemplo eucalipto, pino y ciprés. Otras zonas de cultivos anuales como el maíz, cebada, trigo, papa, fréjol, arveja y haba. Dentro de la fauna antropogénica se destaca el ganado vacuno dedicado a la producción de leche principalmente, así como cuyes y gallinas para el consumo familiar casi exclusivamente. En la hondonada de la parte media y alta del río existe gran cantidad de ganado salvaje que utiliza este espacio.

2.1.6. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Una cuenca hidrográfica está definida por la OMM (2008) como la región que recibe las precipitaciones y que, después de los procesos hidrológicos resultantes en pérdidas y retardos, conduce al punto de salida. La microcuenca del río Blanco posee una estructura en herradura en su cabecera, así como un valle profundo (Fotografía 1) (Samaniego et al., 2004), además de una forma alargada y simétrica de alineación este- oeste (Arce y Moreno, 2003).

FOTOGRAFÍA 2. 1: PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO.



Fuente: Ricardo Valencia Gudiño, 2013

La MRB presenta una red de tipo subdendrítico, de aproximadamente 19 km de

largo. Su nacimiento se origina en los glaciares del nevado de Cayambe, en su recorrido va atravesando la cuenca en forma simétrica, siendo alimentado por un sin número de arroyos. Parte de sus aguas son utilizadas a partir de aproximadamente los 3.000 m.s.n.m., para el riego de pastos, cultivos y en la actividad florícola.

La cuenca alta y media se encuentra profundamente encajonada, las vertientes de la cuenca alta, especialmente las del sector norte, presentan derrubios que pueden desplazarse por gravedad y ser removidos aguas abajo por el río, hacia el final de la vertiente. En la cuenca media y baja se observa la presencia de derrubios, pero éstos se encuentran asentados en las vertientes. La presencia de vegetación a lo largo de la cuenca favorece el control del movimiento de materiales (Arce y Moreno, 2003).

Para la determinación de las características a analizar en la microcuenca se tomaron como referencia los trabajos de: De la Paz (2010), Bateman (2007), Fuentes (2004), Hernández et al. (2010), Ibáñez et al. (2011),

Para la caracterización física de la MRB se obtuvieron las siguientes características, cuyos valores son presentados en la Tabla 2.4:

ÁREA DE DRENAJE

Es el área plana (Proyección Horizontal) de la cuenca (Bateman, 2007). El área de la MRB es de 33.23 km².

FORMA DE LA CUENCA

Se relaciona directamente con el tiempo de concentración de la cuenca, y ahí radica su importancia (Fuentes, 2004). Para definirla se utilizan dos métodos el coeficiente de compacidad (Kc) y el factor de forma (Kf).

El coeficiente de compacidad (Kc), relaciona el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo equivalente al área de la cuenca (Ibáñez et al. 2011). Mientras mayor sea el valor de Kc la cuenca es más irregular.

Y emplea la fórmula:

$$Kc = 0,282 * P/A^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

donde

Kc = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la Cuenca (km)

A = Área de drenaje de la cuenca (km²)

$$K_{C_{MRB}} = 0,282 * \frac{46,12}{33,23} = 2,26$$

EL valor de Kc obtenido nos indica que la cuenca presenta una forma rectangular oblonga, por lo que se esperaría que las crecidas del río no sean muy abruptas debido al mayor tiempo de concentración que tiene la cuenca comparándola con una más redondeada (Delgadillo y Moreno, 2004). Lo que se corrobora con el valor de factor de forma obtenido.

El factor de forma (Kf), es la relación que existe entre el ancho medio, y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial hace referencia a la distancia existente entre la cabecera y la desembocadura del curso más largo de agua. El ancho medio se obtiene dividiendo el área de la cuenca, para la longitud axial de la misma. La fórmula para obtener el (Kf) es (Ibañez et al. 2011):

$$Kf = A/(L^2) \quad (2.3)$$

donde

Kf = Factor de Forma

A = Área de la Cuenca (km²)

L = Longitud Axial de la Cuenca (km)

El factor de forma (Kf), de esta forma en todo el texto de la tesis, nos indica si la cuenca es propensa a crecidas, una cuenca con un bajo factor de forma está menos sujeta a crecidas que una de la misma área y mayor factor de forma.

$$K_{f_{MRB}} = 33,23/(20,48^2) = 0,08$$

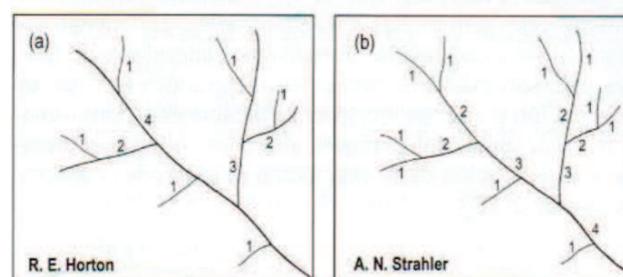
El valor de 0,08 nos indica que la MRB tiene una forma muy alargada y poco propensa a crecidas (Delgadillo y Moreno, 2004).

ORDEN DE LA CUENCA

De acuerdo a Ibañez et al. (2011) el orden de las corrientes de agua, hace alusión al grado de ramificación o bifurcación dentro de la cuenca. Para ubicar el orden de la cuenca se observa las corrientes de agua existentes y el orden de la cuenca será el número mayor que llegue a identificarse hasta llegar al cauce principal.

Existen dos métodos principales para la determinación del orden de la cuenca, el método de Horton y el método de Strahler. En el primero los canales van numerados en función del número de afluentes que tengan, de forma que aquel que fluye desde el origen y no tiene ningún afluente es de orden 1, mientras que uno de orden 2 recibe dos afluentes. Si un canal recibe un afluente de orden 1 y otro de orden 2, su orden será 3. El orden de los canales va aumentando de uno en uno, de forma que aunque un canal recibiera uno de orden 2 y otro de orden 3, su orden sería 4. Cada canal tiene un único orden, que se corresponderá con el mayor que puede tener al final de su recorrido. El orden de la MRB es 3 (Figura 2.7).

FIGURA 2. 6 DIAGRAMA DE LA OBTENCIÓN DEL ORDEN DE LAS CUENCAS PARA DOS MÉTODOS.

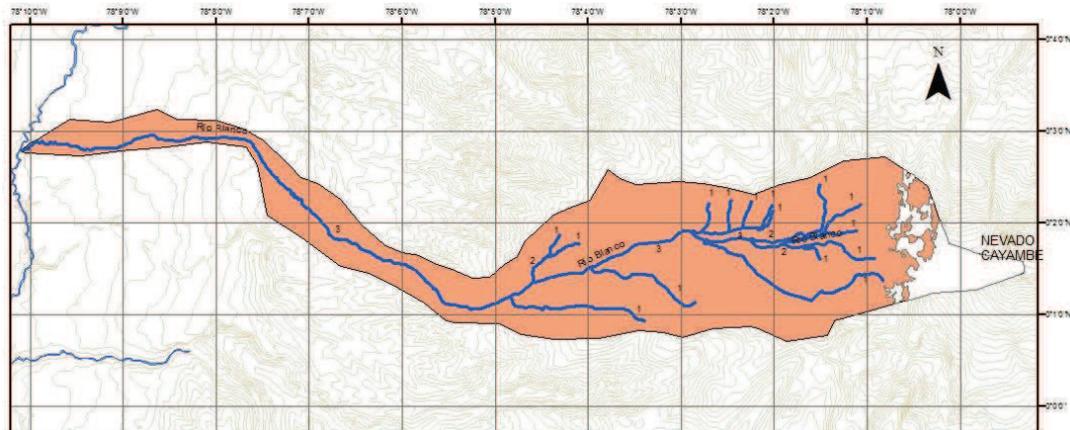


Fuente: Ibañez et al. 2011

El método de Strahler es muy parecido al método de Horton, con la diferencia de que un mismo canal puede tener segmentos de distinto orden a lo largo de su

curso, en función de los afluentes que le llegan en cada tramo. El orden no se incrementa cuando a un segmento de un determinado orden confluye uno de orden menor (Ibañez et al. 2011).

FIGURA 2. 7 ORDEN DE LA MRB (STRAHLER)



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño, 2013

DENSIDAD DE DRENAJE

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca, con su área total (Fuentes, 2004). Se la calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Dd = Lc/A \quad (2.4)$$

donde

Dd = Densidad de drenaje

Lc = Longitud total de todas las corrientes de agua (km); y

A = Área total de la cuenca (km²)

$$Dd_{MRB} = \frac{62.50 \text{ km}}{33.23 \text{ km}^2} = 1.88$$

En períodos de estiaje se esperan valores más bajos del caudal en cuencas de alta densidad de drenaje y de fuertes pendientes, mientras que en cuencas planas y de alta densidad de drenaje, se espera estabilidad del régimen de caudales, debido al drenaje subsuperficial y al aporte subterráneo. Los valores de densidad de drenaje van desde 0,5 Km/Km² (cuencas con drenaje pobre) hasta 3,5 Km/Km² (cuencas excepcionalmente bien drenadas) (Fuentes, 2004). La MRB tiene una densidad de drenaje media con un valor de 1.88 km/km² por lo que se esperaría

valores bajos de caudal en el verano, debido a la fuerte pendiente de la MRB.

SINUOSIDAD DE LAS CORRIENTES DE AGUA

Es la relación que existe entre la longitud del río medida a lo largo de su cauce L , y la longitud del valle del río principal medida en línea curva o recta L_t (De la Paz, 2010).

$$S = L/L_t \quad (2.5)$$

donde

S = Sinuosidad

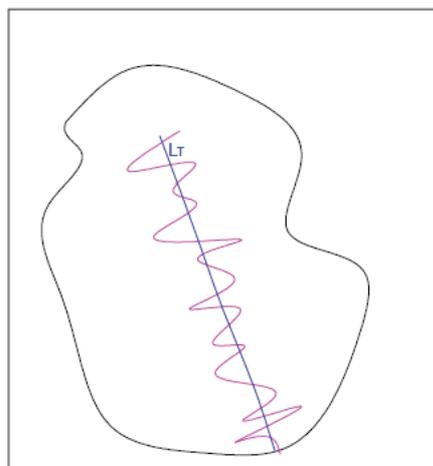
L = Largo del cauce principal (km)

L_t = Longitud del río principal medido en línea recta (km)

$$S_{MRB} = \frac{20,48}{17,46} = 1,17$$

Es un parámetro útil para determinar la velocidad del agua a lo largo de la corriente. Los valores de sinuosidad, varían entre 1 y 4 o más; ríos con sinuosidad mayor de 1,5 son denominados meándricos; los que se encuentren por debajo de este valor hasta 1,0 se denominan sinuosos y relaciones inferiores a 1,0 determinan ríos rectos. El río Blanco es un río sinuoso.

FIGURA 2. 8 SINUOSIDAD DE LAS CORRIENTES



Fuente: De la Paz, 2010

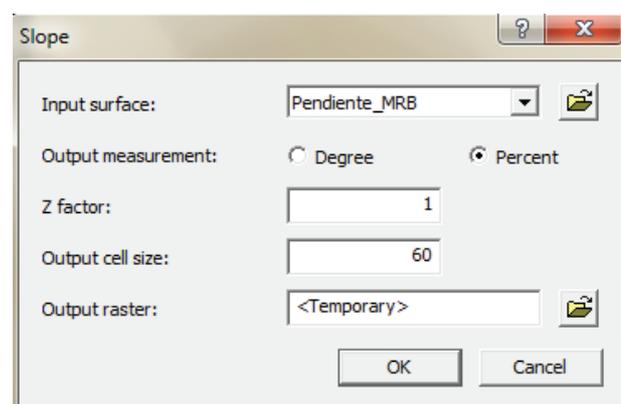
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

De acuerdo a Hernández et al. (2010), la pendiente de la cuenca influye en buena medida en la velocidad de escorrentía superficial, y por ende en la velocidad de concentración de agua.

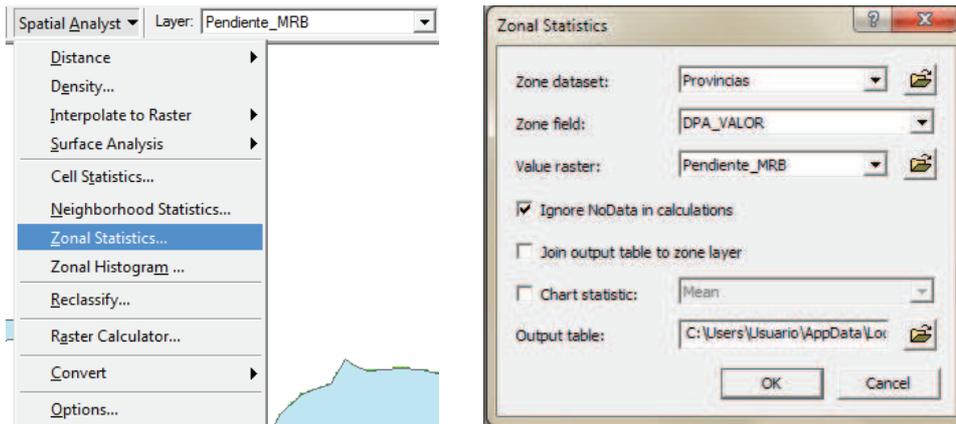
Uno de los métodos más utilizados para el cálculo de la pendiente media de la cuenca es el método de las tangentes, pero para el estudio se utilizó las herramientas digitales de ArcGIS para obtener de manera sencilla la pendiente media de la cuenca.

El procedimiento utilizado fue:

1. Obtención del Modelo de elevación Digital de la MRB.- Para obtener el DEM se empleó la herramienta Topo to Ráster, la cual con base en las curvas de nivel y puntos acotados, proporciona el DEM, el cual fue luego corregido con la herramienta Fill.
2. En segundo lugar se obtuvo el mapa de pendientes de la MRB, desde la herramienta Spatial Analyst seguido de Surface Analysis y finalmente Slope.



3. Finalmente se emplea las herramientas de estadística zonal del Spatial Analyst.



De esta herramienta obtenemos una tabla con las estadísticas de la MRB. De donde se obtiene la pendiente media (mean).

OID	VALUE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
0	0	9220	3319200	0,032827	127,006	126,973	38,2192	25,214399	35238

La MRB presenta una pendiente media de 38%.

TABLA 2.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MRB.

Características	Río Blanco	Significado
Área (A) [km ²]	33,23	
Perímetro (P) [km]	46,12	
Longitud Axial (L) [km]	20,48	
Variación Altitudinal del Río (Va) [m]	1840	
Longitud Cauce Principal en línea Recta (Lt) [km]	17,46	
Longitud Total de los cauces (Lc) [Km]	62,50	
Coeficiente de compacidad (Kc) $Kc=0,282 \cdot P/A^{(1/2)}$	2,26	Forma Rectangular Oblonga

TABLA 2.4. CONTINUACIÓN

Características	Río Blanco	Significado
Factor de forma (Kf) $Kf= A/(L^2)$	0,08	Poco sujeta a crecidas
Longitud Total de los cauces (Lc) [Km]	62,50	
Coeficiente de compacidad (Kc) $Kc=0,282*P/(A^{1/2})$	2,26	Forma Rectangular Oblonga
Factor de forma (Kf) $Kf= A/(L^2)$	0,08	Poco sujeta a crecidas
Densidad de Drenaje (Dd) $Dd=Lc/A$	1,88	Densidad de Drenaje Medio
Sinuosidad $S=L/Lt$	1,17	Río Sinuoso
Pendiente promedio del cauce principal % $Sc= (Va/1000)/L *100$	8,98	
Pendiente media de la Cuenca (S) [%]	38	Moderadamente ondulado
Orden de la Cuenca (Método de Strahler)	3	

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

CURVA HIPSOMÉTRICA

Es una curva que indica el porcentaje de área de la cuenca por encima de una cota determinada. Gracias a las herramientas de Información Geográfica resulta muy sencillo determinarla (Bateman, 2007).

Para la obtención de la curva Hipsométrica y del gráfico de la frecuencia de altitudes, se empleó la Tabla 2.5.

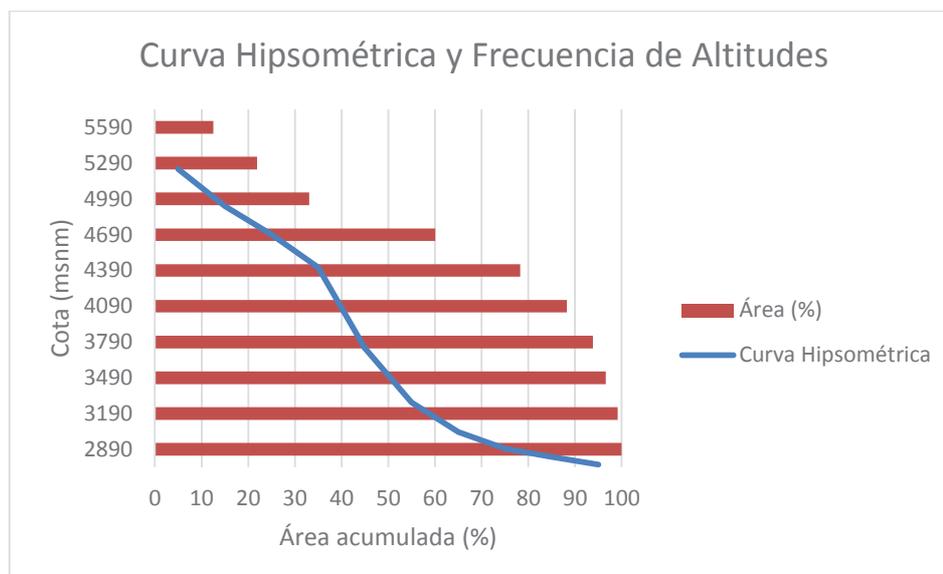
Analizando la curva hipsométrica se puede observar que la mayor proporción de área de la MRB está entre los niveles 6 y 7, es decir entre los 3647 y 4250 msnm, ocupando entre ellas un 45% del área de la cuenca.

TABLA 2.5. DATOS DE ALTURA Y ÁREA, USADOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA Y LA FRECUENCIA DE ALTITUDES EN LA MRB.

Nivel	Cota (msnm)			Área (km ²)			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Intervalo	Acumulado	%Acumulado	%Intervalo
1	5460	5760	5590	0,29	0,29	0,88	0,88
2	5160	5460	5290	0,84	1,13	3,41	2,53
3	4860	5160	5010	0,91	2,05	6,16	2,74
4	4560	4860	4710	1,85	3,90	11,73	5,57
5	4260	4560	4410	3,33	7,23	21,75	10,02
6	3960	4260	4110	6,04	13,27	39,93	18,19
7	3660	3960	3810	8,98	22,25	66,96	27,03
8	3360	3660	3510	3,70	25,95	78,09	11,13
9	3060	3360	3210	3,13	29,08	87,52	9,42
10	2760	3060	2910	4,15	33,23	100,00	12,48

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

GRÁFICO 2. 4 CURVA HIPSOMÉTRICA Y FRECUENCIA DE ALTITUDES



Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

2.2. MODELO OFERTA-DEMANDA

Para el presente estudio se utilizará el modelo Oferta-Demanda de De Bièvre et al. (2008), cuyos coeficientes serán obtenidos para este caso. El modelo “calcula los caudales medios mensuales producidos por cada zona de respuesta hidrológica homogénea (Hidrozonas). A partir de la información de la dirección de flujo obtenida de la topografía, el modelo provee mapas geo-referenciados de caudales naturales medios y observados el 80% de las veces, considerando inclusive las escorrentías provenientes de glaciares en la zona de estudio. Las salidas consisten en mapas con valores de escorrentías o caudales (típicamente en m³/s)” De Bièvre et al. (2008).

Las fórmulas 2.6, 2.7, 2.8, y 2.9 fueron obtenidas del estudio de De Bièvre et al. (2008).

Para el cálculo de los caudales medios mensuales producidos por las hidrozonas (exceptuando el glaciar) se emplea la siguiente fórmula:

$$Q_{(i)} = C * P_i * X_0 + C * P_{i-1} * X_1 + C * P_{i-2} * X_2 + C * P_{i-3} * X_3 \quad (2.6)$$

donde

Q_i Caudal medio mensual del i -ésimo mes que aporta la hidrozona (mm)

P_i Precipitación promedio en la hidrozona para el i -ésimo mes (mm)

C Coeficiente de escorrentía en la hidrozona (Mensual)

X_0 Coeficiente de ponderación de la precipitación del mes i

X_1 Coeficiente de ponderación de la precipitación del mes $i-1$

X_2 Coeficiente de ponderación de la precipitación del mes $i-2$

X_3 Coeficiente de ponderación de la precipitación del mes $i-3$

El coeficiente de escorrentía (C) se encuentra en valores entre 0 y 1 dependiendo de la cobertura del suelo y de las características propias del mismo, por otro lado los coeficientes de ponderación de la precipitación varían en valores de 0 a 1, tomando en cuenta que la suma de los mismos no puede ser superior a uno.

Dependiendo la hidrozona X_1 , X_2 , o X_3 pueden ser igual a cero. Considerando que los coeficientes de escorrentía proporcionan la fracción de agua de precipitación que escurre, produciendo el flujo superficial y subsuperficial, implícitamente se encuentra considerada la evapotranspiración que se produce sobre la superficie de la cuenca. Debido a que los procesos de evaporación se dan principalmente de la parte de agua retenida en la superficie de las plantas, que no escurre ni infiltra, mientras que en la transpiración de las plantas éstas absorben agua del suelo, agua que no llega a formar parte de la escorrentía en la zona. Por tal motivo al obtener coeficientes de escurrimiento, se encuentran implícitamente tomados en cuenta los procesos de evapotranspiración.

Para el cálculo del caudal producido por el glaciar, se emplea la precipitación media anual, además de un coeficiente de deshielo particular de cada mes. “La regulación que ofrecen los glaciares además de multianual (lo que sobrepasa las limitaciones del modelo) es anual porque está muy relacionado con la radiación solar con una variación anual y es un factor importante en el proceso de sublimación y deshielo” De Bièvre et al. (2008).

La fórmula empleada es la siguiente:

$$E_i = y_i * P_{anual} \quad (2.7)$$

donde

E_i = Escorrentía media mensual del mes i (mm)

y_i = Coeficiente de deshielo en el mes i

P_{anual} = Precipitación media anual (mm)

Los caudales proporcionados por el modelo se contrastan con los caudales naturales obtenidos a partir de los caudales medidos en las estaciones hidrológicas. El caudal natural se calcula de acuerdo a la fórmula 2.8.

$$Q_{natural} = Q_{medido} + Q_{netocaptado} - Q_{trasvasado} \quad (2.8)$$

donde

$Q_{natural}$ = Caudal estimado de producción natural de la cuenca de drenaje en el sitio de medición de la estación

Q_{medido} = Caudal medido en la estación.

$Q_{netocaptado}$ = Caudal neto captado por usos consuntivos.

$Q_{trasvasado}$ = Caudales trasvasados desde una fuente externa a la microcuenca en análisis

Una vez obtenido el caudal natural en la microcuenca del río Blanco, se obtiene la escorrentía con 80% de probabilidad de excedencia empleando la fórmula 2.9. El valor de $Q_{80\%}$ ha sido empleado como método para determinar el caudal ecológico en estudios hidrológicos como el estudio de disponibilidad de agua en el río Chavón para abastecimiento de agua en La Romana (INDRHI, 2012), siguiendo la metodología de Hoppe (1975) citada en Rodríguez et al. (2008).

$$E_{i80\%} = k_i * E_i \quad (2.9)$$

donde

$E_{i80\%}$ = Escorrentía con 80% de probabilidad de excedencia del mes i .

k_i = Coeficiente en el mes i

E_i = Escorrentía media del mes i

El valor de escorrentía que puede ser superado el 80% del tiempo, se define como una parte de la escorrentía media del mes i . Por lo que k_i puede estar en valores entre 0 y 0,99. Tomando en cuenta las características de regulación propias de cada hidrozona se puede expresar que:

- Para las zonas con mayor regulación de caudales como son el bosque, el páramo, plantación forestal y los glaciares, el coeficiente k_i adopta valores superiores, pues como se puede apreciar en la figura 2.9, la curva presenta una menor pendiente lo que se ve expresado en que el caudal aportante el 80 % del tiempo en estas zonas, es superior a otra con menor regulación.
- Para las zonas con baja regulación de caudales como pasto, agrícola, e invernadero se tiene una gráfica con una pendiente más elevada (Figura 2.9), ya que al no presentar una buena regulación de caudales, en el momento en que se produce un evento de precipitación intenso el caudal

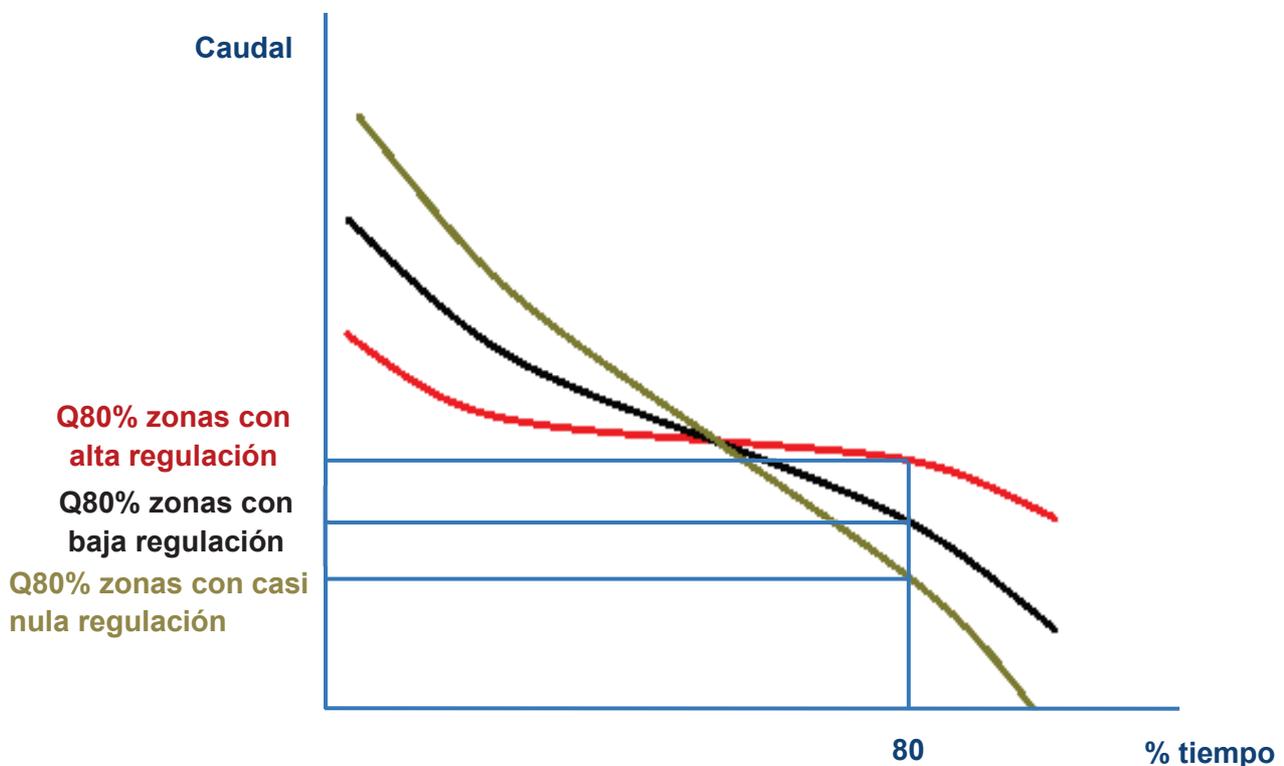
aportante en estas zonas es alto, pero este tipo de eventos no son muy frecuentes. Lo que se ve reflejado en el Q80%, que es menor en comparación con las zonas con buena regulación hídrica.

- Finalmente para las zonas con casi nula regulación de caudales como áreas erosionadas y urbano, el Q80% es muy cercano a cero (Figura 2.9).

Por lo antes mencionado se establecerán tres rangos de valores para los diferentes k_i .

- Para las zonas con buena regulación, el valor de k_i puede estar entre 0,60 y 0,95.
- Para las zonas con baja regulación hídrica, el valor de k_i puede estar entre 0,3 y 0,6.
- Y para las zonas con casi nula regulación de caudales el valor de k_i puede estar entre 0,05 y 0,3.

FIGURA 2. 9 CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES PARA ZONAS CON CARACTERÍSTICAS DIFERENTES



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

Tanto los coeficientes (C, X_0, X_1, X_2, X_3), los coeficientes de deshielo (y_i) y los valores de k_i , fueron calculados de tal manera que el caudal modelado sea lo más similar posible al caudal natural obtenido de las cuencas de estaciones hidrológicas, por tal motivo se estimará el error cuadrático medio, error relativo y error absoluto medio y el coeficiente de eficiencia del modelo (Nash-Sutcliffe), el coeficiente será aquel que de él menor valor para estos errores y una mayor eficiencia del modelo.

Los coeficientes de esorrentía (C) se modificaron dentro de un rango determinado de acuerdo con la investigación bibliográfica (Tabla 2.6). Los coeficientes de ponderación (X_0, X_1, X_2, X_3), se obtuvieron considerando la capacidad de regulación de cada hidrozoona, es decir que mientras mayor sea la capacidad de regulación de la hidrozoona en análisis X_0, X_1, X_2 , y X_3 pueden tener valores distintos de 0, y al contrario si una hidrozoona no tiene una gran capacidad de regulación, X_1, X_2 o X_3 pueden ser igual a 0.

Para la obtención de los coeficientes de aporte glaciar se tomó en cuenta los valores obtenidos del estudio de De Bièvre et al. (2008), lo expresado por IDEAM (2012) donde se menciona que existe un mayor aporte en verano que en invierno debido a la ausencia de nieve principalmente lo que facilita procesos de fusión, en el glaciar conejeras (Colombia) los caudales mensuales se triplican comparando la época seca y la época invernal pasando de “magnitudes de 30 l/s hasta 90 l/s”, información que concuerda con lo expresado por Francou et al. (2013) donde se menciona que durante la temporada de lluvias (diciembre-enero-febrero), el glaciar aporta el 30 % del agua, mientras que para la temporada seca, los aportes del glaciar son del 40 % para las cuencas Chuqicará y la Balsa en Perú. Como se puede observar es indiscutible que los aportes de caudal proveniente del glaciar son mayores en la época seca que en la época invernal, lo que cambia entre un glaciar y otro es: el volumen de aporte y la diferencia de aporte entre invierno y verano, influenciados por las características propias de cada glaciar. Se emplearán como base los coeficientes de De Bièvre et al. (2008), pero a futuro se deberían mejorar los mismos con un análisis únicamente de la parte glaciar del nevado.

Se considerará principalmente la cuenca de la estación hidrológica H143 (Granobles AJ Guachalá), ya que la microcuenca del río Blanco es una subcuenca de la misma.

TABLA 2.6. VALORES DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA PARA DISTINTOS USOS DE SUELO, OBTENIDOS DE LA BIBLIOGRAFÍA.

Hidrozona	Coefficiente de escorrentía
Bosque	0.2 – 0.4 (Martínez, 2005) para texturas de suelo medias y gruesas y pendiente menor al 40%.
Páramo	0.51 – 0.83 (C y A; 1984 y Minas de Buenaventura, 2001)
Tierra Erosionada	0.5 – 0.7 (Benítez et al. 1980), para suelos con pendientes entre 20 y 50% y permeabilidad media y alta.
Agrícola	0.30 – 0.72 (Martínez, 2005) para texturas de suelo medias y gruesas y pendiente menor al 40%. 0.65 – 0.25 (Rázuri, 1984) para suelos con pendientes entre 20 y 50% y permeabilidad media y alta.
Urbano	0.70 – 0.95 (Aparicio, 1999)
Pasto	0.10 – 0.40 (Martínez, 2005) para texturas de suelo medias y gruesas y pendiente menor al 40%.
Invernadero	No existen datos para invernadero, pero se consideró en rango entre 0.6 y 0.7, al ser similar a urbano y a tierra erosionada por tener una cobertura impermeable.
Plantación forestal	0.10 – 0.50 (Martínez, 2005) para texturas de suelo medias y gruesas y pendiente menor al 40%.

Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

2.2.1. LIMITACIONES DEL MODELO

Las aguas subterráneas representan una limitante del modelo, debido a que no se tiene suficiente información acerca del comportamiento de las mismas y de cómo su aporte influye en la escorrentía superficial. El modelo toma en cuenta los aportes de agua subsuperficiales mediante el uso de los coeficientes de ponderación X_0 , X_1 , X_2 , o X_3 de aporte de la precipitación de los meses anteriores

al mes en análisis. Pero no se toman en cuenta los flujos de agua subterránea.

Otra limitante del modelo, es que el aporte de caudal desde el glaciar en el modelo considera, además de la precipitación multianual, el área cubierta por hielo. Área que no representa un promedio anual sino únicamente una fecha específica dentro del año, por lo que si se toman imágenes de otras fechas la cobertura glaciar puede variar y por ende su aporte de esorrentía.

El modelo tiende a incrementar la cantidad real de agua captada, debido a que al realizar la acumulación de las demanda hídrica, se produce un efecto en el que en cada celda aguas abajo de la celda donde se produce la captación, el caudal captado es el mismo que en la celda misma donde se ubica la captación. Es decir el modelo adopta como si en cada celda aguas debajo de la captación, se extrajera la misma cantidad de agua. En trabajos futuros se debería intentar modelar de mejor manera la captación para evitar esta tendencia a incrementar su valor.

2.3. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RESPUESTA HIDROLÓGICA

Para el modelamiento es necesario identificar las zonas de respuesta hidrológica (hidrozonas), con base en criterios de cobertura vegetal, del trabajo de Serrano et al (2013). Las hidrozonas en las que se dividió fueron las siguientes:

Glaciares

“Los glaciares son zonas de excelente “producción” de agua, no tanto porque tienen mayor precipitación, sino por la ausencia de consumo de agua de parte de vegetación” (De Bièvre et al., 2008). De acuerdo con IDEAM (2012) los caudales producidos por las áreas glaciares, se comportan inversamente a cómo se comporta una cuenca no glaciar. Durante la temporada seca al no haber precipitaciones, la cobertura de nieve disminuye por lo que el glaciar es más susceptible a los procesos de fusión, incrementando el aporte de caudal. Con el proceso inverso en las temporadas de precipitación.

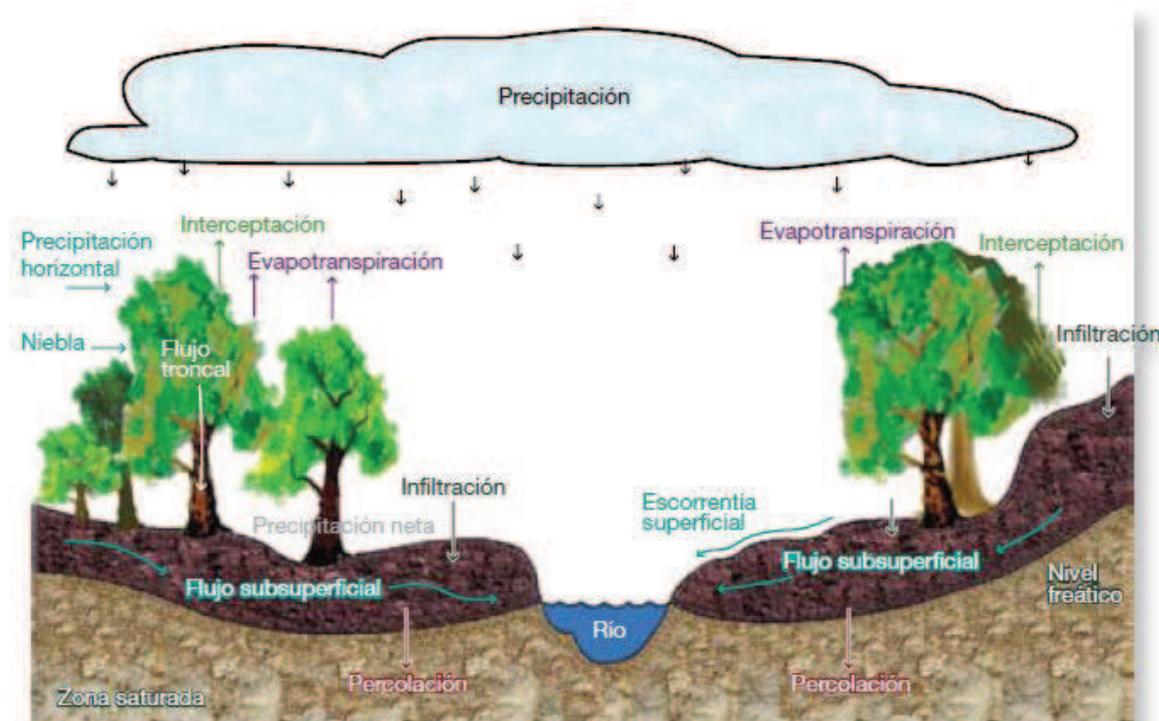
Páramos

Uno de los aspectos de mayor importancia ambiental del páramo es su elevada capacidad para regular el agua (Hofstede, 1995). Los suelos del páramo, se caracterizan por la existencia de una capa homogénea de cenizas, proveniente de erupciones volcánicas cuaternarias (Sauer, 1957). Por otro lado el consumo natural de agua en el páramo es muy bajo, debido a la predominancia de pajonales y de hierbas xerofíticas con características de baja evaporación (De Bièvre et al. 2006).

Bosques andinos remanentes y bosques secundarios

El alto rendimiento hídrico de los bosques andinos está relacionado con varios procesos los cuales producen una mayor proporción de caudal con respecto a las entradas por precipitación (Tobón, 2009). Tanto los bosques naturales como los plantados utilizan más agua que casi todas las cubiertas de sustitución, incluidas la agricultura y los pastos (Hamilton et al., 2009).

FIGURA 2. 10 CICLO HIDROLÓGICO EN EL BOSQUE ANDINO



Fuente: Tobón, 2009

Zonas agrícolas

Los cultivos de hortalizas tienen los mayores valores de escorrentía al compararlos con bosque seco montano, pastizales y manzanos. Y junto con el bosque seco presentan un mayor flujo de escorrentía en promedio durante todo el año, pero menor cuando las precipitaciones son extremas (Ataroff y Sánchez, 2000).

Invernaderos

Los invernaderos o cultivos bajo plástico, presentan una regulación hidrológica baja, al asemejarse a una zona urbana debido a la impermeabilidad de los materiales con los que se construyen. Existen pocas referencias sobre los invernaderos, relacionado con la regulación hídrica que poseen.

Pastos

Presentan una regulación hídrica baja. De acuerdo con Hamilton et al. (2009) para el rendimiento hidrológico, los pastizales son una buena cubierta para las cuencas, pero presentan dos desventajas importantes: no dan a las pendientes más estabilidad, y pueden presentarse procesos de compactación y erosión del suelo debido al sobre pastoreo, con el consiguiente aumento del caudal máximo, una posible descarga de sedimentos en los cursos de agua e incluso se puede reducir tanto la infiltración que disminuya el caudal de base.

De acuerdo con Ataroff y Sánchez (2000) en el pastizal y el cultivo de manzanos, el caudal permanece bajo durante todo el año, pero aumenta mucho cuando las precipitaciones son muy altas, lo que corrobora la baja regulación expresada anteriormente.

Plantaciones forestales

Los bosques pueden contribuir a retrasar y reducir localmente los caudales máximos de las inundaciones al presentar una buena regulación, además se ha comprobado que el desmonte, aun parcial, incrementa en general el rendimiento

hidrológico de una cuenca (Hamilton et al., 2009). Los caudales producidos en estas zonas son bajos (De Bièvre et al., 2008).

Zonas erosionadas y degradadas

Producen un volumen de agua mediano, pero han perdido en gran medida su capacidad de regulación.

Zonas urbanas

No presentan una capacidad de regulación y generan un caudal alto, debido a la impermeabilidad de sus suelos.

2.4. DISPONIBILIDAD Y ESTRÉS HÍDRICO

La cantidad de agua en una región (Oferta Natural) está relacionada con la precipitación, pero también depende de una compleja relación entre múltiples agentes climáticos. Tomando en cuenta la orografía, ubicación geográfica y la época del año, los distintos factores se combinan para originar el clima correspondiente (SGCA, PE et al, 2011).

La cantidad de agua disponible se mide con índices: disponibilidad de agua per cápita e intensidad de uso o de estrés hídrico. Ambos índices se basan en un cálculo de la disponibilidad de agua renovable: para lo cual se emplean dos metodologías principalmente: en la primera se hace uso del coeficiente de escurrimiento superficial en función del tipo y uso del suelo, mientras que en la segunda se utiliza el cálculo de la evapotranspiración (CEPAL, 2011).

El estrés hídrico se puede definir como la escasez de agua que impida satisfacer las necesidades de una región. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) considera que existe estrés hídrico cuando “la demanda de agua excede la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su baja calidad restringe su uso”. El Panel Intergubernamental del cambio climático (IPCC), considera que “una cuenca padece estrés hídrico cuando su disponibilidad de agua por habitante es inferior a 1,000 m³/año

(tomando como base el promedio histórico de la escorrentía) o cuando el cociente entre la extracción de agua y el promedio anual histórico de escorrentía es superior a 0.4" (Madrigal et al, 2012).

De acuerdo a Ponce (2011), en las últimas décadas, y debido a la deficiente distribución del recurso hídrico, se ha ido observando una progresiva escasez del mismo en la zona de estudio del proyecto, que ha modificado dinámicas productivas tradicionales de las comunidades y ha provocado conflictos entre y dentro de las mismas por los derechos de uso al agua.

Para determinar el estrés hídrico de la microcuenca del río Blanco, se empleará y adaptará los criterios utilizados por De Bièvre et al (2008), al ser un estudio que abarcó el área de localización de la MRB y estar relacionado con la realidad de la zona. En el estudio mencionado anteriormente existen cinco categorías para determinar el estrés hídrico, las cuales son:

1. **Sin estrés hídrico:** durante todo el año tanto el caudal medio como el caudal Q80% son mayores a la demanda de agua media anual.
2. **Estrés hídrico ligero:** durante 1 a 4 meses la demanda es mayor al Q80%, y durante todo el año la demanda es menor que el caudal medio.
3. **Estrés hídrico moderado:** durante 0 a 4 meses la demanda es mayor al caudal medio y durante 5 a 8 meses la demanda es mayor al Q80%.
4. **Estrés hídrico alto:** durante 5 a 8 meses la demanda es mayor al caudal medio y durante 9 a 11 meses la demanda es mayor al Q80%.
5. **Estrés hídrico severo:** durante todo el año la demanda es superior al caudal Q80% y durante más de 8 meses la demanda se superior al caudal medio.

2.5. ESTACIONES HIDROLÓGICAS EMPLEADAS PARA LA CALIBRACIÓN Y EL MODELAMIENTO

Para conocer las estaciones que se emplearon para el cálculo de los coeficientes del modelo se tomaron como base las estaciones hidrológicas en la zona, mostradas en la Tabla 2.7. Para el relleno de los datos faltantes se siguieron los siguientes criterios: los años con más de cinco meses sin datos no fueron tomados en cuenta, para los años en los que los meses faltantes eran cinco o menos se empleó el caudal mensual multianual para el relleno de la serie. De igual manera para los datos extremos, se revisó la precipitación en las estaciones cercanas en el mes en cuestión para validar el dato o rechazarlo y reemplazarlo por el caudal mensual multianual. Una vez rellena la serie, se realizó la prueba t de student para saber si los datos eran homogéneos (Ver Tabla 2.8), resultando en la homogeneidad de las series para las tres estaciones. Con los datos rellenos y verificados su homogeneidad, se procedió a obtener los caudales naturales, empleando los datos de captaciones y trasvases del estudio de De Bièvre et al. (2008) y la fórmula 2.9. Se emplearon esos datos de captaciones y trasvases al considerar el gran tamaño de las cuencas H143, H144 y H152 lo que hace que el estudio de sus recursos hídricos requiera de otro trabajo que no fue el objetivo del presente estudio.

TABLA 2.7. ESTACIONES HIDROLÓGICAS (UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO) EN LA ZONA DE ESTUDIO.

Código	Nombre	Localización Geográfica			Tipo
		Latitud (°decimales)	Longitud (°decimales)	Altitud (msnm)	
H152	La Chimba en Olmedo	0,145	-78,047	3096	LM
H143	Granobles AJ Guachalá	0,026	-78,166	2750	LG
H144	Guachalá AJ Granobles	0,013	-78,158	2740	LG

Lm = Limnimétrica, LG = Limnigráfica.

Fuente: INAMHI

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

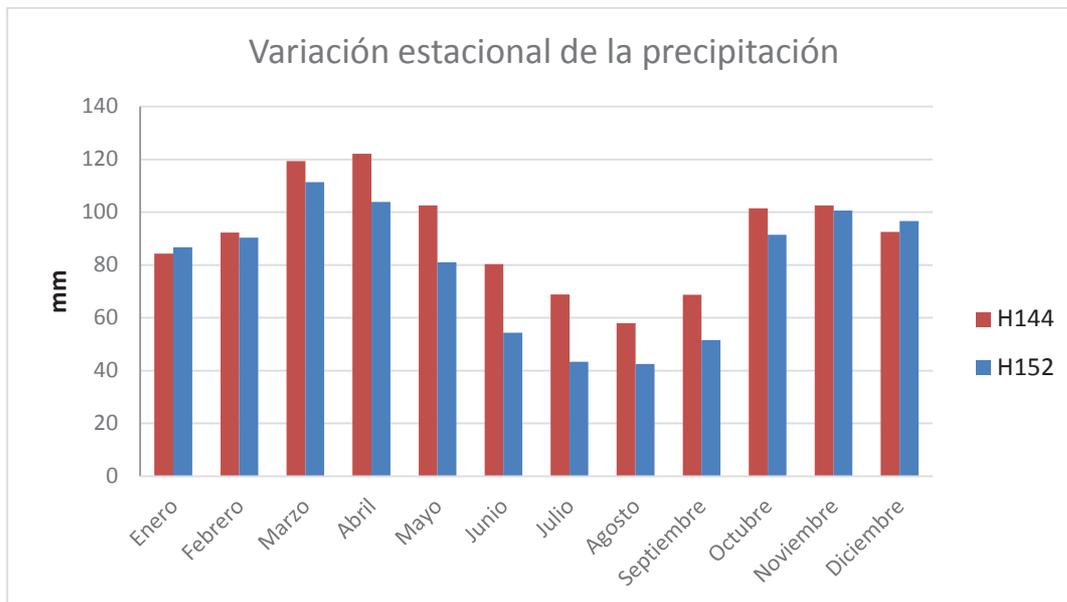
TABLA 2.8. CÁLCULO DE LA HOMOGENEIDAD DE LAS SERIES DE CAUDALES

H143							
n1 =	198	X1 =	4,68	S1 =	2,79	S1² =	7,80
n2 =	198	X2 =	4,39	S2 =	2,83	S2² =	8,03
t < 2,02 : Homogénea				t =	0,15	serie homogénea	
H144							
n1 =	144	X1 =	6,16	S1 =	3,13	S1² =	9,80
n2 =	144	X2 =	4,99	S2 =	2,16	S2² =	4,66
t < 2,02 : Homogénea				t =	0,52	serie homogénea	
H152							
n1 =	54	X1 =	1,50	S1 =	0,63	S1² =	0,40
n2 =	54	X2 =	1,39	S2 =	0,77	S2² =	0,59
t < 2,02 : Homogénea				t =	0,25	serie homogénea	

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Analizando los datos de precipitación en el área y de caudales medidos, se puede apreciar que la variación de caudales medidos durante el verano (Junio - Septiembre) en la estación H144 no está acorde con el nivel de precipitación en su área de aporte. Es decir en los meses en los que se producen los menores niveles de precipitación (Gráfico 2.5), se registran los caudales más elevados (Gráfico 2.6). Este proceso se puede explicar, por algún trasvase hacia la cuenca de aporte, lamentablemente este valor se desconoce por lo que los datos de caudales naturales de la estación H144 no pueden ser obtenidos, para ser contrastados con el modelo. Debido a lo mencionado anteriormente únicamente se utilizarán dos estaciones (H143 y H152) para la estimación de los coeficientes del modelo.

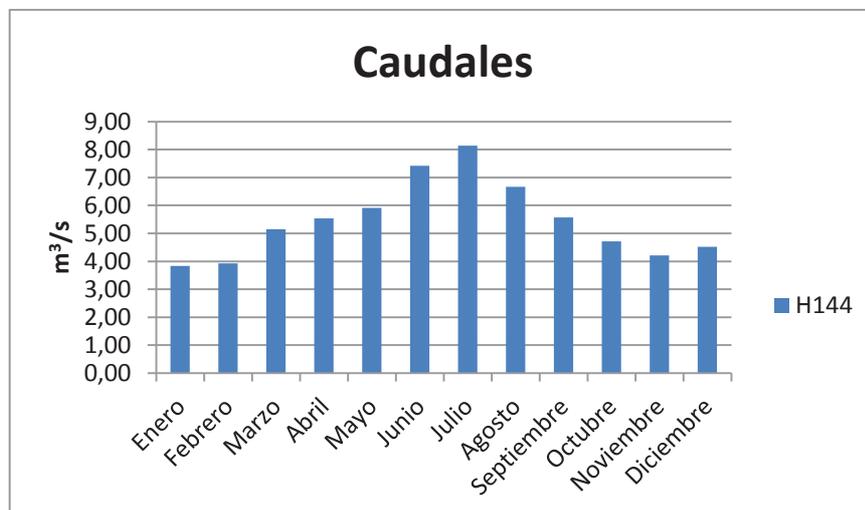
GRÁFICO 2. 5 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LAS ÁREAS DE APOORTE DE LAS ESTACIONES H152 Y H144



Realizado por: Ricardo Valencia

Fuente: Anuarios meteorológicos 1976-2010, INAMHI.

GRÁFICO 2. 6 CAUDALES MEDIDOS EN LA ESTACIÓN H144



Realizado por: Ricardo Valencia

Fuente: Anuarios hidrológicos 1962-2010, INAMHI.

2.6. USOS DE AGUA EN LAS ZONA DE ESTUDIO

De acuerdo con datos proporcionados por parte de SENAGUA (2013), el total de caudal autorizado en todo el Cantón Cayambe es de 15859,20 l/s con ocho usos

para las autorizaciones de agua, siendo el principal el riego con un caudal de 7160,75 l/s (Ver Tabla 2.9).

El total de agua autorizada para uso por parte de la SENAGUA en la microcuenca del río Blanco (Blanquillo en su origen), es de 889,53 l/s. El principal uso al igual que en el cantón en general, es el riego con 54 concesiones que abarcan más de un 98% del total de agua concesionada (Ver Tabla 2.10). El riego principalmente se lo realiza por gravedad mediante canales cuya eficiencia se encuentra entre 30 y 70% (Mafla et al., 2002) dependiendo de la tecnificación del mismo, para el estudio se tomará una eficiencia del 50%. Los otros dos usos de acuerdo a los datos de SENAGUA en el río Blanco son Abrevadero con 13 concesiones, y uso doméstico con 16 concesiones.

De acuerdo a datos proporcionados por la Organización Pueblo Kayambi quienes en 2012 realizaron una auditoría de las captaciones existentes en el río Blanquillo (parte alta del río Blanco), en el río existen once captaciones con un caudal total otorgado de 349,152 l/s (Ver Anexo 3 Captaciones en la MRB: datos de la Organización Pueblo Kayambi)

TABLA 2.9. USOS Y CAUDAL AUTORIZADO EN EL CANTÓN CAYAMBE.

Uso	Caudal Autorizado (l/s)	Porcentaje(%)
Abrevadero	99,04	0,62
Agua Potable	680,29	4,29
Hidroeléctricas	6522,30	41,15
Industrial	61,84	0,39
Piscícola	1166,23	7,36
Riego	7160,75	45,17
Termales	1,49	0,01
Uso Doméstico	159,25	1,00
TOTAL	15851,20	100,00

Fuente: Secretaria Nacional del Agua, 2012

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

TABLA 2.10. USOS Y CAUDAL AUTORIZADO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO.

Uso	Caudal Autorizado (l/s)	Porcentaje (%)	Número de concesiones
Abrevadero	1,36	0,15	13
Agua Potable	0,00	0,00	0
Hidroeléctricas	0,00	0,00	0
Industrial	0,00	0,00	0
Piscícola	0,00	0,00	0
Riego	878,25	98,73	54
Termales	0,00	0,00	0
Uso Doméstico	9,92	1,12	16
TOTAL	889,53	100,00	83

Fuente: Secretaría Nacional del Agua, 2012

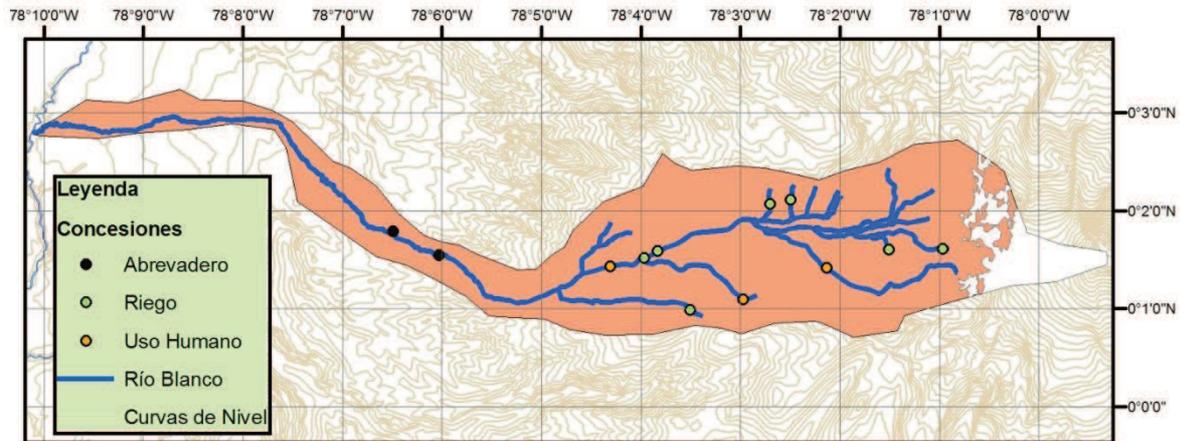
Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

De acuerdo a datos proporcionados por la Organización Pueblo Kayambi quienes en 2012 realizaron una auditoría de las captaciones existentes en el río Blanquillo (parte alta del río Blanco), en el río existen once captaciones con un caudal total otorgado de 349,152 l/s (Ver Anexo 4 Captaciones en la MRB: datos de la Organización Pueblo Kayambi). Como se puede observar existe una gran diferencia entre los datos de la SENAGUA (889,53 l/s) y los de la Organización Pueblo Kayambi (349,15 l/s), respecto del caudal realmente captado en la MRB.

Los datos proporcionados por SENAGUA fueron verificados en campo y contrastados con los datos otorgados por la Organización Pueblo Kayambi y la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAAPAAC-EP) la cual mantiene una captación en el río Blanco. Los datos depurados de las captaciones en la MRB se pueden observar en la Figura 2.11. La mayoría de captaciones mostradas en los datos de SENAGUA no se encontraban en la MRB. El principal uso del agua captada es el riego con 7 captaciones, seguido por el uso humano con 3 captaciones, y abrevadero 2

captaciones, dando un total de doce captaciones en la MRB.

FIGURA 2. 11 CONCESIONES EN LA MRB



Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

2.7. RELACIÓN PRECIPITACIÓN-ESCORRENTÍA

Debido a la falta de datos de escorrentía que se tiene en muchos casos, se han desarrollado métodos que permiten determinar el escurrimiento de la cuenca mediante las características de la misma y de datos de precipitación, más comúnmente encontrados.

Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son los siguientes: área de la cuenca, altura total de precipitación, características generales o promedio de la cuenca, distribución de la lluvia en el tiempo, distribución en el espacio de la lluvia y de las características de la cuenca (Monsalve, 1995).

Dado que la microcuenca del río Blanco es una subcuenca del río Granobles (H143), y que se conoce el área de las dos cuencas, se utilizará un método de correlación de áreas para obtener el caudal en la microcuenca del río Blanco, empleando la fórmula 2.10. Los datos de caudales del río Granobles son los obtenidos de la estación H143 Granobles AJ Guachalá. Al ser una cuenca mucho más pequeña el caudal de la microcuenca del río blanco será una fracción del caudal en la cuenca del río Granobles.

$$\frac{Q_{\text{río Granobles}}}{A_{\text{río Granobles}} P_{\text{río Granobles}}} = \frac{Q_{\text{río Blanco}}}{A_{\text{río Blanco}} P_{\text{río Blanco}}} \quad (2.10)$$

Empleando la fórmula 2.11 se determinó el caudal en la microcuenca del río Blanco. Para el análisis se empleará los valores mensuales de caudal y precipitación.

$$Q_{\text{Enero río Blanco}} = \frac{A_{\text{río Blanco}} * Q_{\text{Enero río Granobles}} P_{\text{río Blanco}}}{A_{\text{río Granobles}} P_{\text{río Granobles}}}$$

$$Q_{\text{Enero río Blanco}} = \frac{33,23 \text{ km}^2 * 5,94 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 0,085 \text{ m}}{389,39 \text{ km}^2 0,079 \text{ m}}$$

$$Q_{\text{Enero río Blanco}} = 0,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empleando la metodología anterior, se calculó el caudal de la Microcuenca del río Blanco, para el resto de meses y se obtuvo la Tabla 2.11.

TABLA 2.11. CAUDALES OBTENIDOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EMPLEANDO EL MÉTODO DE CORRELACIÓN DE ÁREAS.

Mes	Caudal Río Granobles	Caudal MRB
Enero	5,94	0,55
Febrero	6,76	0,63
Marzo	7,38	0,67
Abril	8,26	0,77
Mayo	7,27	0,68
Junio	6,67	0,78
Julio	5,93	0,76
Agosto	4,83	0,60
Septiembre	4,55	0,48
Octubre	5,85	0,54
Noviembre	6,94	0,62
Diciembre	6,47	0,56

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

2.8. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

“Son sistemas que permiten la integración de datos espaciales desde diferentes orígenes, permitiendo de esta manera analizar, manipular, modelar y visualizar los datos” (Aronoff, S. 1993).

Entre los softwares comerciales más conocidos se tienen Arcview, ArcGis 8.*, ArcGis 9.*, ILWIS, IDRISI. Y algunos softwares libres son GVSIG, QuantumGIS entre otros.

Los sistemas de información geográfica están conformados por cuatro componentes: técnicos (Equipo humano), información, computadoras y el software y están constituidos por dos tipos de datos, gráficos y alfanuméricos, siendo este último la mayor ventaja en comparación con los sistemas CAD que únicamente manejan datos gráficos.

La herramienta SIG se basa en cuatro pasos principales: entrada de datos, procesamiento, análisis - modelamiento y salida de resultados (Arciniegas, S. 2013).

Entrada de Datos – La información para trabajar con sistemas de información geográfica debe estar en un formato determinado y georeferenciada (es decir que tenga una ubicación en el espacio).

Procesamiento – Cada elemento geográfico del espacio analizado está representado ya sea por: punto (casas, escuelas, iglesias), línea (ríos, vías, curvas de nivel), o área (lagos, lagunas, terrenos en general).

Análisis y Modelamiento – Mediante la superposición y combinaciones de capas de datos, se puede analizar y realizar operaciones que permitan producir nueva información o modificar información existente.

Salida de resultados – Dependiendo de los medios que se disponga los

resultados se pueden representar en pantalla, ploteados e impresos o en formato digital.

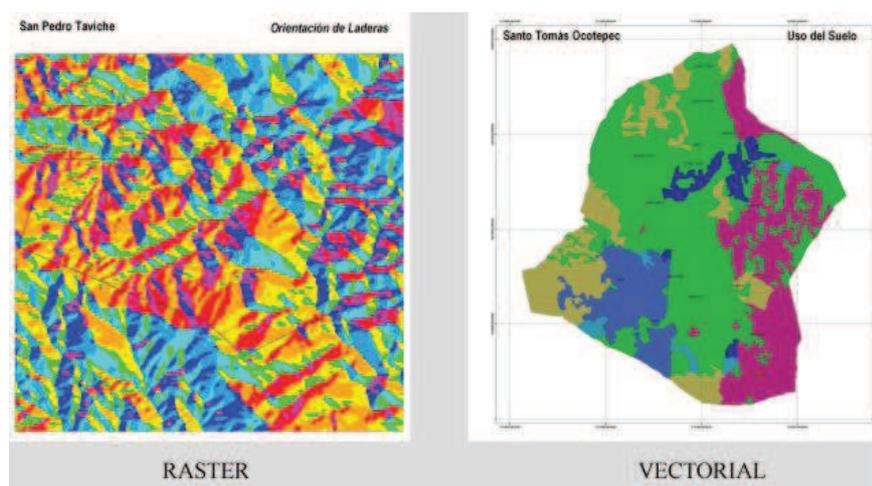
2.8.1. REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: ráster y vectorial.

Un modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando sus fronteras, por lo que las gráficas en este tipo de SIG son tres: puntos, líneas o arcos y polígonos (Figura 2.12). El modelo vectorial representa puntos exactos por lo que se puede medir ángulos y distancias.

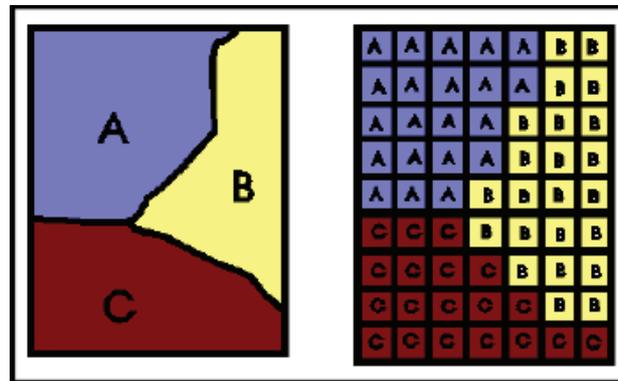
Un modelo ráster representa el espacio, por celdas o píxeles de un tamaño definido. En el modelo ráster en caso de que un píxel este vacío este adquiere un dato (Nodata) a diferencia del modelo vector en donde si no se encuentra un dato, da un conjunto vacío es decir que esa parte del espacio no existe.

FIGURA 2. 12 VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS RÁSTER Y VECTOR



Fuente: (LABSIG Y PR), 2010.

FIGURA 2. 13 REPRESENTACIÓN ESPACIAL EN DATOS RÁSTER Y VECTOR



Fuente: Téllez, 2008

Las ventajas y desventajas de los modelos ráster y vector, se encuentran expresadas en las tablas 2.12 y 2.13.

Para el modelamiento se emplearán datos en formato ráster con tamaño de celda igual a 60m debido a la baja calidad de los datos cartográficos. El formato ráster al dividir el espacio en un conjunto regular de celdillas, permite realizar modelaciones físicas. “Cualquier tipo de modelización física de procesos naturales que se base en Sistemas de Información Geográfica requiere un modelo de datos de tipo ráster” (Sarria F., 2010).

TABLA 2.12. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UTILIZAR UN MODELO VECTOR.

Ventajas	Desventajas
Estructura de datos más compacta con ficheros menos voluminosos.	Estructura de datos más compleja.
Topología mejor definida, permitiendo una mayor capacidad de análisis.	Mayor dificultad de proceso en operaciones de superposición.
Más adecuado para la representación de datos bien definidos como ríos, carreteras, etc.	Gran dificultad en el tratamiento de imágenes digitales.
	Insuficiente representación en caso de alta variabilidad espacial.

Fuente: Téllez, 2008

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

TABLA 2.13. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UTILIZAR UN MODELO RÁSTER.

Ventajas	Desventajas
Estructura de datos más sencilla.	Pobre representación gráfica de resultados.
Operaciones de análisis sencillas y potentes.	Estructura de datos menos compacta con grandes ficheros de datos.
Mejor representación de la variabilidad espacial y de elementos poco definidos.	Relaciones Topográficas más difíciles de representar.
Gran capacidad para el tratamiento de imágenes digitales.	Limitaciones de resolución.

Fuente: Téllez, 2008

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

2.9. CAMBIO CLIMÁTICO

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), definió al cambio climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”, por otro lado el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático lo define como “Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras” (IPCC, 2007).

De acuerdo con el cuarto informe de evaluación (AR4) del Panel Intergubernamental para el cambio climático (IPCC), el cambio climático es innegable y se lo puede comprobar en los incrementos de los promedios globales de temperaturas del aire y de los océanos, el derretimiento de nieve y hielo, y la elevación del nivel medio del mar (Conde y Gay 2008).

De acuerdo a Conde y Gay (2008) es altamente probable que el nivel del mar aumente entre 0,18 y 0,59 metros. Que la precipitación aumente en las altas latitudes del planeta y que decrezca en la mayoría de zonas subtropicales. En América Latina se podría dar una reducción de entre un 10 y un 30%, dependiendo el escenario de proyección, así como una reducción del agua almacenada en los glaciares y nieve.

Según el IPCC (2007) “La mayoría de las proyecciones indican anomalías en la precipitación mayores que las actuales (positivas y negativas) para las partes tropicales de América Latina”. Los efectos negativos del cambio climático en los sistemas de agua dulce superan a los positivos (confianza alta, es decir un 80% de probabilidad aproximadamente).

CAPÍTULO 3

DETERMINACIÓN DE LA EXISTENCIA DE ESTRÉS HÍDRICO EN LAS MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO

En este capítulo se expondrán los pasos realizados para la obtención del estrés hídrico en la microcuenca en análisis.

3.1. CALIBRACIÓN DEL MODELO

Para calibrar el modelo fue necesario obtener el coeficiente de escurrimiento (C) así como los coeficientes de ponderación de la precipitación mensual (X_0, X_1, X_2, X_3) de la *fórmula 2.6*, para todas las hidrozonas, exceptuando la que posee cobertura glaciar.

Los coeficientes de escurrimiento (C) obtenidos se presentan en la Tabla 3.2, mientras que los coeficientes de ponderación de la precipitación (X_0, X_1, X_2, X_3) son presentados en la tabla 3.3.

TABLA 3.2 COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO OBTENIDOS PARA LAS DIFERENTES HIDROZONAS Y PARA DIFERENTES ÉPOCAS DEL AÑO.

Hidrozona	Coeficiente de Escurrimiento C		
	Invierno	Verano	Bibliografía (Ver Tabla 2.7)
Bosque	0.40	0.25	0.2 – 0.4
Páramo	0.65 (0.55 para Enero y Febrero)	0.70	0.51 – 0.83
Tierra Erosionada	0.60	0.45	0.5 – 0.7
Agrícola	0.60	0.65	0.3 – 0.72
Urbano	0.95	0.95	0.70 – 0.95
Pasto	0.30	0.25	0.10 – 0.40
Invernadero	0.70	0.50	-
Plantación Forestal	0.40	0.30	0.10 – 0.50

Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

Para los meses de enero y febrero el páramo presenta un comportamiento distinto al resto de meses del invierno, por lo que para estos meses se empleó un coeficiente de páramo distinto, pero dentro del rango citado en la bibliografía.

TABLA 3.3 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN OBTENIDOS PARA LAS DIFERENTES HIDROZONAS.

Hidrozona	Coeficientes de Ponderación							
	Invierno				Verano			
	X0	X1	X2	X3	X0	X1	X2	X3
Bosque	0.5	0.3	0.2	0.0	0.5	0.3	0.2	0.0
Páramo	0.25	0.2	0.05	0.5	0.2	0.3	0.0	0.5
Tierra Erosionada	0.8	0.2	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0
Agrícola	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.3	0.2	0.0
Urbano	1	0.0	0.0	0.0	1	0.0	0.0	0.0
Pasto	0.6	0.4	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0
Invernadero	0.8	0.2	0.0	0.0	0.8	0.2	0.0	0.0
Plantación Forestal	0.6	0.4	0.0	0.0	0.6	0.4	0.0	0.0

Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

Las hidrozonas que presentan mayor regulación hídrica de acuerdo con la literatura son tanto el bosque como el páramo. En el páramo existe aporte de inclusive la precipitación caída sobre la cuenca tres meses atrás del mes en análisis, en la bibliografía se ha mencionado que "la alta retención de agua en los suelos del páramo indica un predominio de los microporos en el suelo" (Buytaer et al. 2009). Para el bosque existe un aporte de los dos meses anteriores, pero va decreciendo conforme pasa el tiempo, siendo el principal aporte la precipitación caída en el mismo mes en análisis. En la Hidrozona agrícola se observa que durante los meses de verano se tiene el aporte de hasta precipitación caída dos meses antes del mes en cuestión, esto se puede deber a que aumenta la retención en el suelo, relacionado con procesos de siembra y cosecha propios de la agricultura. Para las zonas de invernadero, plantación forestal y tierra erosionada el principal aporte es la precipitación caída en el mes análisis, seguida

en menor medida por aportes de la precipitación caída en el mes anterior. Para la hidrozoona urbano que no presenta una capacidad de regulación de caudales, el aporte es exclusivamente la precipitación caída en el mismo mes en estudio.

Para calibrar el aporte glaciar, se empleó el valor de precipitación multianual así como los coeficientes de deshielo (mensuales), tomando como base los coeficientes empleados por De Bièvre et al. (2008), considerando que los glaciares se comportan inversamente a cómo se comporta una cuenca no glaciar. Durante la temporada seca al no haber precipitaciones, la cobertura de nieve disminuye por lo que el glaciar es más susceptible a los procesos de fusión, incrementando el aporte de caudal. Con el proceso inverso en las temporadas de precipitación (IDEAM, 2012) y modificándolos para disminuir el error de la calibración. Ningún coeficiente fue superior a 0,15 (Tabla 3.4). Como es de esperarse en los meses de verano es donde se presentan los mayores aportes de escorrentía.

TABLA 3.4. COEFICIENTES DE DESHIELO MENSUALES OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DEL APORTE GLACIAR.

MES											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.059	0.040	0.040	0.030	0.059	0.150	0.150	0.150	0.120	0.100	0.019	0.059

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Para obtener el Q80% se obtuvieron dos coeficientes (Invierno y Verano), para cada hidrozoona (Tabla 3.5).

TABLA 3.5 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN PARA OBTENER EL Q80%

	HIDROZONA						
	Bosque	Páramo	Tierra erosionada	Agrícola	Cuerpo de Agua	Plantación Forestal	Glaciar
VERANO	0,4	0,6	0,03	0,65	0,2	0,6	1
INVIERNO	0,5	0,65	0,04	0,46	0,2	0,4	0,6

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Empleando los coeficientes de la calibración, se obtuvo los caudales mensuales y se los comparó con los caudales naturales de las estaciones hidrológicas antes mencionadas. Como resultado se obtuvo la Tabla 3.6 y las Gráficas 3.1 – 3.4.

3.1.1. CÁLCULO DEL ERROR CUADRÁTICO MEDIO

Para el cálculo del error cuadrático medio se empleó la fórmula:

$$RMSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{observado} - Q_{modelado})^2}{12} \quad (3.1)$$

3.1.2. CÁLCULO DEL ERROR RELATIVO Y EL ERROR ABSOLUTO MEDIO (EAM)

Para el cálculo del error absoluto medio se empleó la fórmula (3.3) y para el error relativo la fórmula (3.4)

$$EAM = \frac{\sum_{i=1}^{12} Q_{modelado} - Q_{medido}}{12} \quad (3.2)$$

$$Error\ Relativo = \frac{Q_{modelado} - Q_{medido}}{Q_{medido}} \quad (3.3)$$

3.1.3. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE EFICIENCIA CEFF (NASH-SUTCLIFFE)

$$Ceff = 1 - \frac{RMSE}{DESVIACIÓN\ ESTÁNDAR}^2 \quad (3.4)$$

TABLA 3.6 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO (CAUDALES MEDIOS).

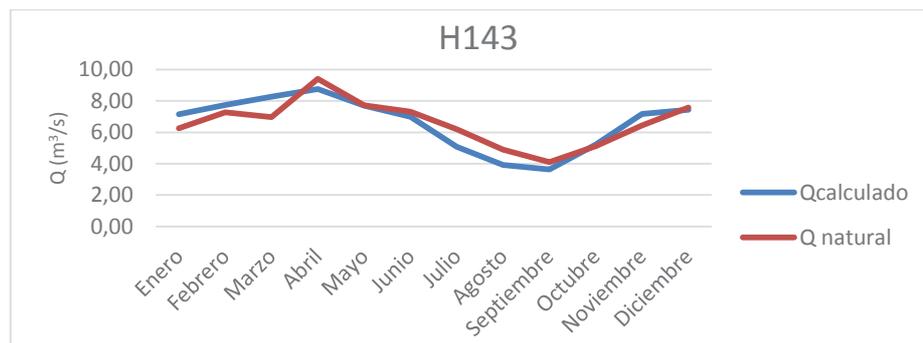
CALIBRACIÓN	MESES												RMSE	EAM	Desv. Est	Ceff	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
H143 (med)																	
Q natural (m ³ /s)	6.25	7.27	6.96	9.42	7.73	7.32	6.20	4.90	4.10	5.12	6.43	7.58	-	-	1.44	-	-
Q modelado (m ³ /s)	7.15	7.74	8.27	8.77	7.69	7.00	5.08	3.92	3.63	5.21	7.16	7.43	-	-	-	-	-
Error relativo	0.14	0.06	0.19	-0.07	0.00	-0.04	-0.18	-0.20	-0.11	0.02	0.11	0.02	-	-0.02	-	-	0.75
H152 (med)																	
Q natural (m ³ /s)	1.35	1.55	1.75	1.83	1.71	1.70	1.55	1.51	1.30	1.12	1.25	1.35	-	-	0.22	-	-
Q modelado (m ³ /s)	1.14	1.39	1.54	1.83	1.71	1.70	1.55	1.51	1.30	1.12	1.25	1.19	-	-	-	-	-
Error relativo	0.17	0.16	0.13	0.10	0.06	0.09	0.04	-0.14	-0.15	0.04	0.16	0.14	0.18	0.17	-	-	0.33
H143 (80%)																	
Q natural (m ³ /s)	3.13	3.64	3.58	4.6	3.45	3.85	3.55	3.03	2.45	2.95	3.86	3.41	-	-	0.57	-	-
Q modelado (m ³ /s)	3.58	3.91	4.18	4.40	3.89	4.34	3.19	2.47	2.20	2.55	3.49	3.67	-	-	-	-	-
Error relativo	0.14	0.07	0.17	-0.04	0.13	0.13	-0.10	-0.19	-0.10	-0.14	-0.10	0.08	0.40	0.05	-	-	0.51
H152 (80%)																	
Q natural (m ³ /s)	0.67	0.81	0.97	0.98	0.92	1.37	1.44	1.5	1.19	0.81	0.91	0.71	-	-	0.28	-	-
Q modelado (m ³ /s)	0.92	1.05	1.15	1.17	1.07	1.36	1.49	1.20	1.02	0.68	0.84	0.89	-	-	-	-	-
Error relativo	0.37	0.30	0.19	0.20	0.16	0.00	0.03	-0.20	-0.15	-0.16	-0.08	0.37	0.18	0.04	-	-	0.58

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Tomando en cuenta lo expresado por Singh et al. (2004) en donde se menciona que “un valor de RMSE puede considerarse bajo, cuando es menor al 0.5 de la desviación estándar de los datos observados”, el valor de RMSE obtenido para los datos de escorrentía media es ligeramente alto para la cuenca H143 y alto para la cuenca H152. Para la primera el valor de RMSE fue de 0.93 mientras que la desviación estándar fue 0,72; es decir es un 23% más elevado. Para el caso de la cuenca H152 se tiene un RMSE más de dos veces superior a la desviación estándar de los datos observados.

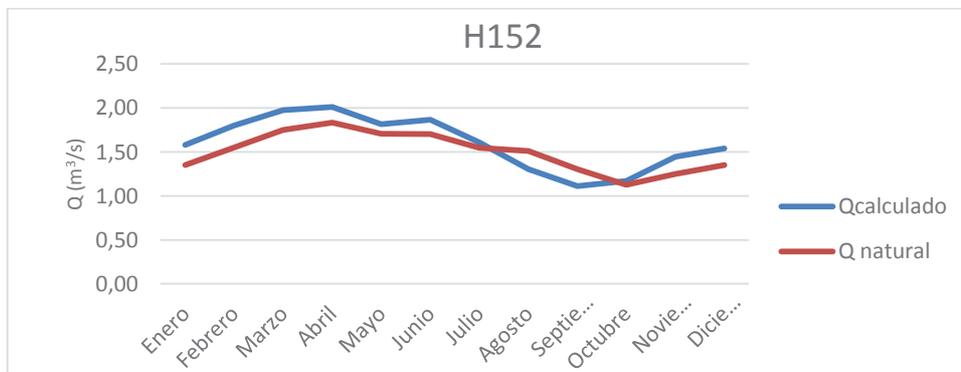
Por tal motivo se puede deducir que el modelo se adapta de mejor manera a la cuenca H143 que a la cuenca H152, para los datos de caudales medios. Un factor que puede influir en esta variación es la diferencia en uso de suelo entre las dos cuencas (Figura 2.3).

GRÁFICO 3. 1 CAUDALES NATURALES Y OBTENIDOS CON EL MODELO



Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

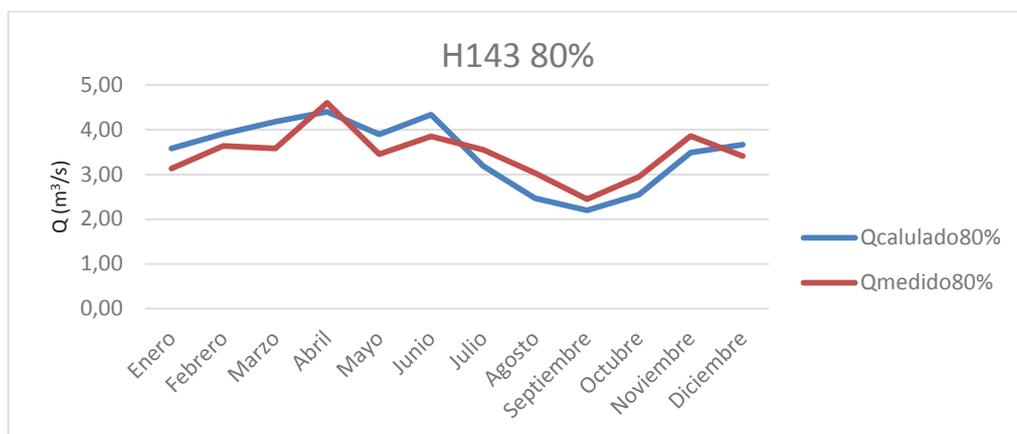
GRÁFICO 3. 2 CAUDALES NATURALES Y OBTENIDOS CON EL MODELO



Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

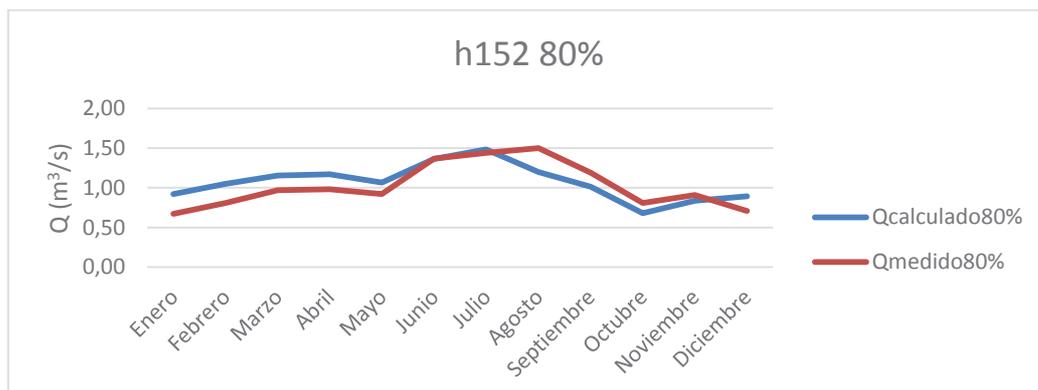
Para el caso de los caudales 80% se tiene un fenómeno inverso. Es decir el modelo se ajusta de mejor manera en la cuenca H152, donde se tiene que el RMSE es de 0.15 mientras que la desviación estándar/2 de los datos observados fue de 0.19. En el otro caso para la cuenca H143 se tiene que el valor de RMSE fue de 0.48 mientras que la Desviación Estandar/2 fue 0.27. Es decir para la cuenca H143 el valor de RMSE es alto, y para la cuenca H152 el valor de RMSE fue ligeramente elevado.

GRÁFICO 3. 3 CAUDALES 80% NATURALES Y MODELADOS



Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

GRÁFICO 3. 4 CAUDALES 80% NATURALES Y MODELADOS



Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Considerando el valor de *ceff* obtenido se puede decir que si bien el modelo representa de manera general la variación anual con cierta precisión como se

puede apreciar en las gráficas, su exactitud no es elevada. Para mejorar la precisión del mismo se debería contar con mejores datos de usos de suelo y de precipitación, para que la interpolación se ajuste de mejor manera a la realidad.

Otro factor que puede mejorar la eficiencia del modelo es el tamaño de celda con el que se trabajó, debido a la disponibilidad de datos cartográficos de baja resolución se empleó un ráster con tamaño de celdas igual a 60m, por lo que se puede mejorar la interpolación y por ende el modelo utilizando celdas de menor tamaño.

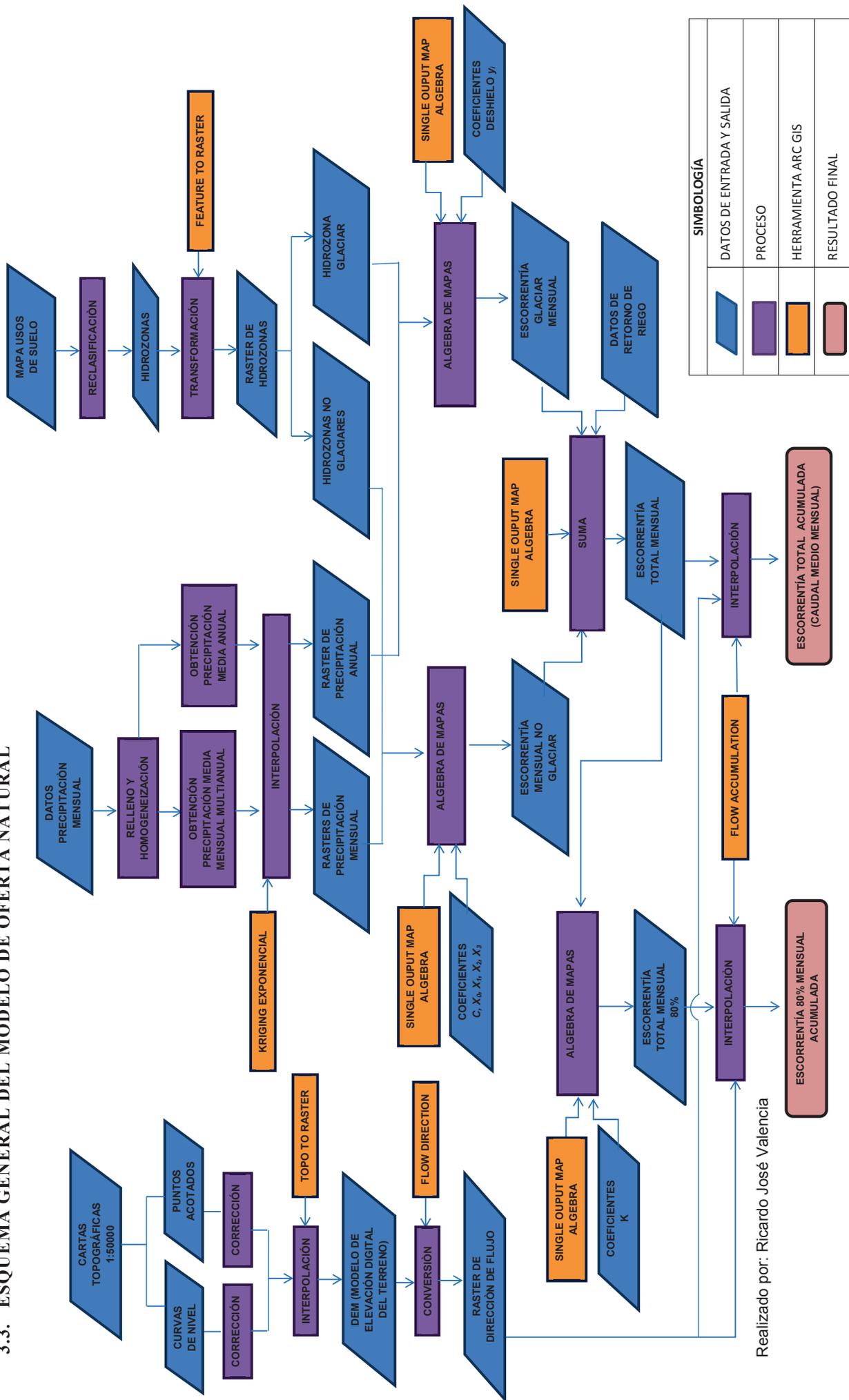
3.2. ESTIMACIÓN DE LA OFERTA NATURAL

Para la estimación de la oferta natural se siguió el esquema mostrado en el punto 3.3. Es decir:

- Se tomó los datos geográficos proporcionados por las cartas topográficas del IGM, a escala 1:50000 de la zona de estudio. De estas cartas se obtuvo los puntos acotados y las curvas de nivel. Estos datos fueron revisados y corregidos en caso de presentar imperfecciones. Una vez corregidos se obtuvo el DEM (Modelo de elevación digital del terreno), empleando la herramienta de ArcGIS *Topo to ráster*. Con el DEM se procedió a sacar la dirección de flujo (Herramienta *Flow Direction*) para el área de las cuencas H143 y H152 en donde también se encuentra la MRB. La dirección de flujo será posteriormente empleada para sacar la acumulación de flujo.
- De los anuarios meteorológicos se obtuvo los datos de precipitación mensual para las estaciones mencionadas en la caracterización climática del área de estudio. Una vez rellenados, y homogeneizados se obtuvo la precipitación media mensual multianual y la precipitación anual para cada estación. Con estos datos se procedió a interpolar la precipitación en toda el área de estudio empleando la herramienta *Kriging* de ArcGIS. Generando 13 rasters uno con la precipitación interpolada de cada mes del año y otro con la precipitación anual interpolada.

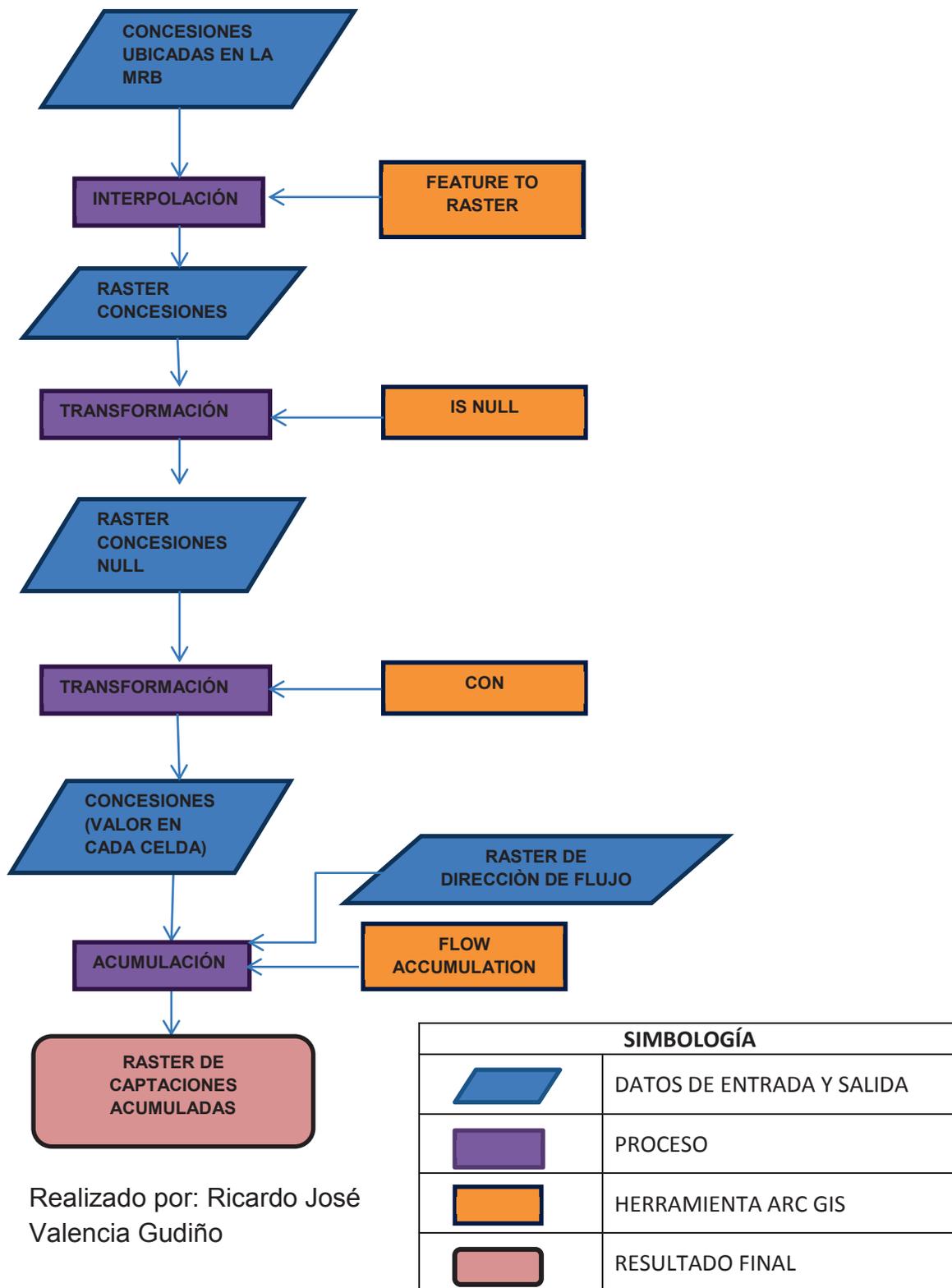
- Del mapa de uso de suelos (Serrano et al, 2009) se obtuvo los usos de suelo en la zona de estudio. Con estos datos se realizó una reclasificación para obtener las distintas hidrozonas y empleando la herramienta *feature to ráster* se procedió a interpolar y crear los rasters tanto de la hidrozona glaciar como no glaciar.
- Utilizando el álgebra de mapas y teniendo como datos: los rasters de precipitaciones mensuales y precipitación anual, el ráster de los retornos de riego, el ráster de las hidrozonas no glaciares con sus respectivos coeficientes (C , X_0 , X_1 , X_2 , y X_3), y el ráster de la hidrozona glaciar con los coeficientes de deshielo y_i , se procedió a obtener el caudal escurrido en cada una de las celdas del ráster tanto para la zona glaciar como para la no glaciar, procediendo luego a sumar estos dos (Zona glaciar y no glaciar) junto con los retornos del riego para obtener el caudal total escurrido. Con la escorrentía total y la dirección de flujo obtenida anteriormente, empleando la herramienta *Flow Accumulation* se procedió a acumular el caudal total escurrido, para luego de una transformación de unidades obtener el caudal medio mensual.
- Para el riego se modeló el retorno considerando un punto de descarga y una eficiencia del 50%.
- Una vez obtenido el caudal medio mensual y empleando la herramienta *Single Output Map Algebra* y los coeficientes k_i se procedió a obtener el caudal 80% del tiempo.

3.3. ESQUEMA GENERAL DEL MODELO DE OFERTA NATURAL



Realizado por: Ricardo José Valencia

3.4. ESQUEMA GENERAL DE OBTENCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA



3.5. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

Para la demanda hídrica en la zona de estudio se emplearon los datos proporcionados por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) así como los datos entregados por la Organización Pueblo Kayambi quienes realizaron una auditoría de las captaciones de agua existentes en el río Blanquillo (parte alta del río Blanco). Para el presente estudio se emplearon: para las zonas baja y media de la cuenca los datos proporcionados por Senagua, luego de ser verificados visualmente en los recorridos en la Cuenca o confirmados por las personas del lugar, y para la zona alta los datos proporcionados por la organización Pueblo Kayambi.

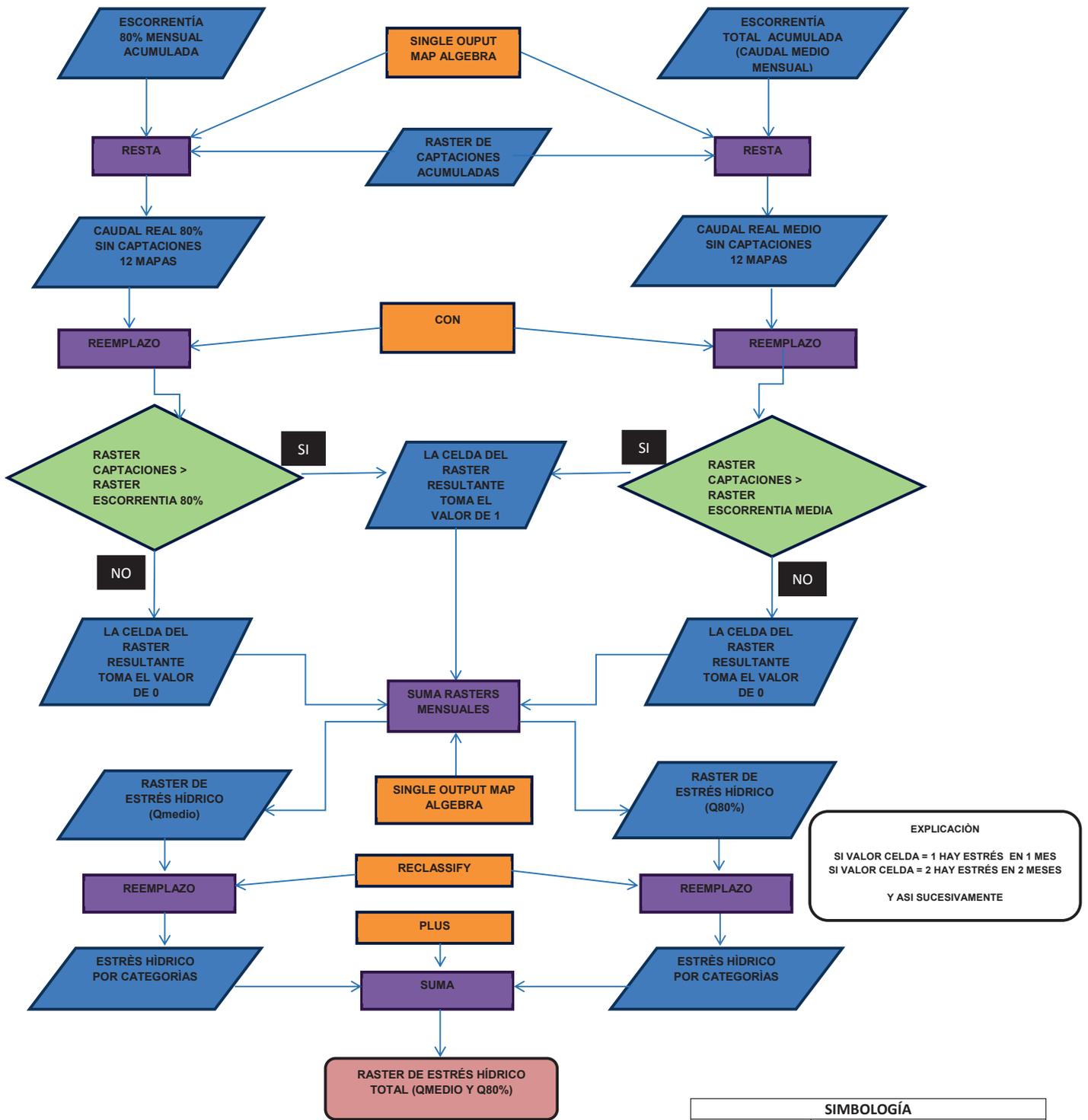
Para obtener la demanda hídrica se siguieron los siguientes pasos de cálculo (Punto 3.5).

- Empleando los datos de captaciones previamente verificados se obtuvo los puntos de ubicación de las captaciones, su uso y el caudal captado en formato vector (Figura 2.7).
- Una vez obtenidas las captaciones en formato vector, se transformó para obtener el raster de captaciones en la zona de estudio, empleando la herramienta *feature to raster*. Al transformar, únicamente las celdas en donde se encuentran puntos de captaciones poseen un valor de celda, y el resto de celdas no presentan valor numérico es decir presentan “No Data”.
- Para corregir las celdas que no presentan valor numérico (No Data), se emplearon dos herramientas *is null* y *con*.
- La herramienta *is null*.- Cambia los valores de la siguiente manera:
 - Si la celda no presenta valor numérico (No Data), le asigna un valor de 1.
 - Si la celda en análisis presenta un valor numérico, le asigna un valor de 0.

- La herramienta *con.*- Realiza una evaluación condicional del tipo Si/Entonces. Es decir:
 - Si el valor de la celda es 0 devuelve el valor original (Captación).
 - Si el valor de la celda es 1, le asigna un valor igual a 0.

- Una vez obtenido el raster con valores en todas las celdas, se procedió a realizar la acumulación de flujo empleando la herramienta *flow accumulation* y la dirección de flujo previamente obtenida, para obtener como resultado final el raster de captaciones acumuladas.

3.6. ESQUEMA GENERAL DE OBTENCIÓN DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO



EXPLICACIÓN
 SI VALOR CELDA = 1 HAY ESTRÉS EN 1 MES
 SI VALOR CELDA = 2 HAY ESTRÉS EN 2 MESES
 Y ASI SUCESIVAMENTE

SIMBOLOGÍA	
	DATOS DE ENTRADA Y SALIDA
	PROCESO
	DECISIÓN
	HERRAMIENTA ARC GIS
	RESULTADO FINAL

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

3.7. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO ACTUALES

Para obtener los índices de estrés hídrico se empleó el esquema presentado el punto 3.5. Es decir:

- Empleando los rásters de escorrentía media mensual acumulada y escorrentía 80% mensual acumulada, previamente generados, y el ráster de las captaciones acumuladas se procedió a obtener el caudal real. Es decir se restó en cada celda el valor que de caudal que escurre menos el valor del ráster de captaciones, empleando la herramienta Single Output Map Algebra.
- Luego se procedió a reemplazar los valores de las celdas para facilidad del cálculo de estrés hídrico, empleando la herramienta con. El reemplazo que se realizó fue el siguiente: si la celda presentaba un valor positivo (es decir el Q escurrido fue mayor al Q captado) la celda tomaba un valor igual a 0 que representa que no existe estrés hídrico en dicho mes para esa celda, y por el contrario si la celda presentaba un valor negativo (Q escurrido fue menor al Q captado) esta toma un valor igual a 1. De este proceso se obtuvieron 24 rásters, 12 del caudal medio y 12 del caudal 80%, uno por cada mes del año.
- Se sumó los doce rásters relacionados con el caudal medio, y aparte los doce rásters del caudal 80% para obtener, el número de meses en las cuales el Q escurrido y el Q 80% fueron inferiores a la demanda.
- Los rasters con el número de meses en los cuales el caudal captado fue mayor tanto que el caudal medio como el caudal Q80%, se transformaron empleando los criterios mostrados en la Tabla 3.7.

TABLA 3.7 CRITERIOS PARA AGRUPAR LOS VALORES DE ESTRÉS HÍDRICOS OBTENIDOS

ESTRÉS HÍDRICO	NÚMERO DE MESES		RECATEGORIZADO	NÚMERO DE		RECATEGORIZADO
	DONDE FUE MAYOR QUE Qmedio	Qcaptado		MESES Qcaptado	DE DONDE FUE MAYOR QUE Q80%	
SIN ESTRÉS	0		0	0		0
LIGERO	0		0	1 – 4		1
MODERADO	1 – 4		1	5 – 8		2
ALTO	5 – 8		2	9 – 11		3
SEVERO	9 – 12		3	12		4

*Para las celdas en las que se tiene valores de dos categorías luego de la recategorización por ejemplo:

- 2 para el caudal medio (Estrés hídrico alto) Y
- 4 para el caudal Q80% (Estrés hídrico severo)

Se tomará como valor el mayor de los dos. Es decir para este caso de ejemplo la celda presenta un estrés hídrico severo.

3.8. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO A FUTURO PARA DIFERENTES ESCENARIOS

3.8.1. ESCENARIOS ANALIZADOS

Estudiar los cambios que se pueden presentar a futuro en el clima (Oferta Natural) resulta bastante complicado debido a la poca certeza con la que cuentan los modelos de predicción del cambio climático. Realizando un análisis de información bibliográfica (IPCC 2000 y 2007, Conde. y Gay, 2008, y CEPAL 2011), la mayoría de estudios coinciden en que debido al aumento de la temperatura global y observando la variación de los glaciares, se prevé que a futuro el aporte a los cuerpos hídricos, proveniente de los deshielos disminuirá considerablemente, debido principalmente a la disminución de la capa de hielo existente.

En lo que respecta a las precipitaciones, si bien la mayoría de informes coinciden en que los episodios de lluvia y de sequía serán más extremos, no existe información confiable acerca de la variación del volumen total de lluvia anual.

Debido a la incertidumbre que se tiene acerca de la variación probable acerca de la cantidad de lluvia a futuro, para este estudio se utilizará una variación de la precipitación anual presente de un 10% tanto positiva como negativamente.

3.8.2. DEMANDA A FUTURO

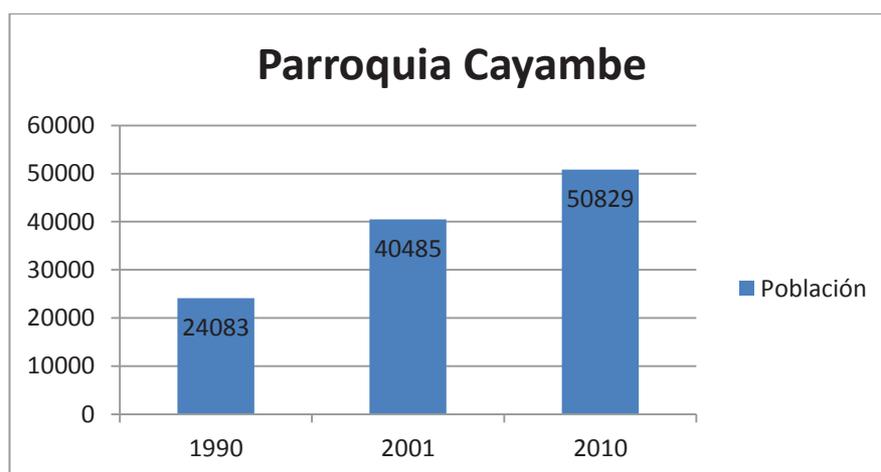
Para la determinación de la demanda hídrica a futuro se presentan varios aspectos a ser analizados: en primer lugar una variación de la ocupación del suelo representada por un incremento de la zona urbana (incluyendo invernaderos), de la zona utilizada para potreros y del área de plantaciones forestales, en detrimento del páramo y de las zonas agrícolas. Otro factor a tomar en cuenta es que en la zona existe un grado de conciencia sobre la importancia de los páramos, por lo que la organización Pueblo Kayambi, al ser una organización política, participa junto con el municipio de Cayambe con propuestas de políticas de uso de suelo en las cuales se evite el aumento de la degradación

del páramo, promoviendo el mantener la vegetación natural. Otro aspecto a tomar en cuenta es que aproximadamente un 28% de la MRB forma parte de la reserva ecológica Cayambe Coca lo que conlleva a una conservación de la vegetación natural. De acuerdo a un estudio realizado por Cisneros y Burneo (2008), sobre el análisis de la demanda en la hoya de Quito se menciona que habrá un incremento promedio de la demanda de entre un 8 y 15% dependiendo la cuenca.

AUMENTO DE LA POBLACIÓN

En la parroquia Cayambe de acuerdo con datos de los 3 últimos censos se observa que la población pasó de casi 24000 habitantes en 1990, a más de 50000 en el 2010 (Ver gráfico 3.5). Con una disminución en la tasa de crecimiento poblacional anual entre los dos períodos así es que en entre 1990 y 2001 la tasa de crecimiento fue de 4.72%, valor mucho mayor al 2.53% que se presentó entre 2001 y 2010 (INEC, 2011). Se observa que el proceso de crecimiento poblacional acelerado que se dio entre 1990 y 2001 motivado por la creación de plantaciones bajo invernadero entre otros factores, se ha desacelerado en los últimos 13 años por lo que a futuro se espera una tasa de crecimiento anual que no supere el 3%.

GRÁFICO 3. 5 POBLACIÓN EN LA PARROQUIA CAYAMBE, CON DATOS DE LOS TRES ÚLTIMOS CENSOS



Fuente: INEC, 2011

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

Con lo antes expuesto y tomando en cuenta las características propias de la cuenca se realizará un **aumento del 8% de la demanda hídrica**.

TABLA 3.8 ESCENARIOS EMPLEADOS PARA EL CÁLCULO DE ESTRÉS HÍDRICO A FUTURO.

	+10% Precip. Actual	-10% Precip. Actual
+8% Demanda Presente	P+D+	P-D+

Realizado por: Ricardo José Valencia Gudiño

3.8.3. CÁLCULO DE ESTRÉS HÍDRICO PAR LOS ESCENARIOS PROPUESTOS.

Para el cálculo del estrés hídrico a futuro se utilizará los escenarios presentados en la Tabla 3.9. Se generará las condiciones de cada escenario y se procederá como lo mencionado en el punto 3.6.

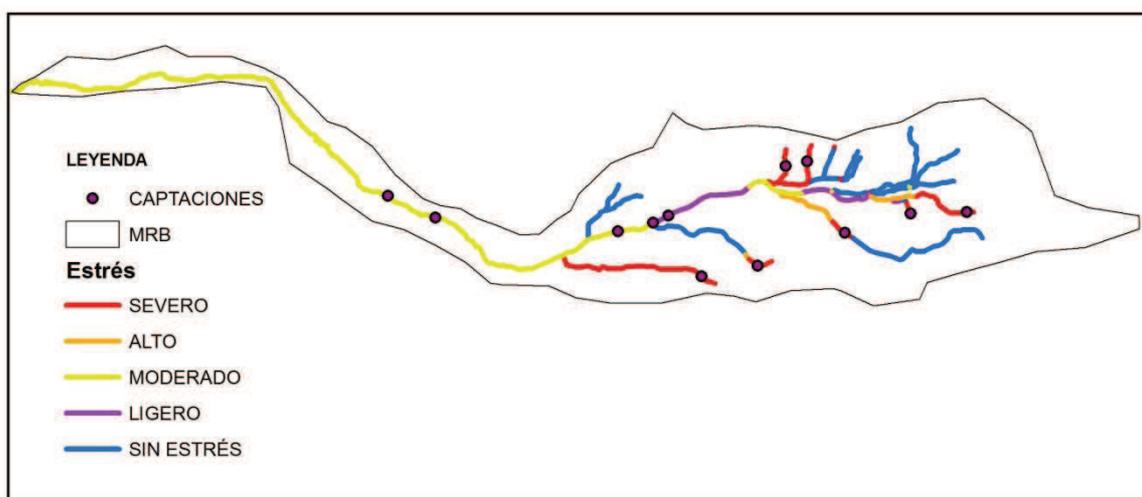
CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1. ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO ACTUALES

Una vez terminado el modelamiento se obtuvieron las distintas zonas de estrés hídrico actual para la MRB (Figura 4.1).

FIGURA 4. 1 ESTRÉS HÍDRICO ACTUAL EN LA MRB



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

Como se puede apreciar en la figura 4.1 la mayor parte del cauce principal del río blanco presenta un índice de estrés hídrico moderado. Las zonas con mayor déficit hídrico, es decir con un estrés hídrico severo se encuentran en los tributarios con las mayores captaciones como era de esperarse. Se puede apreciar que si bien, inmediatamente después de una captación en los tributarios del río Blanco se tiene un estrés hídrico severo, debido a los aportes aguas debajo de la misma, el nivel de estrés hídrico disminuye.

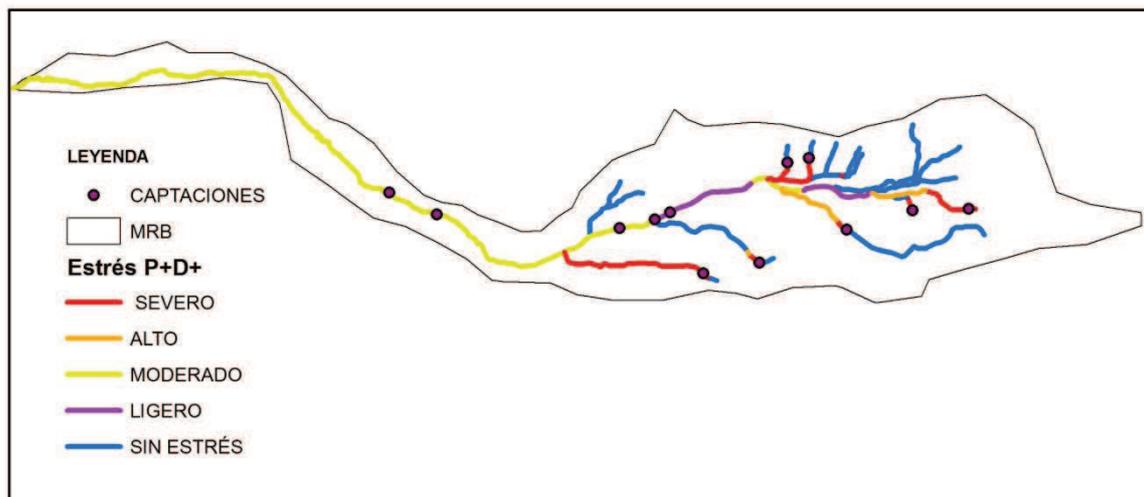
El caudal ecológico empleando la metodología de Hoppe (1975), no existe para ciertos meses en algunas zonas de la cuenca. Especialmente las zonas que presentan un estrés severo no tienen caudal ecológico alguno la mayor parte del

año.

4.2. INDÍCES DE ESTRÉS HÍDRICO FUTURO

4.2.1. ESCENARIO P+D+

FIGURA 4. 2 ESTRÉS HÍDRICO ESCENARIO P+D+ EN LA MRB



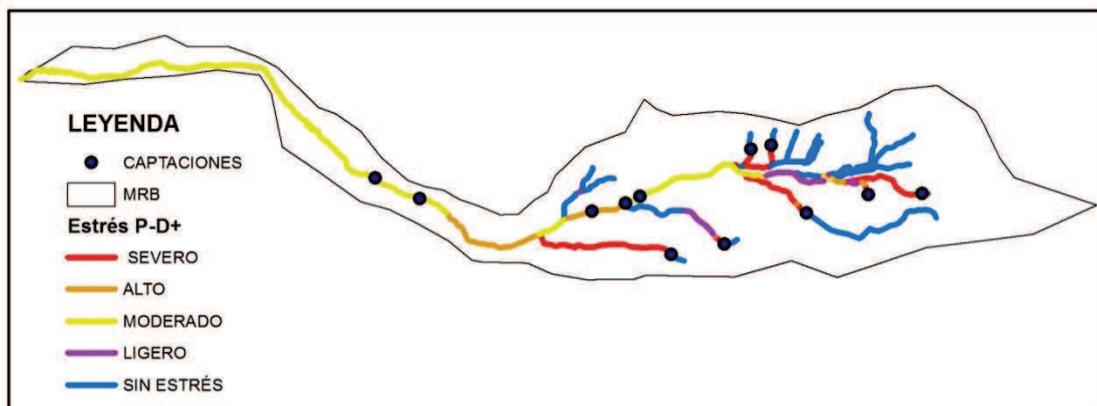
Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

Al igual que para la evaluación actual el estrés hídrico presente para la mayor parte del cauce principal del río blanco presenta un índice moderado. Existen pocas diferencias en comparación con el estrés hídrico actual las principales diferencias se encuentran en la parte alta de los tributarios ubicados en las zonas norte y sur de la parte media y alta de la cuenca, en los cuales se ve un incremento de las partes sin estrés hídrico pero con muy poca variación.

4.2.2. ESCENARIO P-D+

El estrés hídrico presente para la mayor parte del cauce principal del río blanco presenta un índice moderado. A diferencia del escenario con la precipitación aumentada, el índice de estrés hídrico alto se presenta en la zona media del cauce principal, y en pequeños tramos en los tributarios. La mayoría de partes altas de la cuenca no presentan estrés hídrico (Ver Figura 4.3).

FIGURA 4. 3 ESTRÉS HÍDRICO ESCENARIO P-D+ EN LA MRB



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

Comparativamente hablando entre el índice de estrés actual y los escenarios analizados se tiene que:

- El porcentaje de longitud de cauce sin estrés varía poco entre el índice actual y el escenario P-D+, mientras que el escenario P+D+ si presenta una mayor variación con casi 3 puntos porcentuales de diferencia (Tabla 4.1). Comportamiento similar presenta el índice de estrés alto con una mayor diferencia porcentual, de cuatro puntos aproximadamente, entre el escenario P+D+ y los otros dos analizados.
- El porcentaje de longitud de cauce con un nivel de estrés ligero presenta una variación muy pequeña entre la actualidad y el escenario P+D+, mientras que en el escenario P-D+ existe una reducción de casi tres puntos porcentuales. Similar comportamiento al presentado por el índice de estrés moderado.
- El índice de estrés severo varía en función de la precipitación. Es decir aumenta para el escenario P-D+ y disminuye para el escenario P+D+.

TABLA 4. 1 VARIACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS HÍDRICO ENTRE LA ACTUALIDAD Y LOS ESCENARIOS FUTUROS.

	ACTUAL		ESCENARIO P+D+		ESCENARIO P-D+	
	LONGITUD Km	%	LONGITUD Km	%	LONGITUD Km	%
SIN ESTRÉS	14.52	34.5	15.74	37.5	14.64	34.8
LIGERO	3.29	7.8	3.15	7.5	1.98	4.7
MODERADO	14.71	35.0	14.71	35.0	13.42	31.9
ALTO	2.12	5.0	2.25	5.4	3.88	9.2
SEVERO	7.39	17.6	6.18	14.7	8.11	19.3
	42.02	100	42.02	100	42.02	100

4.3. APOORTE POR LAS DISTINTAS HIDROZONAS AL CAUDAL MENSUAL

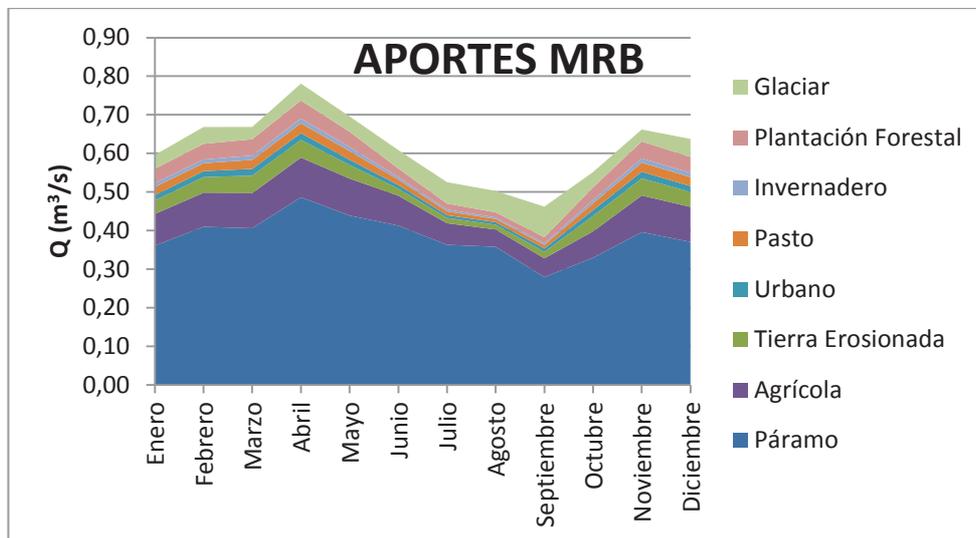
Analizando el aporte por cada hidrozona se puede observar (Figura 4.4) que para la MRB el aporte principal como era de esperarse es proveniente del páramo, no solo por las características propias del mismo sino también porque ocupa la mayor parte de la cuenca. El otro aporte significativo proviene de la parte agrícola pero en menor proporción.

Analizando los aportes en la cuenca H143 se observa que la parte agrícola aporta un volumen importante especialmente en las épocas invernales. Los aportes provenientes del páramo son menores pero más constantes durante todo el año con menores variaciones entre las temporadas lluviosas y la seca, en comparación con la parte agrícola.

En la MRB se observa un mayor aporte de hidrozonas como plantación forestal, tierra erosionada pero sobre todo aporte glaciar. Por lo que en caso de una disminución de la cobertura nival, los caudales producidos en la MRB se verían afectados mayormente que los producidos en la cuenca H143, especialmente

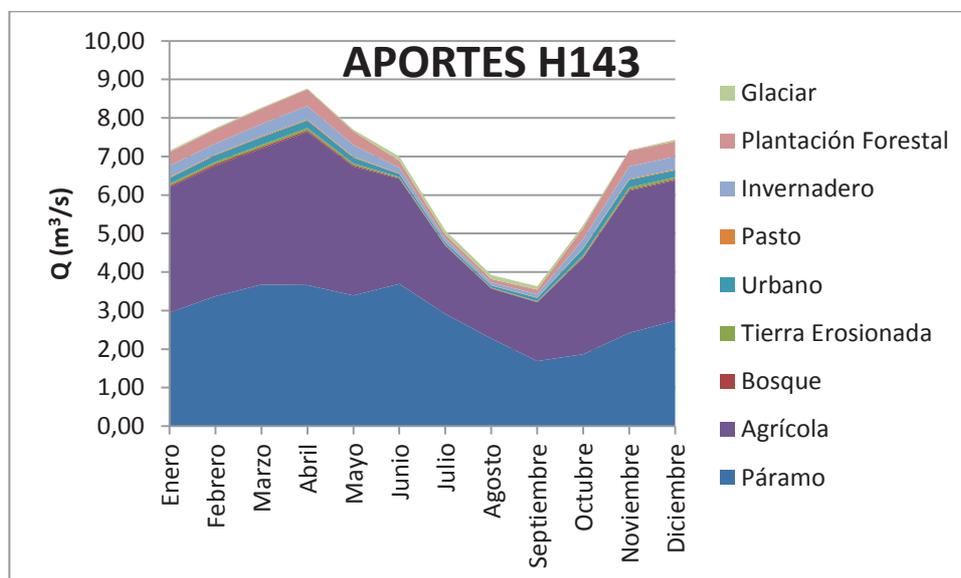
durante la época seca.

FIGURA 4. 4 APORTES DE CAUDAL DE LAS DISTINTAS HIDROZONAS



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

FIGURA 4. 5 APORTES DE CAUDAL DE LAS DISTINTAS HIDROZONAS



Realizado por: Ricardo Valencia Gudiño

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En general se puede mencionar que actualmente casi todo el cauce principal del río Blanco presenta algún índice de estrés hídrico. La mayoría de zonas sin estrés se encuentran en las partes altas de la MRB exceptuando dos vertientes que presentan un estrés hídrico alto y severo.
- Debido a la baja calidad de datos cartográficos con que se contó, el tamaño de celda empleado fue de 60m lo que pudo influir en la baja eficiencia del modelo, expresado en los coeficientes C_{eff} .
- Las captaciones entregadas en la cuenca han obviado el dejar un caudal ecológico, por lo que durante algunos meses del año en algunas zonas, éste no existe, lo que puede generar afectaciones ecológicas que no han sido analizadas en el presente estudio.
- Los datos meteorológicos empleados permitieron obtener una visión general de la variación de la precipitación en la zona aledaña al nevado Cayambe en donde se puede apreciar que la precipitación es mayor en el lado oriental, disminuyendo en el lado occidental del nevado, conforme avanza hacia el Océano Pacífico.
- La falta de una estación en el lado oriental del nevado disminuye la calidad de los datos de precipitación empleados en el estudio, ya que se debió emplear estaciones que se encuentran mucho más al sur, en la zona de Papallacta.

- Los datos de temperatura en el nevado Cayambe son bastante escasos, ya que se cuenta únicamente con dos estaciones en la zona, una en la zona oriental (Papallacta) y una en la zona occidental (Olmedo - Pichincha), por lo que realizar una interpolación de temperatura no fue posible.
- Los datos de las captaciones proporcionados por SENAGUA, no son de buena calidad y la mayoría, casi en su totalidad son erróneos, de captaciones que si bien pueden existir, no se encuentran ubicadas en la microcuenca del río Blanco. Debido posiblemente a la falta de actualización y verificación geográfica de los datos.
- Los datos de la organización Pueblo Kayambi, proporcionan mejores luces de cómo se encuentran las captaciones en la microcuenca y en zonas aledañas del lado occidental.
- Las captaciones en su gran mayoría se encuentran ubicadas en la parte alta de la cuenca, debido a la orografía propia de la microcuenca que no permite construir captaciones en las zonas baja de la cuenca.
- Si bien se analizó la disponibilidad de agua, lo que no se tomó en cuenta fue la calidad de agua, factor importante para poder utilizar el agua del río, especialmente en la parte baja.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se debería instalar una estación, por lo menos en la zona oriental del nevado Cayambe, ya que esto permitiría que las interpolaciones a realizarse, puedan ajustarse de mejor manera a como ocurre la precipitación en la zona.
- Se debería mejorar el modelamiento de la demanda hídrica para evitar el fenómeno de sobre estimación de la misma lo que provoca un incremento

en sus valores reales.

- Se debería estudiar con mayor profundidad el consumo de agua de las diferentes ocupaciones del suelo, para tener una idea más clara acerca de la cantidad de agua demandada por las mismas.
- Se debería realizar un estudio que permita determinar la calidad de agua de la zona, en las distintas secciones de la cuenca, para tener una idea más amplia del estado de los recursos hídricos especialmente en la microcuenca del río Blanco.
- Se debería realizar otro estudio en el cual se analice los cambios ecológicos producidos por la ausencia de agua, en los tramos en los cuales la demanda es superior a la oferta natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aparicio, F., 1999, Fundamentos de Hidrología de Superficie, P. 210 Limusa, México.

Arce N. y Moreno J. 2003, Riesgos hidrogeomorfológicos en la cuenca del río blanco. cantón Cayambe, Quito, Ecuador.
[www.cepeige.org/Documentos/2003\(99-114\).pdf](http://www.cepeige.org/Documentos/2003(99-114).pdf)

Arciniegas S. 2013 Curso de ArcGIS 9.* - Iniciación en el Software, CEPEIGE, Quito, Ecuador.

Aronoff S. 1993 Geographic Information Systems. Ottawa, Canadá: WDL Publications.

Asamblea Constituyente, 2008, Constitución del Ecuador, Quito, Ecuador
http://www.asambleanacional.gob.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf

Bateman A. 2007 Hidrología Básica y Aplicada, Cataluña, España, Universidad Politécnica de Cataluña <http://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>

Benítez, C., Arias W., y Quiroz J., 1980, Manual de conservación de suelos y aguas, Ministerio de Agricultura y Alimentación. Lima, Perú. Pgs. 168-169

Bolay J., Rabinovich A., De la Porte Ch., Ruiz L., Unda M., Vivero M., Serrano T., y Nieves G., 2004 Interfase urbano-rural en Ecuador hacia un desarrollo territorial integrado, Laussane Suiza, Quito Ecuador. http://nccr-ns.epfl.ch/autres_rech/pdf/equateur_summary.pdf

Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE), 1984, Taxonomía de Suelos, Turrialba, Costa Rica, Pg. 181.

CEPAL, 2011, La economía del cambio climático en Centroamérica: Reporte

técnico _____ 2011, México, México, <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/5/43925/P43925.xml&xsl=/mexico/tpl/p9f.xsl&base=/mexico/tpl/top-bottom.xsl>

Cisneros F. y Burneo, D., 2008: Análisis de Estrategias para la Gestión de Demanda y Oferta de los Recursos Hídricos y Evaluación de su Factibilidad Financiera-Económica en la Cuenca Alta del Río Guayllabamba. Proyecto UICN-SUR-BID-FONAG. Quito. Ecuador. <http://www.infoagua-quayllabamba.ec/sirhcg/images/stories/documentos/13%20Estrategias%20de%20oferta%20y%20demanda.pdf>

Consultores y Asesores Asociados SRL, 1984, Estudio de factibilidad del proyecto de irrigacion Ccehccapampa, Corporación de fomento y desarrollo social de Ayacucho, Perú, http://cid.ana.gob.pe/ana/sites/default/files/anexo%20uno_0.pdf

Conde A. y Gay C. 2008 Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional, UNAM, México, http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/documentos/reportes_cuarta_comunicacion/Escenarios/Guia_escenarios.pdf

De Bièvre B., Coello X., De Keizzer O., y Maljaars P. 2008. Modelo Hidrológico de la Hoya de Quito, Proyecto Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en la Hoya de Quito. UICN-Sur, Quito, Ecuador, http://www.infoagua-quayllabamba.ec/sirhcg/images/M_images/PDF/4%20Modelo%20hidrologico.pdf

De la Paz M. 2010 Instructivo de Procesamiento de Información Hldrometeorológica, Quito, Ecuador <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2527/1/CD-3221.pdf>

Delgadillo A. y Moreno A., 2004, Morfometría de Cuencas, Universidad de los

Andes, Mérida, Venezuela
<https://www.google.com.ec/#q=universidad+de+los+andes+venezuela>

Duque J., 2008, Modelación cartográfica hidrológica de la cuenca hidrográfica del río la chimba para determinar la potencialidad del aprovechamiento del recurso agua mediante herramienta sig en la cuenca y en el área de influencia del proyecto de riego cayambe - tabacundo”, Sangolquí, Ecuador.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/797>

ECOLAP y MAE. 2007, Quito, Ecuador,
<http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/archivos/PUBLICACIONES/BIODIVERSIDAD/GuiaPatrimonioareasNaturalesProtegidasEcuador/26-cayambecoca.pdf>

ESRI, 2010, Como funciona Kriging,
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009z000000760000000000>

FAO, 2002, Agua y Cultivos,
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y3918S/Y3918S00.pdf>

Fuentes J. 2004 Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro, México, Insitituto Nacional de Ecología,
[http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria_pico_tancitaro.p df](http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/morfometria_pico_tancitaro.pdf)

Hamilton L., Dudley N., Greminger G., Hassan., Lamb D., Stolton S., y Togneti S., 2009. Los Bosques y el Agua, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma,
<http://www.fao.org/docrep/012/i0410s/i0410s00.htm>

Hernández H., Molina J., Espinosa R., y Castillo S. 2010, Manual de Prácticas de Hidrología Superficial, Michoacan, México, Universidad Michoacana San

Nicolás de Hidalgo
http://hidraulica.umich.mx/laboratorio/images/man_pdf/7o/7_p2.pdf

Hofstede, R. (1995) The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian páramo grasslands. Plant and Soil, 173 Pgs 111-132. <http://dare.uva.nl/document/33862>

Hofstede R., Coppus R., Mena P., Segarra P., Wolf J., y Sevink J. 2002 Estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador, www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/25541/1/articulo1.pdf

Holmes Jim. OMS, 2009 Datos y Cifras: Escasez de Agua. http://www.who.int/features/factfiles/water/water_facts/es/index.html

Hoppe R. A., 1975, Minimum Streamflow for Fish. Paper Distributed at Soils Hydrology Workshop, USFS, Montana State University, Bozeman, MO. 35 pp

Ibáñez A., Moreno R., y Gisbert B. 2011 Morfología de las Cuencas Hidrográficas, Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfología%20de%20una%20cuenca.pdf>

IDEAM, 2012, Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo, Bogotá DC, Colombia, 344 páginas. https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022428/Glaciares_web.pdf

INAMHI, 2000, Mapa de Temperatura Media Multianual Serie 1965 – 1999, Quito, Ecuador <http://www.inamhi.gob.ec/mapas/6%20TemperaturaA0.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS, 2012, Estudio de

disponibilidad de agua en el río Chavón para abastecimiento de agua en La Romana, International Engineering 2012, Santo Domingo, República Dominicana, <http://cemexico.groups.et.byu.net/2012/index.html>

Instituto Geográfico Militar, 1990, Carta Topográfica Cayambe. Escala 1:50000, Quito, Ecuador.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2011, Población y Tasas De Crecimiento Intercensal de 2010-2001-1990 por Sexo, Según Parroquias, Ecuador

http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=ki

IPCC, 2000, Informe Especial del IPCC - Escenarios de Emisiones, Estocolmo, Suecia <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/mitigation/mitigation-spm-ts-sp.pdf>

IPCC, 2007, Resumen técnico cambio climático 2007: Impactos - IPCC, Cambridge, Reino Unido, www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-ts-sp.pdf

Josse C., Mena P., y Medina G., 1999, El páramo como fuente de los recursos hídricos, Quito, Ecuador, Editorial Abya Ayala, <http://www.condesan.org/paramorg/publica/SerieParamo03.pdf>

Laboratorio De Sistema De Información Geográfica Y Percepción Remota (LABSIG Y PR). 2010 Sistemas de Información Geográfica, Oaxaca, México. <http://langleruben.wordpress.com/?que-es-un-sig?>

Madrigal G., Soriano P., y Arista G., (2012), Agua potable, disponibilidad en México, estrés hídrico, aportaciones a la vivienda urbana, *Ide@s CONCYTEG*, 7 (86), pp. 1001- 1020.

http://www.concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/86_3_MADRIGAL_ET_AL.pdf

Mafla E., Cabezas D., y Carrasco F., 2002, El Riego la Producción y el Mercado, CAMAREN – CESA, Quito, Ecuador, http://www.incidenciapolitica.info/biblioteca/ECAM_Riego_Produccion_completo.pdf

Martínez M, 2005, Estimación de variables hidrológicas, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México, <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Lists/CursoTaller%20Desarrollo%20de%20capacidades%20orientadas%20a/Attachments/7/05estim-scurrim.pdf>

Minas de Buenaventura, 2001, Modificación al estudio de Impacto ambiental Esperanza, Dirección regional de Energía y Minas, Región Huancavelica, Perú, <http://www.regionhuancavelica.gob.pe/region/descargas/Direccion%20Energia%20y%20Minas/2013/estudio/levan-observ-modi-pro-ade-manejo-ambiente-unidad-esperanza2001-LMP-ECA-buenaventura.pdf>

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2002, Mapa de Pendientes de la Sierra, Escala 1:50000, Año 1978 -1984, Quito, Ecuador, <http://www.sni.gob.ec/web/guest/coberturas>

Monsalve G, 1995, Hidrología en la Ingeniería, Bogotá, Colombia, Editorial de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

Organización Meteorológica Mundial (2008) Guía de Prácticas Hidrológicas OMM – No. 168 OMM: Ginebra, Suiza, http://www.whycos.org/chy/guide/168_Vol_I_es.pdf

Ponce A. 2011 Connotaciones simbólicas y valoraciones de poder en la lucha por el agua. Estudio de caso: comunidad campesina 'La Chimba'- Cayambe, Quito, Ecuador, http://downloads.arqueo-ecuatoriana.ec/ayhpwxgv/cuadernos_investigacion/Cuadernos_11_articulo_2.pdf

Rázuri, L., 1984, Estructura de conservación de suelos y aguas, Serie Riego y Drenaje 32, Pgs: 7-33. Centro Interamericano de Desarrollo de Agua y Tierras, Mérida Venezuela.

Rodríguez E., Pinilla G., Camacho L., Medina M., Ramírez A., Bernal E., 2008. Metodología Para La Estimación Del Caudal Ambiental En Proyecto Licenciados, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Bogotá, Colombia, http://www.minambiente.gov.co/documentos/4205_081009_info_comen_final_caudal_ambiental_301109.pdf

Samaniego P., Robin C., Monzier M., Eissen J., Mothes P., y Hall M. 2004, El complejo volcánico Cayambe: Síntesis geológica, actividad holocénica y evaluación de los peligros volcánicos, Quito, Ecuador, <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Septiembre2007/CD3/pdf/spa/doc15665/doc15665-a.pdf>

Sarria, F., 2010, Sistemas de Información Geográfica, Universidad de Murcia, Murcia, España, <http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>

Sauer, W. (1957). El mapa geológico del Ecuador. Editorial Universitaria, Quito, Ecuador.

Serrano D., Galárraga R., Valencia R., y Villacís M., 2013, Cambios en la ocupación del suelo e implicaciones hidrológicas en zonas de alta montaña. Caso de estudio: nevado Cayambe - ecuador, 1976 – 2010, Quito, Ecuador.

7TH INTERNATIONAL PERSPECTIVE ON WATER RESOURCES AND THE ENVIRONMENT.

(SGCA, PE) / (BM, US) / (GEF, US) / (MAE/PRAA, EC) / (FONAG, EC). 2011. Sistema de monitoreo para evaluar la disponibilidad de agua y evolución de los impactos asociados al cambio climático en la parte alta de la cuenca del río Guayllabamba y en las microcuencas Papallacta y Antisana. Estudio de Disponibilidad de Agua. Quito, EC. 25 p http://www.infoagua-guayllabamba.ec/sirhcg/images/M_images/PDF/Estudio%20de%20disponibilidad%20de%20agua.pdf

Singh, J., Knapp, H. V. y Demissie, M. 2004. Hydrologic modeling of the Iroquois River watershed using HSPF and SWAT 08. Champaign, Ill.: Illinois State Water Survey. www.sws.uiuc.edu/pubdoc/CR/ISWSCR2004-08.pdf .

Téllez E. 2008. SIG Definiciones Básicas, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. <http://www.upanamericana.edu.ec/upac/templates/upac/descargas/sigelementosbasicos.pdf>

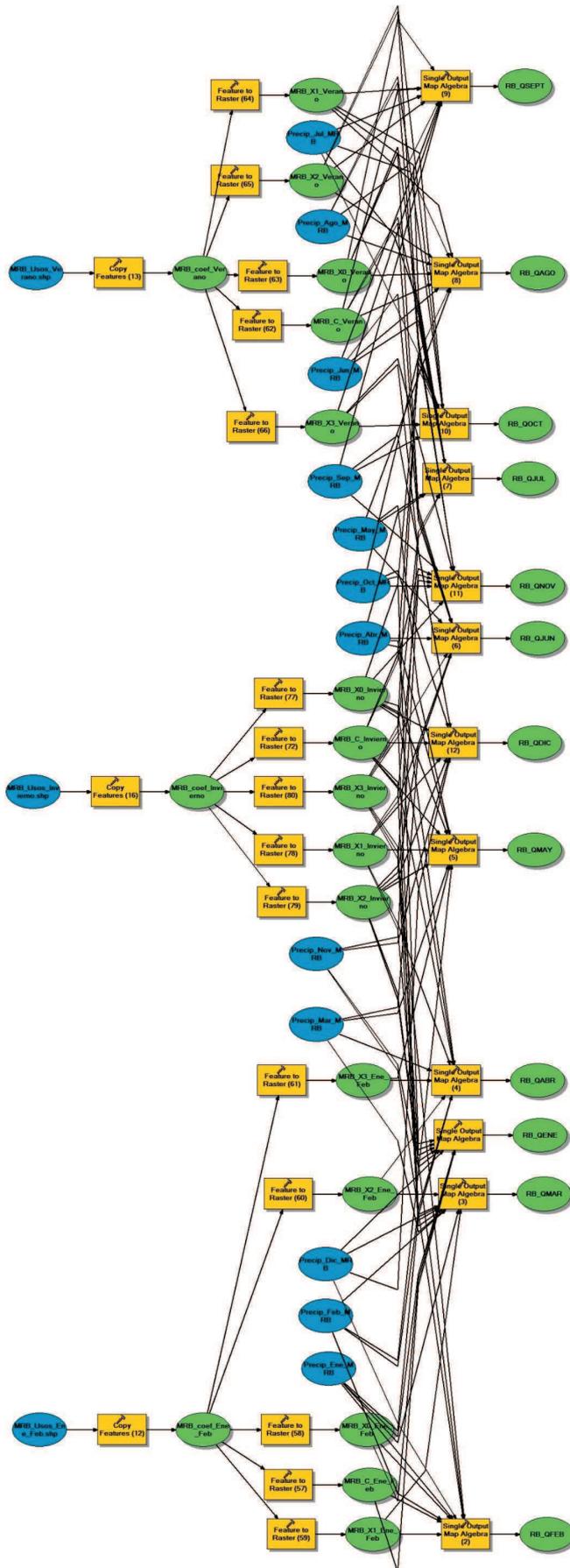
Tobón, C. 2009. Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito, mayo 2009 www.bosquesandinos.info/ECOBONA/Bosques,%20final-web.pdf

TUCCI, C.E.M., 2009 Plan de Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en la Cuenca Alta del Río Guayllabamba. BID Banco Interamericano de Desarrollo Económico y FONAG Fondo para la Protección del Agua. 147p <http://www.ffla.net/qué-hacemos/iniciativas-estratégicas/gobernanza-del-agua.html>

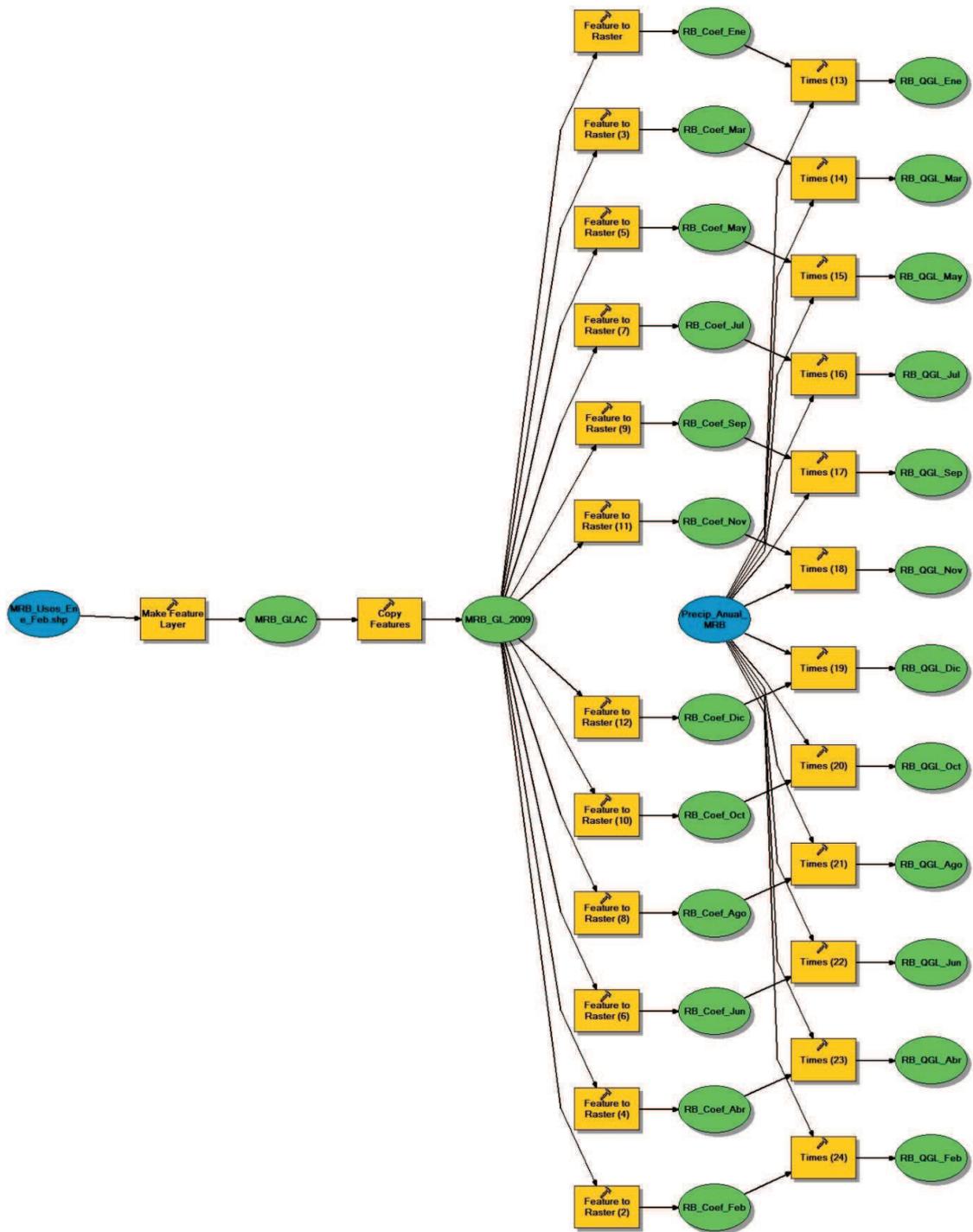
ANEXOS

ANEXO N° 1
MODELO HIDROLÓGICO DE ARCGIS

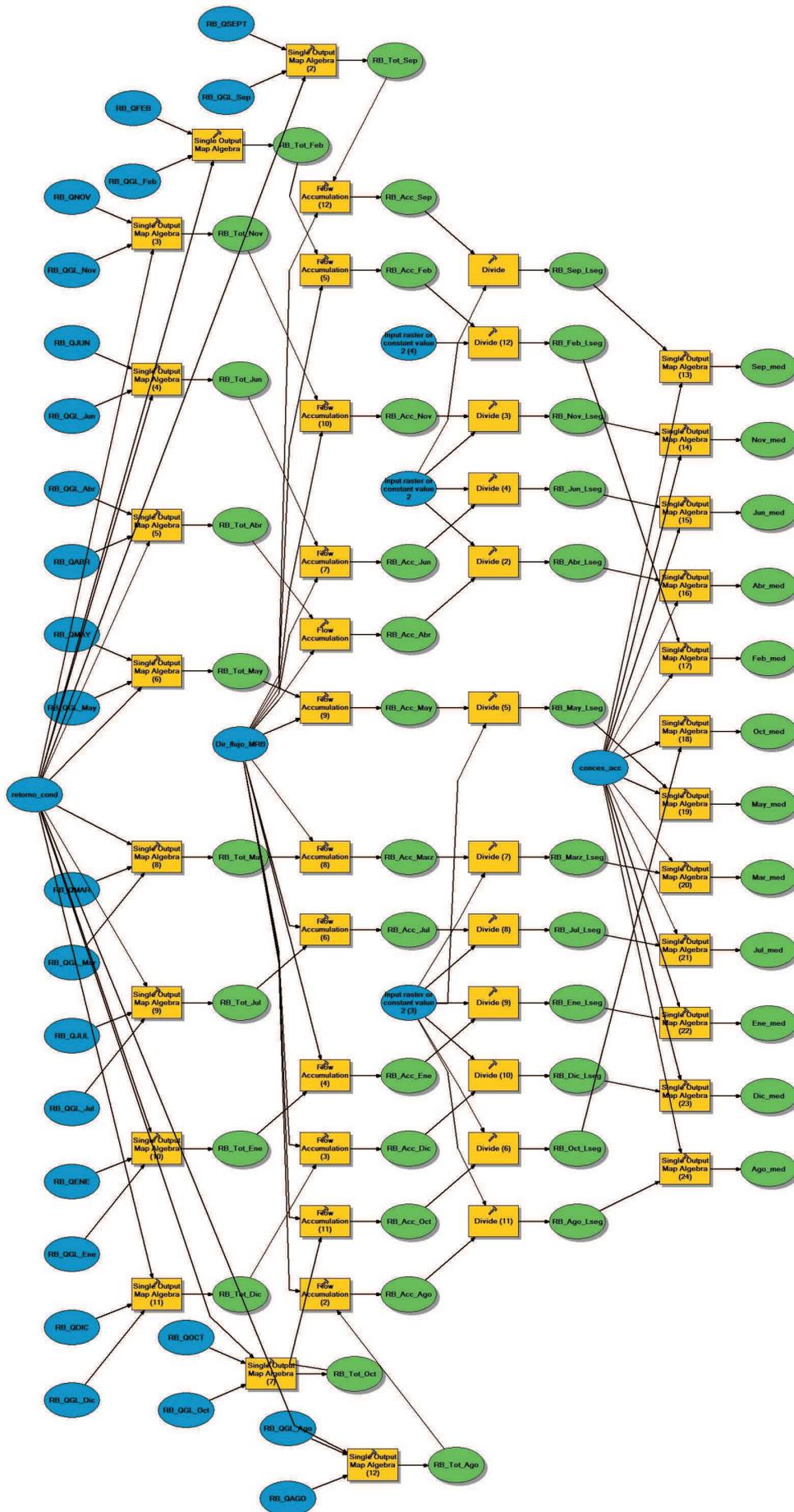
ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA NO GLACIAR



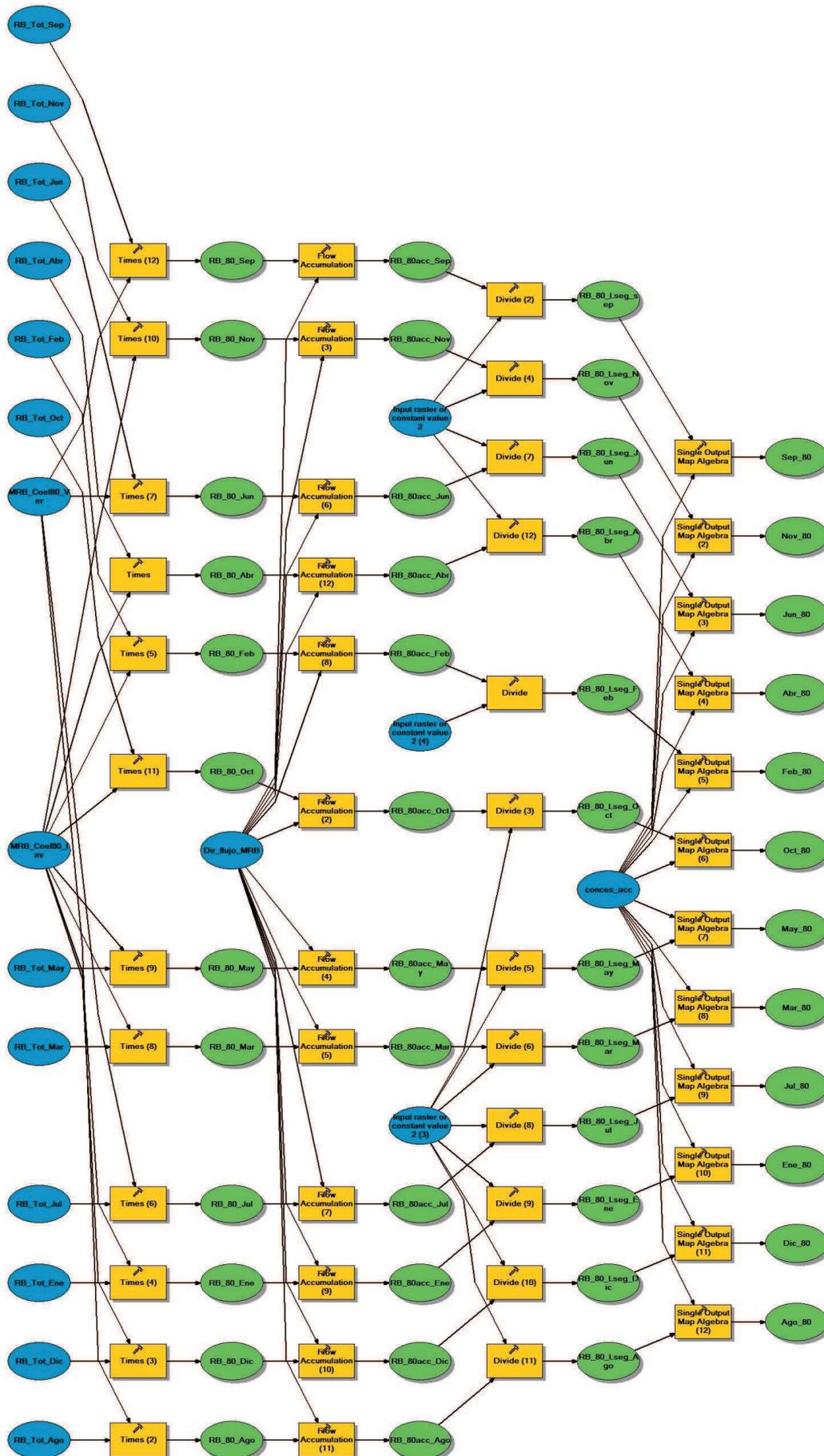
ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA GLACIAR



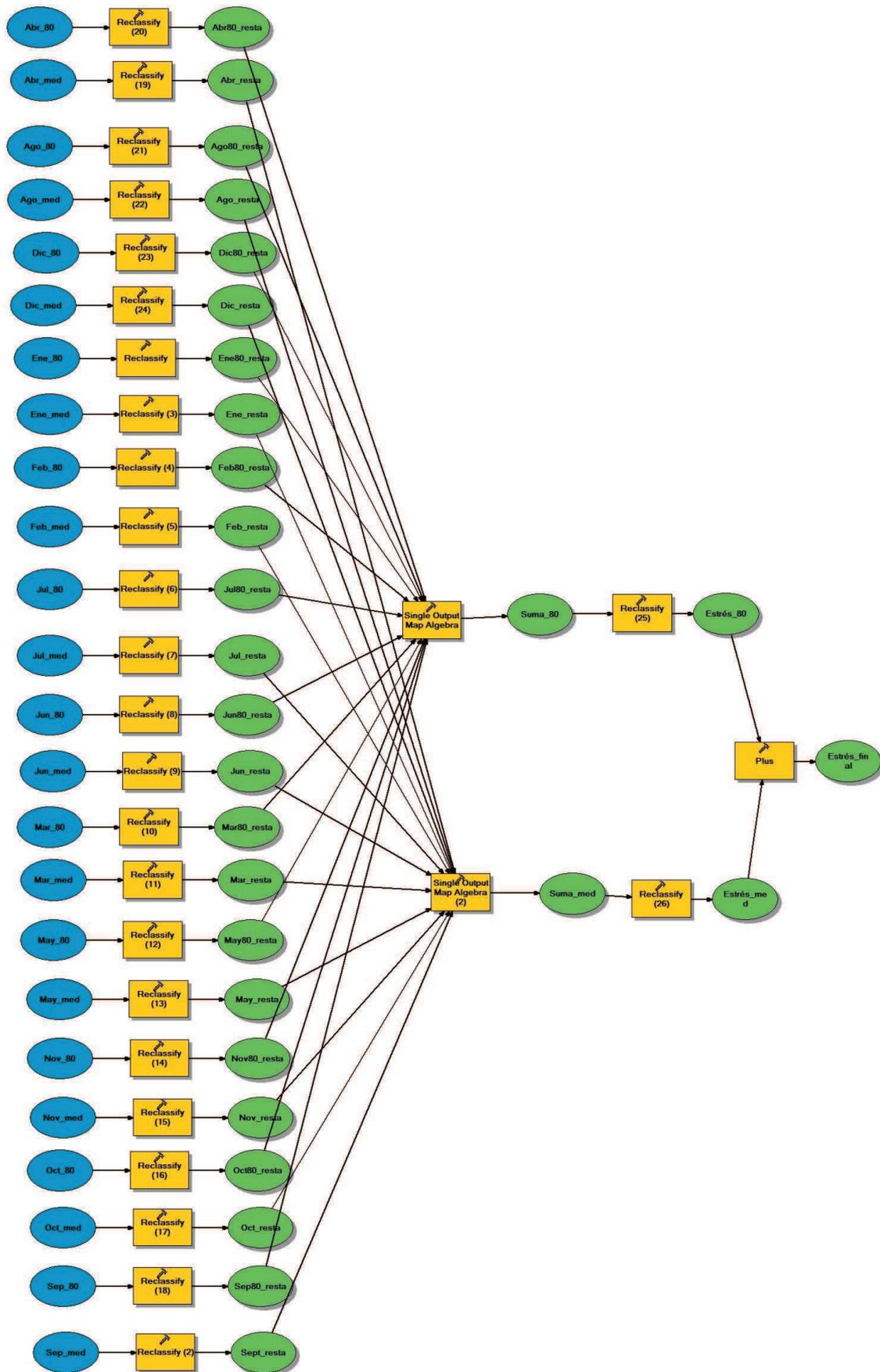
ESTIMACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO PARA Q MEDIO



ESTIMACIÓN DEL ESTRÉS PARA Q80% DEL TIEMPO



ESTIMACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO TOTAL



ANEXO N° 2

DATOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

HOMOGENEIZADOS Y RELLENADOS, EMPLEADOS

PARA EL MODELAMIENTO Y LA CARACTERIZACIÓN

CLIMÁTICA

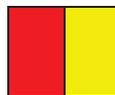
Precipitación Total Mensual

Estación: Olmedo Pichincha

Código: M023

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1976	73,2	124,3	123,5	136,8	110,2	36,4	24,8	45,0	35,3	102,6	128,2	94,5	24,8	86,2	136,8	73,2
1977	13,5	69,9	67,3	50,5	23,6	53,8	22,6	37,7	75,6	55,4	47,2	57,4	13,5	47,9	75,6	13,5
1978	23,4	48,0	61,7	108,4	28,4	58,3	15,1	17,9	10,0	16,0	32,9	104,4	0,0	42,9	108,4	23,4
1979	47,5	17,7	129,3	100,3	78,6	42,6	17,7	52,6	11,0	45,1	80,3	77,6	11,0	58,4	129,3	47,5
1980	88,9	137,6	56,5	78,4	24,3	43,8	10,4	26,5	30,7	93,8	43,9	51,6	10,4	57,2	137,6	88,9
1981	31,4	40,8	119,6	127,5	60,6	10,3	43,8	17,0	28,6	80,3	114,4	52,0	10,3	60,5	127,5	31,4
1982	104,5	77,8	105,7	82,5	78,4	1,9	48,6	43,8	10,6	91,7	93,4	163,3	1,9	75,2	163,3	104,5
1983	52,0	121,7	143,4	100,5	51,7	8,7	18,6	3,5	39,3	116,3	62,3	80,0	3,5	66,5	143,4	52,0
1984	142,7	57,2	54,4	110,8	52,8	39,9	25,9	9,1	89,2	98,4	110,9	11,4	9,1	66,9	142,7	142,7
1985	79,3	25,7	55,0	65,5	86,8	11,0	49,6	41,1	63,4	33,5	42,2	99,9	11,0	54,4	99,9	79,3
1986	26,0	103,3	155,4	20,0	70,8	4,6	7,9	8,6	5,6	67,4	80,3	77,5	20,0	50,6	155,4	26,0
1989	73,2	82,5	96,4	40,7	75,7	67,7	21,2	13,1	36,0	65,9	94,2	52,1	13,1	59,9	96,4	73,2
1990	25,4	88,7	87,2	39,0	29,6	35,0	49,2	30,0	6,4	73,2	80,3	65,3	30,0	45,4	88,7	25,4
1991	79,8	28,8	105,1	62,1	43,7	24,1	33,6	10,8	20,5	6,8	56,8	82,6	6,8	46,2	105,1	79,8
1994	73,2	43,4	93,9	108,4	89,2	25,7	3,6	41,2	39,2	96,0	156,5	126,8	3,6	74,8	156,5	73,2
1995	12,4	37,9	69,4	73,2	66,1	37,8	42,1	33,5	12,7	78,9	126,8	45,2	12,4	53,0	126,8	12,4
1996	151,7	103,7	135,6	133,3	113,4	55,8	31,4	48,7	39,7	48,3	26,4	54,4	26,4	78,5	151,7	151,7
1997	159,0	28,9	113,5	89,4	47,3	68,5	7,3	1,6	70,3	38,4	161,9	32,4	1,6	68,2	161,9	159,0
1998	25,8	58,1	94,4	72,2	104,2	35,2	31,8	4,7	13,0	112,5	62,6	73,6	4,7	57,3	112,5	25,8

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1999	150,7	145,9	82,1	145,8	81,4	38,0	32,1	44,5	101,7	93,2	106,0	236,8	32,1	104,9	236,8	150,7
2000	161,6	160,3	113,0	103,2	169,5	86,2	20,8	13,8	56,3	18,1	18,8	83,8	13,8	83,8	169,5	161,6
2001	60,7	25,8	18,1	53,0	22,3	36,2	33,0	3,1	25,9	23,7	78,5	77,8	3,1	38,2	78,5	60,7
2002	63,3	55,0	82,1	92,8	32,3	53,2	7,6	22,4	34,5	109,0	69,5	97,1	7,6	59,9	109,0	63,3
2007	75,3	121,3	62,2	71,4	12,3	27,4	11,3	160,4	99,9	136,8	80,3	77,6	11,3	78,0	160,4	75,3
2008	103,9	152,9	138,1	69,6	62,9	50,0	27,3	31,8	59,0	173,7	128,1	93,0	27,3	90,9	173,7	103,9
2009	82,6	93,7	93,9	33,6	30,7	38,8	18,6	17,8	20,7	119,7	71,9	67,5	17,8	57,5	119,7	82,6
Media	73,2	77,8	93,9	83,8	62,9	36,4	24,8	27,5	39,1	76,9	83,3	82,6	24,8	63,5	93,9	73,2
Min	12,4	17,7	18,1	20,0	12,3	35,0	3,6	20,0	15,0	6,8	18,8	11,4	5,0	42,9	75,6	12,4
Max	161,6	160,3	155,4	145,8	169,5	86,2	49,6	160,4	101,7	173,7	161,9	236,8	32,1	104,9	236,8	161,6



Datos Corregidos

Datos Rellenados

Precipitación Total Mensual

Estación: Cayambe

Código: M359

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1976	41,0	116,2	95,3	94,9	88,5	48,8	10,8	2,3	17,9	102,4	135,4	68,0	68,5	2,3	135,4	821,5
1977	29,8	54,6	103,8	62,1	85,8	31,0	6,2	18,9	79,5	83,2	101,8	117,0	64,5	6,2	117,0	773,7
1978	54,1	73,2	91,5	132,7	54,5	10,7	29,4	5,0	54,0	12,5	54,0	133,7	58,8	5,0	133,7	705,3
1979	58,4	46,0	145,8	134,6	148,2	38,4	24,9	80,0	85,2	57,0	46,8	17,2	73,5	17,2	148,2	882,5
1980	91,7	180,2	82,8	102,9	14,9	30,3	2,2	16,3	19,7	110,6	87,9	79,2	68,2	2,2	180,2	818,7
1981	65,8	100,9	155,0	43,3	95,7	28,5	12,6	34,5	7,6	98,3	209,7	86,1	78,2	7,6	209,7	938,0
1982	150,4	82,2	108,3	90,5	172,1	14,6	23,7	21,5	18,7	68,7	145,1	175,6	89,3	14,6	175,6	1071,4
1983	62,2	82,5	117,8	136,5	88,9	12,7	4,9	17,8	13,8	107,2	69,1	101,4	67,9	4,9	136,5	814,8
1984	72,1	141,4	54,6	115,4	90,2	50,2	10,0	20,7	171,3	80,8	124,0	19,7	78,4	10,0	171,3	940,4
1985	105,0	17,5	38,1	114,1	83,3	20,3	9,8	50,0	25,9	14,3	59,9	107,2	53,8	9,8	114,1	645,4
1986	54,3	105,8	136,1	33,3	53,5	17,0	25,0	12,0	6,4	108,7	106,1	63,0	57,0	12,0	136,1	684,2
1987	63,0	77,4	93,4	103,4	61,6	6,0	18,1	11,3	24,5	129,6	34,8	29,6	53,9	6,0	129,6	646,7
1988	83,2	38,2	50,7	206,7	64,1	57,5	46,9	38,2	82,7	83,7	184,9	91,8	85,7	38,2	206,7	1028,6
1989	82,0	38,9	99,5	38,0	69,1	78,5	24,3	14,0	66,6	99,1	35,3	21,4	55,6	14,0	99,5	666,7
1990	82,4	106,5	36,0	64,1	28,8	21,3	31,2	1,2	11,2	179,1	15,3	83,1	55,0	1,2	179,1	660,2
1991	119,1	47,2	125,1	48,6	94,5	16,9	37,8	20,0	40,2	29,0	107,4	59,4	60,4	20,0	125,1	725,2
1992	40,5	63,1	71,7	97,4	69,5	31,2	6,8	20,3	37,2	46,5	172,2	88,4	62,1	6,8	172,2	744,8
1993	67,3	137,4	111,6	153,9	71,6	10,0	8,0	22,0	24,0	49,3	80,6	121,8	68,1	8,0	153,9	817,5
1994	134,4	98,3	99,5	71,4	64,1	31,2	6,1	14,3	42,5	125,8	116,7	107,0	75,9	6,1	134,4	911,3
1995	10,0	43,1	75,5	82,9	62,6	14,6	49,1	18,2	8,3	104,7	181,8	50,5	57,6	10,0	181,8	691,3

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1996	135,8	57,6	135,8	86,1	145,9	47,9	18,5	22,9	19,3	151,8	9,7	73,8	75,4	9,7	151,8	905,1
1997	186,5	30,9	174,6	65,7	21,8	33,8	28,2	12,0	24,0	89,7	141,3	102,2	74,9	12,0	186,5	898,7
1998	186,5	46,3	104,6	140,9	110,6	33,1	28,4	3,6	2,7	94,9	63,2	25,9	70,1	2,7	186,5	840,7
1999	148,5	167,0	99,5	86,5	33,2	33,1	30,3	99,2	35,5	117,2	70,4	94,3	84,6	30,3	167,0	1014,7
2000	185,4	79,5	99,5	97,4	73,9	107,8	20,2	10,0	23,0	127,0	73,7	124,4	85,2	10,0	185,4	1021,8
2004	49,3	100,0	47,9	110,7	43,7	8,5	18,6	1,7	44,6	35,8	161,5	128,0	62,5	1,7	161,5	750,3
2005	18,0	46,6	29,1	68,3	55,7	43,1	6,0	2,8	34,6	21,2	66,4	184,2	47,5	6,0	184,2	570,0
2006	54,6	82,5	187,5	119,5	7,5	17,4	2,3	3,5	3,1	117,5	137,0	131,0	72,0	2,3	187,5	863,4
2008	118,7	124,2	179,3	152,7	112,0	60,9	7,5	46,7	29,1	218,3	101,6	167,2	109,9	7,5	218,3	1318,2
2009	43,6	46,4	99,5	37,0	44,7	40,9	15,3	6,0	6,6	35,8	62,5	76,0	42,4	6,0	99,5	508,3
2010	1,5	51,0	27,2	138,8	121,7	90,0	125,1	19,6	67,6	112,1	101,6	186,4	86,9	1,5	186,4	1042,6
Media	80,2	79,5	99,5	97,4	73,9	35,1	20,9	18,8	35,5	92,5	101,6	94,3	69,1	18,8	101,6	803,8
Máxima	186,5	180,2	187,5	206,7	172,1	107,8	125,1	99,2	171,3	218,3	209,7	186,4	170,9	99,2	218,3	1318,2
Mínima	10,0	17,5	27,2	33,3	7,5	15,0	8,0	6,0	2,7	12,5	9,7	17,2	10,6	2,7	33,3	508,3

Datos Corregidos

Datos Rellenados

Precipitación Total Mensual

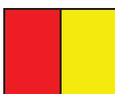
Estación: Cangahua Pichincha

Código: M344

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Annual
1976	54,8	64,3	75,7	69,5	81,5	69,4	16,5	15,2	28,2	101,8	101,3	51,7	15,2	60,8	101,8	729,9
1977	39,8	32,0	41,0	61,1	29,7	23,5	12,6	20,7	57,7	91,8	92,9	44,5	12,6	45,6	92,9	547,3
1978	37,2	54,1	47,6	110,8	70,8	13,0	9,4	7,6	22,9	6,6	26,9	83,8	6,6	40,9	110,8	490,7
1979	26,4	26,3	142,8	87,8	41,5	22,9	20,6	46,7	61,1	51,0	59,3	36,8	20,6	51,9	142,8	623,2
1980	59,3	123,1	45,5	107,9	70,8	19,6	14,7	1,3	30,8	143,1	93,1	79,3	1,3	65,7	143,1	788,5
1981	22,6	25,6	148,5	55,4	47,6	7,4	15,2	32,1	9,1	102,1	98,1	50,4	7,4	51,2	148,5	614,1
1982	76,4	73,3	83,5	41,5	122,2	24,3	18,2	15,1	38,0	89,0	62,4	54,4	15,1	58,2	122,2	698,3
1983	36,8	62,7	182,2	96,1	123,1	12,7	14,7	30,3	24,9	61,2	67,6	32,3	12,7	62,1	182,2	744,6
1984	50,9	129,6	81,1	112,3	38,3	22,4	9,1	12,3	103,7	71,8	81,2	22,9	9,1	61,3	129,6	735,6
1985	47,5	23,9	89,2	53,9	89,1	15,7	6,2	27,4	41,9	34,2	53,5	38,1	6,2	43,5	89,2	521,6
1986	16,5	61,4	101,9	70,0	99,9	5,6	14,7	11,0	42,9	122,7	66,5	51,9	5,6	55,4	122,7	665,0
1987	47,9	61,3	48,3	115,9	108,5	24,3	9,3	7,6	19,0	139,8	28,3	54,4	7,6	55,4	139,8	664,6
1988	30,7	52,5	12,0	157,5	68,0	72,2	52,2	20,0	58,6	82,6	165,2	75,8	12,0	70,6	165,2	847,3
1989	115,3	79,3	167,1	35,7	32,7	79,5	17,6	7,1	47,8	105,1	70,2	31,3	7,1	65,7	167,1	788,7
1990	22,4	46,8	18,7	64,7	33,4	48,9	15,9	10,2	10,0	113,8	19,5	39,2	10,0	37,0	113,8	443,5
1991	69,3	37,9	152,3	42,0	98,8	22,9	25,3	15,6	75,4	32,0	69,3	45,7	15,6	57,2	152,3	686,5
1992	19,1	31,6	27,6	97,7	71,1	19,4	9,4	3,1	71,1	38,7	50,6	47,7	3,1	40,6	97,7	487,1
1993	54,2	152,7	187,1	95,1	78,1	3,9	31,9	1,9	39,3	59,9	101,0	137,1	1,9	78,5	187,1	942,2
1994	86,7	84,1	131,7	98,3	40,2	3,4	9,3	16,2	32,5	80,4	72,6	55,5	3,4	59,2	131,7	710,9
2003	37,2	97,0	69,6	93,3	56,2	32,6	24,6	3,0	30,2	34,2	86,2	36,0	3,0	49,8	97,0	597,1

2004	29,7	23,6	44,4	79,6	42,0	2,1	23,9	5,0	64,8	67,9	61,9	106,6	5,0	45,5	106,6	546,5
2006	22,2	62,3	144,7	72,9	15,5	65,7	4,9	9,9	4,4	72,4	140,8	141,9	4,4	63,1	144,7	757,6
2007	25,0	15,5	108,1	114,6	48,1	48,6	30,6	13,6	6,3	107,0	46,4	61,2	6,3	52,1	114,6	625,0
2008	84,1	129,9	108,2	121,7	103,6	8,1	3,0	18,9	22,3	131,2	36,4	133,1	3,0	74,8	133,1	897,5
Media	46,3	64,6	94,1	85,6	67,1	27,8	17,0	14,3	39,3	80,8	73,0	63,0	14,3	56,1	94,1	673,1
Minima	16,5	15,5	12,0	35,7	15,5	2,1	7,0	8,0	4,4	6,6	19,5	22,9	7,0	12,6	35,7	150,7
Máxima	115,3	152,7	187,1	157,5	123,1	79,5	52,2	46,7	103,7	143,1	165,2	141,9	46,7	122,3	187,1	1468,0

Datos Corregidos



Datos Rellenados

Precipitación Total Mensual

Estación: Topo – Imbabura Angla

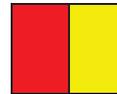
Código: M321

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1976	56,6	58,2	90,8	69,0	76,9	17,9	10,4	1,3	5,3	120,5	87,3	58,7	1,3	54,4	120,5	652,9
1977	23,1	37,1	124,1	75,4	45,1	24,3	6,6	47,7	62,4	96,4	56,6	92,8	6,6	57,6	124,1	691,6
1978	25,3	68,6	88,3	128,9	123,0	4,7	3,3	0,8	45,5	5,3	30,5	150,0	0,8	56,2	150,0	674,2
1979	40,7	9,8	240,3	155,7	180,5	8,5	8,3	45,8	62,0	79,3	18,9	10,8	8,3	71,7	240,3	860,6
1980	101,4	152,1	27,7	56,4	25,7	25,3	0,0	17,3	14,4	122,1	33,6	7,2	0,0	48,6	152,1	583,2
1981	45,7	24,8	110,9	189,3	42,5	15,5	15,6	10,3	40,8	24,2	183,2	66,3	10,3	64,1	189,3	769,1
1982	82,3	46,9	114,5	115,0	140,9	0,0	11,3	9,8	40,3	114,9	33,4	236,7	0,0	78,8	236,7	946,0
1983	105,2	159,2	65,6	127,1	154,3	10,2	0,0	2,1	5,7	67,2	68,6	117,4	0,0	73,6	159,2	882,6
1984	110,0	135,8	123,9	127,1	127,0	21,1	3,6	9,8	104,9	66,8	153,7	13,7	3,6	83,1	153,7	997,4
1985	120,4	30,6	54,1	105,4	104,7	24,4	0,0	17,6	28,2	74,9	86,4	93,3	0,0	61,7	120,4	740,0
1986	24,9	188,4	158,1	40,9	93,0	23,4	0,7	1,3	21,9	126,6	94,3	16,7	0,7	65,9	188,4	790,2
1987	53,9	48,4	138,9	177,0	154,4	5,6	0,0	13,3	61,0	96,3	74,7	5,2	0,0	69,1	177,0	828,7
1989	73,0	90,3	141,5	67,5	52,7	38,3	7,7	4,5	71,4	122,0	22,2	47,1	4,5	61,5	141,5	738,2
1990	71,3	124,9	107,3	65,3	59,4	26,1	19,4	7,6	19,1	178,0	34,0	96,2	7,6	67,4	178,0	808,6
1991	74,2	51,5	170,6	85,2	155,0	64,1	32,2	0,0	118,7	49,6	194,4	32,2	0,0	85,6	194,4	1027,7
1992	25,0	40,6	57,0	44,4	60,2	23,3	35,2	0,0	55,2	15,6	84,7	100,5	0,0	45,1	100,5	541,7
1993	54,8	178,4	215,5	337,6	130,8	27,0	0,0	0,0	48,7	82,8	180,7	212,2	0,0	122,4	337,6	1468,5
1994	68,2	74,6	115,6	82,2	70,0	4,2	5,2	13,4	48,8	64,9	194,3	31,7	4,2	64,4	194,3	773,1
1995	5,4	11,0	34,4	86,8	47,4	18,2	13,6	24,6	3,6	117,3	108,0	48,4	3,6	43,2	117,3	518,7
1996	58,7	163,8	171,1	259,9	291,8	21,9	6,6	17,6	23,5	144,2	39,7	8,7	6,6	100,6	291,8	1207,5

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Annual
1997	73,0	15,3	24,7	12,2	57,1	35,8	0,0	0,0	43,6	161,4	168,3	96,2	0,0	57,3	168,3	687,6
1998	49,9	69,1	159,6	129,4	242,5	53,8	0,0	18,3	34,1	95,7	118,9	124,6	0,0	91,3	242,5	1095,9
1999	112,3	80,7	111,7	119,3	159,3	21,6	0,0	40,8	54,6	95,7	104,1	213,6	0,0	92,8	213,6	1113,7
2000	222,8	150,7	366,0	81,5	182,9	27,0	15,9	15,9	24,8	61,9	25,5	16,0	15,9	99,2	366,0	1190,9
2003	12,6	37,6	55,6	140,5	84,0	28,4	0,0	0,3	33,3	138,5	163,5	69,1	0,0	63,6	163,5	763,4
2004	50,2	98,7	65,0	61,8	77,2	23,4	6,4	0,0	60,4	98,2	102,4	84,6	0,0	60,7	102,4	728,3
2005	18,0	35,8	74,3	115,5	149,3	27,0	39,4	7,8	30,9	103,8	52,1	150,2	7,8	67,0	150,2	804,1
2006	140,5	164,7	116,0	308,3	157,5	115,6	30,0	9,6	24,2	94,8	222,2	468,8	9,6	154,4	468,8	1852,2
2007	58,2	53,8	68,0	185,4	152,1	50,1	8,9	36,6	4,1	80,5	81,9	76,7	4,1	71,4	185,4	856,3
2008	139,1	109,9	116,0	128,9	191,0	34,0	10,0	15,9	50,5	207,7	94,4	66,7	10,0	97,0	207,7	1164,1
2009	71,1	40,9	45,1	43,4	26,0	15,9	5,5	9,5	11,7	42,1	104,0	43,4	5,5	38,2	104,0	458,6
2010	13,1	31,4	23,6	94,4	116,6	27,3	98,5	18,1	51,9	114,6	313,5	319,2	13,1	101,9	319,2	1222,2
Media	68,2	80,7	111,7	119,3	116,6	27,0	12,3	13,1	40,8	95,7	104,1	99,2	12,3	74,1	119,3	888,7
Mínima	5,4	9,8	23,6	12,2	25,7	0,0	0,0	0,0	3,6	5,3	18,9	5,2	0,0	9,1	25,7	0,0
Máxima	222,8	188,4	366,0	337,6	291,8	115,6	98,5	47,7	118,7	207,7	313,5	468,8	47,7	231,4	468,8	109,7

Datos Corregidos

Datos Rellenados



Precipitación Total Mensual

Estación: Tomalón Tabacundo

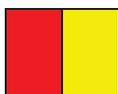
Código: MA2T

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1990	54,2	56,7	36,4	58,2	32,1	19,4	9,4	4,4	10,9	134,7	25,9	27,4	4,4	39,1	134,7	469,7
1991	99,4	15,5	111,3	56,6	88,3	14,3	18,0	10,4	46,0	38,3	82,7	72,4	10,4	54,4	111,3	653,2
1992	27,7	69,7	46,5	86,5	51,7	14,6	5,7	6,7	39,4	44,3	41,5	23,7	5,7	38,2	86,5	458
1993	35,3	102,8	108,6	81,5	59,8	6,9	8,7	0,2	29,0	14,2	93,5	68,2	0,2	50,7	108,6	608,7
1994	98,6	53,4	112,4	196,6	43,8	2,4	9,5	9,8	17,7	55,6	129,0	55,1	2,4	65,3	196,6	783,9
1995	18,8	27,3	85,4	62,2	49,4	24,5	30,0	41,8	11,7	76,7	153,1	57,3	11,7	53,2	153,1	638,2
1996	90,2	74,0	101,0	85,5	123,5	71,7	4,3	19,4	19,3	89,7	22,0	58,3	4,3	63,2	123,5	758,9
1997	116,5	31,6	106,4	70,4	35,1	27,8	0,0	0,3	52,3	36,7	88,3	46,6	0,0	51,0	116,5	612
1998	20,9	68,1	79,6	73,0	85,1	14,7	26,8	4,9	22,1	55,7	61,8	35,4	4,9	45,7	85,1	548,1
1999	76,4	116,9	68,1	84,0	56,5	34,3	8,9	9,6	79,6	55,3	32,8	102,1	8,9	60,4	116,9	724,5
2000	78,5	99,0	72,0	93,7	52,9	61,5	6,2	4,2	99,4	35,5	32,4	34,8	4,2	55,8	99,4	670,1
2001	50,1	37,8	59,0	43,4	33,6	13,0	25,1	0,0	36,0	28,8	45,3	37,4	0,0	34,1	59,0	409,5
2002	23,9	33,1	26,7	109,2	32,9	41,3	1,4	6,3	9,9	114,3	80,7	98,4	1,4	48,2	114,3	578,1
2003	38,8	54,3	32,5	75,7	14,4	35,3	24,6	0,0	20,5	83,7	63,4	38,7	0,0	40,2	83,7	481,9
2004	38,6	20,5	16,3	84,3	63,6	1,5	4,5	0,6	50,3	48,0	54,4	106,5	0,6	40,8	106,5	489,1
2005	38,3	63,2	68,2	54,8	30,2	21,8	7,6	6,6	40,3	45,1	33,6	169,1	6,6	48,2	169,1	578,8
2006	41,2	83,4	108,6	88,2	38,5	62,3	3,5	4,9	4,6	72,7	134,2	101,5	3,5	62,0	134,2	743,6
2007	18,8	18,5	84,8	140,1	41,6	31,8	5,0	12,3	8,6	102,7	81,5	72,0	5,0	51,5	140,1	617,7
2008	73,8	82,0	145,9	108,4	91,7	37,8	9,5	22,8	39,4	123,0	57,8	53,9	9,5	70,5	145,9	846
2009	75,2	43,5	105,0	37,7	26,5	48,5	1,7	1,3	14,6	42,6	31,4	67,4	1,3	41,3	105,0	495,4

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
2010	22,6	39,1	23,3	108,5	60,2	48,6	63,1	10,2	47,6	57,7	115,5	105,1	10,2	58,5	115,5	701,5
Media	54,2	56,7	76,1	85,6	52,9	30,2	13,0	8,4	33,3	64,5	69,6	68,2	8,4	51,1	85,6	612,71
Mínima	18,8	18,5	16,3	37,7	14,4	1,5	0,0	0,0	4,6	14,2	22,0	23,7	0,0	14,3	37,7	171,7
Máxima	116,5	116,9	145,9	196,6	123,5	71,7	63,1	41,8	99,4	123,0	153,1	169,1	41,8	118,4	196,6	1420,6

Datos Corregidos

Datos Rellenados



Precipitación Total Mensual

Estación: La Victoria Guayllabamba

Código: M009

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1999	38,1	95,7	77,2	122,9	78,1	40,0	1,3	3,5	72,2	66,5	20,3	66,7	1,3	56,9	122,9	682,5
2000	64,0	76,0	81,8	105,2	113,3	63,7	15,9	5,3	70,2	16,5	31,0	52,6	5,3	58,0	113,3	695,5
2001	83,9	5,9	91,6	16,8	33,0	4,3	14,2	8,0	51,8	4,0	25,7	22,5	8,0	29,5	91,6	353,7
2002	9,8	25,1	34,5	139,5	39,2	27,9	0,0	5,3	10,0	101,5	42,0	53,1	10,0	39,8	139,5	477,9
2003	22,8	44,3	38,6	109,8	10,8	30,3	10,5	0,5	18,8	69,8	54,8	37,7	0,5	37,4	109,8	448,7
2004	24,7	14,6	30,7	45,5	70,9	2,7	5,2	0,1	42,6	54,1	50,2	39,2	0,1	31,7	70,9	380,5
2005	22,0	60,8	79,4	39,5	40,1	22,4	6,3	17,8	35,5	27,4	14,1	115,6	6,3	40,1	115,6	480,9
2006	37,2	61,3	68,7	130,0	38,8	42,9	3,8	5,4	7,2	50,3	42,2	120,3	3,8	50,7	130,0	608,1
2007	32,3	31,4	77,1	134,7	61,6	30,1	10,2	12,9	3,2	105,9	73,0	41,0	3,2	51,1	134,7	613,4
2008	54,1	82,4	112,0	109,2	92,5	33,8	3,2	27,3	29,7	104,4	37,5	41,3	3,2	60,6	112,0	727,4
2009	108,4	68,1	60,5	40,3	24,2	47,2	0,8	0,0	1,2	26,0	4,2	43,7	0,0	35,4	68,1	424,6
2010	12,1	26,6	24,4	93,7	87,3	40,2	48,4	6,2	50,8	21,1	78,8	111,6	6,2	50,1	111,6	601,2
Media	41,4	54,4	64,7	90,6	55,8	31,2	10,9	7,5	37,6	55,6	42,2	59,4	7,5	45,9	90,6	551,4
Mínima	9,8	5,9	24,4	16,8	10,8	2,7	0,0	7,0	3,0	4,0	4,2	22,5	0,0	8,4	24,4	101,1
Máxima	108,4	114,8	112,0	139,5	113,3	63,7	48,4	27,3	106,2	105,9	78,8	120,3	27,3	94,9	139,5	1138,6

Datos Corregidos

Datos Rellenados

Precipitación Total Mensual

Estación: Reventador

Código: M203

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1977	178,6	381,6	478,3	515,1	487,6	508,4	429,8	375,0	368,2	451,4	491,5	418,9	178,6	423,7	515,1	5084,4
1978	381,6	400,2	546,3	592,6	543,6	465,4	431,2	265,7	396,8	418,3	504,9	386,5	265,7	444,4	592,6	5333,1
1979	96,9	137,4	590,1	502,3	500,0	369,2	492,9	388,0	336,2	353,9	385,5	365,8	96,9	376,5	590,1	4518,2
1981	346,4	331,8	377,9	612,9	674,0	584,5	527,8	428,4	357,6	333,6	511,0	586,2	331,8	472,7	674,0	5672,1
1982	626,4	543,6	523,9	749,0	480,8	526,6	553,5	388,0	426,5	442,4	503,8	343,6	343,6	509,0	749,0	6108,1
1983	558,1	279,2	338,4	613,7	572,9	539,7	515,4	443,7	580,3	474,2	433,9	452,7	279,2	483,5	613,7	5802,2
1984	346,4	398,0	686,0	618,4	486,7	539,1	506,3	364,8	368,2	377,3	356,6	579,8	346,4	469,0	686,0	5627,6
1985	468,8	217,8	478,3	387,4	600,2	638,4	439,8	440,9	494,6	377,3	433,9	415,9	217,8	449,4	638,4	5393,3
1986	213,2	414,3	600,3	553,1	540,2	465,8	429,8	430,9	287,3	460,4	431,9	418,9	213,2	437,2	600,3	5246,1
1988	346,4	331,8	478,3	543,4	382,3	291,3	386,4	423,0	410,2	406,2	433,9	414,9	291,3	404,0	543,4	4848,1
1989	332,3	331,8	356,7	331,8	310,3	292,5	492,3	477,0	317,5	476,4	322,0	320,4	292,5	363,4	492,3	4361,0
1990	297,4	372,8	424,4	452,1	430,8	373,3	376,7	280,2	235,9	254,7	466,6	256,6	235,9	351,8	466,6	4221,5
1991	144,1	201,1	369,3	579,9	502,4	381,9	251,5	193,5	196,8	113,5	447,8	413,2	113,5	316,3	579,9	3795,0
1992	374,7	331,8	478,3	543,4	374,7	225,9	237,8	146,0	293,8	377,3	377,5	391,1	146,0	346,0	543,4	4152,3
2007	400,2	155,7	512,3	334,3	504,5	533,2	436,9	451,7	391,3	385,0	531,0	418,9	155,7	421,3	533,2	5055,0
2008	459,0	494,6	311,5	697,6	645,1	543,7	417,2	380,3	307,7	377,3	311,4	356,6	307,7	441,8	697,6	5302,0
2009	346,4	331,8	475,3	501,9	392,8	567,5	467,5	495,1	304,1	427,9	367,2	418,9	304,1	424,7	567,5	5096,4
2010	155,6	287,9	478,1	688,8	569,6	530,3	343,7	354,0	382,8	283,6	473,4	491,2	155,6	419,9	688,8	5039,0
Media	337,4	330,2	472,4	545,4	499,9	465,4	429,8	373,7	358,7	377,3	432,4	413,9	330,2	419,7	545,4	5036,4

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
Mínima	96,9	137,4	311,5	331,8	310,3	225,9	237,8	146,0	196,8	113,5	311,4	256,6	96,9	223,0	331,8	3795,0
Máxima	626,4	543,6	686,0	749,0	674,0	638,4	553,5	495,1	580,3	476,4	531,0	586,2	476,4	595,0	749,0	6108,1

 Datos Corregidos

 Datos Rellenados

Precipitación Total Mensual

Estación: Papallacta

Código: M188

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1977	70,0	78,4	98,1	124,8	93,1	155,9	136,6	188,0	85,3	60,3	60,6	64,2	60,3	101,3	188,0	1151,1
1978	49,7	68,7	121,9	171,2	70,1	179,1	124,6	98,8	88,8	37,2	33,0	100,1	33,0	95,3	179,1	1143,2
1979	17,4	44,1	90,9	97,4	153,2	115,8	69,9	178,1	256,1	114,6	122,1	125,8	17,4	115,5	256,1	1385,4
1980	125,3	49,7	124,0	99,8	199,9	170,0	185,9	176,6	109,7	185,5	80,8	67,4	49,7	131,2	199,9	1574,6
1981	111,6	123,4	95,0	124,8	136,9	145,2	172,6	67,5	32,2	66,0	81,9	120,2	32,2	106,4	172,6	1277,3
1982	167,0	40,6	89,6	187,5	136,9	125,9	313,5	139,2	114,0	61,5	63,9	98,6	40,6	128,2	313,5	1538,2
1983	52,3	129,6	66,7	82,0	146,8	179,1	103,4	118,4	121,4	92,2	30,3	62,5	30,3	98,7	179,1	1184,7
1984	80,4	80,7	61,5	106,3	80,5	116,0	153,0	44,9	192,1	65,0	81,6	36,5	36,5	91,5	192,1	1098,5
1985	27,7	94,6	101,1	64,2	253,4	242,7	267,5	145,8	82,4	61,1	45,1	63,8	27,7	120,8	267,5	1449,4
1986	34,0	37,9	121,5	107,7	80,0	106,8	267,1	74,7	89,1	53,2	73,9	70,3	34,0	93,0	267,1	1116,2
1987	59,8	197,2	73,8	176,4	151,4	109,9	154,2	111,7	63,0	78,1	33,9	34,4	33,9	103,7	197,2	1243,8
1988	54,9	65,7	107,5	139,9	136,9	179,1	166,5	125,4	115,6	72,6	113,9	52,2	52,2	110,9	179,1	1330,2
1989	62,3	82,7	98,1	63,1	247,2	270,0	236,8	84,0	97,5	97,4	39,6	7,1	7,1	115,5	270,0	1385,8
1990	53,1	36,8	158,6	106,1	150,3	179,6	164,0	110,5	87,9	105,7	34,1	57,8	34,1	103,7	179,6	1244,5
1991	51,6	139,2	74,3	103,9	133,3	190,9	192,9	143,6	68,8	69,2	71,6	24,9	24,9	105,4	192,9	1264,2
1992	41,2	68,1	132,2	114,4	136,9	109,3	217,7	112,4	94,8	39,1	52,7	65,1	39,1	98,7	217,7	1183,9
1993	66,7	68,7	168,8	85,2	144,5	204,1	199,4	100,2	138,9	53,2	65,6	53,6	53,2	112,4	204,1	1348,9
1994	56,0	42,3	89,1	117,8	137,0	187,3	187,7	260,7	101,7	82,2	94,6	100,6	42,3	121,4	260,7	1457,0
1995	45,0	27,5	53,4	67,3	108,7	130,8	109,4	71,4	72,6	44,4	78,7	66,0	27,5	72,9	130,8	875,2
1996	48,5	118,8	73,1	83,6	104,9	149,8	256,6	116,2	114,9	43,0	57,4	35,0	35,0	100,2	256,6	1201,8

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1997	80,7	115,8	51,5	107,9	178,4	132,8	225,4	103,6	79,3	52,6	78,1	64,5	51,5	105,9	225,4	1270,6
2003	69,8	84,8	98,1	124,8	136,9	179,1	195,6	51,5	79,0	62,9	66,5	76,3	51,5	102,1	195,6	1225,2
2004	70,0	73,5	145,2	115,9	165,7	203,7	210,2	126,1	60,1	72,9	37,1	50,8	37,1	110,9	210,2	1331,2
2005	30,1	87,4	123,3	236,0	133,0	190,1	96,8	66,6	60,1	34,4	61,7	102,3	30,1	101,8	236,0	1221,8
2006	81,0	41,5	65,9	116,8	99,7	212,0	110,9	86,9	84,0	57,6	87,4	46,2	41,5	90,8	212,0	1089,9
2007	65,6	51,6	133,6	181,5	76,8	179,1	177,6	188,7	92,6	95,7	99,2	83,3	51,6	118,8	188,7	1425,3
2008	63,1	93,7	51,2	118,2	151,5	175,1	162,4	140,9	122,8	132,2	51,6	103,5	51,2	113,9	175,1	1366,2
2009	149,3	57,3	113,5	124,8	136,2	187,2	155,2	147,8	87,4	73,5	69,4	27,3	27,3	110,7	187,2	1328,9
2010	151,1	108,4	103,6	195,7	157,4	279,5	74,5	180,8	118,9	67,0	145,3	79,6	67,0	138,5	279,5	1661,8
Media	70,0	78,4	98,3	121,2	136,9	175,4	177,6	122,4	100,4	73,5	69,4	66,9	66,9	107,5	177,6	1277,9
Min	17,4	27,5	51,2	63,1	70,1	106,8	69,9	44,9	32,2	34,4	30,3	7,1	7,1	46,2	106,8	875,2
Max	167,0	197,2	168,8	236,0	253,4	279,5	313,5	260,7	256,1	185,5	145,3	125,8	125,8	215,7	313,5	1661,8

 Datos Corregidos

 Datos Rellenados

Caudales Mensuales Promedio

Estación: La Chimba en Olmedo

Código: H152

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
1965	0,79	0,70	0,75	1,03	1,97	1,15	1,45	1,79	1,13	1,06	1,26	1,52	0,70	1,22	1,97	14,60
1966	1,31	1,16	2,46	1,89	1,00	1,40	1,55	1,73	1,30	1,08	1,25	1,19	1,00	1,44	2,46	17,32
1967	2,40	1,42	1,22	0,99	0,85	1,21	1,25	1,51	1,21	1,33	1,12	0,92	0,85	1,29	2,40	15,43
1968	1,53	1,21	2,07	2,02	0,36	0,90	1,89	1,65	1,55	1,42	0,92	0,76	0,36	1,36	2,07	16,28
1969	1,10	0,93	2,94	2,63	2,59	2,12	1,56	1,53	1,41	1,31	1,52	1,29	0,93	1,74	2,94	20,90
1970	1,81	1,32	1,53	2,44	2,85	2,10	1,98	1,62	1,30	1,20	1,26	1,45	1,20	1,74	2,85	20,89
1971	1,63	1,99	1,43	2,40	1,64	1,75	2,25	1,99	1,94	1,24	1,67	1,60	1,24	1,79	2,40	21,53
1972	1,15	2,34	2,04	2,61	1,99	1,46	1,65	2,02	2,33	1,03	1,10	1,57	1,03	1,77	2,61	21,29
1973	1,16	1,28	1,37	1,51	2,04	1,87	1,67	2,52	1,30	0,97	0,88	0,97	0,88	1,46	2,52	17,54
1974	0,58	1,56	1,32	1,31	1,57	1,72	1,58	1,51	1,74	1,11	1,16	1,19	0,58	1,37	1,74	16,42
1975	1,10	1,65	2,94	2,63	2,59	2,12	1,53	1,37	1,41	1,31	1,52	1,29	1,10	1,79	2,94	21,46
1976	1,10	0,93	2,94	2,63	2,59	2,15	1,55	1,51	1,41	1,31	1,52	1,29	0,93	1,74	2,94	20,93
1978	0,91	1,00	1,17	2,21	1,02	1,25	1,55	1,63	1,36	0,73	0,91	0,95	0,73	1,22	2,21	14,69
1979	1,15	0,42	0,84	1,64	1,30	2,10	1,54	1,19	1,08	1,01	1,03	1,01	0,42	1,19	2,10	14,31
1980	1,16	1,46	1,98	2,17	2,14	2,69	1,21	1,74	1,54	1,78	1,43	0,84	0,84	1,68	2,69	20,14
1981	0,96	0,97	1,16	1,15	1,29	1,25	1,45	0,77	1,04	0,66	1,35	1,26	0,66	1,11	1,45	13,31
1982	0,61	1,78	0,25	1,59	2,65	0,95	1,89	1,51	0,30	0,33	0,44	0,58	0,25	1,07	2,65	12,89
1983	0,63	2,23	1,54	2,40	2,05	1,84	1,15	1,13	1,67	1,83	0,81	1,19	0,63	1,54	2,40	18,48
2007	1,15	1,33	0,52	0,87	0,42	2,12	1,30	0,95	0,87	1,19	1,51	1,37	0,42	1,14	2,12	13,66
2008	1,08	1,61	1,40	1,43	1,93	2,28	1,65	1,04	0,82	1,24	1,92	1,27	0,82	1,47	2,28	17,67

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Máx	Anual
2010	0,53	1,88	0,46	0,93	0,99	1,35	0,90	1,02	0,66	0,47	1,56	1,41	0,46	1,01	1,88	12,14
Media	1,14	1,39	1,54	1,83	1,71	1,70	1,55	1,51	1,30	1,12	1,25	1,19	1,12	1,44	1,83	17,23
Mínima	0,53	0,42	0,25	0,87	0,36	0,90	0,90	0,77	0,30	0,33	0,44	0,58	0,25	0,55	0,90	6,65
Máxima	2,40	2,34	2,94	2,63	2,85	2,69	2,25	2,52	2,33	1,83	1,92	1,60	1,60	2,36	2,94	28,30

 Datos Corregidos

 Datos Rellenados

Caudales Mensuales Promedio

Estación: Guachalá AJ Granobles

Código: H144

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Max
1962	4,01	4,45	5,12	5,39	10,00	16,28	14,05	9,01	5,31	6,95	4,53	5,70	4,01	7,57	16,28
1963	4,54	5,11	4,45	3,98	4,01	9,65	5,13	5,63	2,46	2,44	3,68	4,68	2,44	4,65	9,65
1964	2,63	2,15	4,06	4,43	4,26	15,88	8,51	10,49	13,86	4,35	3,48	2,63	2,15	6,39	15,88
1965	2,88	2,40	2,43	3,73	9,72	11,92	13,19	8,98	4,53	4,40	12,24	6,59	2,40	6,92	13,19
1966	5,33	3,88	11,74	8,54	4,05	6,06	12,62	7,80	10,54	4,42	4,30	11,23	3,88	7,54	12,62
1967	11,16	6,16	5,12	3,93	3,23	13,85	18,39	13,41	5,09	5,69	4,60	3,57	3,23	7,85	18,39
1968	5,74	4,98	7,88	7,55	4,07	7,40	18,25	7,57	5,96	7,63	6,25	3,94	3,94	7,27	18,25
1969	4,51	4,83	4,22	9,03	10,14	16,10	11,61	14,12	6,42	9,70	6,03	8,40	4,22	8,76	16,10
1972	4,73	4,94	3,87	5,42	6,02	5,28	6,22	3,13	3,87	2,36	4,38	2,63	2,36	4,40	6,22
1973	2,42	2,98	2,61	3,80	4,63	5,29	9,68	7,12	5,35	4,45	4,39	4,38	2,42	4,76	9,68
1980	3,97	4,42	6,69	6,79	6,18	8,63	6,05	3,95	3,77	5,49	3,60	2,72	2,72	5,19	8,63
1981	2,90	2,28	3,51	3,78	3,97	3,41	9,47	7,15	5,32	4,47	3,34	2,96	2,28	4,38	9,47
1982	3,32	2,67	2,61	5,17	6,68	4,85	9,74	26,37	18,45	6,89	3,39	6,50	2,61	8,05	26,37
1983	4,72	5,94	7,77	9,45	8,17	4,59	7,31	6,05	5,87	5,15	2,94	3,58	2,94	5,96	9,45
1984	5,05	5,24	3,58	5,40	4,77	7,25	7,08	4,82	6,95	6,31	6,14	4,12	3,58	5,56	7,25
1985	2,85	4,22	4,49	3,22	7,48	8,68	15,52	11,25	5,64	4,70	2,77	2,36	2,36	6,10	15,52
1986	3,20	4,48	10,22	6,94	5,36	8,13	13,98	5,56	4,51	4,48	5,21	5,38	3,20	6,45	13,98
1987	3,20	7,23	4,15	8,03	7,89	4,77	7,84	5,80	4,61	6,13	4,17	3,82	3,20	5,64	8,03
1988	2,91	4,22	3,57	7,78	7,33	7,96	12,06	4,57	4,28	4,68	6,05	6,44	2,91	5,99	12,06

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Max
1989	5,16	4,67	8,23	4,58	10,25	10,59	7,87	3,60	3,70	3,01	2,44	2,18	2,18	5,52	10,59
1990	1,80	1,39	4,61	2,91	4,59	7,09	5,07	3,49	2,12	3,24	1,87	2,55	1,39	3,39	7,09
1991	4,02	4,98	2,41	2,61	3,15	3,97	8,40	6,92	3,14	2,95	3,72	4,11	2,41	4,20	8,40
1992	1,70	2,22	3,05	6,34	4,59	6,36	5,21	5,19	2,99	1,62	1,51	1,67	1,51	3,54	6,36
1993	1,63	3,14	7,13	5,41	4,72	6,07	6,15	2,76	4,01	3,42	3,46	3,76	1,63	4,31	7,13
1994	3,09	2,90	4,63	5,89	4,82	3,95	6,09	6,72	3,07	3,31	3,34	4,99	2,90	4,40	6,72
1995	3,08	1,96	1,88	1,72	4,23	3,16	5,26	1,87	1,72	2,32	2,87	4,41	1,72	2,87	5,26
1996	3,87	6,72	6,19	4,26	4,22	5,11	9,59	3,27	2,48	2,08	1,41	2,78	1,41	4,33	9,59
Media	4,00	4,47	5,14	5,41	6,01	7,96	9,68	7,14	5,33	4,47	4,37	4,40	4,00	5,70	9,68
Minima	1,63	1,39	1,88	1,72	3,15	3,16	5,07	1,87	1,72	1,62	1,41	1,67	1,39	2,19	5,07
Máxima	11,16	17,01	11,74	9,45	11,71	16,28	18,39	26,37	18,45	9,70	12,24	11,23	9,45	14,48	26,37



Datos Corregidos



Datos Rellenados

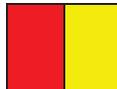
Caudales Mensuales Promedio

Estación: Granobles AJ Guachalá

Código: H143

Año	Ene	Feb	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Min	Med	Max
1962	4,44	4,53	5,30	6,10	6,37	8,29	5,38	3,20	1,75	3,91	3,85	4,83	1,75	4,83	8,29
1963	3,52	5,81	3,82	3,39	3,20	4,58	1,43	1,03	0,68	1,04	2,67	2,50	0,68	2,81	5,81
1964	1,47	1,11	1,89	3,40	2,68	8,43	3,63	3,54	5,36	1,97	2,90	2,84	1,11	3,27	8,43
1965	2,57	1,51	1,18	4,49	8,50	5,78	4,61	3,24	2,86	3,32	14,33	6,01	1,18	4,87	14,33
1966	3,59	2,85	9,22	6,00	3,54	3,31	6,77	2,76	5,10	3,07	5,10	14,70	2,76	5,50	14,70
1967	10,55	6,33	5,14	2,80	2,79	6,33	7,11	3,90	1,90	2,48	3,72	1,68	1,68	4,56	10,55
1968	3,26	4,05	6,59	5,88	1,96	3,75	6,78	2,59	3,27	5,85	4,44	2,50	1,96	4,24	6,78
1969	2,27	2,14	2,29	13,04	7,22	8,95	4,95	3,80	2,66	6,71	6,23	6,68	2,14	5,58	13,04
1970	7,05	10,92	10,04	6,40	8,45	8,65	3,42	4,50	2,56	3,28	7,33	4,54	2,56	6,43	10,92
1971	5,02	7,42	8,03	12,88	9,00	8,86	8,31	3,24	2,52	3,38	4,62	5,79	2,52	6,59	12,88
1975	15,09	12,37	6,29	6,00	17,42	10,22	11,50	4,79	2,54	7,33	12,42	15,33	2,54	10,11	17,42
1976	11,56	5,90	3,95	5,73	9,76	11,85	13,00	7,01	2,03	7,04	7,20	6,08	2,03	7,59	13,00
1977	2,07	4,72	4,70	5,01	3,97	8,71	4,30	3,87	3,08	5,59	4,57	3,01	2,07	4,47	8,71
1978	3,43	3,36	3,87	6,62	4,88	6,48	2,94	3,32	4,78	2,66	1,99	18,18	1,99	5,21	18,18
1979	1,50	0,85	7,23	3,37	6,68	4,77	1,35	2,48	3,34	3,09	2,29	1,93	0,85	3,24	7,23
1980	4,00	6,72	5,92	5,09	3,18	6,23	3,32	1,72	1,03	3,33	2,66	2,48	1,03	3,81	6,72
1981	4,70	2,73	5,91	1,54	2,08	2,10	5,43	2,10	1,51	2,56	9,32	5,53	1,51	3,79	9,32
1982	4,86	5,87	7,79	13,18	13,33	2,91	4,36	4,44	1,43	2,81	4,79	8,92	1,43	6,22	13,33
1984	4,65	4,54	5,20	7,80	7,94	8,34	4,90	2,35	3,45	4,48	4,39	2,31	2,31	5,03	8,34
1985	2,06	1,95	3,32	6,09	6,12	5,62	7,13	7,95	4,80	5,09	4,04	5,78	1,95	5,00	7,95

1987	3,23	7,43	6,00	7,56	9,31	3,24	4,63	3,17	1,91	6,01	3,43	4,55	1,91	5,04	9,31
1989	7,69	6,06	9,76	5,41	8,41	7,63	5,96	1,59	1,00	2,46	2,70	0,80	0,80	4,96	9,76
1991	4,60	4,52	5,30	4,90	4,89	4,70	7,38	4,09	1,04	1,27	3,21	2,03	1,04	3,99	7,38
1992	1,21	2,13	2,15	5,34	3,73	4,38	3,24	2,40	1,19	0,87	1,02	1,54	0,87	2,43	5,34
1993	2,32	1,98	3,57	5,49	5,18	4,60	3,51	1,55	1,73	1,31	3,00	3,86	1,31	3,18	5,49
1994	4,92	4,15	5,76	7,71	7,53	6,11	4,37	3,09	4,63	3,53	4,41	5,47	3,09	5,14	7,71
1995	5,24	2,61	1,67	1,92	2,70	1,68	2,56	1,29	1,06	1,36	3,70	2,04	1,06	2,32	5,24
1996	5,15	5,62	5,22	5,84	6,06	5,55	5,85	2,97	1,88	2,76	1,77	1,48	1,48	4,18	6,06
2000	12,92	14,55	10,28	5,09	6,11	5,60	4,59	2,09	8,70	3,79	1,77	2,60	1,77	6,51	14,55
2001	10,11	4,39	2,65	1,74	1,86	1,98	4,01	3,21	1,49	0,52	0,49	1,05	0,49	2,79	10,11
2002	1,94	1,38	3,34	6,44	4,26	2,25	1,38	0,93	0,30	2,24	4,65	4,20	0,30	2,78	6,44
2003	3,50	2,64	3,01	6,28	6,18	1,58	3,50	2,22	2,54	2,92	7,64	10,89	1,58	4,41	10,89
2004	1,19	1,73	8,06	12,73	8,19	2,70	2,84	1,28	1,44	3,89	2,84	4,63	1,19	4,29	12,73
2005	3,73	2,12	2,49	6,62	6,10	9,35	5,26	2,04	0,97	1,70	2,40	4,27	0,97	3,92	9,35
Media	5,94	6,76	7,38	8,26	7,27	6,67	5,93	4,83	4,55	5,85	6,94	6,47	2,53	4,72	6,12
Mínima	1,19	0,85	1,18	1,54	1,86	1,58	1,35	0,93	0,30	0,52	0,49	0,80	0,30	1,05	1,86
Máxima	15,09	14,55	10,28	13,18	17,42	11,85	13,00	10,51	8,70	7,33	14,33	18,47	7,33	12,89	18,47


 Datos Corregidos


 Datos Rellenados

ANEXO N° 3
CAPTACIONES EN LA MRB: DATOS DE LA
ORGANIZACIÓN PUEBLO KAYAMBI

Canal de Riego	Comunidades beneficiarias	Caudal Otorgado	Caudal Captado
Wuaska Churana YanaUrku	Ancholag Alto	1,25	1,02
Chaupi Chupa Totoraucu	Totoraucu	2,02	1,00
Carboneria	Santa Anita Orongo Loma y la Escuela David Manangon Hacienda Los Andes Hda San Agustin Plantacion Sol Pacific Plantacion Valle Verde Asociacion Rio Blanquillo	98,28	61,66
Vertiente Ancholag	Ancholag Alto Santa Anita San Luis	1,05	0,98
Asociación rio blanquillo y Monjas Yanaurcu	Hda Banco los Andes Asoc. Rio Blanquillo Hacienda San Agustin	71,50	65,00
Canal San Nicolás	San Nicolas	19,00	12,00
Pumamaki chupa Pucara chico	---	1,05	1,00
Ancholag alto	San Agustín	75,00	50,00
Miraflores	Plantacion Andres Cardenas. Gutierrez Piscicultura Hda Carrasco	60,00	40,08
Canal Remonta	Santo Domingo de Guzman Barrio 23 de Julio Barrio 1 de Mayo	10,00	8,00
Aguas de Consumo para Cayambe	Cayambe	12,00	12,00
	Total	349,15	195,74