

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**DESARROLLO DE UN MANUAL HIDROLOGICO PARA EL  
MANEJO DE LAS CUENCAS DEL SUR DE LA COSTA  
ECUATORIANA**

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

**JUAN CARLOS LÓPEZ ORTIZ**

[j\\_clo5988@hotmail.com](mailto:j_clo5988@hotmail.com)

**PABLO DAVID VIERA RÍOS**

[pavlo8891@hotmail.com](mailto:pavlo8891@hotmail.com)

**DIRECTOR: DR. ING. LAUREANO SALVADOR ANDRADE CHÁVEZ**

[laureano.andrade@epn.edu.ec](mailto:laureano.andrade@epn.edu.ec)

**Quito, Marzo 2014**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Juan Carlos López Ortiz y Pablo David Viera Ríos, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**JUAN CARLOS LÓPEZ ORTIZ**

---

**PABLO DAVID VIERA RÍOS**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Carlos López Ortiz y Pablo David Viera Ríos, bajo mi supervisión.

---

**DR. ING. LAUREANO ANDRADE**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTO

La vida me ha trazado un camino maravilloso que jamás hubiese imaginado recorrer, agradezco a todos los que de alguna manera me enrumbaron en este camino.

Agradezco esencialmente a mis padres a quienes les debo la vida, a mi padre y madre que me han dado todo, incluso más de lo que siento que merezco. Ellos estuvieron para mí incondicionalmente y sin reproches cuando más lo necesité, gracias por ser mi guía, todo lo bueno que hay en mí es por ustedes. Agradezco también a mi hermano quien muy a su modo siempre me apoyo y alentó a seguir adelante. Me faltaría vida para agradecer a mi familia.

A los que empezaron siendo compañeros de aula y terminaron siendo mis amigos, especialmente Alex quien colaboró con este proyecto y nunca me dio las espaldas cuando necesite su ayuda, mi gratitud y admiración para él.

A todos los que me formaron profesionalmente, cuyo nivel de exigencia y profesionalismo forjan los ingenieros que el país necesita. Agradecimiento especial al Dr. Laureano Andrade quien me permitió ser parte de este proyecto y me guío en la elaboración del mismo. Gratitud eterna a la E.P.N por haberme acogido y formado.

A las instituciones que colaboraron con este proyecto INAMHI, SENAGUA, MAGAP, IGM y a los coautores del Manual Hidrológico Alex Ramírez, Andrea Sánchez, Cesar Intriago y Cristian Rosero. Sin su ayuda el Manual no hubiese sido posible.

Gracias a mi país, por haberme brindado educación de primer nivel. Espero algún día devolver a mi patria todo lo que me ha dado.

***Pablo.***

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para poder alcanzar mi objetivo planteado.

A mis padres Juan y Mónica, por darme todo su amor y apoyo incondicional, todo lo que soy y seré en el futuro se los debo a ustedes, gracias por seguir confiando en mí pese a las circunstancias que se presentaron en mi vida.

A mi esposa, quien ha sido una persona que ha estado a mi lado dándome amor y fuerzas para salir adelante y poder alcanzar mi objetivo.

A mi hermano Christian, una persona que siempre ha confiado en mí, y ha estado siempre a mi lado compartiendo mis triunfos y fracasos, de todo corazón gracias hermano.

De igual manera a la Escuela Politécnica Nacional, donde tuve mi formación profesional en Ingeniería Civil.

A nuestro Director de Proyecto de Titulación el Dr. Laureano Andrade, por su labor desempeñada como tutor, y conocimientos que han sido de importancia para que se pueda culminar con éxito este proyecto.

A mis amigos de colegio: Diego, José Luis, Santiago, con quienes he compartido gratos momentos desde la adolescencia.

A mis amigos y compañeros de aula de la E.P.N, quienes han sido de gran importancia a lo largo de mi vida universitaria.

**Juan.**

## DEDICATORIA

A mis padres, porque todos los aciertos y logros de mi vida son por y para ellos. Espero que la huella de mi paso por este mundo les llene de orgullo y nunca defraudarlos, ustedes son el mejor ejemplo que cualquiera pueda tener. Si algún día llego a ser la mitad de lo que ustedes son, me sentiré satisfecho.

***Pablo.***

## DEDICATORIA

A mis padres por ser los mejores, demostrándome su cariño y afecto e inculcando en mi valores de humildad y responsabilidad.

A mi esposa e hija, quienes han sido la razón de salir adelante y hacerle frente a todas las circunstancias que se presentaron en mi vida.

A mi hermano con quien he compartido buenos y malos momentos, brindándome su ayuda incondicional cuando más lo necesitaba.

*Juan.*

## CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIAS .....	VI
CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS. ....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS. ....	XVII
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	XX
RESUMEN .....	XXI
ABSTRACT .....	XXII
PRESENTACION .....	XXIII
CAPÍTULO 1:INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Alcance .....	2
1.4. Revisión de estudios relacionados .....	4
1.4.1. Instructivos de procesamiento de información hidrometeorológica ....	4
1.4.2. Atlas climatológico del Ecuador .....	9
1.4.3. Manual hidrológico de las cuencas hidrográficas de la vertiente del Pacífico – Norte .....	12
1.4.4. Manual hidrológico de las cuencas hidrográficas de las vertientes del Amazonas.....	16
CAPÍTULO 2: DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN BÁSICA .....	21
2.1. Información Físico-Geográfica .....	22
2.2. Información Hidrológica y Meteorológica .....	24
2.2.1. Período de Análisis.....	25
2.2.2. Clasificación de las estaciones.....	25



2.2.3. Información Meteorológica.....	27
2.2.4. Información Hidrológica .....	30
2.3. Información del Uso y Tipo de Suelo.....	33
<b>CAPÍTULO 3: UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL SUR DE LA COSTA</b>	
<b>ECUATORIANA .....</b>	<b>38</b>
3.1. División del país por sistemas hidrográficos, cuencas y subcuencas .....	38
3.1.1. Sistema de codificación Pfafstetter .....	39
3.1.2. Sistema de codificación Pfafstetter aplicado al Ecuador .....	41
3.2. Área de estudio .....	46
3.2.1. Nivel 2 para el área de estudio .....	46
3.2.2. Nivel 3 para el área de estudio .....	47
3.2.3. Nivel 4 para el área de estudio .....	49
3.2.4. Consideraciones particulares para el área de estudio .....	51
3.3. Principales características físico – geográficas de las unidades hidrográficas del área de estudio .....	52
3.3.1. Características de las Unidades Hidrográficas del Nivel 3 del sur de la Costa Ecuatoriana .....	54
3.3.2. Características de las unidades hidrográficas del Nivel 4 del sur de la Costa Ecuatoriana .....	56
3.5. Perfiles de los cauces principales de las unidades hidrográficas.....	59
3.6. Uso de suelo de las unidades hidrográficas del área de estudio.....	60
3.7. Tipo de suelo de las unidades hidrográficas del área de estudio .....	63
<b>CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LAS UNIDADES</b>	
<b>HIDROGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>
4.1. Variables climáticas.....	68
4.1.1. Precipitación .....	69
4.1.2. Temperatura .....	70
4.1.3. Evaporación.....	71
4.2. Series mensuales del clima.....	73
4.2.1. Relleno de datos faltantes .....	76

4.2.2.	Validación de las series .....	79
4.2.3.	Valores medios de precipitación y temperatura para el período 1981 – 2010 .....	82
4.3.	Evapotranspiración en el área de estudio .....	83
4.3.1.	Evaporación Potencial .....	84
4.3.2.	Evapotranspiración real .....	86
4.4.	Características representativas del clima .....	89
4.4.1.	Tendencia de la precipitación y la temperatura .....	90
4.4.2.	Variación de la temperatura con la altitud.....	101
4.5.	Mapas temáticos .....	103
4.5.1.	Mapa de isoyetas.....	104
4.5.2.	Mapas de isotermas .....	105
4.6.	Caracterización Climática por unidades hidrográficas.....	107
4.6.1.	Precipitación media por unidad hidrográfica .....	107
4.6.2.	Temperatura media por unidad hidrográfica .....	109
4.6.3.	Evapotranspiración real por unidad hidrográfica.....	110
CAPÍTULO 5: CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS UNIDADES		
HIDROGRÁFICAS .....		
5.2.	Variables hidrológicas .....	112
5.3.	Series de caudales medios mensuales de las estaciones .....	114
5.3.1.	Relleno de datos.....	116
5.3.2.	Validación de las series .....	117
5.4.	Balance hídrico.....	119
5.5.	Caudales medios y mínimos .....	122
5.5.1.	Curva de Duración General (CDG).....	122
5.5.2.	Caudales medios .....	124
5.5.3.	Caudales mínimos .....	125
5.6.	Caudales máximos .....	125
5.6.1.	Método Estadístico – Probabilístico.....	127

5.6.2. Caudales máximos para las estaciones hidrologías .....	129
5.7. Producción de sedimentos .....	131
CAPÍTULO 6: MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR .....	138
6.1. División por unidades hidrográficas del Ecuador con la metodología Pfafstetter.....	139
6.2. División del Ecuador para el análisis.....	144
6.3. Caracterización físico - geográfica de las unidades hidrográficas.....	146
6.4. Uso de suelo .....	148
6.5. Tipo de suelo.....	150
6.6. Análisis climático .....	152
6.6.1. Información meteorológica.....	152
6.6.2. Caracterización climática. (estaciones principales-tendencias).....	156
6.6.3. Variación de la temperatura con la altitud.....	157
6.6.4. Mapas temáticos.....	159
6.6.5. Caracterización climática por unidad hidrográfica .....	162
6.7. Análisis hidrológico.....	163
6.7.1. Información Hidrológica .....	163
6.7.2. Análisis de caudales medios y mínimos .....	165
6.7.3. Análisis de caudales máximos .....	169
6.7.4. Producción de sedimentos.....	175
CAPÍTULO 7: RESULTADOS .....	180
7.1. Conclusiones.....	180
7.2. Recomendaciones.....	188
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	190
ANEXOS .....	193
ANEXO N° 1 : Mapas temáticos.....	194
ANEXO N° 2: Características físico geográficas de las unidades hidrográficas .....	225
ANEXO N° 3: Información meteorológica .....	237
ANEXO N° 4: Información hidrológica.....	243

ANEXO N° 5: Caudales máximos .....	254
ANEXO N° 6: Transporte y producción de sedimentos .....	264
ANEXO DIGITAL.....	269

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Instrumentos de medición utilizados en la meteorología .....	10
Tabla 1.2 Rangos de variación de las variables climáticas .....	11
Tabla 1.3 Tendencias de las variables climáticas .....	12
Tabla 1.4 Estaciones meteorológicas con disponibilidad de series mensuales, Costa - Norte .....	13
Tabla 1.5 Estaciones hidrológicas con disponibilidad de datos, Costa - Norte.....	14
Tabla 1.6 Estaciones meteorológicas con disponibilidad de series mensuales, Vertiente del Amazonas .....	17
Tabla 1.7 Estaciones hidrológicas con disponibilidad de datos, Vertiente del Amazonas .....	18
Tabla 2.1 Fuente y formato de la información utilizada .....	21
Tabla 2.2 Error de la media para las diferentes clases de estaciones .....	26
Tabla 2.3 Clasificación estaciones meteorológicas con datos de precipitación.....	29
Tabla 2.4 Clasificación estaciones meteorológicas con datos de temperatura .....	29
Tabla 2.5 Clasificación estaciones meteorológicas con datos de evaporación .....	30
Tabla 2.6 Clasificación de las estaciones hidrológicas con datos de caudal medio	33
Tabla 2.7 Estaciones hidrológicas con información de caudal máximo.....	33
Tabla 2.8 Estaciones hidrológicas con información de sedimentos .....	33
Tabla 2.9 Resumen del uso del suelo en la zona de estudio .....	34
Tabla 2.10 Resumen del tipo del suelo en la zona de estudio .....	37
Tabla 3.1 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 1 .....	42
Tabla 3.2 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 2 .....	42
Tabla 3.3 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3 .....	44
Tabla 3.4 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del área de estudio del Nivel 2 .....	48
Tabla 3.5 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del área de estudio del Nivel 4 .....	49

Tabla 3.6 Características de las unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3 .	56
Tabla 3.7 Características de las unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 4 .	56
Tabla 3.8 Uso del suelo de la unidad hidrográfica 138.....	62
Tabla 3.9 Uso del suelo de la unidad hidrográfica 139.....	62
Tabla 3.10 Características de los Grupos Hidrológicos de los Suelos .....	63
Tabla 3.11 Áreas de acuerdo al tipo suelo de la unidad hidrográfica 138 .....	66
Tabla 3.12 Áreas de acuerdo al tipo suelo de la unidad hidrográfica 139 .....	67
Tabla 4.1 Serie de datos de precipitación mensual estación M544.....	74
Tabla 4.2 Disponibilidad de la información meteorológica .....	75
Tabla 4.3 Resumen series de datos meteorológicos rellenadas .....	78
Tabla 4.4 Resumen series rellenadas por unidad hidrográfica.....	79
Tabla 4.5 Cantidad de series homogéneas rellenadas con el método de correlación–regresión .....	81
Tabla 4.6 Precipitación media para el período 1981 – 2010 .....	82
Tabla 4.7 Temperatura media para el período 1981 – 2010 .....	83
Tabla 4.8 Horas máximas de sol para los diferentes meses y latitudes .....	85
Tabla 4.9 Disponibilidad de la información para la variable climática evaporación	87
Tabla 4.10 Resultados evapotranspiración potencial y evapotranspiración real ...	87
Tabla 4.11 Diferencia entre la evapotranspiración potencial calculada y medida .	88
Tabla 4.12 Estaciones principales para las cuencas de sur de la Costa Ecuatoriana .....	89
Tabla 4.13 Tendencias de las estaciones principales .....	101
Tabla 4.14 Ecuaciones para la variación de la altura con la altitud para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana .....	102
Tabla 4.15 Cálculo de la precipitación media de la unidad hidrográfica 1399 .....	108
Tabla 4.16 Cálculo de la temperatura media de la unidad hidrográfica 1399.....	109
Tabla 4.17 Cálculo de la evapotranspiración real de la unidad hidrográfica 1399	111
Tabla 4.18 Características climáticas de las unidades hidrográficas .....	111
Tabla 5.1 Tabla para el procesamiento de la información hidrológica.....	115
Tabla 5.2 Resumen de la disponibilidad de la información de caudales medios mensuales .....	115
Tabla 5.3 Resumen series de datos hidrológicas rellenadas .....	117
Tabla 5.4 Validación de series mensuales rellenadas.....	119

Tabla 5.5 Balance hídrico de las unidades hidrográficas de sur de la Costa Ecuatoriana para el período 1981-2010 .....	121
Tabla 5.6 Caudales medios mensuales calculados para el período 1981-2010..	124
Tabla 5.7 Caudales mínimos de las estaciones hidrológicas analizadas para el área de estudio.....	125
Tabla 5.8 Disponibilidad de la información hidrológica de caudales máximos para el área estudio.....	126
Tabla 5.9 Ecuaciones de los parámetros probabilísticos.....	127
Tabla 5.10 Serie de datos de la estación H622 .....	129
Tabla 5.11 Caudales de crecida estación H622 .....	130
Tabla 5.12 Caudales máximos asociados a un período de retorno de las estaciones en el área de estudio.....	131
Tabla 5.13 Estaciones hidrológicas con información de sedimentos .....	132
Tabla 5.14 Serie de datos de sedimentos para la estación H617 .....	133
Tabla 5.15 Caudales sólidos de la estación H617.....	134
Tabla 5.16 Coeficiente de correlación de estaciones utilizadas para el análisis de sedimentos .....	135
Tabla 5.17 Estimación de la producción de sedimentos de la estación H617 .....	136
Tabla 5.18 Estimación de la producción de sedimentos .....	136
Tabla 6.1 Unidades hidrográficas a nivel nacional .....	139
Tabla 6.2 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 1 .....	140
Tabla 6.3 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 2 .....	141
Tabla 6.4 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3 .....	142
Tabla 6.5 Zonas de análisis del Ecuador.....	145
Tabla 6.6 Características físicas de las unidades hidrográficas del Nivel 3 .....	147
Tabla 6.7 Uso del suelo a nivel nacional .....	148
Tabla 6.8 Uso del suelo para el Ecuador.....	149
Tabla 6.9 Características de los Grupos Hidrológicos de los Suelos .....	150
Tabla 6.10 Tipo textural del suelo a nivel nacional.....	152
Tabla 6.11 Estaciones meteorológicas a nivel nacional .....	153
Tabla 6.12 Estaciones meteorológicas por U.H. del Nivel 3 del Ecuador.....	154
Tabla 6.13 Series de datos rellenadas .....	154
Tabla 6.14 Series de datos homogéneas .....	155

Tabla 6.15 Estaciones principales a nivel nacional .....	156
Tabla 6.16 Tendencias de las estaciones principales a nivel nacional.....	157
Tabla 6.17 Caracterización climática por unidad hidrográfica .....	162
Tabla 6.18 Clasificación estaciones hidrológicas .....	163
Tabla 6.19 Estaciones hidrológicas por unidad hidrográfica .....	164
Tabla 6.20 Series de datos hidrológicos rellenas .....	164
Tabla 6.21 Series de datos hidrológicos homogéneos.....	165
Tabla 6.22 Caudales mínimos.....	167
Tabla 6.23 Serie de datos de caudales máximos de la estación H622 .....	170
Tabla 6.24 Caudales de crecida estación H622 .....	170
Tabla 6.25 Caudales máximos .....	173
Tabla 6.26 Caudales sólidos de la estación H617.....	176
Tabla 6.27 Resumen producción de sedimentos estación H617.....	177
Tabla 6.28 Producción de sedimentos .....	178



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Área de estudio Costa - Norte en el Nivel 2 .....	15
Figura 1.2 Área de estudio Vertiente del Amazonas en el Nivel 2.....	18
Figura 2.1 Simbología de las cartas topográficas.....	23
Figura 2.2 Cartas digitales para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana.....	24
Figura 2.3 Estaciones meteorológicas del área de estudio .....	28
Figura 2.4 Estaciones Hidrológicas del área de estudio.....	32
Figura 2.5 Uso del suelo en el área de estudio. ....	35
Figura 2.6 Tipo de suelo en el área de estudio .....	36
Figura 3.1 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 1 .....	41
Figura 3.2 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 2.....	43
Figura 3.3 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3.....	43
Figura 3.4 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 4.....	45
Figura 3.5 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 5.....	46
Figura 3.6 Unidad hidrográfica del Nivel 2 del área de estudio .....	47
Figura 3.7 Unidades hidrográficas del área de estudio del Nivel 3.....	48
Figura 3.8 Área de estudio en el Nivel 4 de la Metodología Pfafstetter.....	50
Figura 3.9 Unidad hidrográfica 1385 .....	51
Figura 3.10 Unidades Hidrográficas de área de estudio con área insular .....	52
Figura 3.11 Área insular de las unidades hidrográficas 139 y 138.....	55
Figura 3.12 Relieve del terreno del área de estudio .....	57
Figura 3.13 Pendientes en grados del área de estudio .....	58
Figura 3.14 Red hidrográfica del área de estudio.....	59
Figura 3.15 Perfil del cauce principal de la unidad hidrográfica 138 .....	60
Figura 3.16 Uso del suelo de las unidades hidrográficas del Nivel 4 del área de estudio.....	61
Figura 3.17 Tipo del suelo de las Unidades Hidrográficas del Nivel 4 del área de estudio.....	65
Figura 4.1 Diagrama de dispersión entre series de precipitación media mensual	77
Figura 4.2 Curva de doble masa homogénea de precipitación media mensual ...	80

Figura 4.3 Curva de doble masa no homogénea de precipitación media mensual .....	81
Figura 4.4 Estaciones principales del área de estudio .....	90
Figura 4.5 Tendencia de la Precipitación para la estación M031 .....	91
Figura 4.6 Tendencia de la Temperatura para la estación M031 .....	91
Figura 4.7 Tendencia de la Precipitación para la estación M142 .....	92
Figura 4.8 Tendencia de la Temperatura para la estación M142 .....	92
Figura 4.9 Tendencia de la Precipitación para la estación M146 .....	93
Figura 4.10 Tendencia de la Temperatura para la estación M146 .....	93
Figura 4.11 Tendencia de la Precipitación para la estación M151 .....	94
Figura 4.12 Tendencia de la Temperatura para la estación M151 .....	94
Figura 4.13 Tendencia de la Precipitación para la estación M176 .....	95
Figura 4.14 Tendencia de la Temperatura para la estación 176 .....	95
Figura 4.15 Tendencia de la Precipitación para la estación M180 .....	96
Figura 4.16 Tendencia de la Temperatura para la estación M180 .....	96
Figura 4.17 Tendencia de la Precipitación para la estación M185 .....	97
Figura 4.18 Tendencia de la Temperatura para la estación M185 .....	97
Figura 4.19 Tendencia de la Precipitación para la estación M482 .....	98
Figura 4.20 Tendencia de la Temperatura para la estación M482 .....	98
Figura 4.21 Tendencia de la Precipitación para la estación MA2U .....	99
Figura 4.22 Tendencia de la Temperatura para la estación MA2U .....	99
Figura 4.23 Estaciones principales y valores medios de precipitación y temperatura .....	100
Figura 4.24 Variación de la temperatura con la altitud para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana .....	102
Figura 4.25 Variación de la temperatura con la altitud realizada por el IRD.....	103
Figura 4.26 Isoyetas para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana .....	105
Figura 4.27 Isotermas para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana.....	106
Figura 4.28 Isoyetas de la unidad hidrográfica 1399 .....	108
Figura 4.29 Isotermas de la unidad hidrográfica 1399 .....	110
Figura 5.1 Diagrama de dispersión entre series de caudales medios mensuales .....	116
Figura 5.2 Curva de doble masa homogénea de caudal medio mensual.....	118

Figura 5.3 Curva de doble masa no homogénea de caudal medio mensual.....	118
Figura 5.4 Ciclo Hidrológico .....	120
Figura 5.5 Curva de Duración General estación H621 .....	123
Figura 5.6 Caudales de crecida de la estación H622 con probabilidad asociada	130
Figura 5.7 Curva de Descarga de Sedimentos de la estación H617 .....	135
Figura 6.1 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 1 .....	140
Figura 6.2 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 2.....	141
Figura 6.3 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3.....	142
Figura 6.4 Unidades Hidrográficas del Ecuador del Nivel 4 .....	143
Figura 6.5 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 5.....	144
Figura 6.6 Zonas de análisis del Ecuador .....	145
Figura 6.7 Perfil longitudinal del cauce principal de la U.H. 138.....	147
Figura 6.8 Uso del suelo en el Ecuador.....	149
Figura 6.9 Tipo de Suelo en el Ecuador .....	151
Figura 6.10 Estaciones principales del Manual Hidrológico del Ecuador .....	155
Figura 6.11 Variación de la temperatura con la altitud de la Vertiente del Pacífico Sur.....	158
Figura 6.12 Variación de la temperatura con la altitud de la Vertiente del Pacífico Norte.....	158
Figura 6.13 Variación de la temperatura de la vertiente del Amazonas .....	159
Figura 6.14 Mapa de isoyetas del Ecuador .....	160
Figura 6.15 Mapa de isotermas del Ecuador.....	161
Figura 6.16 Curva de Duración General de la estación H621 .....	166
Figura 6.17 Caudales de crecida de la estación H622 con probabilidad asociada .....	171
Figura 6.18 Densidad de probabilidades.....	172
Figura 6.19 Curva de Descarga de Sedimentos de la estación H617 .....	175

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>CDG</b>	Curva de duración general.
<b>DGAC</b>	Dirección General de Aviación Civil.
<b>ETP</b>	Evapotranspiración potencial (mm).
<b>ETR</b>	Evapotranspiración real (mm).
<b>EVP</b>	Evaporación (mm).
<b>FAO</b>	Organización para la Agricultura y la Alimentación.
<b>GHS</b>	Grupo Hidrológico del Suelo.
<b>He</b>	Lámina de Evapotranspiración anual (mm).
<b>Hp</b>	Precipitación mensual (mm).
<b>hQ</b>	Lámina de escurrimiento superficial media anual (mm).
<b>IGM</b>	Instituto Geográfico Militar.
<b>INAMHI</b>	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
<b>IPCC</b>	Panel Intergubernamental del Cambio Climático.
<b>MAE</b>	Ministerio de Medio Ambiente.
<b>MAGAP</b>	Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca.
<b>OMM</b>	Organización Meteorológica Mundial.
<b>Qm</b>	Caudal medio (m <sup>3</sup> /s).
<b>Qmáx</b>	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s).
<b>Qmáx sup.</b>	Caudal máximo superior (m <sup>3</sup> /s).
<b>SCS</b>	Soil Conservation Service.
<b>SENAGUA</b>	Secretaría Nacional del Agua.
<b>SGCAN</b>	Secretaría General de la Comunidad Andina.
<b>T</b>	Temperatura (°C).
<b>Tmedia</b>	Temperatura media (°C).
<b>Tr</b>	Período de retorno (años).
<b>U.H.</b>	Unidad hidrográfica.
<b>UICN</b>	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
<b>ΔV</b>	Variación del volumen de almacenamiento (m <sup>3</sup> ).

## RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo generar el Manual Hidrológico para las unidades hidrográficas de sur de la Costa Ecuatoriana y la integración de la información en el Manual Hidrológico del Ecuador, manual que contempla la caracterización: físico – geográfica, climática, hidrológica y producción de sedimentos de las unidades hidrográficas delimitadas y codificadas por la Metodología Pfafstetter.

La caracterización físico - geográfica se realizó a partir de información cartográfica en escala 1:50000 y 1:250000, para el área de estudio se analizaron las unidades hidrográficas de Nivel 3 y 4 de la Metodología Pfafstetter. Adicionalmente se incluyó el tipo y uso de suelo para las unidades hidrográficas estudiadas. Para la caracterización climática e hidrológica se trabajó con las series de datos meteorológicas e hidrológicas comprendidas entre 1981- 2010.

La caracterización climática se enfoca en las variables: precipitación, temperatura y evaporación. Para las dos primeras variables se analiza la variación con el tiempo y espacio, y se obtiene la media para el período de análisis, mientras que la evaporación es analizada con respecto a la evapotranspiración real y potencial.

Para la caracterización hidrológica se obtuvieron: los caudales mínimos, medios y máximos, estos últimos asociados a un período de retorno, además de la elaboración de curvas de duración general, balance hídrico y producción de sedimentos.

En la integración de la información en el Manual Hidrológico del Ecuador se consideró los siguientes trabajos:

- Ramírez, A. y Rosero, C., 2013. Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de las Vertientes del Amazonas. EPN. Quito.
- Intriago, C. y Sánchez, A., 2013. Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de la Vertiente del Pacífico-Norte. EPN. Quito.

## ABSTRACT

This project aims to create the Hydrological Manual for hydrographic units south of the Ecuadorian coast and the integration of information on the Hydrological Manual of Ecuador, manual which includes the following characterization: physical – geographical, climate and hydrologic of hydrographic units encoded by the Pfafstetter Methodology.

The physical – geographical characterization was based on geographic information mapping on a scale of 1:50000 and 1:250000 and analysis directed by the hydrographic units of level 3 and 4 of the Pfafstetter Methodology. Additionally, the type and use of land for the studied watershed units included. The climatic and hydrological characterization used with a series of data including meteorological and hydrological data from the years 1981- 2010.

The climatic characterization focuses on the following variables: precipitation, temperature and evaporation. For the first two variables the analysis of varying time and space was performed, and the average was obtained for the period of analysis, while evaporation is analyzed with respect to potential and real evapotranspiration.

The minimum, average and maximum flows for hydrological characterization were obtained, the latter was associated with a return period, in addition to the development of overall duration curves, water balance and sediment production.

For the integration of information in the manual Hydrological Ecuador consider the following projects:

- Ramírez, A. & Rosero, C., 2013. Hydrological Manual for Watershed of the Amazon. EPN. Quito.
- Intriago, C. & Sánchez, A., 2013. Hydrological Manual for Watershed of Shed North Pacific. EPN. Quito.

## PRESENTACION

El proyecto de titulación se divide en 7 capítulos:

**Capítulo 1. Introducción.-** Incluye la introducción, los objetivos, el alcance del proyecto y la revisión de estudios existentes relacionados con el presente proyecto.

**Capítulo 2. Disponibilidad de información básica.-** Se elabora un inventario de la información disponible en el área de estudio para el análisis, se clasifica la información hidrometeorológica, de acuerdo a la disponibilidad de la información y se establece el período de análisis.

**Capítulo 3. Unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana.-** Se describe la división y delimitación de las unidades hidrográficas mediante la Metodología Pfafstetter para el área de estudio. Además se realiza la caracterización físico – geográfica, el análisis del tipo y uso del suelo para las unidades hidrográficas del nivel 3 y 4.

**Capítulo 4. Caracterización climática de las unidades hidrográficas.-** Se definen las variables precipitación, temperatura y evaporación, se rellena los vacíos en las series de datos y se valida las series mensuales del clima obteniendo valores medios de precipitación, temperatura y evaporación. Se analiza la tendencia de la precipitación y temperatura mediante estaciones representativas para las unidades hidrográficas, se calcula la evapotranspiración potencial y real, finalmente se presentan mapas temáticos de isoyetas e isotermas para el área de estudio.

**Capítulo 5. Caracterización hidrológica de las unidades hidrográficas.-** En este capítulo se incluye la definición de las variables hidrológicas, se realiza el relleno de los datos faltantes para las series de caudales medios, con la respectiva validación de las mismas. Se obtiene la curva de duración general, los caudales medios y mínimos, se incluye el balance hídrico para las cuencas

representativas con información hidrológica y climática. Además se calculan los caudales máximos con período de retorno asociado, finalmente se estima el transporte, producción de sedimentos y la lámina de erosión.

**Capítulo 6. Manual Hidrológico del Ecuador.-** Se integra la información en el Manual Hidrológico del Ecuador.

**Capítulo 7. Conclusiones y recomendaciones.-** Se presentan las conclusiones obtenidas y las recomendaciones.



# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la disponibilidad y variabilidad del recurso hídrico en el tiempo y espacio es fundamental para una adecuada gestión del agua, dada la variabilidad y el cambio climático, además de la incidencia antrópica asociada a la implementación de proyectos hidráulicos.

El presente proyecto de titulación incluye:

- a) La generación de la información físico - geográfica, climática, hidrológica y sedimentológica de la zona que corresponde a las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana, y;
- b) La integración de la información en el Manual Hidrológico, que se propone a nivel nacional, sin incluir las islas y considerando además de la información generada, la información contenida en los proyectos de titulación:
  - Ramírez, A. y Rosero, C., 2013. Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de las Vertientes del Amazonas. EPN. Quito.
  - Intriago, C. y Sánchez, A., 2013. Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de la Vertiente del Pacífico-Norte. EPN. Quito.

Los análisis fueron realizados a nivel de cuenca como unidad física integradora, para ello se trabajó con la delimitación de unidades hidrográficas propuesta por la Secretaria Nacional del Agua en base a la metodología Pfafstetter.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Generar información de las características físico - geográficas, climatológicas, hidrológicas y sedimentológicas de las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana e incorporar la información en el Manual Hidrológico del Ecuador.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Construir una base de datos georeferenciada de las características físico-geográficas de las cuencas y sub cuencas de drenaje.
- Evaluar la disponibilidad de estaciones hidrometeorológicas y de información climatológica e hidrológica.
- Construir una base de datos de las variables climatológicas, de mayor incidencia en el comportamiento hidrológicos de las cuencas.
- Generar series hidrometeorológicas y verificar su homogeneidad.
- Generar los caudales mínimos, medios y máximos característicos de las cuencas en estudio.
- Presentar información climática e hidrológica de forma resumida y generar mapas temáticos asociados.
- Generar el Manual Hidrológico del Ecuador.

## **1.3. ALCANCE**

El estudio se enfoca en las unidades hidrográficas del sur de la vertiente del Pacífico, unidades hidrográficas delimitadas y codificadas en base a la Metodología Pfafstetter (SENAGUA, 2011). El proyecto presenta información físico geográfica, climatológica, hidrológica y sedimentológica de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana.

La caracterización física – geográfica en base a información cartográfica del IGM en escalas 1: 250.000 y 1: 50.000, además de información del MAGAP entorno al uso y tipo de suelo. El análisis climático, hidrológico y de producción de sedimentos se realizó con información del INAMHI, para el período de análisis comprendido entre 1981 y 2010, trabajando con las estaciones hidrológicas y meteorológicas con la información suficiente para su análisis.

La caracterización climática considera las variables: precipitación, temperatura y evaporación, se incluyen mapas de isotermas e isoyetas para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana que tienen como base los mapas temáticos del Atlas Climatológico del Ecuador (Barros, J. y Troncoso, A., 2010). Mientras que para la caracterización hidrológica el análisis se orientó a caudales mínimos, medios y máximos, además se incluye el balance hídrico para las unidades hidrográficas y la producción de sedimentos.

El Manual Hidrológico del Ecuador se constituye con la unificación de la información de las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana y la información contenida en los proyectos de titulación:

- Ramírez, A.; Rosero, C., 2013. Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de las Vertientes del Amazonas. EPN. Quito.
- Intriago, C.; Sánchez, A. 2013. Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de la Vertiente del Pacífico-Norte. EPN. Quito.

El Manual Hidrológico del Ecuador contiene información físico – geográfica, climatológica, hidrológica y sedimentológica de las unidades hidrográficas del Nivel 3 y 4. El Manual se presenta en formato digital donde se describe el contenido y la metodología utilizada, además se incluye el anexo digital del mismo, que contiene las series de datos, tablas de resultados y los mapas temáticos.

## **1.4. REVISIÓN DE ESTUDIOS RELACIONADOS**

### **1.4.1. ALMEIDA MARIA, 2010. INSTRUCTIVOS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN HIDROMETEREOLÓGICA. EPN. QUITO**

El proyecto presenta una guía para el procesamiento de la información hidrometeorológica, basado en la “Guía de Practicas Hidrológicas” de la OMM y en los “Instructivos para el Procesamiento de Datos y Cálculo Hidrológico” del Ing. Oscar Villacís y del Dr. Laureano Andrade.

El manejo de la información hidrometeorológica debe ser normado para contribuir al desarrollo de los diferentes tipos de proyectos relacionados con el agua.

#### **Caracterización físico – geográfica de las cuencas de drenaje**

Los parámetros físicos y geográficos de las cuencas tienen relación con el comportamiento de las mismas, así como también son útiles para correlacionar cuencas con escasa información.

Los parámetros superficiales que permiten la caracterización de la cuenca son:

- La delimitación de la cuenca;
- La línea divisoria de aguas;
- Área de drenaje;
- Forma de la cuenca

Las características de relieve de la cuenca que se deben conocer son:

- Pendiente de la cuenca;
- Curva hipsométrica ( se presenta un formato para la determinación de esta curva);
- Cota media, y;
- Pendiente del cauce principal (incluye un formato de tabla de apoyo para su cálculo).

Es necesario conocer el uso y tipo de suelo, este tipo de información es manejada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, adicional a esto las visitas de campo y herramientas computacionales como el Google Earth proporcionan ayuda en este campo. Esta información es necesaria ya que el suelo influye directamente en la escurrentía.

### **Caracterización climática de la cuenca de estudio y sitios de obra**

En la caracterización climática se analizan las variables meteorológicas tanto en sus valores medios como extremos, para series mensuales y anuales. La información de estas variables las presenta el INAMHI en los anuarios, los datos de estos provienen de la red de estaciones meteorológicas. La información procesada en los anuarios se refiere a las siguientes variables climáticas:

- Heliofanía;
- Temperatura;
- Humedad relativa;
- Tensión de vapor;
- Precipitación;
- Nubosidad;
- Viento, y;
- Evaporación.

La precipitación, temperatura, humedad, nubosidad y evaporación son las principales variables a considerar para la caracterización de una cuenca, para esto se deben identificar las estaciones ubicadas dentro del área de la misma. Al menos se debe disponer de una estación al interior de la cuenca, si no se cumple esta condición se deberá trabajar con datos al exterior de la misma y se utilizará uno de los siguientes métodos de interpolación:

- Polígonos de Thiessen;
- Basados en el peso lineal e inversamente proporcional a la distancia;
- Basados en funciones polinomiales suavizadas, o;
- Geo – estadísticos

## **Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información de las variables climáticas el autor propone formatos, en estos se trabaja con valores mensuales y se incluye también los datos de la estación a la que pertenece el registro de los datos.

## **Cálculo de aforos líquidos y elaboración de curvas de descarga**

El aforo permite determinar el caudal, siendo importante conocer los procedimientos para realizar este trabajo de la mejor forma. Existen varios métodos de aforos: de sección y velocidad, químicos, canal medidor Parshall, vertederos y orificios.

La curva de descarga no es únicamente una relación del nivel y del caudal, también intervienen parámetros determinados con los aforos, la curva es de forma parabólica y tangente al eje horizontal, esta se puede ver afectada por varios factores: inestabilidad en la sección de control, anulación del efecto sección de control, efectos de histéresis causados por la onda de crecida o por el lecho cambiante del cauce, errores en los aforos, cambio del cero en los aforos, flujo no uniforme, entre los principales factores que inducen al error.

La curva permite conocer los caudales históricos y será más confiable mientras exista mejor calidad y mayor número de aforos, además de la distribución de estos en el tiempo.

## **Validación de la información hidrometeorológica y relleno de datos**

La información hidrometeorológica en el país presenta vacíos en el registro, ante esta realidad y la necesidad de usar esta información, se hacen necesarios métodos para el relleno de datos y para la detección de datos dudosos.

### ***Método de correlación – regresión***

Este método se usa para el relleno de datos como también para extensiones estadísticas, en este se relacionan las series de datos de dos estaciones, que deben ser próximas entre sí. El coeficiente de correlación indica el nivel de dependencia entre las dos series, cuando el coeficiente de correlación es mayor a 0.7 es recomendable la aplicación de este método.

### ***Validación de datos***

La calidad de la serie de datos es dudosa, ya que errores u omisiones cometidos en la toma o digitalización de datos, sumado a problemas con la instrumentación, conlleva a que las series no sean homogéneas. Por lo que los datos con alta incertidumbre deben ser corregidos o eliminados. Los métodos para evaluar la calidad de las series de datos son:

- Prueba de rachas o secuencias, y ;
- Curvas de doble masa.

### **Determinación de caudales medios y mínimos**

La variación temporal y espacial del recurso hídrico puede ser evaluada por varios métodos, como el de la Curva de Duración General y Curva de Variación estacional. Estos métodos analizan los caudales medios y mínimos de una cuenca hidrográfica.

#### ***Curva de duración general (CDG)***

La curva muestra el caudal respecto a la probabilidad de que este sea excedido o igualado, es utilizada para la determinación del caudal de diseño de un proyecto hidráulico. Se puede trabajar con valores medios: diarios, mensuales o anuales, considerando que estos dos últimos proporcionan menos información respecto a la curva de valores medios diarios. El proyecto de titulación presenta una tabla de apoyo para la elaboración de esta curva.

#### ***Curva de variación estacional (CVE)***

La curva de variación estacional muestra la distribución del caudal en un período de un año, asociado a una probabilidad de ocurrencia. Para esto se debe contar con el registro de los datos de las series mensuales, se presenta tablas de apoyo para determinar estas curvas.

En el caso de no contar con los datos de una cuenca, se puede relacionar a esta con otra que sea hidrológicamente similar. La relación de caudal y área de drenaje será la misma entre las cuencas relacionadas, siendo de este modo posible obtener las curvas de variación.

## **Determinación de caudales máximos**

Los caudales máximos son ampliamente superiores a los medios, algo que influye directamente en el diseño de las obras hidráulicas y para su cálculo se usa la probabilidad teórica.

El caudal máximo se asocia al período de retorno, ya que este tiene relación con la probabilidad de que los eventos sean superados o igualados. Al período de retorno se le asocia un riesgo asumido, este deberá tener coherencia con la magnitud e importancia de la obra hidráulica.

La serie anual está formada por los datos registrados de los caudales máximos instantáneos, por lo que será necesario evaluar la confiabilidad en la calidad de la serie de datos, así como también una adecuada aleatoriedad y tamaño de la muestra, sumado a la homogeneidad de la serie de datos.

Para el intervalo de confianza es importante el cálculo de los límites dentro de los cuales debería estar el valor del caudal máximo. Estos límites se deben calcular con la misma distribución de probabilidad que se usó para encontrar los caudales instantáneos máximos, existen tablas que ayudan en el caso de proyectos pequeños.

## **Curvas de frecuencia de crecidas**

La obtención de estas curvas puede ser de dos diferentes formas: gráfica y analítica. En el primer método se ordenan los caudales siguiendo un orden de magnitud, para posteriormente graficarlos en un papel de probabilidad y así definir una curva de tendencia. Mientras que para el método analítico se aplican las distribuciones teóricas de probabilidad.

## **Método racional**

Método que según expertos se usa en cuencas pequeñas, para un tiempo máximo de precipitación de 30 minutos y un tiempo de concentración de 12 horas. Este método supone que los caudales máximos se presentan cuando el tiempo de precipitación es igual al tiempo de concentración.



En este método se plantea una ecuación para la determinación de caudales, esta guarda relación con el área de la cuenca, intensidades de precipitación y coeficientes de escorrentía. Las intensidades de precipitación se obtienen del trabajo de zonificación del INAMHI y los coeficientes de escorrentía de tablas existentes en la literatura.

#### **1.4.2. BARROS, G.; TRONCOSO A., 2010. ATLAS CLIMATOLÓGICO DEL ECUADOR. EPN. QUITO**

El Atlas Climatológico del Ecuador generado por este proyecto, representa gráficamente las variables climatológicas en el Ecuador continental, analizando su variación espacial y temporal.

El Ecuador se encuentra en una zona intertropical, el país incluye tres regiones: litoral, montañosa y llanura oriental, cada una con sus propias características. Información del INAMHI muestra que el país está bajo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical o Zona de Bajas presiones, sumado a la Zona de Alta Presión. Estas condiciones hacen que se presenten baja variación de la temperatura mensual.

El clima del país se ve influenciado por la corriente de Humboldt y la corriente marítima cálida de El Niño, adicionalmente la existencia de la Cordillera de Los Andes, hacen que el clima no sea totalmente cálido pese a la ubicación del Ecuador en la zona ecuatorial y en su lugar se presentan patrones extremadamente diferentes. La existencia de masas de aire que se mueven, provocan cambios en el clima.

En la variación del clima intervienen los siguientes factores: latitud, altitud, localización, corrientes oceánicas y sistemas montañosos. Mientras que las variables que caracterizan al clima son: precipitación, variación temporal de la precipitación, temperatura, humedad ambiental, evaporación, radiación solar, heliofanía, viento. Para la medición de estas en el país se cuenta con estaciones

meteorológicas de los siguientes tipos: aeronáuticas, agrometeorológicas, climáticas ordinarias, climáticas principales, climáticas especiales, pluviográficas y pluviométricas. Los métodos para la medición de las variables climáticas son varios, se los muestra la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Instrumentos de medición utilizados en la meteorología**

VARIABLE A SER MEDIDA	INSTRUMENTOS UTILIZADOS
Precipitación	Pluviógrafo. Pluviómetro.
Temperatura	Termómetro seco. Termómetro de máxima. Termómetro de mínima. Termógrafo.
Humedad	Psicrómetro. Higrómetro.
Evaporación	Tanque de Evaporación Tipo A
Radiación Solar	Piranómetro Heliógrafo.
Viento	Anemómetro. Anemógrafo.

Fuente: (Barros, J. y Troncoso, A., 2010)

### Información histórica del clima y base de datos

La base de datos para este estudio está constituida por información de los anuarios del INAMHI e información de la Dirección del Aviación Civil, adicionalmente información de estaciones de Colombia y Perú. Las series de datos presentan vacíos, se usa el Método de correlación y regresión para el relleno de datos de las series.

Además del problema de vacíos en la información existe falta de homogeneidad en la distribución de las estaciones, es decir, existen zonas donde se concentra un mayor número de estaciones. Las variables climáticas precipitación y temperatura media mensual son las estaciones que mayor registro de datos poseen, en la sierra se presenta mayor número de estaciones mientras que el oriente un reducido número de las mismas.

Para evaluar la homogeneidad de la información se utiliza el test de las secuencias, o también la Curva de Doble Masa. Las estaciones que se analizan presentan una tendencia aceptable para el período de análisis de datos de 35 años, para esto en el estudio se verifica la validez de este período con el método de curvas de masa residual. En este método se identifica para todas las estaciones en análisis tres ciclos de variación aceptándose el período de 35 años. En el estudio se utilizan isolíneas para la representación en mapas de las variables climáticas en análisis.

### Variabilidad climática en el Ecuador

En el estudio se analiza las variables climáticas en sus valores máximos, medios y mínimos, de las estaciones meteorológicas en estudio. Entre las cotas 2000 m s.n.m. y 3000 m s.n.m. se encuentran un mayor número de estaciones para las variables temperatura y precipitación, mientras que para evaporación, humedad relativa y heliofanía se tiene una mayor concentración de estaciones para la sierra.

Los autores presentan mapas de las variables, los rangos de variación para cada variable, así como también el mayor porcentaje de área que registra el mismo rango de valores se presenta en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2 Rangos de variación de las variables climáticas**

VARIABLE CLIMATICA DEL MAPA	RANGO DE VARIACION	AREA-INTERVALO MAS REPRESENTATIVO	
		PORCENTAJE DEL AREA DEL PAIS (%)	INTERVALO DE VALORES
Precipitación máxima	500mm-7500mm	19.7%	4000mm-4500mm
Precipitación media	0-5000mm	20.8%	3000mm-3500mm
Precipitaciones mínima	0-4000mm	23.18%	2000mm-2500mm
Temperatura máxima absoluta	10°C-36°C	30.12%	32°C-34°C
Temperatura media	4°C-26°C	31.89%	24°C-26°C
Temperatura mínima absoluta	-10°C-20°C	22.07%	18°C-20°C
Evaporación	100mm-1450mm	33.86%	700-850mm
Humedad relativa	66%-93%	30.95%	81%-84%

Fuente: (Barros, J. y Troncoso, A., 2010)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Análisis de tendencias y cambio climático

A partir de 16 estaciones se analiza la distribución espacial y temporal tanto para la precipitación como para la temperatura para el período de análisis de 35 años. En la Tabla 1.3 se presentan las tendencias por regiones.

**Tabla 1.3 Tendencias de las variables climáticas**

REGIÓN	TENDENCIA DE LA VARIABLE		
	PRECIPITACIÓN	TEMPERATURA	EVAPORACIÓN
Costa	Creciente.	Creciente.	Creciente
Sierra	Decreciente (tendencia creciente en la zona centro).	Creciente (exceptuando Latacunga con tendencia decreciente).	Creciente (excepto el período de los últimos 10 años)
Oriente	No existe tendencia marcada por las fluctuaciones.	Creciente	Creciente

Fuente: (Barros, J. y Troncoso, A., 2010)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La tendencia creciente de la temperatura observada en el registro de datos para el período en análisis de 35 años, son prueba que el país atraviesa por un proceso de cambio climático producto de los gases de efecto invernadero y el cambio de uso del suelo. Esto también se refleja en la precipitación, ya que mientras en la Región Costa existe una tendencia creciente, en la sierra ocurre todo lo contrario una tendencia decreciente.

#### 1.4.3. INTRIAGO, C.; SANCHEZ, A., 2013. MANUAL HIDROLOGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE LA VERTIENTE DEL PACIFICO – NORTE. EPN. QUITO

Este proyecto constituye la primera parte del Manual Hidrológico del Ecuador, y se relaciona con las unidades hidrográficas del Nivel 3 y 4 del norte de la vertiente del Pacífico, unidades delimitadas y codificadas con la metodología Pfafstetter.

Se presenta la caracterización físico – geográfica de las unidades hidrográficas, caracterización climática e hidrológica. Para ello los autores trabajaron con

información cartográfica en escalas 1: 50.000 y 1: 250.000, el período de análisis de la información meteorológica e hidrológica comprende el período 1981 - 2010. Para una interpretación gráfica de los resultados se generan mapas temáticos a partir de la información climática e hidrológica.

La información utilizada para el estudio es la siguiente:

- Cartográfica, cartas topográficas en escala 1:50.000 y 1: 250.000, información proporcionada por el IGM.
- Meteorológica e hidrológica, anuarios meteorológicos e hidrológicos del período de 1981 - 2010 información proporcionada por el INAMHI.
- División del Ecuador en unidades hidrográficas, información proporcionada por la SENAGUA.
- Tipo y uso del suelo, escala 1:250.000, información proporcionada por el MAGAP.

### Información meteorológica

La información meteorológica se obtiene de la red de estaciones meteorológicas del país manejada por el INMAHI, información correspondiente al período comprendido entre 1981-2010. Las variables analizadas son precipitación, temperatura y evaporación.

La Tabla 1.4 resume la cantidad y tipo de estaciones para la zona de estudio.

**Tabla 1.4 Estaciones meteorológicas con disponibilidad de series mensuales, Costa - Norte**

VARIABLE METEOROLOGICA	NÚMERO DE ESTACIONES			
	A	B	C	TOTAL
Precipitación	112	51	38	201
Temperatura media	33	17	38	88
Evaporación	14	16	20	50

Fuente: (Intriago, C. y Sánchez, A., 2013)

### Información hidrológica

Las estaciones hidrológicas manejadas por el INAMHI proporcionan la información necesaria para la caracterización hidrológica, información para el período comprendido entre 1981-2010. La caracterización hidrológica se realiza

en base a: caudal medio mensual, caudal máximo y caudal mínimo, balance hídrico y se analiza también la producción de sedimentos. La Tabla 1.5 presenta la cantidad de estaciones utilizadas y su clasificación.

**Tabla 1.5 Estaciones hidrológicas con disponibilidad de datos, Costa - Norte**

VARIABLE HIDROLÓGICA	NÚMERO DE ESTACIONES			
	A	B	C	TOTAL
Caudal medio mensual	28	28	11	67
Caudal máximo	11	13	13	37
Caudal sólido	17	9	17	43

Fuente: (Intriago, C. y Sánchez, A., 2013)

### Área de estudio

El área de estudio comprende las unidades hidrográficas 14 y 15 correspondientes al Nivel 2 de la delimitación y codificación del Ecuador por la metodología Pfafstetter. La unidad 14 está formada por 9 unidades hidrográficas en el Nivel 3, mientras que la unidad 15 está formada por 5 unidades hidrográficas en el Nivel 3. En la Figura 1.1 se muestra el área de estudio.

La caracterización física de las unidades hidrográficas en el Nivel 3 y 4, responde a las siguientes características físicas de las cuencas:

- Área de drenaje
- Forma de la cuenca
- Densidad de drenaje
- Pendiente media de la cuenca
- Pendiente media ponderada del cauce principal.

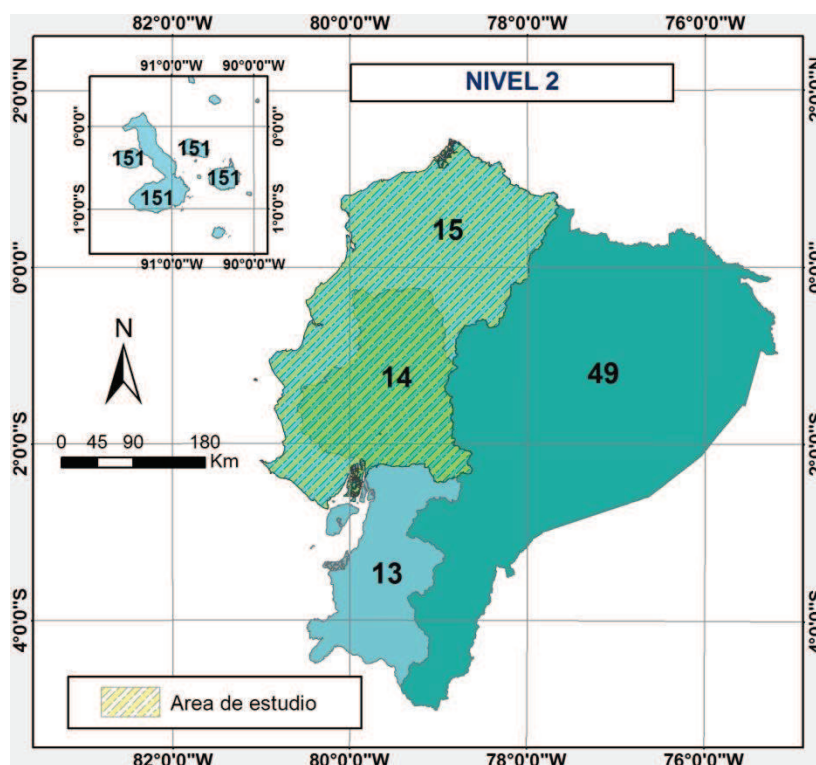
Se presentan tablas de resumen con los resultados, además se presentan los perfiles de los cauces principales de las cuencas.

### Caracterización climática de las unidades hidrográficas

El período de análisis es de 30 años 1981 - 2010, y se analizan las variables:

- Precipitación
- Temperatura
- Evaporación

**Figura 1.1 Área de estudio Costa - Norte en el Nivel 2**



Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Para el relleno de vacíos en las series de datos se utiliza el método de correlación - regresión aplicado para estaciones vecinas, con coeficiente de correlación mayor a 0.7. La evaluación de la homogeneidad de las series se realiza con la Curva de Doble Masa, y además con la información climática se elaboran mapas de isotermas e isoyetas para la zona de estudio.

Para la estimación de la evapotranspiración real y potencial para cada unidad hidrográfica se utilizó los métodos de Turc y Thornthwaite respectivamente, y se comparó con la evaporación medida, los autores concluyen que son del mismo orden.

En el proyecto se presentan curvas de tendencias de las variables climáticas para las estaciones representativas de la zona de estudio y la caracterización climática por unidad hidrográfica.

### **Caracterización hidrológica de las unidades hidrográficas**

Para la caracterización hidrológica se analiza el caudal mínimo, medio y máximo de las estaciones consideradas, balance hídrico y producción de sedimentos. El relleno y la validación de la series de datos se realiza con la misma metodología de la información meteorológica.

La elaboración de las Curvas de Duración General para las estaciones hidrológicas consideradas, permite la obtención de caudales mínimos y medios, además el análisis de caudales máximos con probabilidad asociada.

El balance hídrico de las unidades hidrográficas en estudio es obtenido con la ecuación hidrológica y se presentan tablas con los resultados para las unidades hidrográficas. El proyecto también incluye la producción de sedimentos para las estaciones con información suficiente.

#### **1.4.4. RAMIREZ, A.; ROSERO, C., 2013. MANUAL HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LAS VERTIENTES DEL AMAZONAS. EPN. QUITO**

Este proyecto constituye la segunda parte del Manual Hidrológico del Ecuador, y se relaciona con las unidades hidrográficas del Nivel 3 y 4 de la vertiente del Amazonas, unidades delimitadas y codificadas con la metodología Pfafstetter.

Se presenta la caracterización físico – geográfica de las unidades hidrográficas, caracterización climática e hidrológica. Para ello los autores trabajaron con información cartográfica en escalas 1: 50.000 y 1: 250.000, el período de análisis de la información meteorológica e hidrológica comprende el período 1981-2010. Para una interpretación gráfica de los resultados se generan mapas temáticos a partir de la información climática e hidrológica.



La información utilizada para el estudio es la siguiente:

- Cartográfica, cartas topográficas en escala 1:50.000 y 1: 250.000, información proporcionada por el IGM.
- Meteorológica e hidrológica, anuarios meteorológicos e hidrológicos del período de 1981 - 2010 información proporcionada por el INAMHI.
- División del Ecuador en unidades hidrográficas, información proporcionada por la SENAGUA.
- Tipo y uso del suelo, escala 1:250.000, información proporcionada por el MAGAP.

### Información meteorológica

La información meteorológica se obtiene de la red de estaciones meteorológicas del país manejada por el INMAHI, información correspondiente al período comprendido entre 1981-2010. Las variables analizadas son precipitación, temperatura y evaporación.

La Tabla 1.6 resume la cantidad y tipo de estaciones para la zona de estudio.

**Tabla 1.6 Estaciones meteorológicas con disponibilidad de series mensuales, Vertiente del Amazonas**

VARIABLE METEOROLOGICA	NÚMERO DE ESTACIONES			
	A	B	C	TOTAL
Precipitación	55	17	13	85
Temperatura media	16	12	14	42
Evaporación	8	3	10	21

Fuente: (Rámirez, A. y Rosero, C., 2013)

### Información hidrológica

Las estaciones hidrológicas manejadas por el INAMHI proporcionan la información necesaria para la caracterización hidrológica, información para el período comprendido entre 1981 - 2010. La caracterización hidrológica se realiza en base a: el caudal medio mensual, caudal máximo y caudal mínimo, balance hídrico y se analiza también la producción de sedimentos. La Tabla 1.7 presenta la cantidad de estaciones utilizadas y su clasificación.

**Tabla 1.7 Estaciones hidrológicas con disponibilidad de datos, Vertiente del Amazonas**

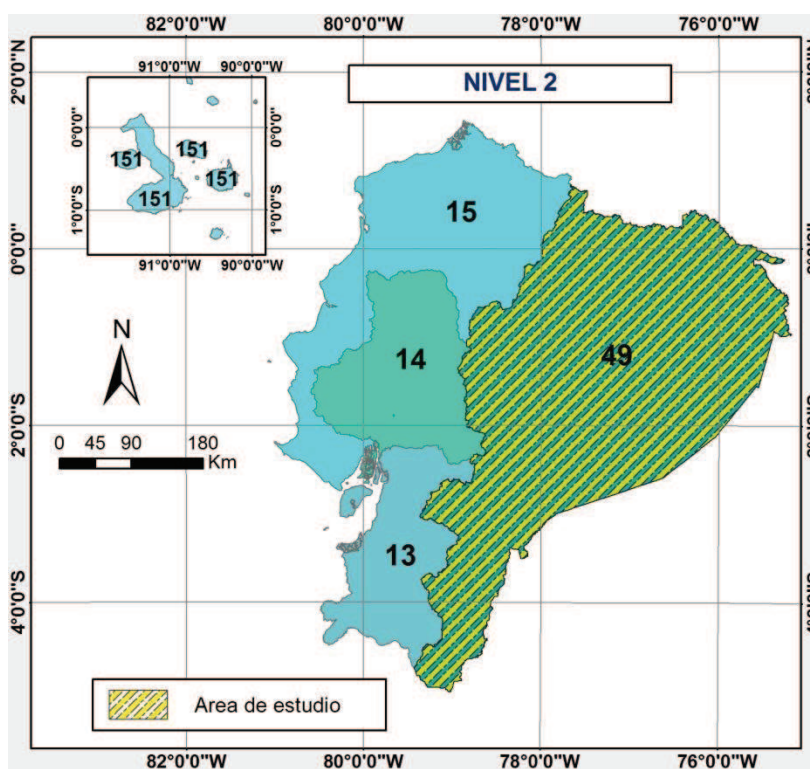
VARIABLE HIDROLÓGICA	NÚMERO DE ESTACIONES			
	A	B	C	TOTAL
Caudal medio mensual	18	21	53	92

Fuente: (Rámirez, A. y Rosero, C., 2013)

### Área de estudio

El área de estudio comprende la región hidrográfica 4, la cual corresponde a la unidad hidrográfica 49 correspondiente al Nivel 2 de la delimitación y codificación del Ecuador por la metodología Pfafstetter. La unidad 49 está formada por 2 unidades hidrográficas en el Nivel 3, mientras que la unidad 4 está formada por 7 unidades hidrográficas en el Nivel 4. En la Figura 1.2 se muestra la zona de estudio.

**Figura 1.2 Área de estudio Vertiente del Amazonas en el Nivel 2**



Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La caracterización física de las unidades hidrográficas en el Nivel 3 y 4, responde a las siguientes características físicas de las cuencas:

- Área de drenaje
- Forma de la cuenca
- Densidad de drenaje
- Pendiente media de la cuenca
- Pendiente media ponderada del cauce principal.

Se presentan tablas de resumen con los resultados, además se presentan los perfiles de los cauces principales de las cuencas.

### **Caracterización climática de las unidades hidrográficas**

El período de análisis es de 30 años 1981 - 2010, y se analizan las variables:

- Precipitación
- Temperatura
- Evaporación

Para el relleno de vacíos en las series de datos se utiliza el método de correlación - regresión aplicado para estaciones vecinas, con coeficiente de correlación mayor a 0.7. La evaluación de la homogeneidad de las series se realiza con la Curva de Doble Masa, y además con la información climática se elaboran mapas de isotermas e isoyetas para la zona de estudio.

Para la estimación de la evapotranspiración real y potencial para cada unidad hidrográfica se utilizó los métodos de Turc y Thornthwaite respectivamente, y se comparó con la evaporación medida, los autores concluyen que son del mismo orden.

En el proyecto se presentan curvas de tendencias de las variables climáticas para las estaciones representativas de la zona de estudio y la caracterización climática por unidad hidrográfica.

### **Caracterización hidrológica de las unidades hidrográficas**

Para la caracterización hidrológica se analiza el caudal mínimo, medio y máximo de las estaciones consideradas, balance hídrico y la producción de sedimentos. El relleno y la validación de la series de datos se realiza con la misma metodología de la información meteorológica.

Las curvas de duración general para las estaciones hidrológicas consideradas, permite la obtención de caudales mínimos y medios, además el análisis de caudales máximos con distribuciones probabilísticas.

El balance hídrico de las unidades hidrográficas en estudio es obtenido con la ecuación hidrológica y se presentan tablas con los resultados. El proyecto también incluye la producción de sedimentos para las estaciones con información suficiente.

## CAPÍTULO 2

### DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN BÁSICA

En este capítulo se detalla la información utilizada para la elaboración del Manual Hidrológico de las Cuencas del Sur de la Costa Ecuatoriana, se indica las fuentes de la información y las vías de acceso a las mismas.

La elaboración del presente proyecto y el Manual que este conlleva, demandó información a nivel: geográfica, hidrológica, meteorológica, tipo y uso del suelo. Para la obtención de la misma se acudió a instituciones públicas y ministerios, estos a través de sus portales web proporcionan información. La información, formato, fuente y año se detallan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Fuente y formato de la información utilizada**

INFORMACIÓN UTILIZADA	FORMATO	FUENTE	AÑO
Delimitación y codificación de unidades hidrográficas con la Metodología Pfafstetter.	Mapas formato shape.	Secretaria Nacional del Agua. (SENAGUA)	2009
Cartográfica escala 1:50.000 y 1:250.000.	Mapas formato shape.	Instituto Geográfico Militar. (IGM)	2012
Información meteorológica e hidrológica.	Tablas de datos	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (INAMHI)	Anuarios 1981-2010
Tipo y cobertura de suelo	Mapas formato shape.	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. (MAGAP)	2002

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Es importante mencionar que la información para la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas proporcionadas por la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) será tratada en el siguiente capítulo donde se analiza en detalle las cuencas que conforman la zona de estudio. En este capítulo se hace especial

análisis a la información hidrológica y meteorológica, para lo cual se estableció un período de análisis y una clasificación de las estaciones en base a la cantidad de información que proporciono cada una de ellas.

## **2.1. INFORMACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICA**

El Instituto Geográfico Militar (IGM) es el encargado de la elaboración de la cartografía del Ecuador, desde su portal web proporciona información oficial de libre acceso, desde este se permite la descarga de mapas en formato shape o como imagen.

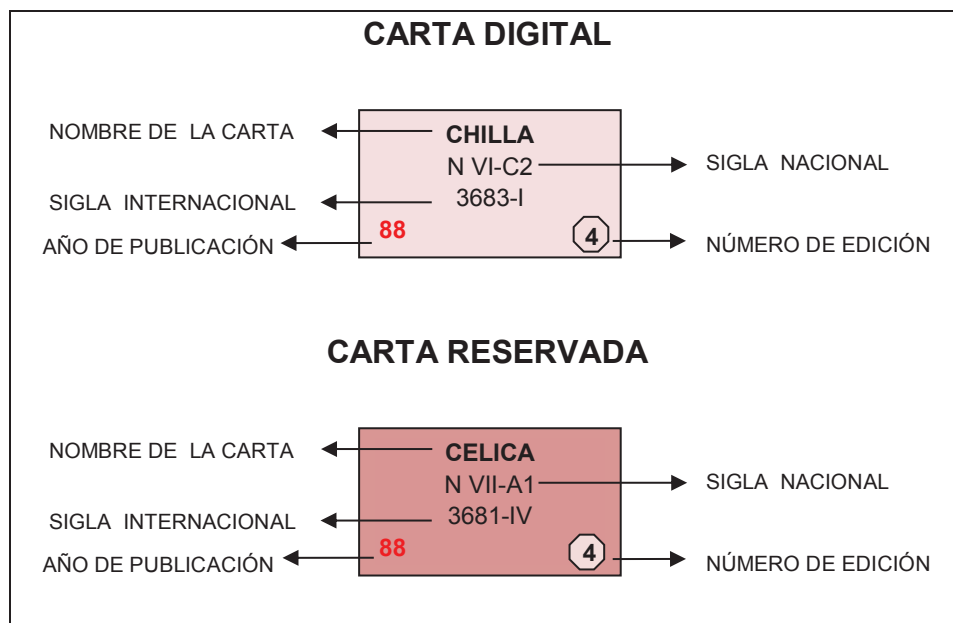
La cartografía de libre acceso se encuentra disponible en las escalas base: nacional 1:1'000.000, regional 1:250.000, 1:50.000 y de Galápagos 1:25.000. En este proyecto se trabajó con información en las escalas: 1:50.000 y 1:250.000.

El portal permite la descarga de la información, previo al registro de información personal para asegurar el buen uso de la misma. Información que se encuentra dividida en cartas topográficas, para el presente estudio se utilizó principalmente la información en escala base 1:50.000, tal como se muestra en la Figura 2.1 en la que además se muestra el área de estudio (la delimitación de la misma se detalla en el Capítulo 3).

Para la escala 1:50.000 existe un total de 561 cartas topográficas, clasificadas en dos tipos: digitales y protegidas, existen áreas del Ecuador sin información en esta escala, a diferencia de la información en la escala 1: 250.000 que abarca toda el área del país.

La diferencia entre la información de las cartas de libre acceso y las protegidas es el acceso a las mismas. La información tiene la categoría de protegida en las zonas de frontera, así como también aquellas zonas que guardan relación con las Fuerzas Armadas del Ecuador. En la Figura 2.1 se muestra la nomenclatura que maneja el IGM para la identificación de las cartas topográficas.

**Figura 2.1 Simbología de las cartas topográficas**



Fuente: IGM (2012)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

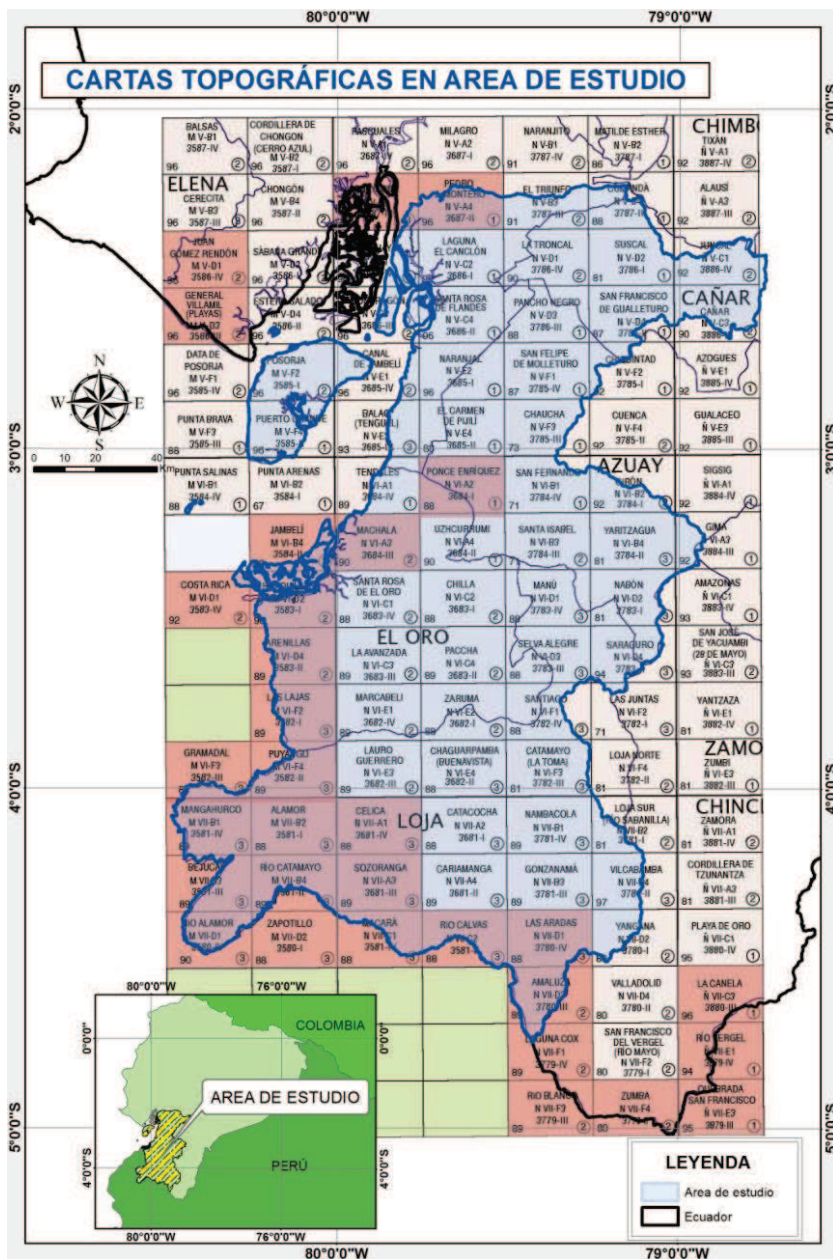
En el mapa de la Figura 2.2 se muestran las cartas topográficas para el área de estudio en dos tonalidades de colores, las de tono más oscuro indican las cartas protegidas mientras que las de tono claro indican las de libre acceso.

Para el área de estudio del presente proyecto se trabajó con 91 cartas digitales, no existen áreas sin información cartográfica. En el Anexo N°2 se presenta la lista de las cartas digitalizadas utilizadas para el área de estudio.

Las cartas digitales de libre acceso contienen la siguiente información:

- Curvas de nivel;
- Ríos;
- Lagunas;
- Poblados;
- Zonas urbanas;
- Sitios referenciales(casas, iglesia, cementerio), y;
- Red vial.

Figura 2.2 Cartas digitales para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana



Fuente: IGM (2012)  
 Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## 2.2. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA Y METEOROLÓGICA

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) encargado del manejo de la información hidrológica y meteorológica del país, esta información proviene de la red de estaciones del Ecuador manejada por el INAMHI.



En el portal web del INMAHI se permite la descarga de los anuarios digitalizados sean estos hidrológicos o meteorológicos, para la elaboración del Manual Hidrológico que contempla este proyecto esta institución facilitó la información de las estaciones hidrológicas y meteorológicas ubicadas dentro del área de estudio.

### **2.2.1. PERÍODO DE ANÁLISIS**

El período fue establecido bajo el siguiente criterio: "...el clima es fundamentalmente constante para escalas de tiempo de décadas a siglos y las variaciones de este estado constante durante un período específico de tiempo se deben al método de muestreo. De este concepto se deduce que las medias a largo plazo deberían converger hacia ese estado constante cuando se considera un período de promediación suficientemente largo. Tras muchos debates internacionales, a finales del siglo XIX y principios del XX se fijó un período de 30 años como el período de promediación más adecuado." (Trewin, 2007), a esto se suma: "...la OMM recomendó el uso del período de 30 años disponible más reciente, que finalizara en el año más próximo que terminara en 0..." (Trewin, 2007).

Tomando en cuenta estos dos aspectos, el período de análisis para este proyecto es el comprendido entre los años 1981-2010, con lo que se cumple las recomendaciones de la OMM: el período abarca 30 años y finaliza en el 2010, año terminado en cero más cercano a la fecha de la realización del presente proyecto.

### **2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES**

Considerando que las series de datos para el período de los 30 años analizados no están completos, se clasificó a las estaciones de acuerdo al número de años con datos disponibles en el período. De la siguiente manera:

- Clase A: período con más de 20 años de información.
- Clase B: período con información entre 20 y 10 años.

- Clase C: período con menos de 10 años de información.

Basados en el hecho que el error de la media, se define con la Ecuación 2.1.

$$\text{Error}_{\bar{X}} = \frac{Cv}{\sqrt{N}} \quad (2.1)$$

Dónde: Cv= coeficiente de variación; y N=número de elementos de la serie.

El error de la media es directamente proporcional al coeficiente de variación e inversamente proporcional al número de elementos de la serie, por lo que para este caso a medida que el número de años de datos se incrementa el error disminuye como se observa en la Tabla 2.2. Por lo que se decidió trabajar preferentemente con las estaciones clase A, mientras que las estaciones clase B se utilizaron para el relleno de datos y las estaciones clase C se usaron únicamente como apoyo, ya que los datos de estas últimas son escasos y el error medio elevado.

**Tabla 2.2 Error de la media para las diferentes clases de estaciones**

ERROR DE LA MEDIA (%)						
Cv	AÑOS DE DATOS					
	5	10	15	20	25	30
0.1	1.29	0.91	0.75	0.65	0.58	0.53
0.2	2.58	1.83	1.49	1.29	1.15	1.05
0.3	3.87	2.74	2.24	1.94	1.73	1.58
0.4	5.16	3.65	2.98	2.58	2.31	2.11
0.5	6.45	4.56	3.73	3.23	2.89	2.64
0.6	7.75	5.48	4.47	3.87	3.46	3.16
0.7	9.04	6.39	5.22	4.52	4.04	3.69
0.8	10.33	7.30	5.96	5.16	4.62	4.22
0.9	11.62	8.22	6.71	5.81	5.20	4.74
1	12.91	9.13	7.45	6.45	5.77	5.27
	Estaciones clase C					
	Estaciones clase B					
	Estaciones clase A					

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 2.2.3. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

El INAMHI maneja los siguientes tipos de estaciones meteorológicas, con su respectiva nomenclatura (INAMHI, 2012):

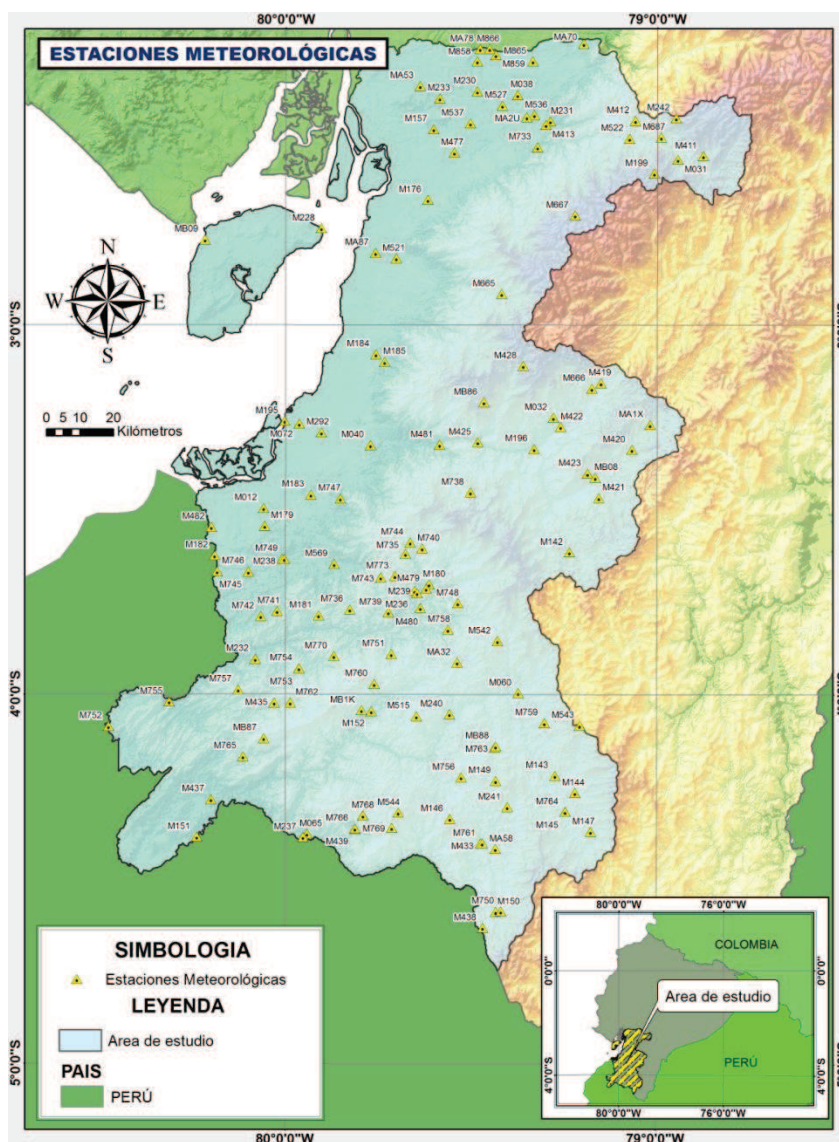
- Anemográfica (AN);
- Agrometeorológica (AP);
- Aeronáutica (AR);
- Climatológica Especial (CE);
- Climatológica Ordinaria (CO);
- Climatológica Principal (CP);
- Plataforma Colectora de Datos (PC);
- Pluviográfica (PG);
- Pluviométrica (PV), y;
- Radio Sonda (RS).

Las estaciones meteorológicas para el área de estudio se detallan en el Anexo N°3, en donde se incluye también la clasificación, ubicación, tipo, elevación y la unidad hidrográfica a la que pertenecen.

En la Figura 2.3 se muestra el mapa con la respectiva ubicación de las estaciones meteorológicas en el área de estudio. Siendo notoria las áreas donde hay mayor concentración de estaciones, lo que contrastan con otras donde la cantidad de las mismas es menor. En el Anexo N°1 se presenta el mapa con mayor detalle.

En las Tablas 2.3, 2.4 y 2.5 se presenta la clasificación de las estaciones meteorológicas, referidas a las tres variables climatológicas consideradas: precipitación, temperatura y evaporación. Así como también se muestra el código de las estaciones que pertenecen a cada clase de acuerdo a la disponibilidad de información, según la clasificación utilizada: A, B y C.

Figura 2.3 Estaciones meteorológicas del área de estudio



Fuente: INAMHI (2013)  
 Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Para el análisis de las variables climáticas se trabajó con las estaciones clase A, para la variable precipitación se cuenta con 32 estaciones, para la variable temperatura se cuenta con 12 estaciones, mientras que para la variable evaporación únicamente existe una estación clase A. Las estaciones clase C, estaciones de apoyo representan el 62.9%, 66.1% y 81.0% del total de estaciones para el análisis de la precipitación, temperatura y evaporación respectivamente, estas estaciones exceden en número ampliamente a las estaciones clase A.

**Tabla 2.3 Clasificación estaciones meteorológicas con datos de precipitación**

ESTACIONES METEREOLÓGICAS			
PRECIPITACIÓN MENSUAL			
CÓDIGO ESTACIONES	CLASE DE ESTACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
M435 M437 M151 M149 M150 M433 M438 M439 M143 M146 M147 M434 M515 M544 M180 M773 M482 M040 M142 M292 M419 M420 M421 M422 M481 M176 M185 M031 M411 M412 M477 MA2U	A	32	24.2%
M762 M765 M241 M144 M145 M543 M756 M759 M760 M763 M764 M768 M479 M179 M423 M666 M184	B	17	12.9%
MB87 M065 M237 M750 M761 M766 MA58 M060 M240 M542 M769 MB88 MB1K M181 M232 M236 M239 M480 M735 M736 M739 M740 M743 M744 M748 M751 M752 M753 M754 M755 M757 M758 M770 MA32 M012 M072 M182 M183 M195 M238 M569 M741 M742 M745 M746 M747 M749 M032 M196 M425 M428 M738 MA1X MB08 MB86 M228 M521 M665 MA87 MB09 M157 M199 M242 M522 M537 M667 M687 M733 M038 M230 M231 M233 M413 M527 M536 M858 M859 M865 M866 MA53 MA70 MA78 M152	C	83	62.9%
<b>TOTAL</b>		<b>132</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 2.4 Clasificación estaciones meteorológicas con datos de temperatura**

ESTACIONES METEREOLÓGICAS			
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL			
CÓDIGO ESTACIÓN	CLASE DE ESTACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
M150 M143 M145 M146 M147 M180 M482 M142 M292 M176 M031 MA2U	A	12	21.4%
M151 M149 M241 M144 M179 M184 M185	B	7	12.5%
MB87 M065 M237 M060 M152 M240 M764 MB88 MB1K M181 M232 M236 M239 M479 M012 M072 M182 M183 M195 M238 M032 M040 M196 MA1X MB08 MB86 M228 MA87 MB09 M157 M199 M038 M230 M231 M233 MA53 MA70	C	37	66.1%
<b>TOTAL</b>		<b>56</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 2.5 Clasificación estaciones meteorológicas con datos de evaporación**

<b>ESTACIONES METEREOLÓGICAS</b>			
<b>EVAPORACIÓN MENSUAL</b>			
<b>CÓDIGO DE ESTACIÓN</b>	<b>CLASE DE ESTACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
M0031	A	1	2.4%
M149 M150 M145 M179 M292 M184 M185	B	7	16.7%
MB87 M151 M241 M143 M146 M147 M152 M240 M764 MB88 MB1K M181 M232 M236 M239 M479 M012 M183 M195 M238 M482 M032 M040 M196 MA1X MB08 M228 M199 M038 M230 M231 M233 MA2U MA53	C	34	81.0%
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

#### 2.2.4. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

La información hidrológica al igual que la meteorológica es gestionada por el INAMHI. Los anuarios digitalizados que se pueden descargar son 21, comprendidos entre los años 1990 y 2010, se encuentran disponibles en formato PDF en el portal web de esta institución.

Para el presente proyecto el INAMHI facilitó la información hidrológica que se refiere a las estaciones que comprenden la red hidrológica que están dentro del área de estudio, así como también los registros de los datos de las estaciones hidrológicas en formato digital.

El INAMHI maneja el siguiente inventario de estaciones hidrológicas, con su respectiva nomenclatura (INMAHI, 2011):

- Limnigráfica (LG);
- Limnimétrica (LM);
- Automática (AU);
- Pozo perforado (PP);
- Pozo excavado (PE);
- Vertiente (VV);
- Vertiente termal (VT), y;

- Galería (Ga).

Las estaciones ubicadas dentro del área de estudio que se analizaron, corresponden únicamente a estaciones de tipo limnigráficas y limnimétricas.

El Anexo N°4 muestra el listado de las estaciones hidrológicas ubicadas dentro del área de estudio, así como también su ubicación, tipo, elevación, clasificación y unidad hidrográfica a la que pertenecen.

En la Figura 2.4 se puede observar el mapa de la distribución de las estaciones hidrológicas en el área de estudio. Destacándose que existen áreas donde se concentran un mayor número de estaciones, mientras que en otras áreas existen pocas estaciones. En el Anexo N°1 se presenta el mapa con mayor detalle.

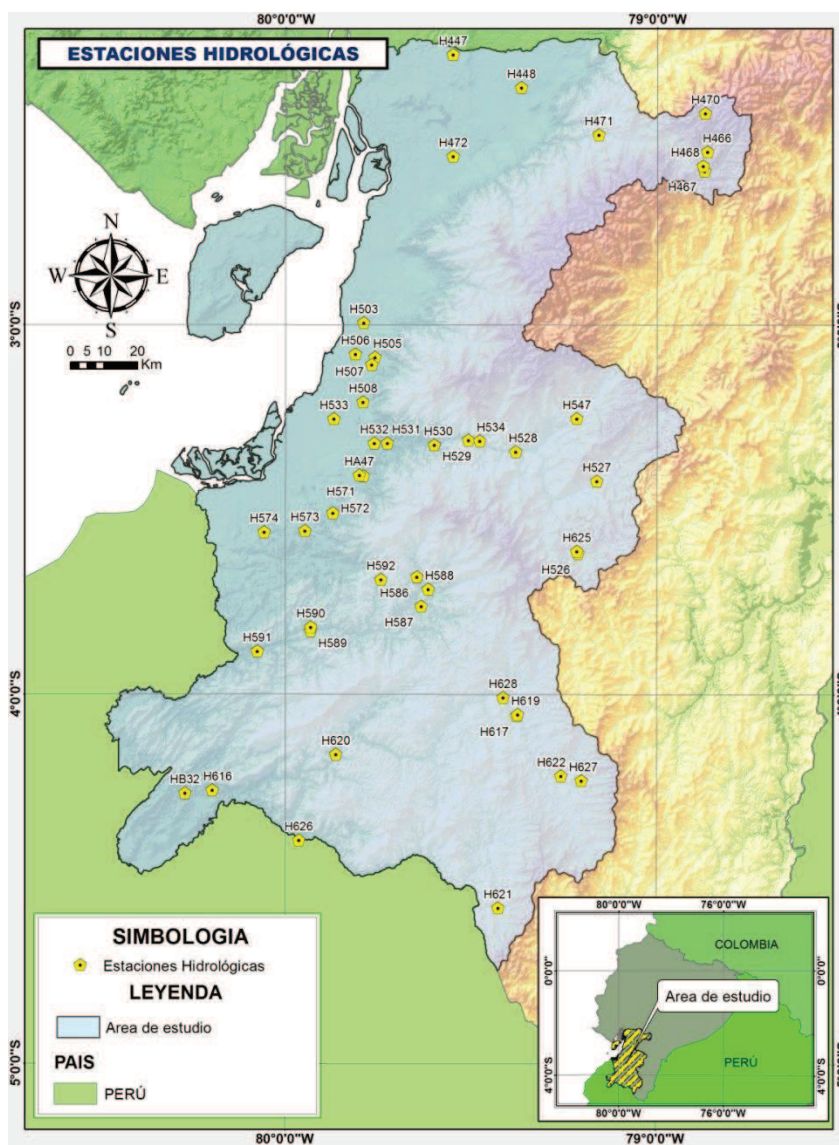
En la Tabla 2.6 se muestra la clasificación de las estaciones hidrológicas para el área de estudio. Considerando las tres clases: A, B y C, tomando en cuenta que las estaciones Clase C únicamente sirvieron de apoyo.

De la Tabla 2.6 se puede señalar que las estaciones clase A únicamente representan el 34.8% del total de estaciones hidrológicas, por otro lado las estaciones clase C, que son de apoyo, representan el mayor porcentaje del total de estaciones con 43,5%.

La información hidrológica de caudales máximos y sedimentos recibió un análisis especial, las estaciones que disponen de esta información no se clasificaron en clase A, B o C.

Las estaciones hidrológicas con información de caudales máximos fueron analizadas para el período 1961 - 2010, diferente al establecido anteriormente. La escasa información obligo a incrementar el período con el fin de poder analizar los caudales de crecida. Los códigos de las estaciones utilizadas están en la Tabla 2.7, las estaciones que se incluyeron en el análisis cuentan con al menos 10 años de registro.

Figura 2.4 Estaciones Hidrológicas del área de estudio



Fuente: IMANHI (2013)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Las estaciones con información de sedimentos se analizaron para el período 1981 - 2010, se analizaron las estaciones con al menos diez datos de registros de sedimentos. La cantidad de estaciones consideradas y su respectivo código se indica en la Tabla 2.8.



**Tabla 2.6 Clasificación de las estaciones hidrológicas con datos de caudal medio**

ESTACIONES HIDROLÓGICAS – CAUDAL MEDIO MENSUAL			
CÓDIGO ESTACIÓN	CLASE DE ESTACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
H616 H621 H617 H619 H627 H587 H591 H573 H574 H529 H530 H625 H503 H466 H468 H471	A	16	34.8%
H626 H588 H589 H527 H531 H532 H571 H472 H447 H448	B	10	21.7%
HB32 H620 H622 H628 H586 H590 H592 H572 H526 H528 H533 H534 H547 HA47 H505 H506 H507 H508 H467 H470	C	20	43.5%
<b>TOTAL</b>		<b>46</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 2.7 Estaciones hidrológicas con información de caudal máximo**

ESTACIONES HIDROLÓGICAS - CAUDAL MÁXIMO	
CÓDIGO ESTACIÓN	CANTIDAD DE ESTACIONES
H448 H466 H468 H471 H472 H503 H527 H529 H530 H531 H532 H571 H572 H573 H574 H586 H587 H588 H591 H616 H617 H619 H621 H622 H625 H626 H627	27

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 2.8 Estaciones hidrológicas con información de sedimentos**

ESTACIONES HIDROLOGICAS - SEDIMENTOS	
CÓDIGO ESTACION	CANTIDAD DE ESTACIONES
H616 H617 H591 H529 H530 H471 H44	7

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 2.3. INFORMACIÓN DEL USO Y TIPO DE SUELO

El MAGAP es el ministerio que maneja la información de uso y tipo de suelo, la cual es de libre acceso y para el presente proyecto fue descargada desde el portal web del mismo. En este portal se presentan varios tipos de información, para el proyecto se utilizó la siguiente información:

- Uso de la Tierra y Cobertura Natural: “El uso de la tierra constituye el empleo que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura dentro de un contexto físico, económico y social, permitiendo definir la predominancia de las actividades rurales que se desarrollan” (MAGAP, 2002). Información del año 2002.
- Suelos (Variable Taxonomía): “Constituye una representación estructurada del conocimiento sobre la distribución espacial de diferentes clases de suelos y áreas misceláneas en el paisaje. Específicamente se refiere a la clasificación de la taxonomía de suelos de USDA, o sintéticamente y más generalizada Soil Taxonomy, desarrollada y coordinada internacionalmente por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos para el United States Department of Agriculture y su subsidiaria National Cooperative Soil Survey) da una clasificación de suelos acorde a varios parámetros, tales como: humedad, saturación de bases, drenaje, entre otros. La clasificación está dada en tres niveles: orden, suborden y grangrupo” (MAGAP, 2002). Información del año 2002.

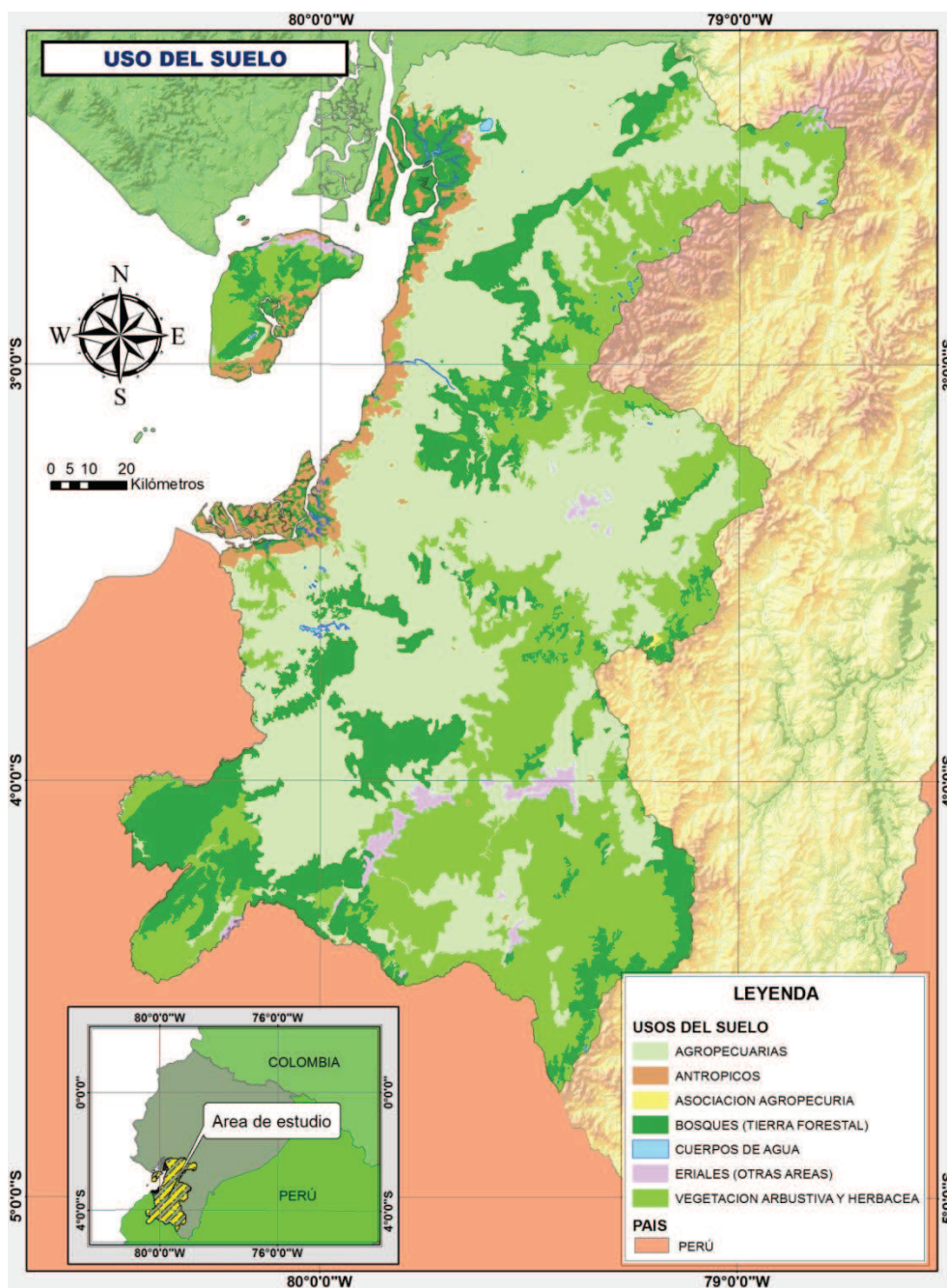
Tanto la información de uso como la de tipo del suelo, fue descargada del portal del MAGAP. Información desarrollada por este ministerio en una escala 1:250.000, información del año 2002. En la Figura 2.5 se muestra el mapa con el uso del suelo para el área de estudio, un mapa con mayor detalle se incluye en el Anexo N°1, además en la Tabla 2.9 se detalla un resumen de las área con su respectivo uso.

**Tabla 2.9 Resumen del uso del suelo en la zona de estudio**

USO DEL SUELO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
AGROPECUARIAS	12579	46.4
ANTROPICOS	931	3.4
ASOCIACION AGROPECURIA	8.5	0.0
BOSQUES (TIERRA FORESTAL)	5188	19.1
CUERPOS DE AGUA	53.9	0.2
ERIALES (OTRAS AREAS)	367	1.4
VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	7986	29.5
<b>TOTAL</b>	<b>27116</b>	<b>100.0</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Figura 2.5 Uso del suelo en el área de estudio.



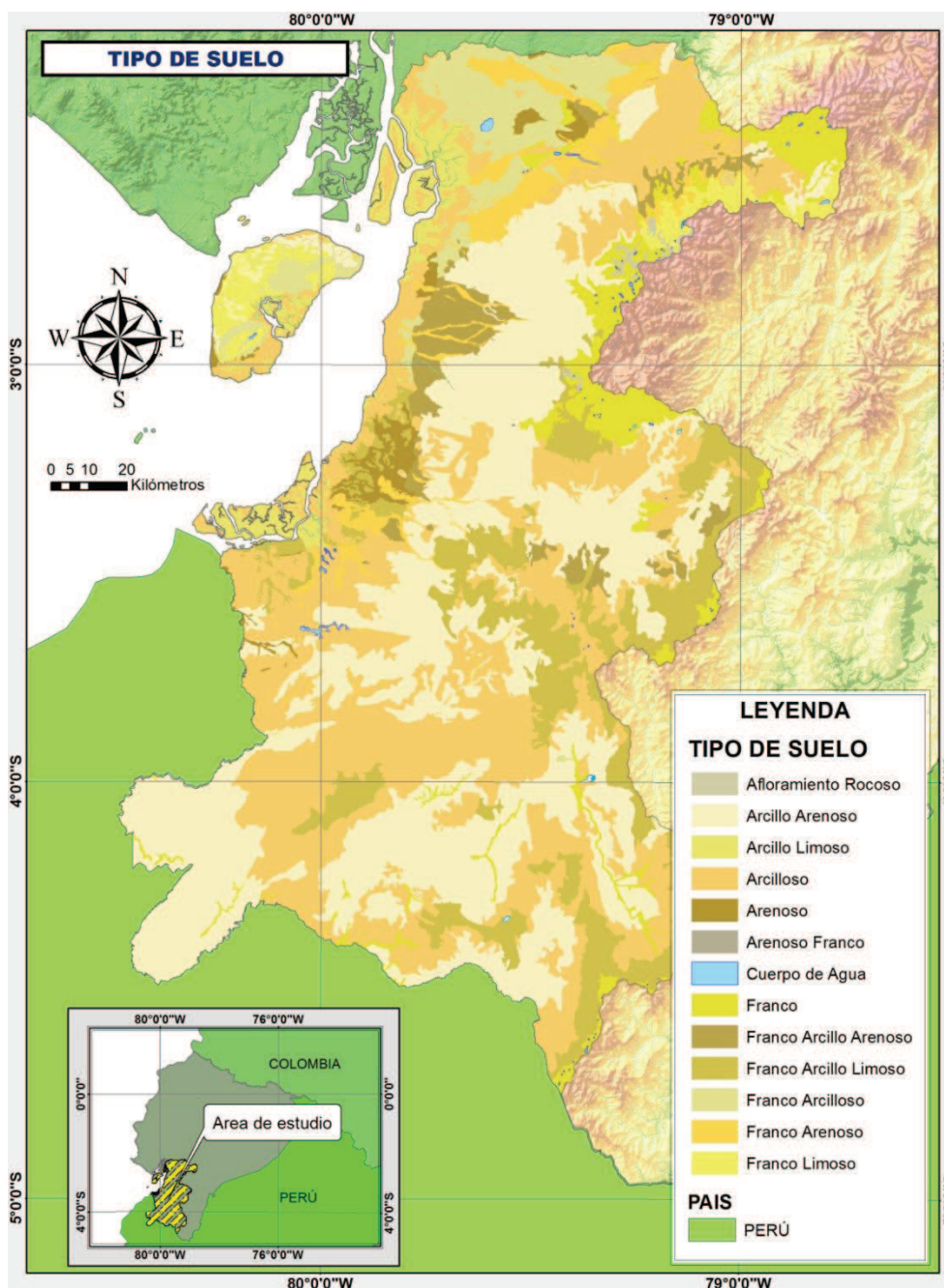
Fuente: MAGAP (2002)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La capa de suelos de las variables taxonómica permitió generar el mapa de la Figura 2.6 donde se delimita las áreas de acuerdo al tipo de suelo en función de su textura: arenoso, arenoso franco, franco arenoso, franco, limoso, franco arcilloso, franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso, franco arcilloso, arcilloso,

arcillo arenoso y arcillo limoso. Adicionalmente se presentan áreas donde existen afloramientos rocosos y cuerpos de agua. En el Anexo N°1 se presentan el mapa de la tipo del suelo para el área de estudio.

**Figura 2.6 Tipo de suelo en el área de estudio**



Fuente: MAGAP (2002)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

El mayor tipo de suelo en el área de estudio corresponde al suelo arcillo arenoso seguido por el suelo arcilloso, el primero con el 33.9% mientras que el segundo

con el 30.5%. Los tipos de suelos arcillo limoso, arenoso, arenoso franco, franco arcillo arenoso, franco arcilloso, franco arenoso y franco limoso representan por individualmente porcentajes inferiores al 5%. No existe área con tipo de suelo limoso en el área de estudio.

El área y porcentaje que corresponde a cada tipo de suelo se muestra en la Tabla 2.10.

**Tabla 2.10 Resumen del tipo del suelo en la zona de estudio**

CLASIFICACIÓN	AREA (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE (%)
Afloramiento Rocoso	66.8	0.2
Arcillo Arenoso	9190	33.9
Arcillo Limoso	805	3.0
Arcilloso	8264	30.5
Arenoso	377	1.4
Arenoso Franco	6.6	0.02
Cuerpo de Agua	44.8	0.1
Franco	1595	5.9
Franco Arcillo Arenoso	802	3.0
Franco Arcillo Limoso	3041	11.2
Franco Arcilloso	1313	4.9
Franco Arenoso	1007	3.7
Franco Limoso	572	2.1
<b>TOTAL</b>	<b>27090</b>	<b>100.0</b>

Fuente: MAGAP (2002)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## **CAPÍTULO 3**

### **UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

En el Capítulo 3 se describe el Sistema de Codificación Pfafstetter, este sistema delimita y codifica las unidades hidrográficas del Ecuador, el punto de partida del presente proyecto ya que delimita el área de estudio y divide a esta en las unidades hidrográficas. El análisis que se presenta en este capítulo comprende la caracterización de las unidades hidrográficas en los siguientes aspectos:

- Caracterización físico – geográfica de las unidades hidrográficas.
- Uso del suelo por unidad hidrográfica.
- Tipo del suelo por unidad hidrográfica.

La caracterización de las unidades hidrográficas ayuda a entender el comportamiento de las mismas, en la caracterización de las unidades hidrográficas son varios los parámetros que interactúan de forma compleja.

#### **3.1. DIVISIÓN DEL PAÍS POR SISTEMAS HIDROGRÁFICOS, CUENCAS Y SUBCUENCAS**

La cuenca como unidad física integradora para una adecuada gestión del agua, por ello la Secretaría General de la Comunidad Andina (SGCAN), junto con la oficina sudamericana de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) delimitaron y codificaron todas unidades hidrográficas que abarcan la comunidad andina, mientras que el trabajo de la Secretaria Nacional del Agua del Ecuador junto a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) permitió la codificación y delimitación de las unidades hidrográficas en el Ecuador, este trabajo lo realizaron en una escala 1:250.000 bajo la metodología Pfafstetter (SENAGUA, 2009).

En el presente proyecto se analizaron las unidades hidrográficas delimitadas y codificadas bajo la Metodología Pfafstetter, se trabajó en los niveles 3 y 4 de esta metodología con las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana. Con el antecedente que ya se realizaron estudios anteriores para las unidades hidrográficas del norte de la vertiente del Pacífico y la vertiente del Amazonas, el resumen de estos estudios se presentó en el Capítulo 1 del presente proyecto.

### **3.1.1. SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER**

El presente proyecto trabajó con las unidades hidrográficas delimitadas y codificadas bajo la metodología Pfafstetter. Este sistema se define como: "... una metodología para asignar Identificadores (Id) a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno; asigna Ids a una unidad hidrográfica para relacionarla con las unidades hidrográficas que contiene y de las unidades hidrográficas con las que limita..." (UICN, 2009).

Las características de este sistema son (UICN, 2009):

- El método es jerárquico y en este las uniones de los ríos o la desembocadura de estos al océano, son el punto de partida para la delimitación de una unidad hidrográfica.
- El código numérico de cada unidad hidrográfica es único y depende de su ubicación.
- El número de dígitos que tiene el código de una unidad hidrográfica representa el nivel de la misma.
- El río principal es aquel que abarca una mayor área de aportación.

El sistema se basa en tres tipos de unidades de drenaje (UICN, 2009):

- Cuenca: aquella que únicamente contribuye con flujo a otra, pero no recibe flujo de ninguna unidad hidrográfica.
- Intercuenca: recibe caudal de otra unidad aguas arriba, además de su propio aporte. Transportando todo por el cauce principal hacia aguas abajo.
- Cuenca interna: no aporta ni recibe caudal de otra cuenca.

El sistema tiene el siguiente proceso de codificación (UICN, 2009):

- Se determina cual es el cauce principal de la unidad en análisis.
- Una vez determinado cual es el río principal, se determina las cuatro unidades de mayor área que aportan al cauce principal. Estas se codifican con los números 2, 4, 6 y 8, desde aguas abajo hacia aguas arriba respectivamente. El número 2 corresponde al área más cercana a la desembocadura del río principal, mientras que el 8 al área más lejana.
- El resto de unidades corresponden a intercuencas que se codifican con los números 1, 3, 5, 7 y 9, de igual forma desde la desembocadura hacia aguas arriba. Tomando en cuenta que generalmente el 9 corresponde a la cuenca de mayor tamaño que contiene el origen del río principal.

Las particularidades del Sistema de codificación Pfafstetter son (UICN, 2009):

- La unidad codificada con el número 9, generalmente corresponde a la unidad de mayor área y que contiene el origen del cauce principal de la unidad hidrográfica.
- La cuenca interna de mayor tamaño se codifican con "0", si existen otras estas se codifican de igual forma con "0", pero con el respectivo nivel de la unidad que la contiene.
- En el caso de varias cuencas que drenan al océano, se selecciona las cuatro unidades hidrográficas de mayor tamaño y se codifican. En el caso que desemboquen a un mar situado al oriente de las unidades, estas se codifican de norte a sur; cuando el mar está situado al occidente la codificación será de sur a norte.
- En el caso de islas que no contemplen áreas de drenaje extensas, su código será el mismo de la unidad hidrográfica continental más cercana a la misma. En el caso de las islas Galápagos estas abarcan un área de 8010 km<sup>2</sup> aproximadamente y están a una distancia de 1000 km del Ecuador continental, por lo que reciben su propio código 15157.



### 3.1.2. SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER APLICADO AL ECUADOR

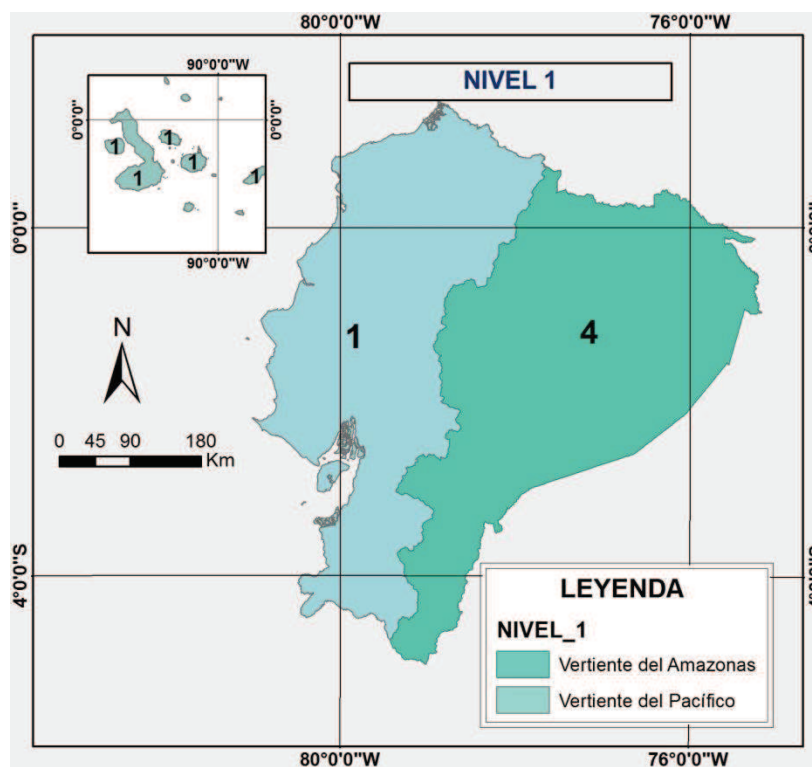
Ecuador abarca un área de 256.370 km<sup>2</sup>, esta área contempla además de la parte continental; la Región Insular costera y las islas Galápagos. El país se divide en dos vertientes o regiones hidrográficas: Pacífico y Amazonas.

#### Nivel 1.

El nivel uno lo constituyen las dos regiones hidrográficas del país:

- Vertiente del Pacífico, dentro de esta última se encuentra el área de estudio
- Vertiente del Amazonas

**Figura 3.1 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 1**



Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En la Tabla 3.1 se analizan las áreas de las dos unidades que constituyen el Nivel 1 de la delimitación y codificación del Ecuador, así como también en la Figura 3.1 se muestra el mapa con las unidades hidrográficas.

**Tabla 3.1 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 1**

REGIÓN HIDROGRÁFICA	NOMBRE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DEL ÁREA DEL PAÍS (%)
1	Vertiente del Pacífico	124563	48.6
4	Vertiente del Amazonas	131806	51.4
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>256370</b>	<b>100.0</b>

Fuente: (SENAGUA, 2009)

## Nivel 2

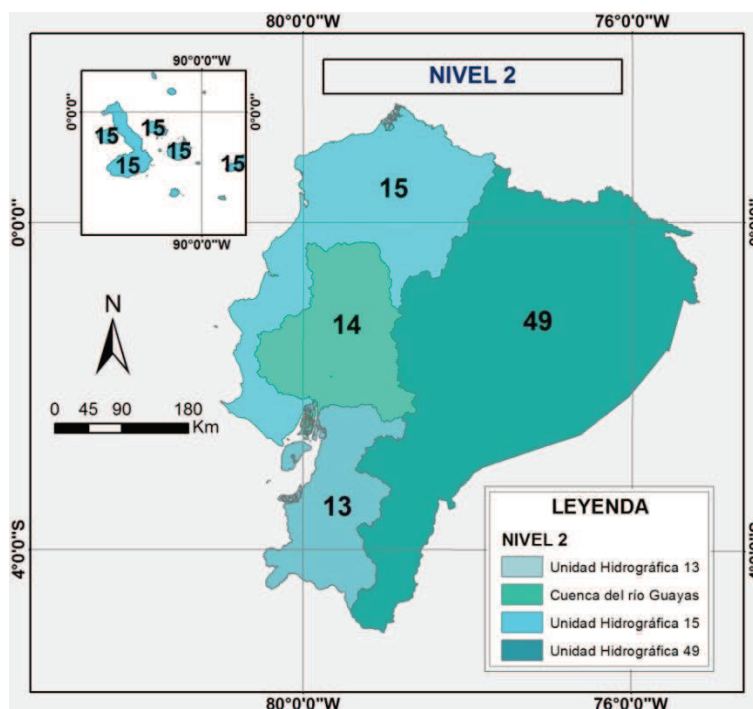
En este nivel el país cuenta con 4 unidades hidrográficas. En la Tabla 3.2 se muestra los códigos, así como también el área, la región hidrográfica a la que pertenecen y el porcentaje de cada una de las mismas, además en la Figura 3.2 se muestra un mapa con las unidades con su respectivo código. En este nivel es importante mencionar que la unidad hidrográfica 13, es la unidad que se estudió en el presente proyecto.

**Tabla 3.2 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 2**

CÓDIGO U.H	NOMBRE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DEL ÁREA DEL PAÍS (%)
13	Unidad Hidrográfica 13	27125	10.6
14	Cuenca del Río Guayas	32891	12.8
15	Unidad Hidrográfica 15	64546	25.2
49	Unidad Hidrográfica 49	131806	51.4
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>256370</b>	<b>100.0</b>

Fuente: (SENAGUA, 2009)

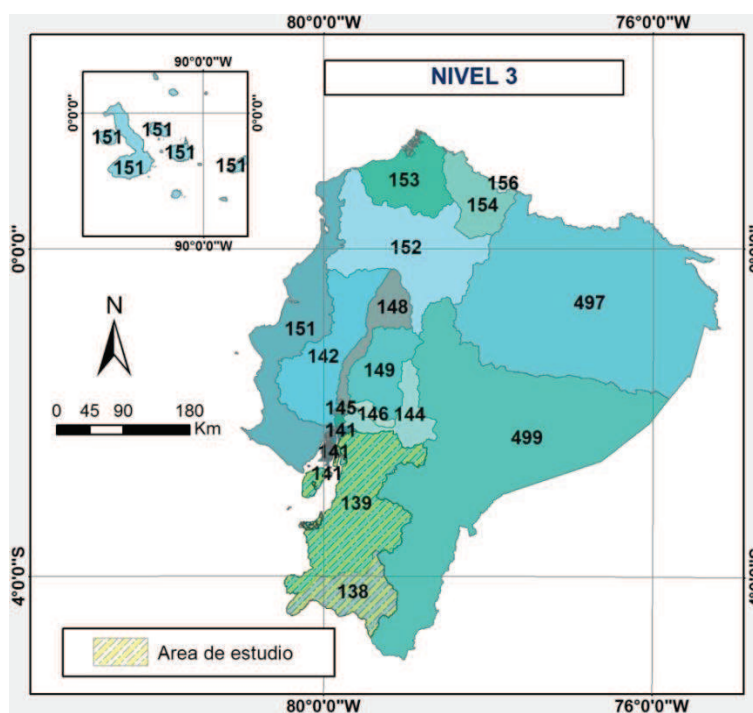
Figura 3.2 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 2



Fuente: SENAGUA (2009)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Figura 3.3 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3



Fuente: SENAGUA (2009)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Nivel 3

En el Nivel 3 el país cuenta con 18 unidades hidrográficas. En la Tabla 3.3 se muestra los códigos y la distribución de las unidades, así como también el área y el porcentaje de cada una de las mismas, además en la Figura 3.3 se muestra un mapa con las unidades con su respectivo código.

**Tabla 3.3 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3**

CÓDIGO U.H	NOMBRE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DEL ÁREA DEL PAÍS (%)
138	Cuenca del Río Catamayo-Chira	7215	2.8
139	Unidad Hidrográfica 139	19910	7.8
141	Unidad Hidrográfica 141	748.6	0.3
142	Cuenca del Río Daule	13528	5.3
143	Unidad Hidrográfica 143	196	0.1
144	Cuenca del Río Chimbo	4816	1.9
145	Unidad Hidrográfica 145	334	0.1
146	Cuenca del Río Juján	891	0.3
147	Unidad Hidrográfica 147	2.3	0.0
148	Cuenca del Río Vinces	4964	1.9
149	Unidad Hidrográfica 149	7408	2.9
151	Unidad Hidrográfica 151	27244	10.6
152	Cuenca del Río Esmeraldas	21640	8.4
153	Unidad Hidrográfica 153	8787	3.4
154	Unidad Hidrográfica 154	6507	2.5
156	Unidad Hidrográfica 156	366	0.1
497	Unidad Hidrográfica 497	65205	25.4
499	Unidad Hidrográfica 499	66600	26.0
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>256370</b>	<b>100.0</b>

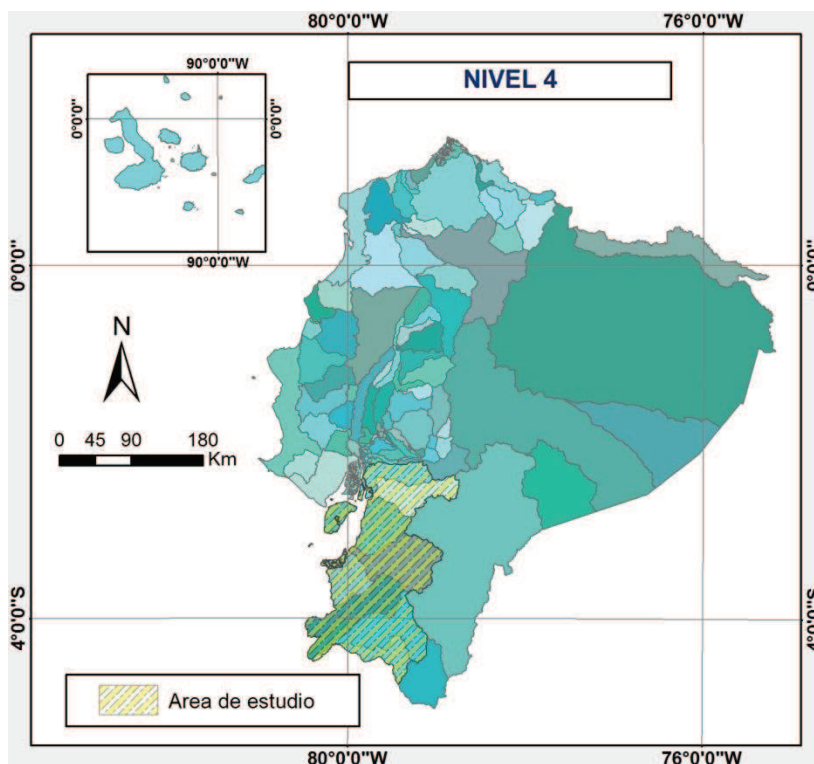
Fuente: (SENAGUA, 2009)

### Nivel 4

En este nivel el Ecuador cuenta con 123 unidades hidrográficas, de las cuales 117 pertenecen a la región hidrográfica 1, mientras que 6 a la región hidrográfica 4. En la Figura 3.4 se muestra un mapa con las unidades hidrográficas para tener

una idea la cantidad de las mismas y adicionalmente se muestra el área de estudio. En la descripción del área de estudio existe mayor detalle de las unidades que corresponden a este nivel para el área de estudio.

**Figura 3.4 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 4**

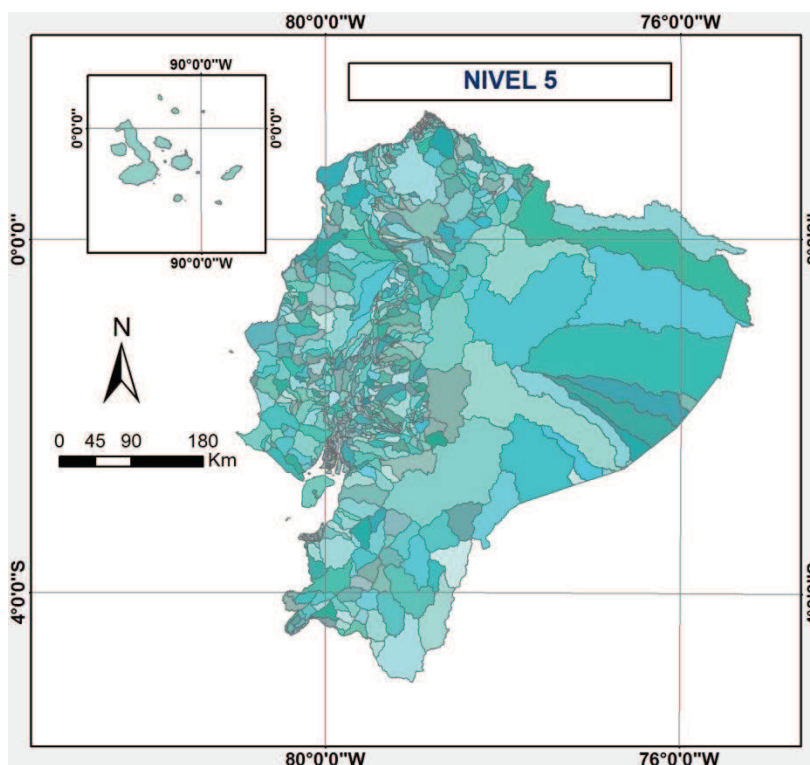


Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Nivel 5

En este nivel el Ecuador cuenta con 734 unidades hidrográficas, de las cuales 711 pertenecen a la región hidrográfica 1, y 23 a la región hidrográfica 4. En la Figura 3.5 se muestra un mapa con las unidades, el presente proyecto no analizó las unidades hidrográficas de este nivel.

**Figura 3.5 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 5**



Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## 3.2. ÁREA DE ESTUDIO

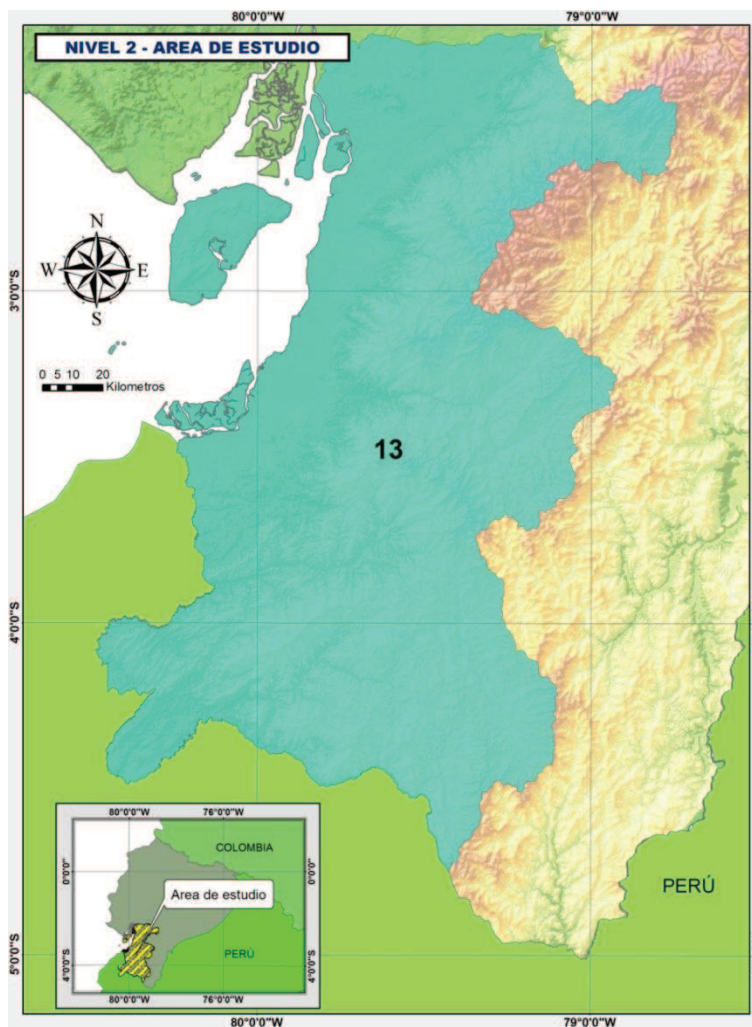
El área de estudio del presente proyecto abarca las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana, se consideraron las unidades hidrográficas de los Niveles 2, 3 y 4 del sistema de codificación Pfafstetter. Aclarándose que se analizó al Ecuador continental, ya que por falta de información no se pudo hacer un análisis de las islas. A continuación se detalla la descripción de estos tres niveles para el área de estudio.

### 3.2.1. NIVEL 2 PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

En este nivel de la Metodología Pfafstetter el área de estudio abarcada completamente por la Unidad Hidrográfica 13, tal como se muestra en la Figura

3.6. Esta unidad tiene un área de 27.125 km<sup>2</sup>, lo que representa el 10.5% del área total del Ecuador. El Anexo N°1 incluye el mapa de la unidad hidrográfica 13.

**Figura 3.6 Unidad hidrográfica del Nivel 2 del área de estudio**



Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 3.2.2. NIVEL 3 PARA EL ÁREA DE ESTUDIO.

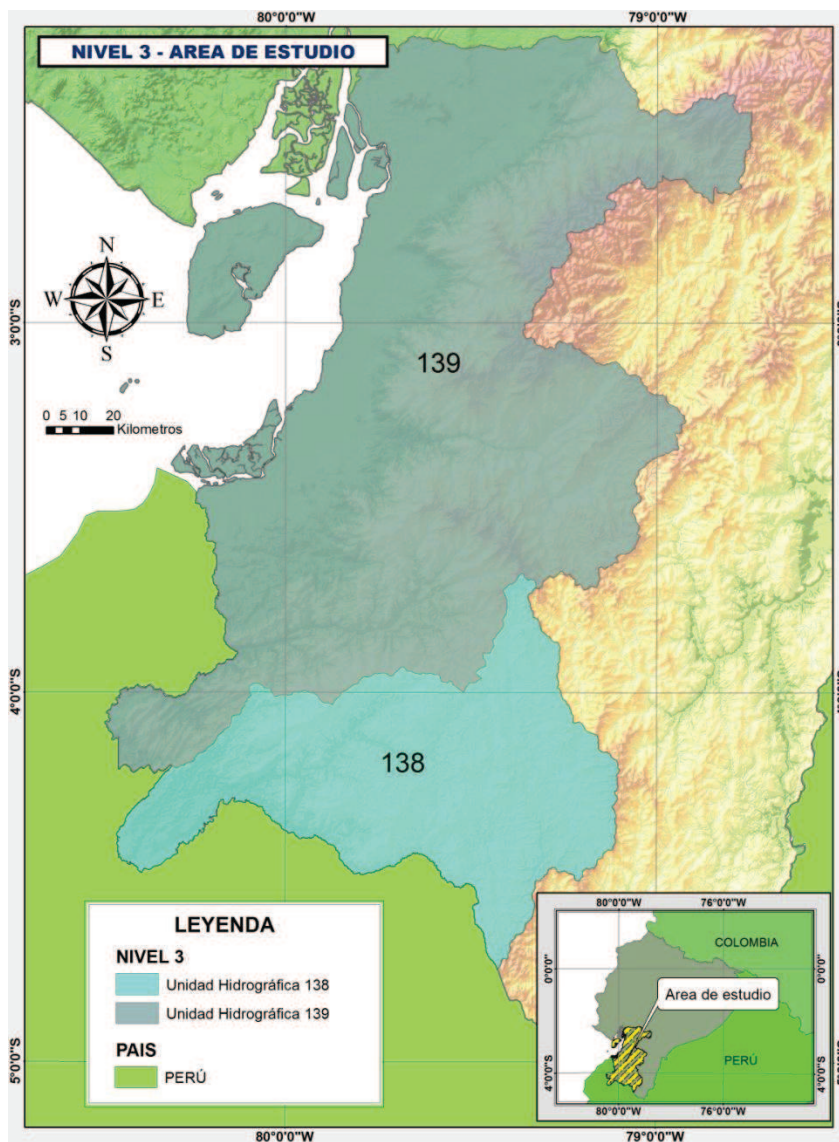
El área en análisis constituye las unidades hidrográficas 138 y 139, que abarcan un área de 27.125 km<sup>2</sup>. Mayores detalles se presentan en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del área de estudio del Nivel 2**

UNIDADES HIDROGRÁFICAS	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DEL ÁREA DEL PAÍS (%)
138	7215	2.8
139	19910	7.8
<b>TOTAL</b>	<b>27125</b>	<b>10.6</b>

Fuente: (SENAGUA, 2009)

**Figura 3.7 Unidades hidrográficas del área de estudio del Nivel 3**



Fuente: SENAGUA (2009)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan



En la Figura 3.7 se presenta un mapa con las unidades correspondientes al Nivel 3 del área de estudio, que son las unidades hidrográficas 138 y 139, siendo la última de una área considerablemente mayor a la primera. La unidad hidrográfica 139 tiene un área de aproximadamente el doble de la unidad hidrográfica 138. El área de las dos sumadas es de 27.125 km<sup>2</sup>, lo que representa el 10.6% del área total del Ecuador. El Anexo N°1 contiene las unidades hidrográficas del Nivel 3 para el sur de la Costa Ecuatoriana.

### 3.2.3. NIVEL 4 PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

Para este nivel en la zona de estudio existen 12 unidades hidrográficas, que corresponden a la unidad hidrográfica 13. El área abarcada es de 27.125 km<sup>2</sup>, mayor detalle se presenta en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5 Área y porcentajes de las unidades hidrográficas del área de estudio del Nivel 4**

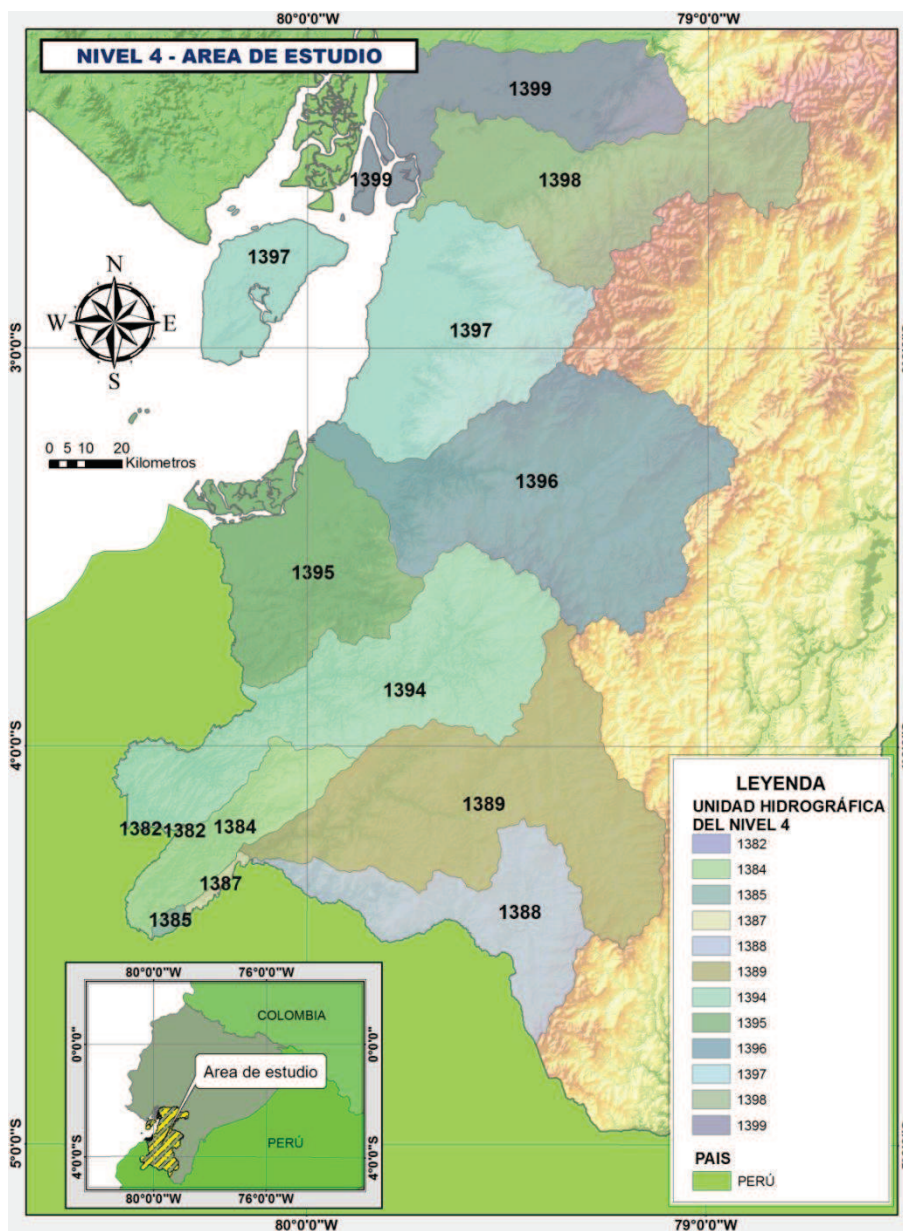
CÓDIGO U.H.	NOMBRE	ÁREA (km <sup>2</sup> )
1382	Unidad Hidrográfica 1382	1.5
1384	Cuenca del Río Alamor	1088
1385	Unidad Hidrográfica 1385	50.0
1387	Unidad Hidrográfica 1387	64.3
1388	Cuenca del Río Pindo	1828
1389	Unidad Hidrográfica 1389	4182
1394	Cuenca del Río Puyango	3646
1395	Unidad Hidrográfica 1395	2461
1396	Cuenca del Río Jubones	4656
1397	Unidad Hidrográfica 1397	3998
1398	Cuenca del Río Cañar	2977
1399	Unidad Hidrográfica 1399	2170
<b>TOTAL</b>		<b>27125</b>

Fuente: (SENAGUA, 2009)

Para este nivel la unidad hidrográfica más pequeña es la 1382, con un área de 1.5km<sup>2</sup>, al ser una área pequeña no se tomó en cuenta en ciertos puntos del

análisis. En la Figura 3.8 se muestran las unidades hidrográficas del Nivel 4 del Sistema de Codificación y Delimitación Pfafstetter, en el Anexo N°1 se presenta un mapa con mayor detalle.

**Figura 3.8 Área de estudio en el Nivel 4 de la Metodología Pfafstetter**



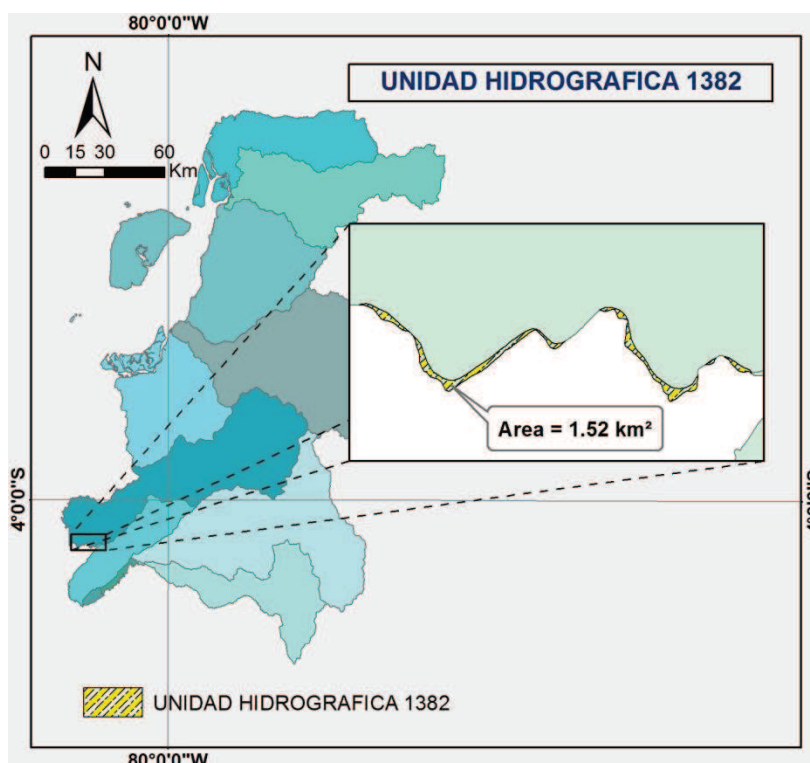
Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 3.2.4. CONSIDERACIONES PARTICULARES PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio presenta ciertas particularidades en el Nivel 4, ya que una unidad hidrográfica posee un área relativamente pequeña y tres unidades hidrográficas están formadas por áreas insulares y continentales.

La unidad hidrográfica 1382 tiene un área de 1.52 km<sup>2</sup>, como se muestra en la Figura 3.9, por lo que no se caracterizó esta área que representa el 0.001% del territorio nacional.

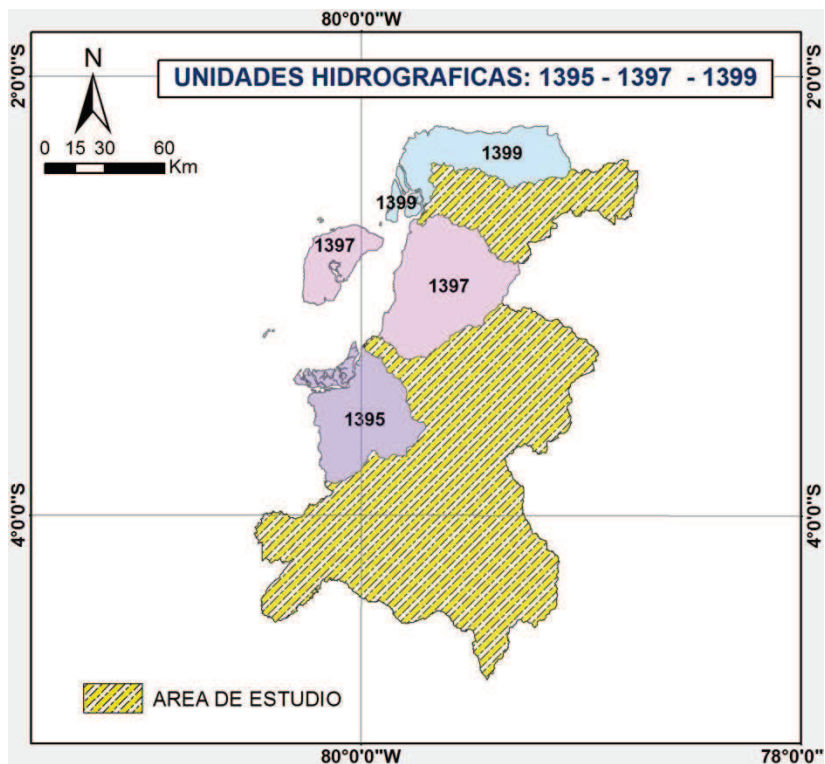
**Figura 3.9 Unidad hidrográfica 1382**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Las unidades hidrográficas 1395, 1397 y 1399 están constituidas por áreas en el Ecuador continental e insular. En la Figura 3.10 se visualiza estas tres unidades hidrográficas.

Figura 3.10 Unidades Hidrográficas de área de estudio con área insular



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 3.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICO – GEOGRÁFICAS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las características físico - geográficas y el clima guardan estrecha y compleja relación en el comportamiento hidrológico de una cuenca, por ello la importancia de conocer los parámetros que caracterizan a una cuenca. Para las unidades hidrológicas en estudio se determinó las siguientes características físicas:

#### Área de drenaje (A)

Es el área de la proyección horizontal de la cuenca, delimitada por la línea de cumbres.

## Perímetro (P)

Es la longitud de la línea que delimita la cuenca o línea de cumbres.

## Forma de la cuenca

Este parámetro guarda relación directa con el tiempo de concentración de la cuenca, la forma de la cuenca se la define a través de otras características expresadas a continuación:

- **Densidad de drenaje (Dd):** Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca con su área total. Se define por la Ecuación 3.1.

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (3.1)$$

Dónde: L = longitud total de las corrientes de agua (km), y; A = área total de la cuenca (km<sup>2</sup>).

El rango general de variación de la densidad de drenaje esta entre 0,5 km/km<sup>2</sup> y 3,5 km/km<sup>2</sup> para cuencas con pobre y muy buen drenaje respectivamente (Monsalve, G., 1995).

- **Factor de forma (Kf):** Es la relación que existe entre el ancho medio, y la longitud axial de la cuenca. El ancho medio es la relación entre el área de la cuenca y la longitud axial de la misma, mientras que la longitud axial es la medida de la distancia del cauce principal desde la desembocadura hasta su punto más lejano aguas arriba. La Ecuación 3.2 define el factor de forma.

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (3.2)$$

Dónde: A = área de la cuenca (km<sup>2</sup>), y; L = longitud axial de la cuenca (km).

- **Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc):** Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo equivalente al área de la cuenca. Este coeficiente está definido por la Ecuación 3.3.

$$K_c = 0.282 \frac{P}{A^2} \quad (3.3)$$

Dónde: P = perímetro de la cuenca (km), y; A = área de drenaje de la cuenca (km<sup>2</sup>).

El Índice de Gravelius es proporcional a la irregularidad de la cuenca, es decir, mientras más irregular es una cuenca mayor es el índice, el mínimo valor es 1 que corresponde a una cuenca de forma circular.

### **Longitud de cauce principal (Lcp)**

El cauce principal constituye el río de mayor longitud de drenaje en la cuenca en análisis, dado por la longitud plana del mismo.

### **Características de relieve.**

Este parámetro tiene influencia directa en la velocidad de escorrentía superficial y al igual que el factor de forma utiliza otros parámetros, que son los siguientes:

- **Pendiente media de la cuenca (Sc):** Esta característica de relieve se obtiene con la Ecuación 3.4.

$$S_{\text{cuenca}} = \frac{e \times l}{A} \quad (3.4)$$

Dónde: e = equidistancia entre curvas de nivel (m); l = longitud total de las curvas de nivel de equidistancia (m), y; A = área de la cuenca (m<sup>2</sup>).

- **Pendiente media ponderada del cauce principal (Sm):** Corresponde a la pendiente de la línea ponderada que divide en áreas iguales el perfil del cauce principal, estas referidas a las áreas sobre y bajo dicha línea (áreas comprendidas por la línea ponderada y la del perfil del río principal).

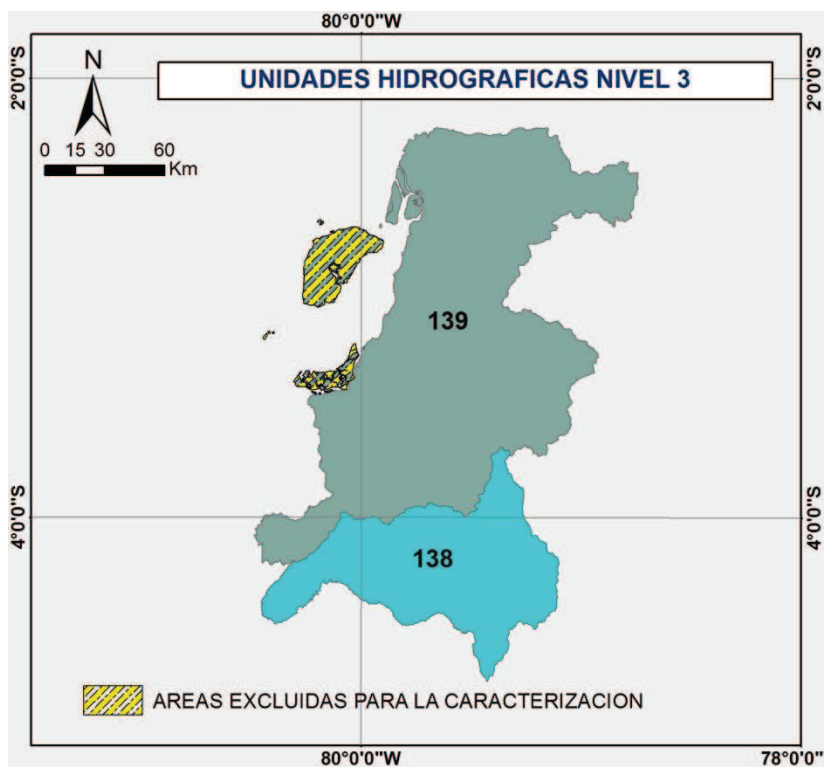
### **3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL NIVEL 3 DEL SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

La caracterización de las unidades hidrográficas en el Nivel 3 mostrada en la Tabla 3.6, se realizó en base a los parámetros que fueron explicados en el punto anterior y a los cuales les corresponde la siguiente nomenclatura:

- Unidad Hidrográfica (U.H.)
- Área (A)
- Perímetro (P)
- Cota máxima
- Cota mínima
- Longitud del cauce principal (Lcp)
- Densidad de drenaje (Dd)
- Coeficiente de compacidad (Kc)
- Factor de forma (Kf)
- Pendiente media de la cuenca (Sm)
- Pendiente media ponderada del cauce principal (Sm)

Para la caracterización de estas unidades hidrográficas se excluyó las áreas insulares mostradas en la Figura 3.11, bajo el concepto de áreas de drenaje diferentes. Áreas insulares que sumadas tiene un valor de 1170.6 km<sup>2</sup>.

**Figura 3.11** Área insular de las unidades hidrográficas 139 y 138



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 3.6 Características de las unidades hidrográficas del Nivel 3**

U.H.	A (km <sup>2</sup> )	P(km)	COTA MÁXIMA (m s.n.m.)	COTA MÍNIMA (m s.n.m.)	Lcp (km)	Dd (km/km <sup>2</sup> )	Kc	Kf	Sc (%)	Sm (%)
138	7219	606	3880	120	265.4	1.8	2.0	0.1	47	1.2
139	18756	1211	4520	0	178.6	1.4	2.5	0.6	33	0.6

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 3.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL NIVEL 4 DEL SUR DE LA COSTA ECUATORIANA

La caracterización de las unidades hidrográficas se presenta en la Tabla 3.6. En la tabla se caracterizó 11 unidades hidrográficas del Nivel 4.

**Tabla 3.7 Características de las unidades hidrográficas del Nivel 4**

U.H.	A (km <sup>2</sup> )	P(km)	COTA MÁXIMA (ms.n.m.)	COTA MÍNIMA (ms.n.m.)	Lcp (km)	Dd (km/km <sup>2</sup> )	Kc	Kf	Sc (%)	Sm (%)
1384	1089.1	208.6	3080	120	128.4	2.1	1.8	0.1	28.7	0.6
1385	50.1	33.4	280	120	18.9	1.7	1.3	0.1	11.6	0.4
1387	64.3	69.4	400	140	40.0	3.0	2.4	0.02	20.5	0.4
1388	1830.0	329.7	3880	240	151.8	2.0	2.2	0.1	46.9	0.8
1389	4186.5	432.2	3760	240	210.4	1.5	1.9	0.1	52.9	0.8
1394	3649.1	417.8	3920	160	201.5	2.0	1.9	0.1	47.0	0.5
1395	2199.8	249.1	2520	0	84.4	1.5	1.5	0.3	19.9	0.3
1396	4660.9	390.2	4120	0	178.6	1.4	1.6	0.1	38.3	1.2
1397	3094.8	279.2	4360	0	83.3	1.5	1.4	0.4	30.0	2.0
1398	2979.9	373.1	4520	0	142.1	1.1	1.9	0.1	35.2	1.7
1399	2172.0	468.8	3240	0	172.1	1.0	2.8	0.1	11.5	0.3

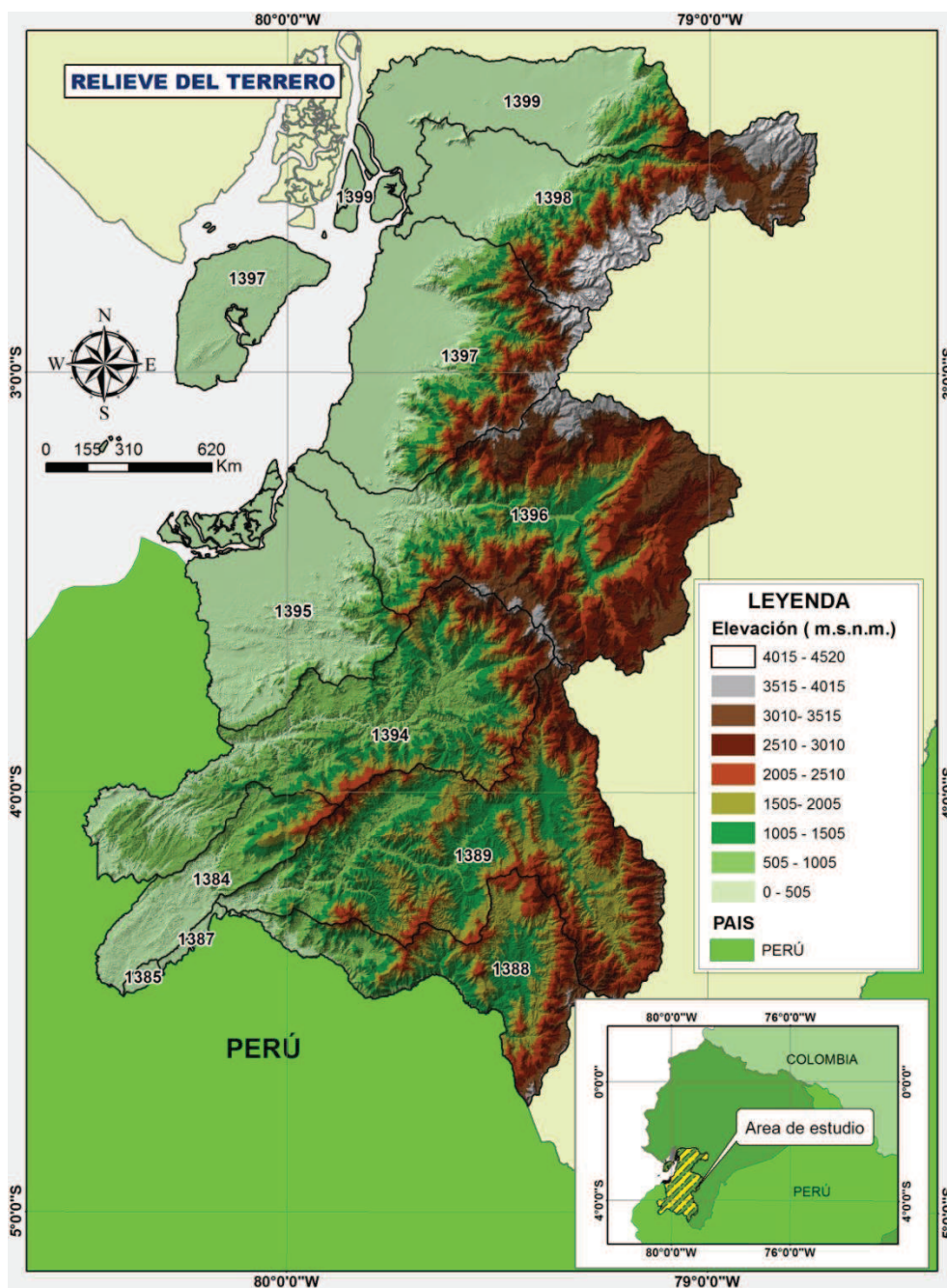
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Para la caracterización de las unidades del Nivel 4 se excluyó las áreas insulares mostradas en las Figura 3.11. Estas áreas son las mismas excluidas para la caracterización en el Nivel 3, en el Nivel 4 forman parte de las unidades 1397 y 1395. Además la unidad hidrográfica 1382 no fue analizada porque su área es pequeña como ya se explicó en la descripción del área de estudio.



El relieve topográfico de las cuencas del sur de las Costa Ecuatoriana se incluye en la Figura 3.13, el mapa fue elaborado utilizando las curvas de nivel proporcionadas por el IGM en una escala base 1: 50.000. En la Figura 3.14 se muestra un mapa con las pendientes del terreno, elaborado en base al mapa de la Figura 3.13. En el Anexo N°1 se presenta un mapa con mayor detalle.

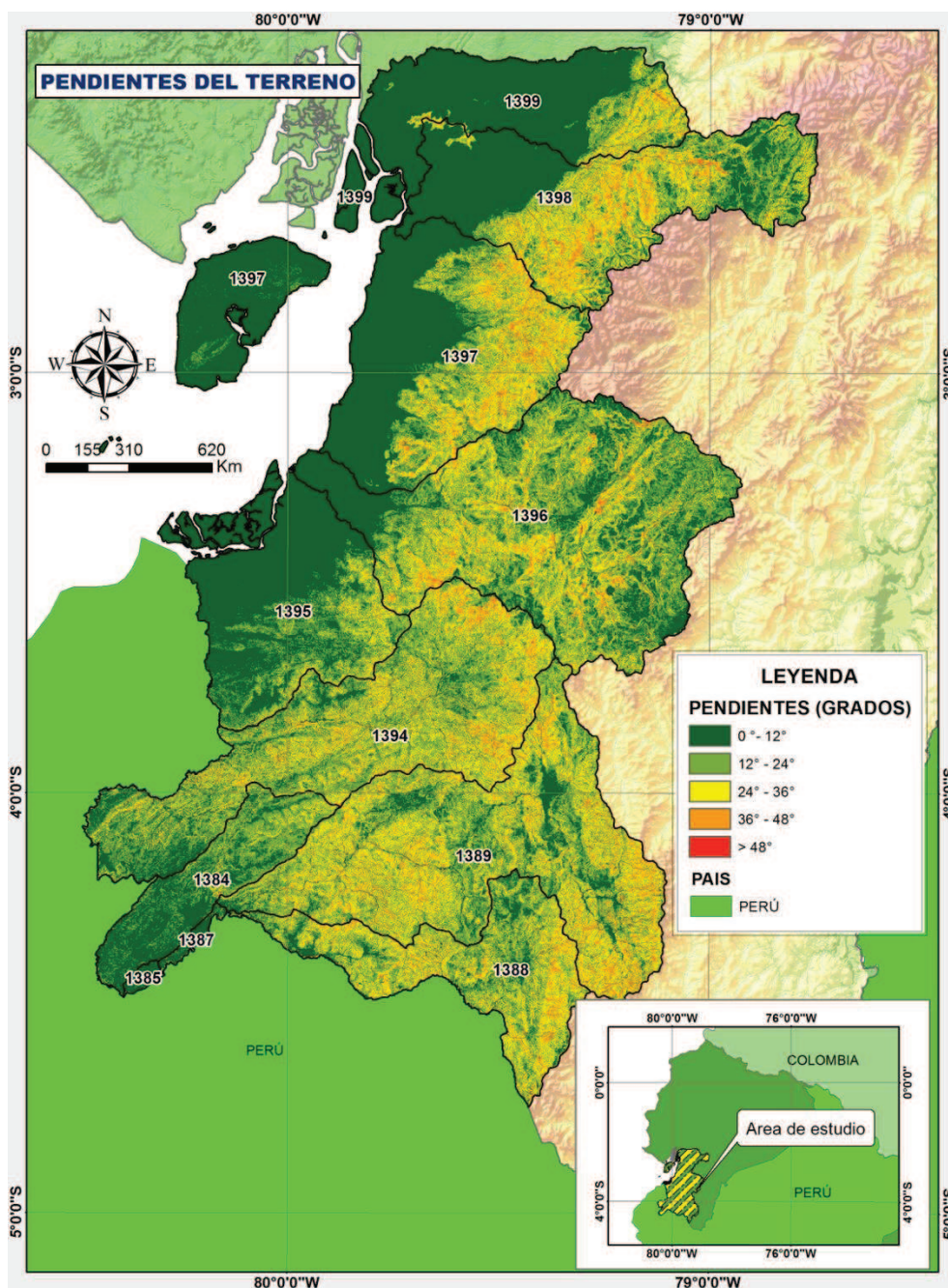
**Figura 3.12 Relieve del terreno del área de estudio**



Fuente: IGM (2012)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Figura 3.13 Pendientes en grados del área de estudio

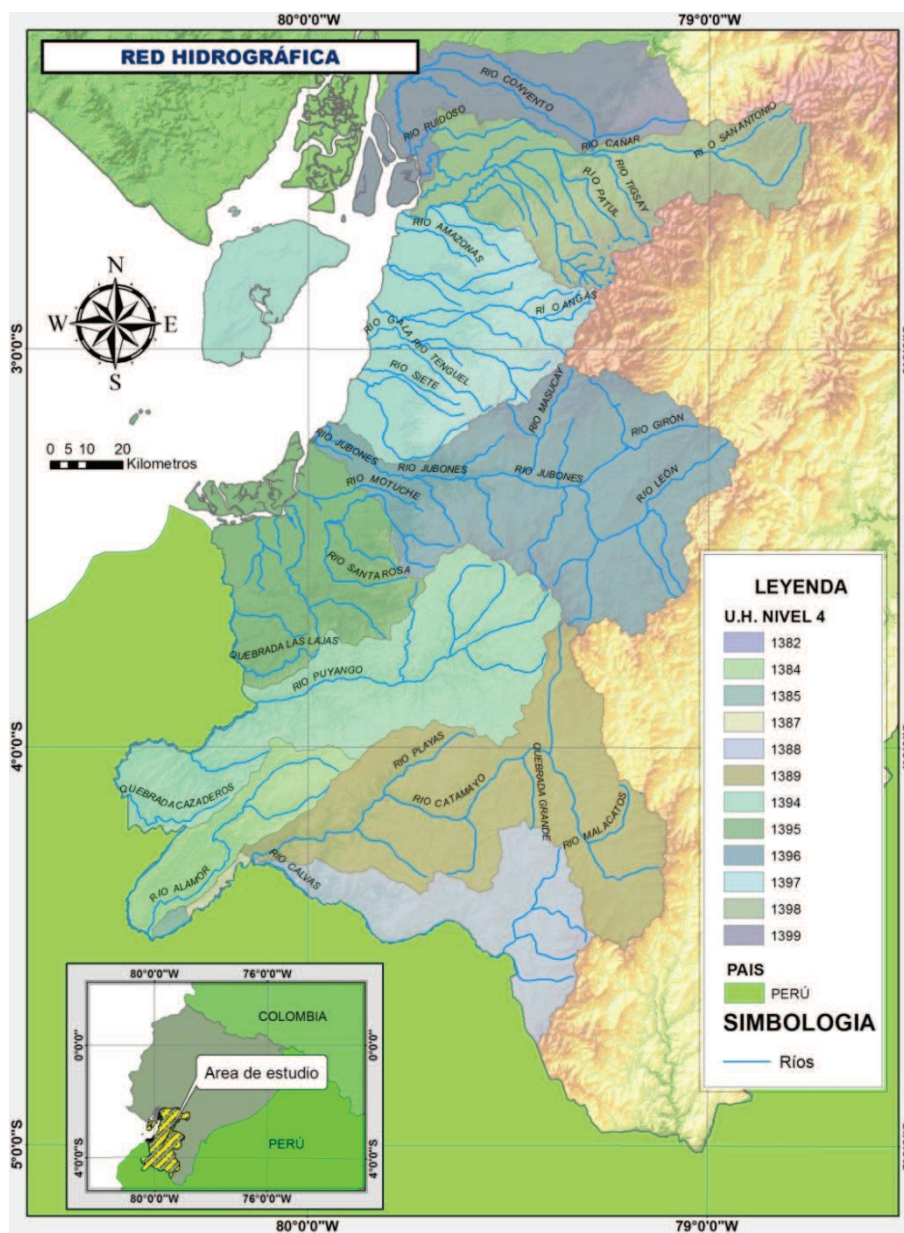


Fuente: IGM (2012)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En el mapa de la Figura 3.15 se puede observar la red hidrográfica principal para el área de estudio, así como también las unidades hidrográficas del Nivel 3. El mapa de la red hidrográfica está incluido en el Anexo N°1.

Figura 3.14 Red hidrográfica del área de estudio



Fuente: IGM (2012)

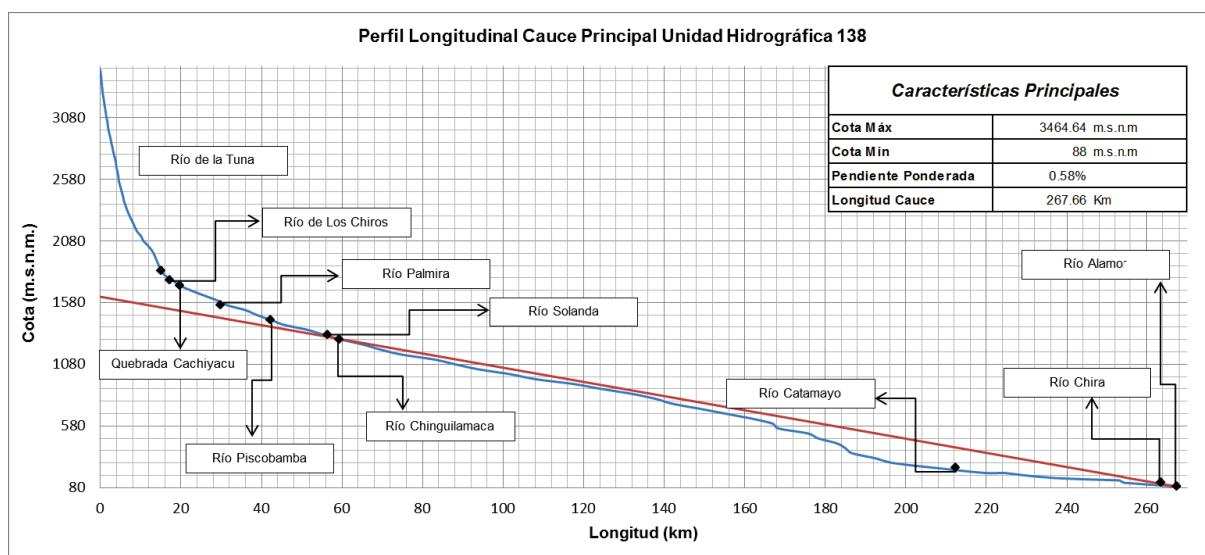
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 3.5. PERFILES DE LOS CAUCES PRINCIPALES DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS

En el análisis de las características de las unidades hidrográficas se obtuvo los perfiles de los cauces principales. En el Anexo N°2 se incluyen los perfiles de los

cauces principales de las unidades hidrográficas del Nivel 3 y Nivel 4, en el Figura 3.16 se muestra el perfil del cauce principal de la unidad hidrográfica 138.

**Figura 3.15 Perfil del cauce principal de la unidad hidrográfica 138**



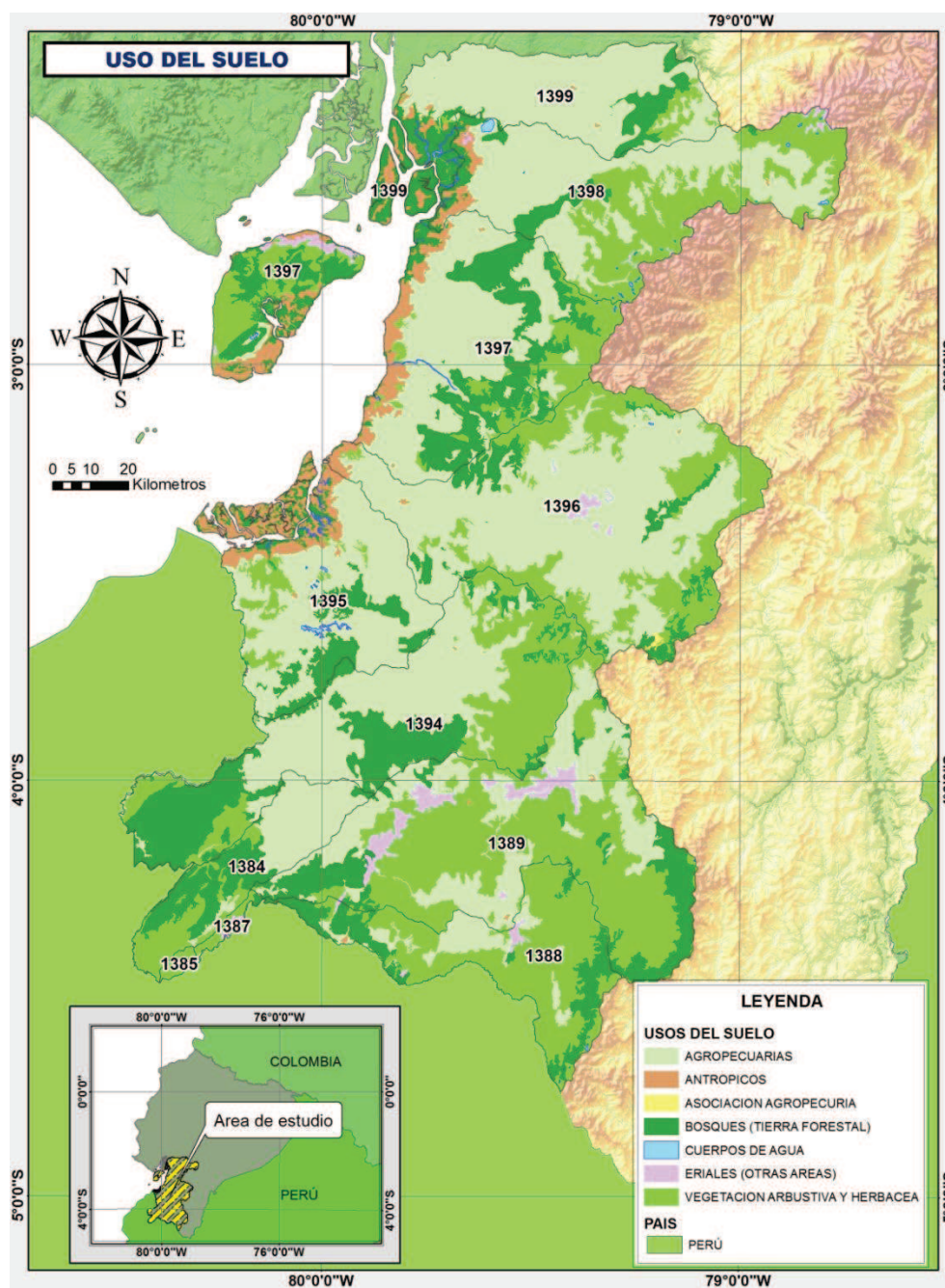
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 3.6. USO DE SUELO DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

En el anterior capítulo se presentó el tipo y el uso del suelo para toda el área de estudio, en este punto se presenta el tipo y uso de suelo para las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana. Se trabajó con las unidades hidrográficas del Nivel 3 y 4.

En la Figura 3.16 se muestran las unidades hidrográficas correspondientes al Nivel 4 con sus respectivos usos de suelo, en el Anexo N°1 se presenta un mapa con mayor detalle. Adicionalmente en la Tabla 3.7 se muestra el área y el porcentaje que le corresponde a cada uso de suelo de la unidad hidrográfica 138 y en la Tabla 3.8 el mismo análisis para la unidad hidrográfica 139.

Figura 3.16 Uso del suelo de las unidades hidrográficas del Nivel 4 del área de estudio



Fuente: MAGAP (2002)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En la unidad hidrográfica 138 el mayor uso del suelo corresponde a vegetación arbustiva y herbácea con una área que representa el 50.1% del área de estudio,

el uso del suelo para actividades agropecuarias representa el 27.8% del área de estudio, los bosques ocupan un área del 18.4%.

**Tabla 3.8 Uso del suelo de la unidad hidrográfica 138**

UNIDAD HIDROGRAFICA 138								
Unidad Hidrográfica	1382	1384	1385	1387	1388	1389	ÁREA TOTAL (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE
Uso del Suelo	Área (Km <sup>2</sup> )							
AGROPECUARIAS	-	482	0.9	1.1	283	1240	2007	27.8%
ANTROPICOS	-	-	-	-	2.7	4.8	7.5	0.1%
ASOCIACION AGROPECURIA	-	-	-	-	-	-	-	-
BOSQUES (TIERRA FORESTAL)	1.5	346	-	6.0	374	601	1330	18.4%
CUERPOS DE AGUA	-	-	-	-	1.2	0.1	1.3	0.0%
ERIALES (OTRAS AREAS)	-	-	-	12.8	22.6	217	252	3.5%
VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	-	260	49.1	44.4	1144	2122	3621	50.1%
<b>TOTAL</b>	<b>1.5</b>	<b>1088</b>	<b>50.0</b>	<b>64.3</b>	<b>1829</b>	<b>4186</b>	<b>7220</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 3.9 Uso del suelo de la unidad hidrográfica 139**

UNIDAD HIDROGRAFICA 139								
Unidad Hidrográfica	1394	1395	1396	1397	1398	1399	ÁREA TOTAL (Km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE
Uso del Suelo	Área (Km <sup>2</sup> )							
AGROPECUARIAS	1481	1456	3031	1595	1551	1454	1057	53.1%
ANTROPICOS	1.2	339	41.3	367	79.6	94.0	923	4.6%
ASOCIACION AGROPECURIA	-	-	8.5	-	-	-	8.5	0.0%
BOSQUES (TIERRA FORESTAL)	1103	472	334	1228	203	517	3858	19.4%
CUERPOS DE AGUA	0.1	18.7	0.6	6.8	16.8	9.5	52.6	0.3%
ERIALES (OTRAS AREAS)	-	-	38.3	48.3	28.5	-	115	0.6%
VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA	1060	168	1205	736	1099	93.6	4365	21.9%
<b>TOTAL</b>	<b>3646</b>	<b>2456</b>	<b>4660</b>	<b>3983</b>	<b>2979</b>	<b>2168</b>	<b>19895</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

El uso del suelo para actividades agropecuarias es el mayor uso en la unidad hidrográfica 139, con un área que representa el 53.1% de total del área de estudio. Un área relativamente grande de 10.571 km<sup>2</sup> para uso agropecuario sobre todo si se compara con el área de bosques que es 3.858 km<sup>2</sup>, que representa el 19.4% del área de estudio. Si se compara este último valor con el porcentaje de bosques en la unidad hidrográfica 138 (18,4%), son valores similares con un rango de variación del 1% aproximadamente.

### 3.7. TIPO DE SUELO DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El tipo de suelo tiene efectos sobre la escorrentía, lo que a su vez influencia en el comportamiento de la cuenca relacionándose directamente con el balance hídrico de la misma. La SCS (Soil Conservation Service) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en el año de 1971, propone un método para la clasificación de los suelos.

El método clasifica a los suelos en grupos hidrológicos, para realizarlo considera parámetros como textura, profundidad y drenaje. Se clasifica en cinco grupos, a cada Grupo Hidrológico se le asocia el tipo de movimiento de agua, tal como se muestra en la Tabla 3.10.

**Tabla 3.10 Características de los Grupos Hidrológicos de los Suelos**

GHS	CLASE TEXTURAL	TASA DE INFILTRACIÓN (mm/hora)	PROFUNDIDAD EFECTIVA cm/denominación		DRENAJE DE LOS SUELOS	MOVIMIENTO DEL AGUA EN LOS SUELOS
A	Arenoso	12	160	Muy profundos	Muy excesivamente drenados	Muy rápido
	Areno franco	11	145		Excesivamente drenados	
	Franco arenoso	10	130		Algo excesivamente drenados	Rápido
B	Franco	9	115	Profundos	Algo excesivamente drenados	Rápido
	Franco limoso	8	100	Moderadamente profundos	Moderadamente bien drenados	Moderado
	Limoso	7	85		Bien drenados	Óptimo
C	Franco arcillo arenoso	6	70	Superficiales	Moderadamente bien drenados	Moderado
	Franco arcilloso	5	55		Imperfectamente drenados	Lento
	Franco arcillo limoso	4	40			
D	Arcillo arenoso	3	25	Muy superficiales	Escasamente drenados	Muy lento
	Arcillo limoso	2	10	Extremadamente superficiales		
	Arcilloso	1	0		Muy escasamente drenados	

Fuente: (SCS, 1982)

**GRUPO A: Suelos con bajo potencial de escorrentía**

Las texturas de los suelos comprendidos en este grupo varía de arenosos a franco arenosas, la profundidad efectiva de los mismos es muy profunda. Cuando los suelos están muy húmedos poseen tasas de infiltración que varían entre 10 a 12 mm/hora. El drenaje natural para estos suelos comprende el rango entre muy excesivamente drenados a algo excesivamente drenados, en este grupo el movimiento del agua puede ser muy rápido o rápido.

**GRUPO B: Suelos con moderado potencial de escorrentía**

Las texturas de los suelos comprendidos en este grupo varía de franco a limoso, la profundidad efectiva de los mismos es profunda o moderadamente profunda. Cuando los suelos están muy húmedos poseen tasas de infiltración que varían entre 7 a 9 mm/hora. El drenaje natural para estos suelos comprende el rango entre algo excesivamente drenados y bien drenados, en este grupo el movimiento del agua puede ser moderadamente rápido, moderado u óptimo.

**GRUPO C: Suelos con moderadamente alto potencial de escorrentía**

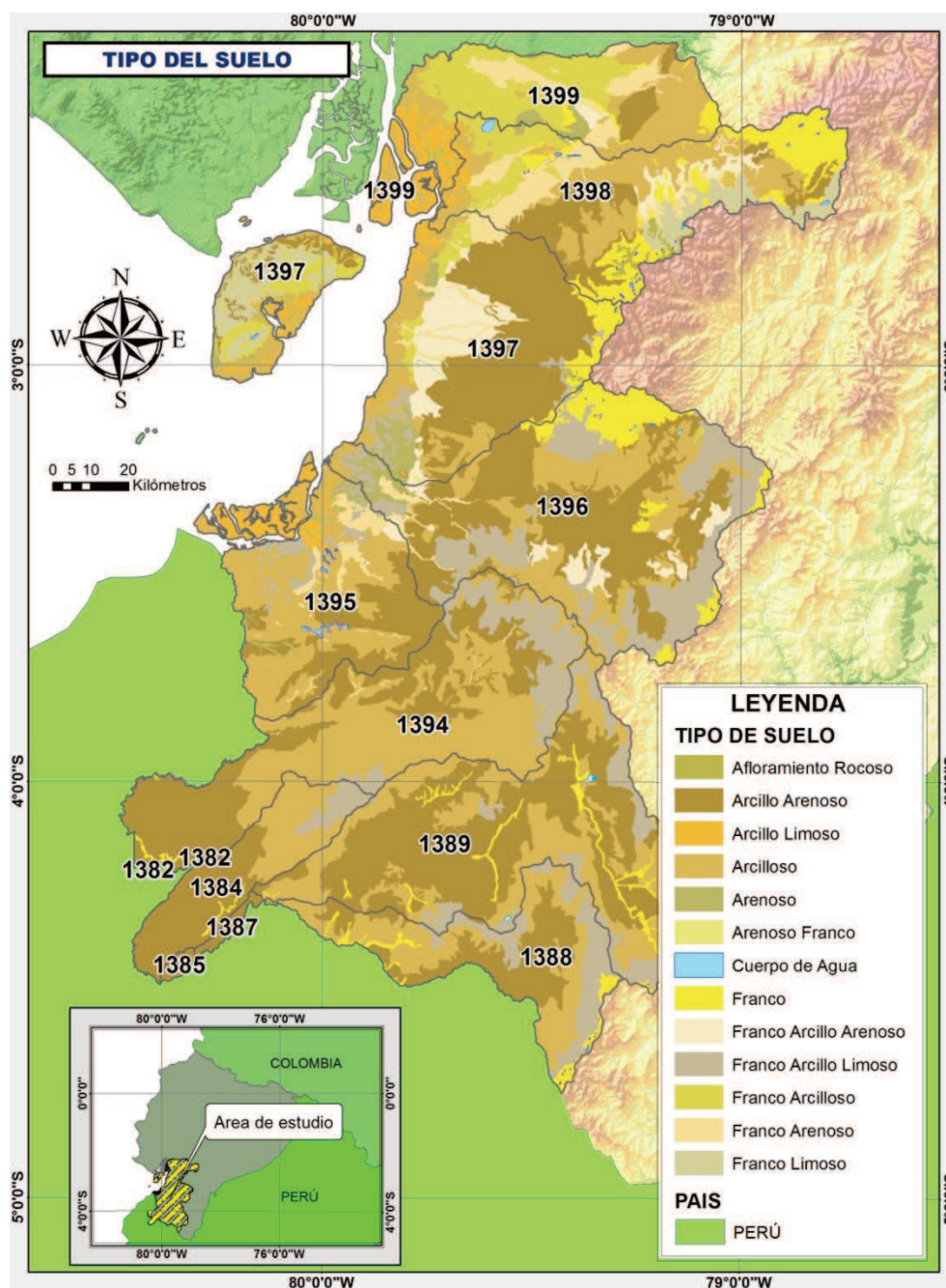
Las texturas de los suelos comprendidos en este grupo varía de franco arcillo arenoso a franco arcillo limoso, la profundidad efectiva de los mismos es moderadamente profunda o superficial. Cuando los suelos están muy húmedos poseen tasas de infiltración que varían entre 4 a 6mm/hora. El drenaje natural para estos suelos comprende el rango entre bien drenados e imperfectamente drenados, en este grupo el movimiento del agua puede ser óptima, moderada o lenta.

**GRUPO D: Suelos con alto potencial de escorrentía**

Las texturas de los suelos comprendidos en este grupo varía de arcillo arenoso a arcilloso, la profundidad efectiva de los mismos es muy superficial o extremadamente superficial. Cuando los suelos están muy húmedos poseen tasas de infiltración que varían entre 1 a 3 mm/hora. El drenaje natural para estos suelos comprende el rango entre imperfectamente drenados y muy escasamente drenados, en este grupo el movimiento del agua puede ser lento o muy lento.



Figura 3.17 Tipo del suelo de las Unidades Hidrográficas del Nivel 4 del área de estudio



Fuente: MAGAP (2002)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En la Figura 3.17 se presenta un mapa con las unidades hidrográficas del Nivel 4 y las áreas con los respectivos tipos de suelo, en el Anexo N°1 se presenta un mapa con mayor detalle. Para la cuantificación de las áreas que corresponden a

cada unidad hidrográfica, las Tablas 3.11 y 3.12 muestran el área y porcentaje del tipo de suelo de las unidades hidrográficas que conforman las unidades 138 y 139.

Adicional al mapa con el tipo de suelo según la clasificación textural, en el anexo se incluye un mapa con los tipos hidrológicos de suelos, este mapa se incluye en el Anexo N°1.

**Tabla 3.11 Áreas de acuerdo al tipo suelo de la unidad hidrográfica 138**

UNIDAD HIDROGRÁFICA 138									
UNIDAD HIDROGRÁFICA		1382	1384	1385	1387	1388	1389	TOTAL	%
CLASIFICACIÓN	GRUPO HIDROLÓGICO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )							
Arenoso	A	-	-	-	-	-	-	-	-
Arenoso Franco		-	-	-	-	-	-	-	-
Franco Arenoso		-	-	-	-	-	-	-	-
Franco	B	-	13.9	-	-	109	201	324	4.5%
Franco Limoso		-	-	-	-	-	-	-	-
Limoso		-	-	-	-	-	-	-	-
Franco Arcillo Arenoso	C	-	-	-	-	-	-	-	-
Franco Arcilloso		-	-	-	-	-	7.0	7.0	0.1%
Franco Arcillo Limoso		-	115	-	-	404	572	1091	15.1%
Arcillo Arenoso	D	1.5	59	49.4	62.6	588	2060	3354	46.5%
Arcillo Limoso		-	-	-	-	-	-	-	-
Arcilloso		-	368	-	0.6	722	1338	2430	33.7%
Afloramiento Rocoso		-	-	-	-	-	-	-	-
Cuerpo de Agua		-	-	-	-	1.5	5.9	7.4	0.1%
<b>TOTAL</b>								<b>7216</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

El área de la unidad hidrográfica 138 está constituida por los siguientes grupos hidrológicos de suelos:

- Grupo B: 4.5%
- Grupo C: 15.2%
- Grupo D: 80.2%

Evidenciándose que el mayor área de la unidad hidrográfica 138 corresponde a suelos con moderadamente alto potencial de escorrentía y alto potencial de

escorrentía con el 80.2%, mientras que el 4.5% de área de esta unidad hidrográfica corresponde a suelos con moderado potencial de escorrentía.

**Tabla 3.12 Áreas de acuerdo al tipo suelo de la unidad hidrográfica 139**

UNIDAD HIDROGRÁFICA 139									
UNIDAD HIDROGRÁFICA		1394	1395	1396	1397	1398	1399	TOTAL	%
CLASIFICACIÓN	GRUPO HIDROLÓGICO	ÁREA (Km <sup>2</sup> )							
Arenoso	A	-	56.9	81.7	167	11.7	59.8	377	1.9%
Arenoso Franco		-	-	-	-	6.4	0.2	6.6	0.0%
Franco Arenoso		16.0	159	69.0	144	347	271	1007	5.1%
Franco	B	19.9	-	435	150	596	68.0	1270	6.4%
Franco Limoso		-	-	-	290	281	-	572	2.9%
Limoso		-	-	-	-	-	-	-	-
Franco Arcillo Arenoso	C	-	19.1	203	440	111	27.9	802	4.0%
Franco Arcilloso		-	-	7.7	334	281	683	1306	6.6%
Franco Arcillo Limoso		507	139	1186	116	-	-	1950	9.8%
Arcillo Arenoso	D	1420	609	1654	1578	455	117	5835	29.4%
Arcillo Limoso		-	243	1.8	160	61.3	338	805	4.1%
Arcilloso		1684	1207	1016	583	748	593	5833	29.4%
Afloramiento Rocoso		-	-	1.3	8.8	56.7	-	66.8	0.3%
Cuerpo de Agua		0.3	13.4	2.6	2.1	19.0	-	37.1	0.2%
<b>TOTAL</b>								<b>19874</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

El área de la unidad hidrográfica 139 está constituida por los siguientes grupos hidrológicos de suelos:

- Grupo A: 7.0%
- Grupo B: 9.3%
- Grupo C: 20.4%
- Grupo D: 62.8%

Evidenciándose que el mayor área de la unidad hidrográfica 139 corresponde a suelos con moderadamente alto potencial de escorrentía y alto potencial de escorrentía al igual que la unidad hidrográfica 138, mientras que el 9.3% de área de esta unidad hidrográfica corresponde a suelos con moderado potencial de escorrentía y el 7.0% restante a suelos con bajo potencial de escorrentía.

## **CAPÍTULO 4**

### **CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

En este capítulo se analizan tres variables climáticas: precipitación, temperatura media y evaporación para las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana.

Para el análisis de las variables climáticas se utilizó la información meteorológica proporcionada por el INAMHI, información para el período 1981-2010. Los vacíos de las series de datos de las variables climáticas analizadas fueron rellenados y las series validadas.

El análisis de las variables precipitación y temperatura para el área de estudio, se realizó con estaciones representativas, para establecer la tendencia climática del área de estudio. Además se elaboró mapas de isotermas e isoyetas para representar la variación de precipitación y temperatura en el espacio. Se incluye también un análisis de la variación de la temperatura con la altitud.

La evaporación fue evaluada con el valor de la evapotranspiración obtenida por dos métodos el de Thornthwaite y Turc, el primero permite el cálculo de la evapotranspiración potencial mientras que el segundo la evapotranspiración real.

#### **4.1. VARIABLES CLIMÁTICAS**

Las principales variables que caracterizan el clima de las unidades hidrográficas son: precipitación, temperatura y evaporación, por lo que se analizó estas para la caracterización climática del área de estudio.

#### 4.1.1. PRECIPITACIÓN

La precipitación hace referencia a la caída de agua ya sea en forma sólida o líquida como son: lluvia, nieve, granizo y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, para la formación de la Precipitación, se requiere de la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. La condensación requiere del llamado núcleo de condensación, alrededor del cual las moléculas del agua pueden unirse (Chow, V., 1994).

Dentro de las precipitaciones se indican tres mecanismos principales para la elevación de masas de aire, los cuales son (Viessman, W., 2003):

- **Convectivas:** Se originan debido a la elevación de bolsas de aire caliente sobre bolsas de aire frío.
- **Orográficas:** Se originan por el ascenso de aire húmedo, el cual se eleva para pasar sobre una cadena montañosa.
- **Por Convergencia:** Se originan cuando dos masas de aire de diferente temperatura y dirección contraria chocan y se elevan.

#### Medición de precipitación

Para medir la precipitación, se lo hace considerando una columna vertical de agua acumulada la cual cae sobre una superficie plana (OMM, 2011).

Las alturas de precipitación son medidas en mm lo cual equivale a la altura obtenida por la caída de un litro de agua sobre la superficie de un metro cuadrado. Los instrumentos empleados para la medición de la precipitación son (INAMHI, 2012):

- **Pluviómetro:** Instrumento que se utiliza para medir las alturas de agua de precipitación, cuya superficie receptora es un anillo, con la interpretación

de que las precipitaciones están uniformemente distribuidas sobre una superficie horizontal impermeable

Las precipitaciones son medidas a una altura de 1.20 metros para evitar corrientes turbulentas a baja altura en la superficie terrestre.

- **Pluviógrafo:** Instrumento que registra gráfica y cronológicamente las alturas de precipitación; existiendo los siguientes tipos de registradores: de pesada, de flotador y de cangilones.
- **Registrador Digital**

#### 4.1.2. TEMPERATURA

En Hidrología y Meteorología la temperatura se considera como la condición que indica el flujo neto de calor entre dos cuerpos (OMM, 2011).

##### **Medición de la temperatura**

La medición de la temperatura se la hace con termómetros que son colocados en sitios donde no exista ningún impedimento para la circulación del aire, no haya humedad y además no reciba los rayos solares directamente. Las unidades en las que son medidas son los grados Celsius (°C). (INAMHI, 2012)

Existen varios dispositivos que son utilizados para determinar la temperatura, los cuales se mencionan a continuación (INAMHI, 2012):

- **Termómetro Seco:** Usa la diferencia de dilatación de mercurio y el vidrio que lo contiene para poder medir la temperatura del aire; para evitar la influencia de la radiación directa en el mismo, se lo coloca en un abrigo meteorológico a dos metros de altura.
- **Termómetro de mínima:** Es un dispositivo de alcohol en vidrio el cual mide las temperaturas más bajas que se producen en el transcurso del día.
- **Termómetro de máxima:** Es un dispositivo de mercurio en vidrio con una pequeña estrangulación que hace que el mercurio circule libremente conforme sube la temperatura, pero al comenzar su disminución impide el

regreso del mercurio quedando registrada la mayor temperatura que se produce en el transcurso del día.

- **Termógrafo:** Es un instrumento que registra gráficamente las variaciones cronológicas de temperatura del aire durante un período de tiempo determinado.

Al referirse a la temperatura del aire se tienen distintas formas para nombrarlas de acuerdo a sus características indicadas en los anuarios del INAMHI siendo las más usadas las siguientes: (INAMHI, 2012)

- **Temperatura Promedio Diaria:** Es el cálculo de la media aritmética de las lecturas que se hacen cada 3 o 6 horas.
- **Temperatura Media Diaria:** Es el promedio de las temperaturas máxima y mínima diarias.
- **Temperatura Diaria Normal:** Es el promedio de la temperatura media diaria de una fecha determinada, para un período de 30 años.
- **Temperatura Promedio Mensual:** Es el resultado del promedio de las temperaturas mensuales tanto máximas como mínimas.
- **Temperatura Promedio Anual:** Es el cálculo del promedio de las temperaturas promedio mensuales en un año.
- **Temperatura Máxima Diaria:** Es el valor registrado de la temperatura máxima absoluta durante un día.
- **Temperatura Mínima Diaria:** Es el valor registrado de la temperatura mínima absoluta durante un día.

#### 4.1.3. EVAPORACIÓN

Se considera a la evaporación como la tasa de transferencia neta de vapor de agua desde la superficie de la tierra hacia la atmósfera, debido a diferentes factores tales como: la radiación solar, temperatura, viento, presión atmosférica y humedad del suelo (Viessman, W., 2003).

Los principales factores que influyen en la evaporación son: el suministro de energía para proveer el valor latente de vaporización y la habilidad para transportar el vapor fuera de la superficie de evaporación (Chow, V., 1994).

### **Medición de la evaporación**

Para determinar el valor de la evaporación se hace uso de los métodos ya sean directos o indirectos los cuales se detallan a continuación (OMM, 2011):

- **Métodos Directos:** La evaporación es medida por evaporímetros como el Tanque clase A el cual posee un tanque metálico de sección circular de 121 cm de diámetro y 25.4 cm de profundidad, que es colocado a 5 o 10 cm por encima del suelo. El valor de la evaporación es la diferencia entre los volúmenes de agua en el tanque en días seguidos.
- **Métodos Indirectos:** La evaporación es determinada por medio del balance hídrico y energético, métodos de tipo aerodinámico o su combinación; las principales variables meteorológicas que son utilizados por los métodos antes mencionados son: radiación solar y de onda larga, la temperatura superficial del aire y de la superficie, la humedad atmosférica y la velocidad del viento.
- **Métodos Directos:** Se determina la evaporación mediante el balance hídrico y energético, métodos de tipo aerodinámico o la combinación de estos. Las variables meteorológicas que se basan en estos métodos son: radiación solar y de onda larga, la temperatura superficial del aire y de la superficie, la humedad atmosférica o la presión de vapor y la velocidad del viento
- **Teledetección:** Registra la información meteorológica por medio de observaciones satelitales, ya que las mediciones tanto de radiación solar y temperatura del aire se las hace en un mismo sitio, permite tener varios valores secuenciales en un registrador multicanal y de banda gráfica.



## Procesamiento de la información

El procesamiento de datos que realiza el INAMHI, tiene como objetivo generar una muestra estadística homogénea a nivel nacional, para lo cual se ha seguido normas para cada parámetro climático así (INAMHI, 2012):

**Precipitación:** Los valores diarios son calculados como la suma de las observaciones de las 13 y 19 horas del día en cuestión, más la observación de las 07 horas del día siguiente, este valor es importante para el cálculo del valor en 24 horas ya que es un proceso acumulativo, el valor máximo se obtiene únicamente si ha sido posible calcular el valor de 24 horas, como un dato puntual. Los resúmenes mensuales se obtienen con un mínimo de 20 días registrados.

**Temperatura:** Los valores mensuales se obtienen con un mínimo de 20 días de registro de observaciones. En el cálculo de las temperaturas máximas, se obtienen las medias mensuales y los valores extremos absolutos de los registros diarios. Para la temperatura media se calcula el valor promedio diario de las tres observaciones a las 13 - 19 – 07 (horas) del termómetro seco, la media mensual se obtiene de los registros diarios.

**Evaporación:** Su cálculo corresponde a la diferencia entre la evaporación potencial que se obtiene del tanque de evaporación y el valor de la precipitación registrado en el pluviómetro.

## 4.2. SERIES MENSUALES DEL CLIMA

Para el análisis de las variables climáticas se trabajó con series de datos comprendidas dentro de un período de 30 años, comprendido entre 1981-2010, siguiendo las recomendaciones de OMM, tal como se detalló en el Capítulo 2 del presente proyecto.

Las series de datos manejan valores mensuales, para el procesamiento de estos se trabajó con formatos similares a los propuestos en el proyecto de titulación:

- Almeida, M., 2010. Instructivos de Procesamiento de la Información Hidrometeorológica desarrollado por María de la Paz Almeida. EPN. Quito.

La información de estas series mensuales fue proporcionada por el INAMHI y en esta se maneja las siguientes variables climáticas:

- Precipitación media mensual.
- Temperatura media mensual
- Evaporación mensual.

El formato utilizado para el procesamiento de la información se presenta en la Tabla 4.1, estos contienen un membrete con los datos de la estación y los valores mensuales de las series de datos. Las series de datos para las variables climáticas en este formato se encuentran en el Anexo Digital en el CD1.

**Tabla 4.1 Serie de datos de precipitación mensual estación M544**

ESTACIÓN	M544	COLAISACA										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>1981</b>	46.0	177.6	197.2	32.5	43.0	0.0	0.0	35.5	0.0	35.4	8.1	167.3
<b>1982</b>	65.0	99.9	51.6	171.1	95.9	1.4	4.5	0.0	22.8	116.5	88.8	372.0
<b>1983</b>	411.3	224.2	263.9	408.6	207.8	49.1	5.0	0.0	25.4	100.9	12.1	108.8
<b>2008</b>	241.8	772.6	456.2	566.6	97.8	38.1	0.2	29.4	32.5	95.4	58.5	12.8
<b>2009</b>	315.7	556.4	409.5	143.0	46.2	21.7	13.0	27.6	0.0	48.0	16.6	145.4
<b>2010</b>	54.1	126.3	221.1	157.4	91.0	0.0	10.7	4.1	8.7	20.9	21.0	18.8

Fuente: INAMHI

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La disponibilidad de información por unidades hidrográficas se detalla en la Tabla 4.2, la disponibilidad de información es evaluada en base a la cantidad de estaciones meteorológicas con las que cuenta cada unidad hidrográfica. Se incluye la cantidad de estaciones de acuerdo a su clase, recordando que se

trabajó con tres clases: base (A), apoyo (B) y referencia (C). La clasificación de la estaciones de acuerdo a la cantidad de información se detalló en el Capítulo 2.

**Tabla 4.2 Disponibilidad de la información meteorológica**

U.H. NIVEL 2	U.H. NIVEL 3	ESTACION CLASE A			ESTACION CLASE B			ESTACION CLASE C		
		VARIABLE CLIMATICA			VARIABLE CLIMATICA			VARIABLE CLIMATICA		
		hp	T	EVP	hp	T	EVP	hp	T	EVP
138	1384	2	-	-	2	-	-	1	1	1
	1385	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1387	1	1	-	-	-	-	-	-	1
	1388	5	1	-	1	2	2	6	2	1
	1389	6	4	-	9	1	1	7	6	8
139	1394	2	1	-	1	-	-	21	5	5
	1395	1	1	-	1	1	1	13	6	5
	1396	8	2	-	2	-	1	8	6	5
	1397	2	1	-	1	2	2	5	3	1
	1398	4	1	1	-	-	-	8	2	1
	1399	1	1	-	-	-	-	14	6	6
<b>TOTAL</b>		32	13	1	17	6	7	83	37	34

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Para las variables climáticas: precipitación, temperatura y evaporación existe un mayor número de estaciones clase C con respecto a las de clase A y B. La variable evaporación media mensual posee menor cantidad de información, se cuenta con una única estación clase A.

Las estaciones meteorológicas que registran precipitación son las más abundantes, seguidas en número por las estaciones con registro de temperatura media.

Las unidades hidrográficas 1384, 1385 y 1387 son cuencas de reducida área por lo que naturalmente poseen un menor número de estaciones respecto a las otras unidades, la unidad hidrográfica 1385 no cuenta con ninguna estación meteorológica. Una realidad diferente se muestra en las unidades hidrográficas 1389 y 1394 en las que se encuentra una mayor concentración de estaciones

meteorológicas, las unidades 1397, 1398 y 1399 poseen una menor concentración de estaciones respecto a las anteriores, pese que estos dos grupos de unidades hidrográficas tienen un área significativa.

En el Anexo N°3 se encuentra la lista de las estaciones meteorológicas, se incluye la clasificación de las mismas para las variables climáticas.

#### **4.2.1. RELLENO DE DATOS FALTANTES**

Las series de datos están constituidas por 360 valores mensuales, las series poseen vacíos en los datos ya sea porque: no se registró la información, hay errores en el registro o problemas con las estaciones meteorológicas. Estos vacíos dificultan el análisis de la variabilidad temporal y espacial de las variables climáticas analizadas por lo que es necesario el relleno de estos.

El método estadístico utilizado para el relleno de los datos faltantes es el método de correlación - regresión aplicado para las series de estaciones cercanas entre sí, es decir, estaciones vecinas, este método es el más utilizado para el relleno de datos cuando se trata de fenómenos meteorológicos (Almeida, P., 2010).

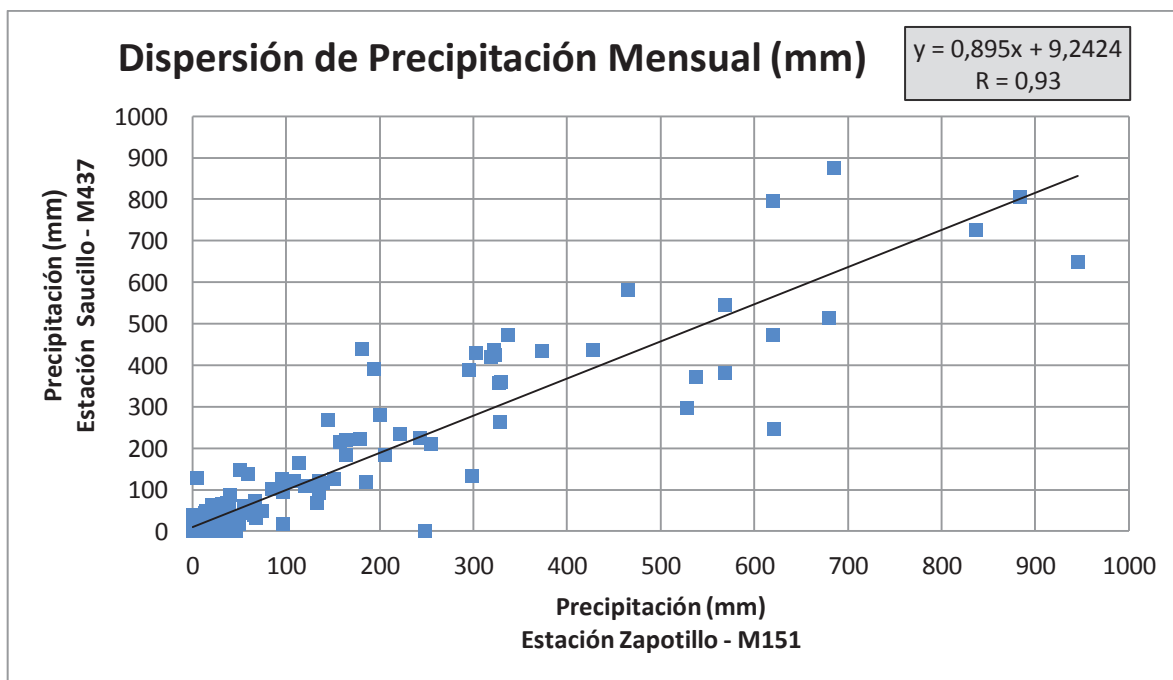
El método estadístico establece un coeficiente de correlación, este permite evaluar la dependencia lineal de dos series de datos. La variación del mismo está dentro del rango comprendido entre 1 y -1, el primer extremo representa a dos series de datos que graficadas describen una línea recta con pendiente positiva lo que indica una correlación completa, el segundo indica también correlación completa, la línea que describen las dos series de datos tiene pendiente negativa.

El método de correlación – regresión se aplica cuando el coeficiente de correlación de dos series de datos analizadas en el mismo período es mayor a 0.7, un valor mayor o igual a este número significa que la dispersión en los datos respecto a la media de una serie de datos se justifica a través de la dispersión de los correspondientes valores de la otra serie de datos respecto a su propio valor medio (Kennedy, J. y Neville, A., 1982).

Si el coeficiente de correlación está dentro del margen aceptable, se obtiene la ecuación de la regresión de tipo lineal,  $y = ax + b$  esta representa la relación lineal de las dos series de datos. La variable a completar es representado por “y” mientras que “x” representa la variable con datos completos.

En la Figura 4.1 se muestra un ejemplo de la aplicación del modelo de correlación y regresión para las series de datos de dos estaciones meteorológicas del área de estudio.

**Figura 4.1 Diagrama de dispersión entre series de precipitación media mensual**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

El relleno de las series de datos por el modelo correlación – regresión se realizó para las estaciones clase A únicamente, se priorizó trabajar con estaciones vecinas de igual clase. El relleno de datos de las estaciones clase A también se realizó con estaciones clase B, esto cuando no existieron estaciones clase A cercanas o ya fuese porque estas no proporcionan un coeficiente de correlación mayor a 0.7, necesario para la aplicación del método (Almeida, P., 2010).

En la Tabla 4.3 se muestra la cantidad de series rellenadas y el porcentaje que representa del total de estaciones, en el caso de la precipitación se rellenó los datos de todas las estaciones clase A. Es importante mencionar que ninguna estación contaba con una serie de datos completa, pero en el caso de las series con pocos vacíos se utilizó la media mensual multianual para el relleno.

**Tabla 4.3 Resumen series de datos meteorológicos rellenadas**

VARIABLE CLIMATICA	TOTAL SERIES DE DATOS	SERIES RELLENADAS	
		CANTIDAD	PORCENTAJE
Precipitación	133	32	24,1%
Temperatura	56	9	16,1%

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Las series de temperatura rellenadas corresponden a las estaciones seleccionadas para la caracterización climática, la cual se presenta más adelante en este capítulo. Los valores anuales de la precipitación están dados por la suma de los valores mensuales, mientras que para la temperatura el valor anual corresponde al promedio, por lo que en el primer caso hace inevitable el relleno de datos para la obtención de valores anuales de precipitación.

La Tabla 4.4 presenta la cantidad de estaciones rellenadas por el modelo correlación – regresión por unidades hidrográficas. Si bien se rellenó todas las estaciones clase A para la precipitación, existió una serie de datos la correspondiente a la estación M481 que se rellenó con la media mensual multianual mas no por el método correlación – regresión, ya que el coeficiente de correlación obtenido con estaciones vecinas es inferior a 0.70, lo que impide la aplicación del método.

El Anexo N°3 contiene las ecuaciones utilizadas para el relleno de datos, también se incluye el coeficiente de correlación entre las series de datos de las estaciones correlacionadas.

**Tabla 4.4 Resumen series rellenadas por unidad hidrográfica**

UNIDAD HIDROGRÁFICA	ESTACIONES RELLENADAS POR EL METODO DE CORRELACION - REGRECION	
	PRECIPITACION	TEMPERATURA
1384	2	-
1387	1	-
1388	5	-
1389	6	-
1394	2	-
1395	1	1
1396	7	2
1397	2	1
1398	4	-
1399	1	1
<b>TOTAL</b>	31	5

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

#### 4.2.2. VALIDACIÓN DE LAS SERIES

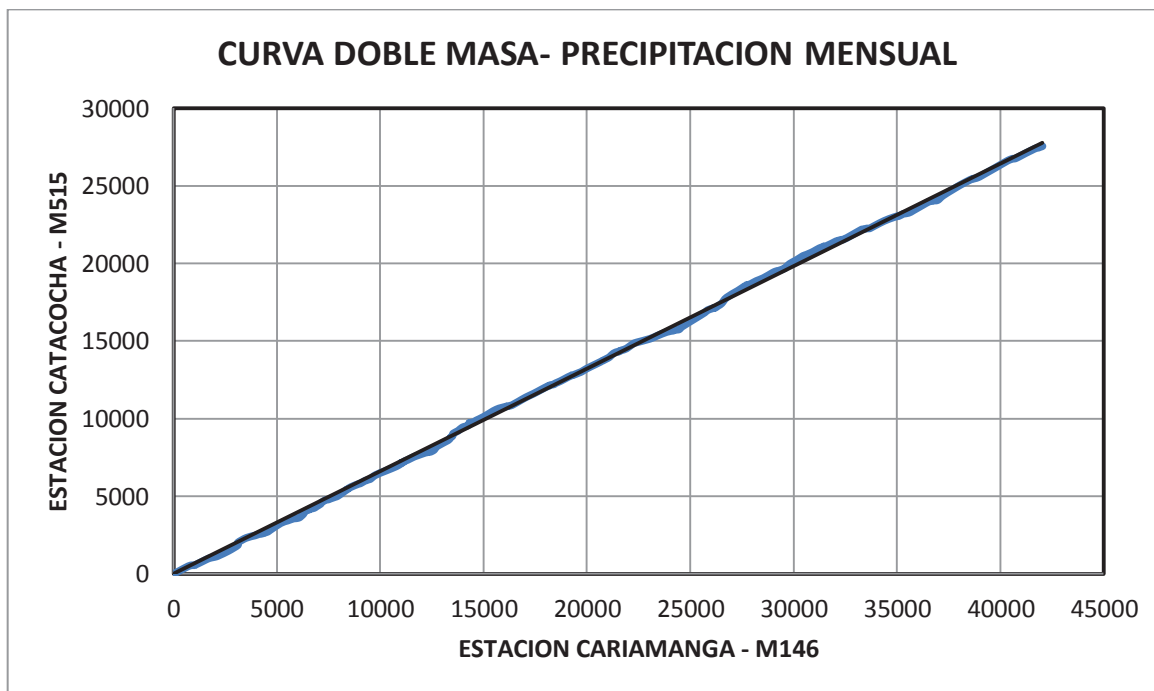
La curva de doble masa es el método utilizado en el presente proyecto para la evaluación de la homogeneidad de las series de datos, ya que este permite la visualización gráfica de la relación entre los datos de dos estaciones, generalmente vecinas y con un mismo período de registro de información. Para la elaboración de la curva se trabaja con los valores mensuales acumulados de las dos series de datos, estos valores en pares ordenados son graficados en ejes ortogonales. Los valores de las ordenadas deben corresponder a la estación rellenada (OMM, 2011).

Cuando la información analizada es homogénea la tendencia de las series es única y es lineal, si por el contrario se presentan varias tendencias e incluso cambio de pendientes se debe analizar los datos que producen estas variaciones para corregirlos y lograr homogeneidad en la serie de datos.

En la Figura 4.2 se muestra la curva de doble masa de las estaciones Catacoha M515 y Carimanga M146, donde se puede observar que la tendencia es lineal y

única, no existen cambios bruscos de pendiente. Por lo que en este caso se trata de una serie homogénea.

**Figura 4.2 Curva de doble masa homogénea de precipitación media mensual**



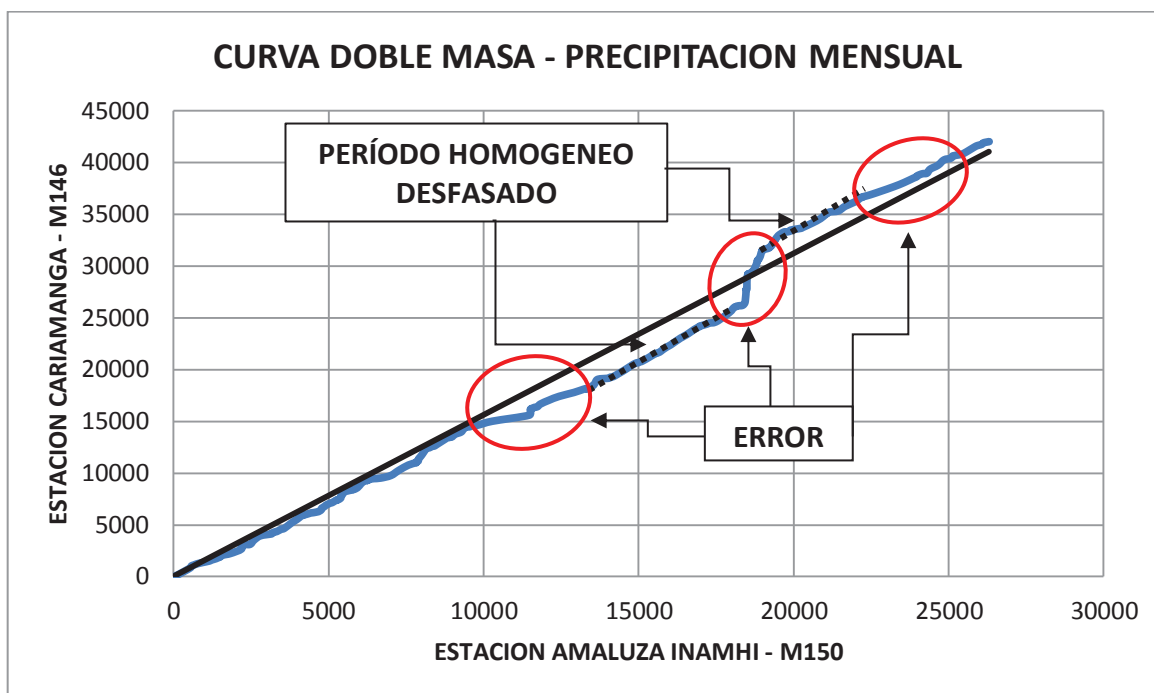
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La curva de doble masa de la Figura 4.3 corresponde a una serie de datos no homogénea ya que existen puntos donde la pendiente cambia bruscamente, debido a períodos homogéneos desfasados. La no homogeneidad en las series en el caso de la precipitación se presenta por la gran variabilidad climática del Ecuador, en el caso de la Región Costa por ejemplo se ve afectada por el fenómeno de “El Niño” (Barros, J. y Troncoso, A., 2010). La no homogeneidad también tiene relación valores erróneos en el registro de datos, ya que el proceso de registro de datos está sujeto a errores.

A causa de “El Niño” durante los años 1982-1983 y 1997-1998 se registran grandes incrementos en la precipitación debido a la gran magnitud del impacto de este fenómeno para estos años. No es conveniente eliminar estos datos de las series ya que al ser un fenómeno recurrente forma parte de la realidad climática del país.



**Figura 4.3 Curva de doble masa no homogénea de precipitación media mensual**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Las series no homogéneas para el caso de este proyecto en particular no pueden ser mejoradas ya que la falta de información en estaciones lo limita, además la aplicación del método de correlación – regresión se realizó con la estación que posee el coeficiente de correlación más alto, por lo que todo intento de correlacionar con otra estación no dio resultado.

**Tabla 4.5 Cantidad de series homogéneas rellenadas con el método de correlación–regresión**

VARIABLE CLIMATICA	SERIES RELLENADAS	SERIES HOMOGENEAS	PORCENTAJE
Precipitación	38	29	76.3%
Temperatura	7	7	100.0%

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

El número de series rellenadas no es el mismo que el de estaciones rellenadas, ya sea porque una misma estación fue rellenada con los datos de dos estaciones

vecinas o porque la estación fue rellenada únicamente con valores de la media mensual multianual.

Las ecuaciones utilizadas para el relleno de datos y el coeficiente de correlación de las series rellenadas se encuentran en el Anexo N° 3.

#### 4.2.3. VALORES MEDIOS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA PARA EL PERÍODO 1981-2010

En la Tabla 4.6 se presentan los valores de la precipitación media correspondiente a las estaciones clase A analizadas.

**Tabla 4.6 Precipitación media para el período 1981 – 2010**

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CÓDIGO	hp (mm)	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CÓDIGO	hp (mm)
CAÑAR	M031	479.0	NABON INAMHI	M420	774.4
PASAJE	M040	1028.0	ONNA	M421	474.8
SARAGURO	M142	794.7	HDA.STA.LUCIA-CAMINO RIRCAY	M422	429.8
MALACATOS	M143	676.7	EL LUCERO INAMHI	M433	1032.1
CARIAMANGA	M146	1401.4	SOZORANGA INAMHI	M434	1276.0
YANGANA	M147	1163.3	ALAMOR	M435	1424.9
GONZANAMA	M149	1370.3	SAUCILLO(ALAMOR EN)	M437	855.3
AMALUZA INAMHI	M150	877.0	JIMBURA	M438	1380.3
ZAPOTILLO	M151	852.3	SABIANGO INAMHI	M439	1191.7
NARANJAL	M176	431.7	PUERTO INCA(CANNAR EN)	M477	1538.2
ZARUMA	M180	1432.8	USHCURRUMI	M481	750.9
MACHALA-UTM	M185	1586.9	CHACRAS	M482	517.2
GRANJA STA.INES(UTM)	M292	663.5	CATACOCHA	M515	918.4
INGAPIRCA	M411	608.6	COLAISACA	M544	1224.8
SUSCALPAMBA(CAPILLA DOLOROSA)	M412	990.9	PIÑAS	M773	1229.8
GIRON	M419	792.4	INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)	MA2U	2173.0

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En la Tabla 4.7 se presenta la temperatura media para el período 1981 - 2010 de las series de las estaciones meteorológicas de clase A y B con registro de la variable temperatura media mensual.

**Tabla 4.7 Temperatura media para el período 1981 – 2010**

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CÓDIGO	TEMPERATURA MEDIA (°C)
CAÑAR	M0031	11.7
SARAGURO	M0142	14.4
MALACATOS	M0143	20.1
VILCABAMBA	M0144	20.7
QUINARA INAMHI	M0145	21.2
CARIAMANGA	M0146	17.9
YANGANA	M0147	19.1
GONZANAMA	M0149	16.9
AMALUZA INAMHI	M0150	20.6
ZAPOTILLO	M0151	26.0
NARANJAL	M0176	25.6
ARENILLAS	M0179	25.4
ZARUMA	M0180	21.8
PAGUA	M0184	25.0
MACHALA-UTM - PAGUA	M0185	24.6
QUILANGA	M0241	19.9
GRANJA STA.INES(UTM)	M0292	24.9
CHACRAS	M0482	25.8
INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)	M1095	29.0

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### **4.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

En vista de la escasa información referente a la variable evaporación se hace necesario el cálculo de la evapotranspiración potencial y real para su posterior comparación con los datos medidos con los que se cuenta de esta variable. Las estaciones de evaporación son casi en su totalidad estaciones clase C, por lo existió mayor grado incertidumbre al trabajar con esta información.

La evapotranspiración es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera en forma de vapor, debido a la evaporación en la superficie terrestre y a la transpiración vegetal, cuya magnitud depende del agua realmente disponible (Chow, V., 1994).

#### 4.3.1. EVAPORACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración potencial se define como la pérdida de agua en condiciones óptimas, es decir, cuando se tiene el adecuado suministro de agua para una superficie completamente cubierta por vegetación (Viessman, W., 2003).

La evaporación potencial fue calculada por el método de Thornthwaite, este método relaciona la evaporación potencial con la temperatura media mensual y las horas de sol. Para ello se trabajó con datos reales medidos para encontrar la relación con la temperatura y horas de sol por día (FAO, 2006).

Este método propone la siguiente Ecuación 4.1 para la evaporación potencial:

$$E_j = 16 \left( \frac{10 t_j}{I} \right)^a \quad (4.1)$$

Dónde:

$E_j$ : Evapotranspiración potencial mensual del mes  $j$ , no ajustada (mm/mes);

$t_j$ : Temperatura media mensual del mes  $j$ , ( $^{\circ}\text{C}$ );

$I$ : Índice de calor, se calcula con la Ecuación 4.2 y 4.3, y;

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j \quad (4.2)$$

$$i_j = \left( \frac{t_j}{5} \right)^{1.514} \quad (4.3)$$

$a$ : Ecuación cúbica que depende del índice de calor, que se expresa en la Ecuación 4.4.

$$a=0.675 \times 10^{-6} I^3 - 0.771 \times 10^{-4} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.49 \quad (4.4)$$

**Tabla 4.8 Horas máximas de sol para los diferentes meses y latitudes**

LATITUD (Grados)	HEMISFERIO SUR											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
70	24	17,4	13	8,4	2,7	0	0	6,4	11,2	15,7	21,7	24
68	21,9	16,7	12,9	8,7	4,3	0	1,7	7	11,3	15,3	19,9	24
66	20,1	16,2	12,8	9,1	5,3	2	3,7	7,6	11,3	15	18,8	22,1
64	19	15,8	12,8	9,3	6,1	3,7	4,8	8	11,4	14,7	18	20,3
62	18,3	15,5	12,7	9,6	6,7	4,8	5,6	8,3	11,4	14,5	17,4	19,2
60	17,6	15,2	12,6	9,8	7,2	5,6	6,3	8,7	11,5	14,3	16,9	18,4
58	17,1	14,9	12,6	9,9	7,6	6,2	6,8	8,9	11,5	14,1	16,5	17,8
56	16,7	14,7	12,5	10,1	8	6,7	7,2	9,2	11,6	13,9	16,1	17,3
54	16,3	14,5	12,5	10,2	8,3	7,2	7,6	9,4	11,6	13,8	15,8	16,9
52	16	14,3	12,5	10,4	8,6	7,5	8	9,6	11,6	13,7	15,5	16,5
50	15,7	14,2	12,4	10,5	8,8	7,9	8,3	9,7	11,7	13,6	15,3	16,1
48	15,4	14	12,4	10,6	9	8,2	8,5	9,9	11,7	13,4	15	15,8
46	15,2	13,9	12,4	10,7	9,2	8,5	8,8	10	11,7	13,3	14,8	15,5
44	14,9	13,7	12,4	10,8	9,4	8,7	9	10,2	11,7	13,3	14,6	15,3
42	14,7	13,6	12,3	10,8	9,6	9	9,2	10,3	11,7	13,2	14,4	15
40	14,5	13,5	12,3	10,9	9,8	9,2	9,4	10,4	11,8	13,1	14,3	14,8
38	14,4	13,4	12,3	11	9,9	9,4	9,6	10,5	11,8	13	14,1	14,6
36	14,2	13,3	12,3	11,1	10,1	9,6	9,8	10,6	11,8	12,9	13,9	14,4
34	14	13,2	12,2	11,1	10,2	9,7	9,9	10,7	11,8	12,9	13,8	14,3
32	13,9	13,1	12,2	11,2	10,4	9,9	10,1	10,8	11,8	12,8	13,7	14,1
30	13,7	13	12,2	11,3	10,5	10,1	10,2	10,9	11,8	12,7	13,5	13,9
28	13,6	13	12,2	11,3	10,6	10,2	10,4	11	11,8	12,7	13,4	13,8
26	13,5	12,9	12,2	11,4	10,7	10,4	10,5	11,1	11,9	12,6	13,3	13,6
24	13,3	12,8	12,2	11,4	10,8	10,5	10,7	11,2	11,9	12,6	13,2	13,5
22	13,2	12,7	12,1	11,5	10,9	10,7	10,8	11,2	11,9	12,5	13,1	13,3
20	13,1	12,7	12,1	11,5	11,1	10,8	10,9	11,3	11,9	12,5	13	13,2
18	13	12,6	12,1	11,6	11,2	10,9	11	11,4	11,9	12,4	12,9	13,1
16	12,9	12,5	12,1	11,6	11,3	11,1	11,1	11,5	11,9	12,4	12,8	12,9
14	12,7	12,4	12,1	11,7	11,4	11,2	11,2	11,5	11,9	12,3	12,7	12,8
12	12,6	12,4	12,1	11,7	11,4	11,3	11,4	11,6	11,9	12,3	12,6	12,7
10	12,5	12,3	12,1	11,8	11,5	11,4	11,5	11,7	11,9	12,2	12,5	12,6
8	12,4	12,3	12,1	11,8	11,6	11,5	11,6	11,7	12	12,2	12,4	12,5
6	12,3	12,2	12	11,9	11,7	11,7	11,7	11,8	12	12,1	12,3	12,3
4	12,2	12,1	12	11,9	11,8	11,8	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,2
2	12,1	12,1	12	12	11,9	11,9	11,9	11,9	12	12	12,1	12,1
0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: (FAO, 2006)

El número de horas del sol es variable, esta variación se asocia con el mes y la latitud, considerando esta variación la evaporación calculada necesita ser ajustada. La Tabla 4.8 presenta el número máximo de horas de sol de acuerdo a la latitud y al mes, al considerar el número de horas de sol se hace necesario un ajuste de la evaporación potencial, esta corrección está dada por la Ecuación 4.5.

$$ETP = E_j \frac{N}{12} * \frac{d}{30} \quad (4.5)$$

Dónde:

N= Número máximo horas de sol, en función del mes y la latitud, para su obtención se usa la Tabla 4.8.

d = Número de días del mes.

#### 4.3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

La evapotranspiración se define como la pérdida de la humedad en una superficie en las condiciones ambientales existentes para cada cultivo. Considerando la falta de agua en algunos períodos, variación de la evapotranspiración según el desarrollo de la planta y las variaciones de las condiciones atmosféricas, la evapotranspiración real es inferior a la evapotranspiración potencial (Viessman, W., 2003).

El método de Turc permite el cálculo de la evaporación real, este se realiza utilizando las Ecuaciones 4.6 y 4.7.

$$E = \frac{P}{\left(0.9 + \frac{P^2}{(L(t))^2}\right)^{0.5}} \quad (4.6)$$

$$L(t) = 300 + 25t + 0.05t^2 \quad (4.7)$$

Dónde:

E: Evapotranspiración real anual (mm);

P: Precipitación anual (mm), y;

T: Temperatura media anual (°C).

Se debe tener en cuenta la siguiente condicionante:

Si  $\frac{P^2}{(L(t))^2} \leq 0.1$ , entonces la evaporación es igual a la precipitación.

En la Tabla 4.9 se muestra la disponibilidad de la información respecto a la variable evaporación en el área de estudio, mostrándose la escasa información para esta variable, por lo que al trabajar en mayor parte con estaciones clase C se tiene mayor incertidumbre respecto a los datos registrados, ya que estos corresponden en su mayor parte a períodos inferiores a 5 años de datos.

**Tabla 4.9 Disponibilidad de la información para la variable climática evaporación**

ESTACIONES CON DATOS DE EVAPORACION	
CLASE	CANTIDAD DE ESTACIONES
A	1
B	7
C	34

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Los resultados de la evapotranspiración potencial y real calculada por los métodos de Thornthwaite y Turc respectivamente, están contenidos en la Tabla 4.10, también se incluye la diferencia entre la evapotranspiración potencial y real.

**Tabla 4.10 Resultados evapotranspiración potencial y evapotranspiración real**

UNIDAD HIDROGRAFICA	CODIGO	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm)	EVAPOTRANSPIRACION REAL (mm)	DIFERENCIA (mm)
1384	MB87	760.8	679.6	81.3
1387	M151	1515.9	662.7	853.1
1388	M149	762.0	656.6	105.5
	M150	930.4	553.4	377.0
	M241	897.6	444.3	453.3
1389	M145	968.8	651.6	317.2
	M240	1094.6	517.2	577.3
	M764	977.6	622.6	355.0
	MB88	887.6	722.1	165.5
1394	M181	1132.5	824.9	307.6
	M232	1392.7	759.9	632.8
	M239	1420.2	695.3	724.9
1395	M012	1450.2	538.3	911.9
	M179	1435.4	646.1	789.3
	M195	1415.8	819.6	596.2
	M238	1319.4	606.0	713.5
	M482	1508.1	476.3	1031.8
1396	M032	886.1	443.2	442.9
	M040	1383.8	718.1	665.7
	M196	1022.6	229.1	793.5
	M292	1362.2	564.0	798.3
1397	M184	1358.3	795.4	562.9
	M185	1311.9	822.3	489.7
	M228	1441.8	746.7	695.0
1398	M031	624.4	385.8	238.6
1399	M038	1411.1	825.8	585.4
	MA2U	2143.7	968.1	1175.7
	MA53	1527.0	816.6	710.4

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La diferencia de la evapotranspiración potencial calculada por el método de Thornthwaite y la evaporación medida se presenta en la Tabla 4.11, donde se observa que para ciertas estaciones la diferencia es grande. Esta diferencia puede ser el resultado de la influencia de otros factores climáticos como la humedad y la nubosidad, factores que no son considerados en el cálculo por el método de Thornthwaite, este método basa el cálculo de la evapotranspiración potencial en la temperatura.

**Tabla 4.11 Diferencia entre la evapotranspiración potencial calculada y medida**

UNIDAD HIDROGRÁFICA	CÓDIGO	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL CALCULADA (mm)	EVAPORACIÓN POTENCIAL MEDIDA(mm)	DIFERENCIA (mm)
1384	MB87	760.8	1061.7	300.9
1387	M151	1515.9	2303.0	787.1
1388	M149	762.0	1639.7	877.6
	M150	930.4	2471.6	1541.2
	M241	897.6	1535.2	637.6
1389	M145	968.8	1498.0	529.2
	M240	1094.6	2229.7	1135.1
	M764	977.6	943.5	34.1
	MB88	887.6	1576.9	689.3
1394	M181	1132.5	1238.5	106.0
	M232	1392.7	1763.2	370.5
	M239	1420.2	1855.7	435.5
1395	M012	1450.2	1435.6	14.6
	M179	1435.4	1202.5	232.9
	M195	1415.8	1209.1	206.7
	M238	1319.4	1451.8	132.4
	M482	1508.1	2214.4	706.4
1396	M032	886.1	1618.4	732.3
	M040	1383.8	1118.5	265.3
	M196	1022.6	571.8	450.8
	M292	1362.2	1161.2	201.0
1397	M184	1358.3	938.2	420.1
	M185	1311.9	966.4	345.5
	M228	1441.8	984.7	457.1
1398	M031	624.4	1484.0	859.6
1399	M038	1411.1	950.0	461.1
	MA2U	2143.7	1088.2	1055.5
	MA53	1527.0	1411.6	115.5

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan



#### 4.4. CARACTERÍSTICAS REPRESENTATIVAS DEL CLIMA

El clima en la Región Costa es variable, esta región se ve afectada por eventos extremos climatológicos como el fenómeno de “El Niño”, para analizar la tendencia de las series climatológicas se seleccionó nueve estaciones meteorológicas.

Las estaciones abarcan toda el área de estudio, la limitación para la selección de estas fue la disponibilidad de información de cada una de ellas, ya que para su análisis se requiere trabajar con estaciones con series de datos completas tanto para la variable climática precipitación como para temperatura. La Tabla 4.12 muestra las estaciones principales y la clase de las mismas para cada variable climatológica, adicionalmente la Figura 4.4 contiene un mapa con la ubicación de las estaciones principales.

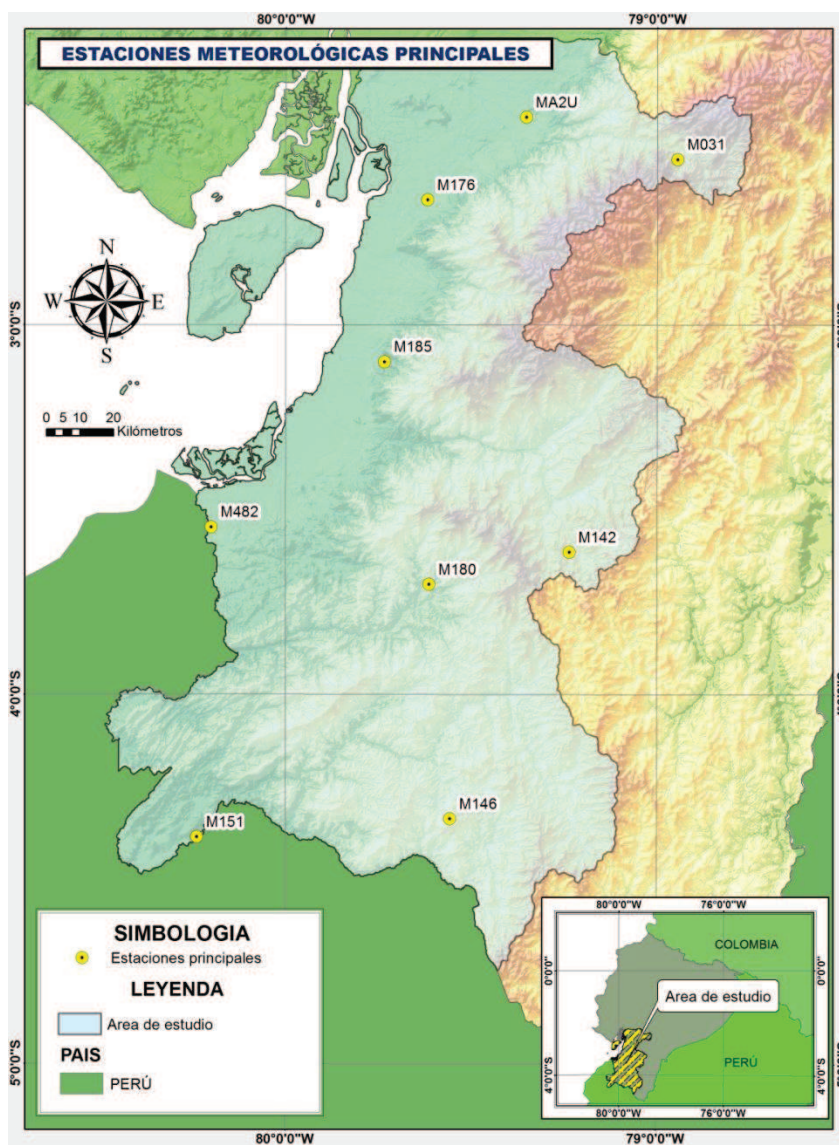
**Tabla 4.12 Estaciones principales para las cuencas de sur de la Costa Ecuatoriana**

CODIGO	NOMBRE	U.H.	CLASE DE ESTACION	
			PRECIPITACION	TEMP. MED.
M031	CAÑAR	1398	A	A
M142	SARAGURO	1396	A	A
M146	CARIAMANGA	1389	A	A
M151	ZAPOTILLO	1387	A	B
M176	NARANJAL	1397	A	A
M180	ZARUMA	1394	A	A
M185	MACHALA-UTM - PAGUA	1397	A	B
M482	CHACRAS	1395	A	A
MA2U	INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)	1399	A	A

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Se decidió incluir la estación M151 pese a ser de clase B para la variable temperatura para abarcar el área adyacente a la misma. El no considerarla provocaría que el área alrededor de esta estación no fuese considerada para el análisis.

Figura 4.4 Estaciones principales del área de estudio



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

#### 4.4.1. TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA

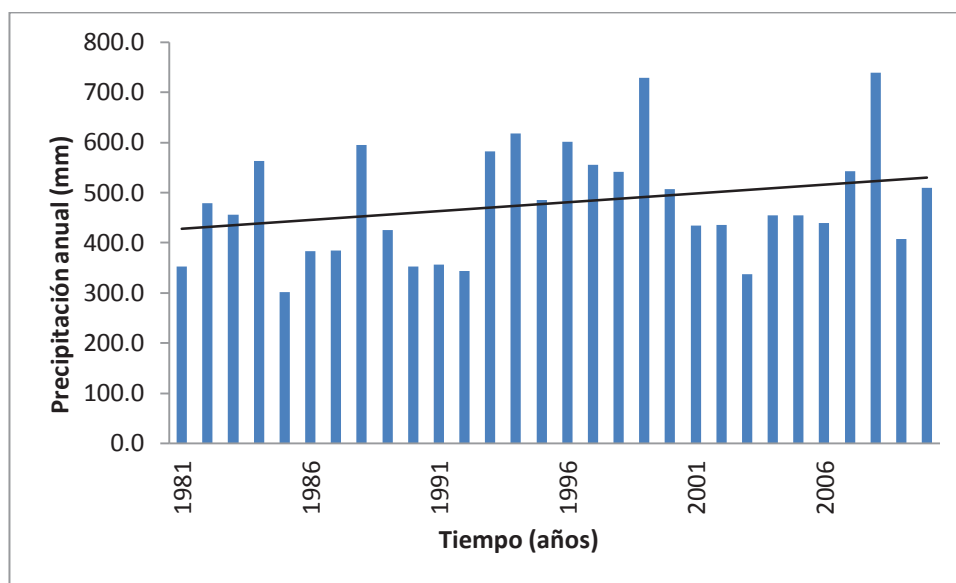
A partir de las nueve estaciones seleccionadas se analizó la distribución espacial y temporal de las variables climáticas precipitación y temperatura, para el período 1981 - 2010.

## Unidad Hidrográfica 139

### Estación Cañar (M031)

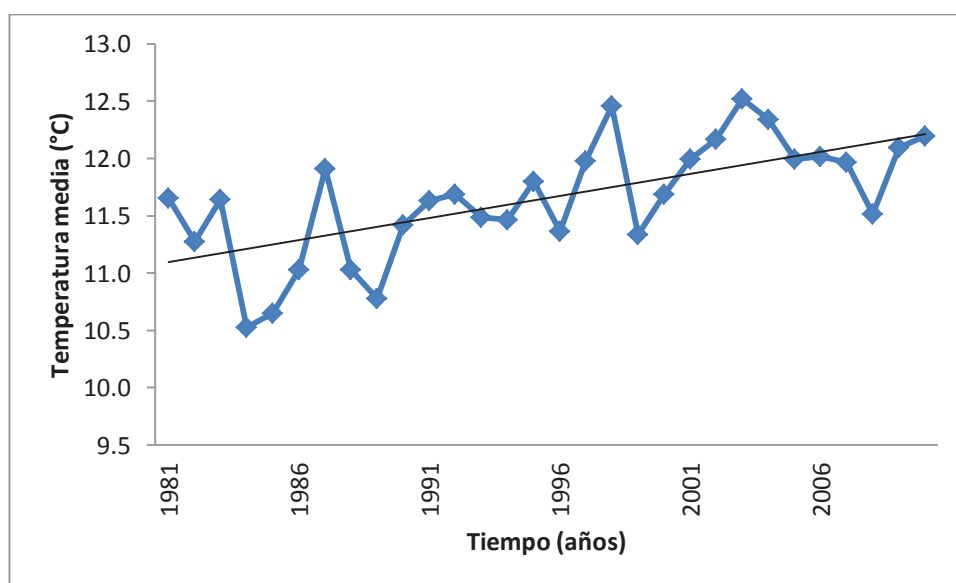
Estación climatológica principal, que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI. La estación está ubicada en la provincia de Cañar, a una elevación de 3.083 m s.n.m. y fue instalada el 1 de Abril de 1958.

**Figura 4.5 Tendencia de la Precipitación para la estación M031**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.6 Tendencia de la Temperatura para la estación M031**

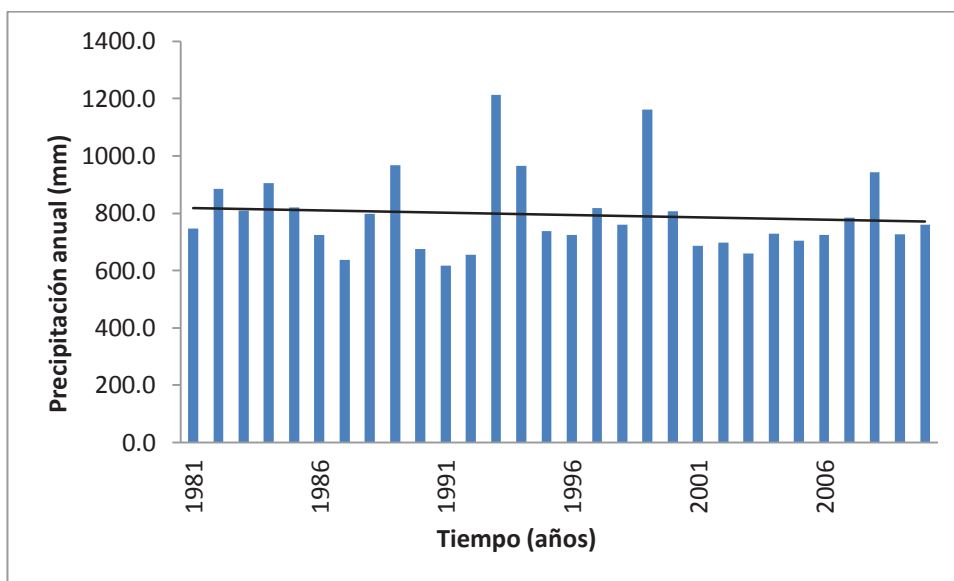


Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Estación Saraguro (M142)

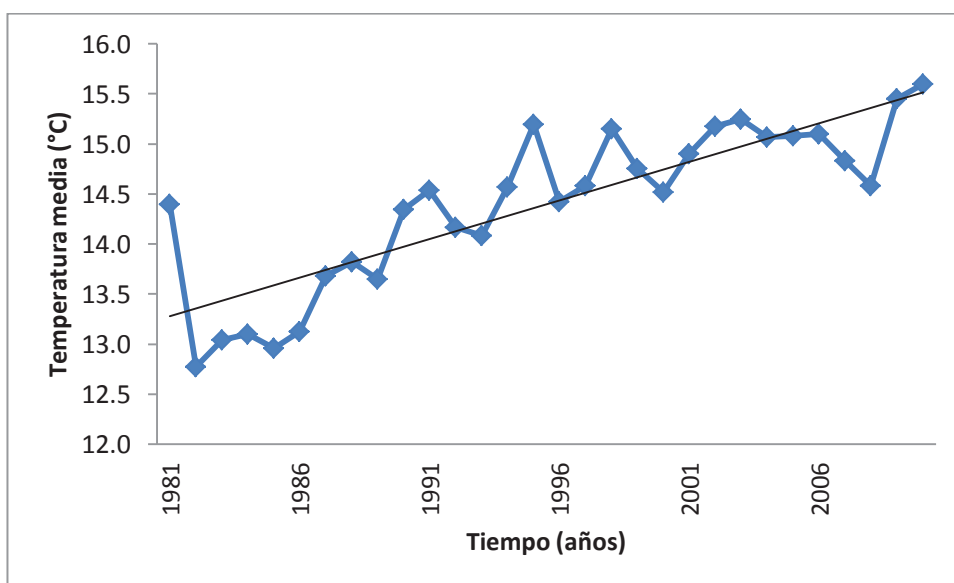
Estación climatológica ordinaria, que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI. La estación está ubicada en la provincia de Loja, a una elevación de 2.525 m s.n.m. y fue instalada el 1 de Junio de 1963.

**Figura 4.7 Tendencia de la Precipitación para la estación M142**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.8 Tendencia de la Temperatura para la estación M142**

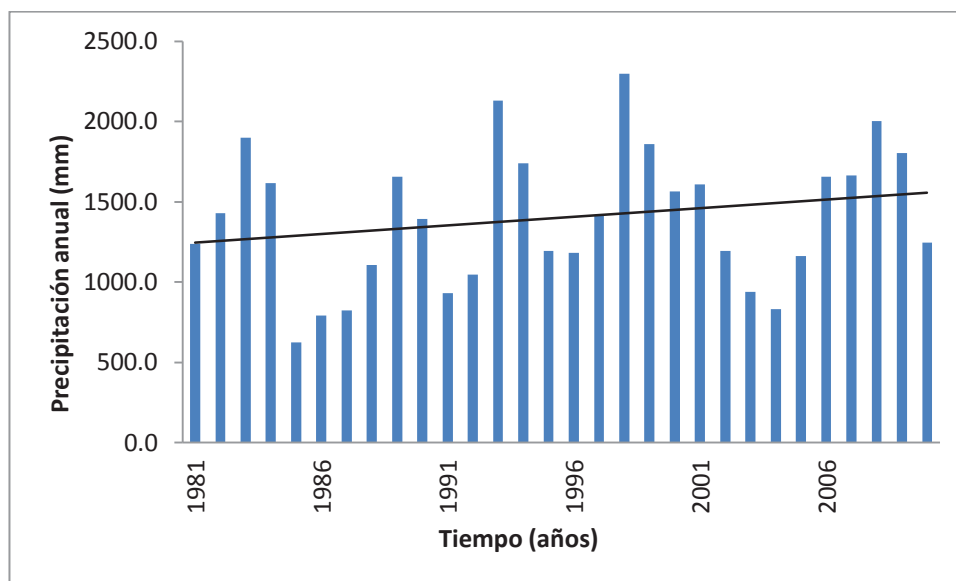


Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Estación Cariamanga (M146)

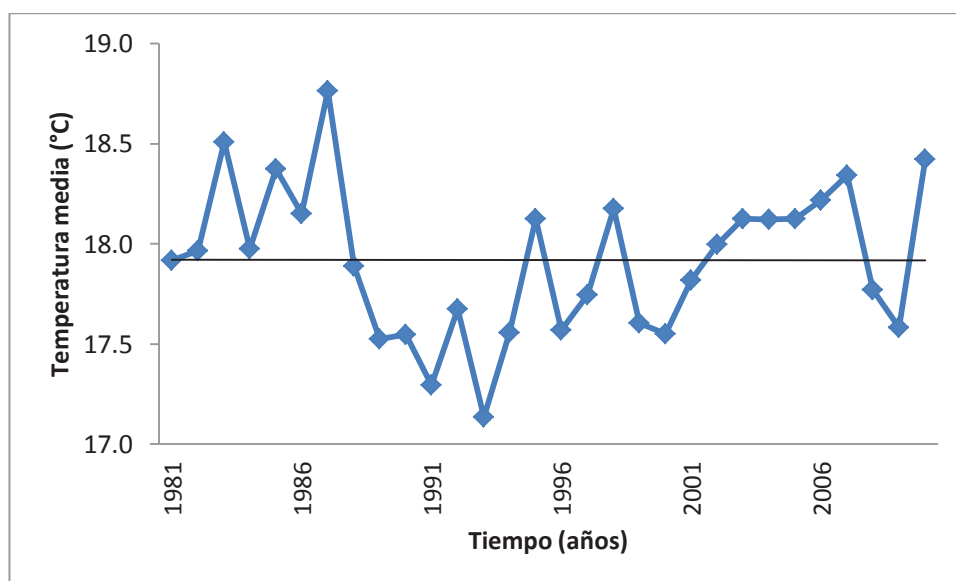
Estación climatológica ordinaria, que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI. La estación está ubicada en la provincia de Loja, a una elevación de 1.950 m s.n.m. y fue instalada el 1 de Junio de 1963.

**Figura 4.9 Tendencia de la Precipitación para la estación M146**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.10 Tendencia de la Temperatura para la estación M146**

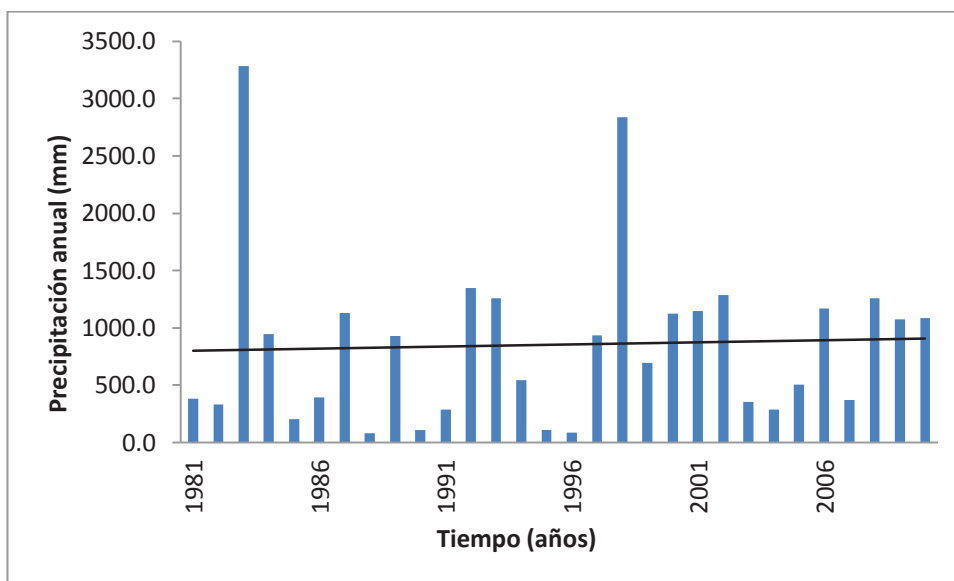


Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Estación Zapotillo (M151)

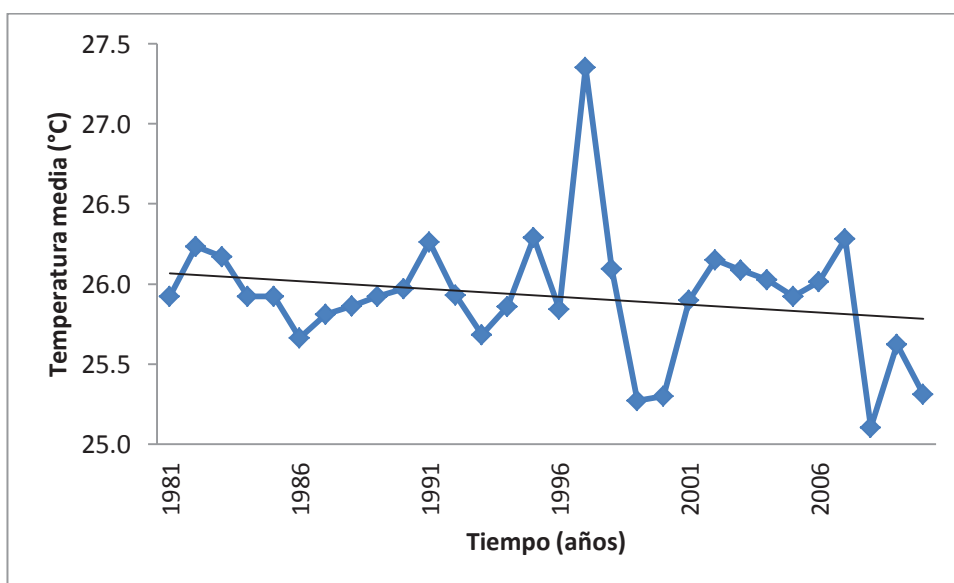
Estación climatológica ordinaria, pertenece a la institución Ex - PREDESUR. La estación está ubicada en la provincia de Loja, a una elevación de 223 m s.n.m. y fue instalada el 29 de Diciembre de 1979.

**Figura 4.11 Tendencia de la Precipitación para la estación M151**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.12 Tendencia de la Temperatura para la estación M151**

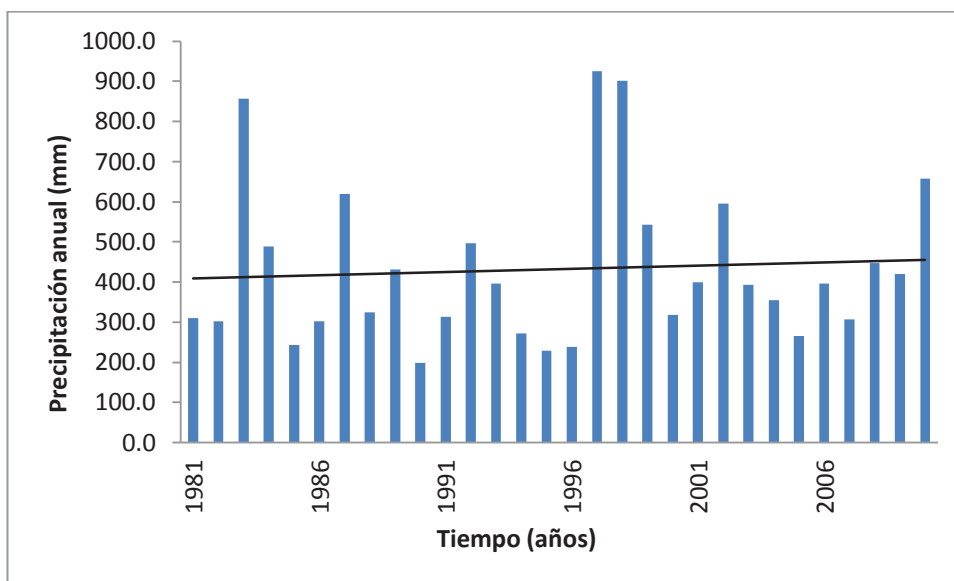


Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Estación Naranjal (M176)

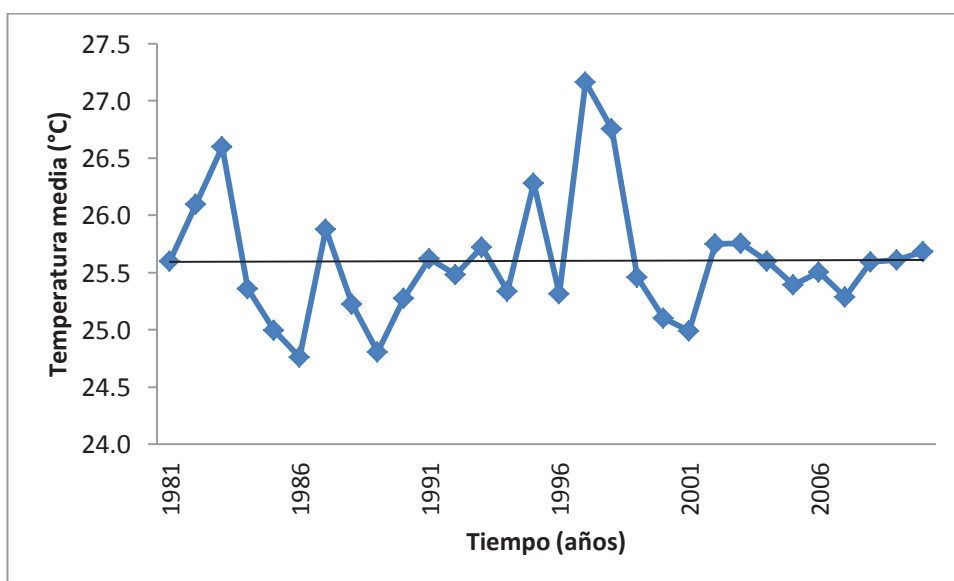
Estación climatológica ordinaria, que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI. La estación está ubicada en la provincia del Guayas, a una elevación de 25 m s.n.m. y fue instalada el 6 de Abril de 1964.

**Figura 4.13 Tendencia de la Precipitación para la estación M176**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.14 Tendencia de la Temperatura para la estación 176**

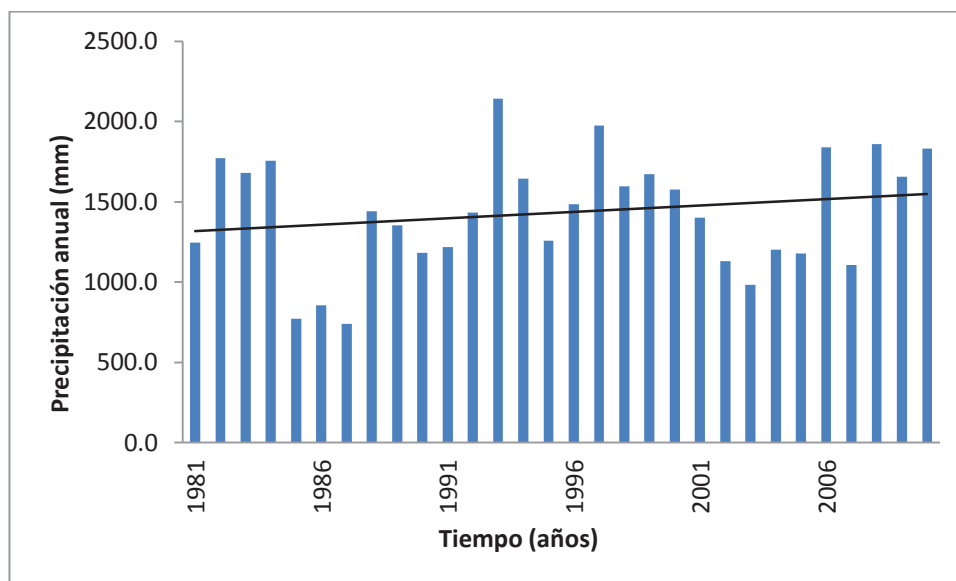


Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Estación Zaruma (M180)

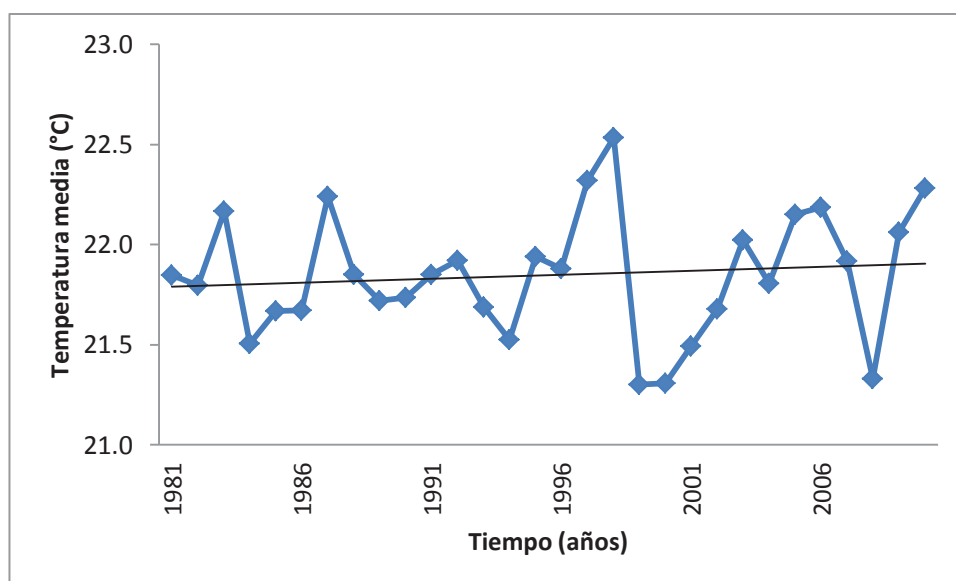
Estación climatológica ordinaria, que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI. La estación está ubicada en la provincia de El Oro, a una elevación de 1.100 m s.n.m. y fue instalada el 1 de Noviembre de 1963.

**Figura 4.15 Tendencia de la Precipitación para la estación M180**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.16 Tendencia de la Temperatura para la estación M180**



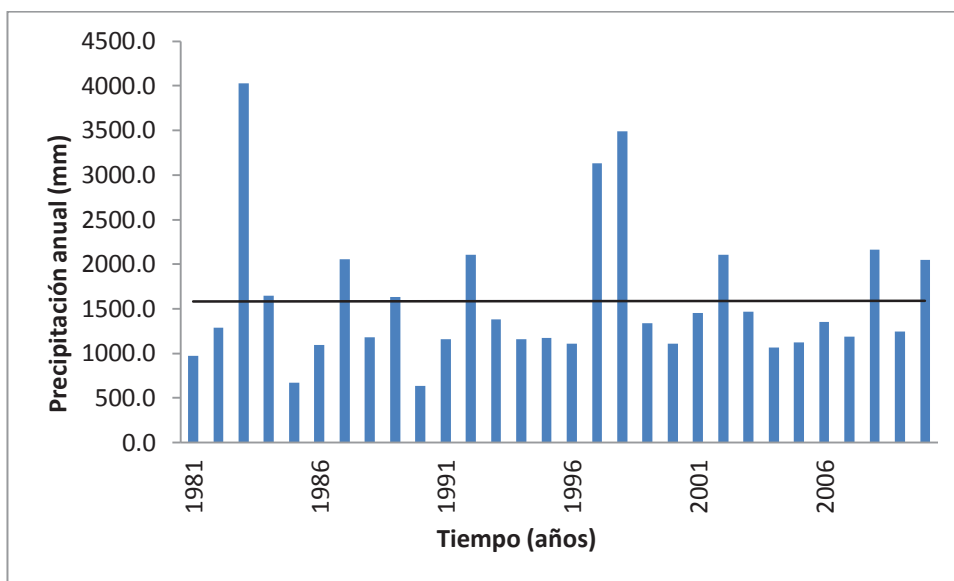
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan



### Estación Machala-UTM-Pagua (M185)

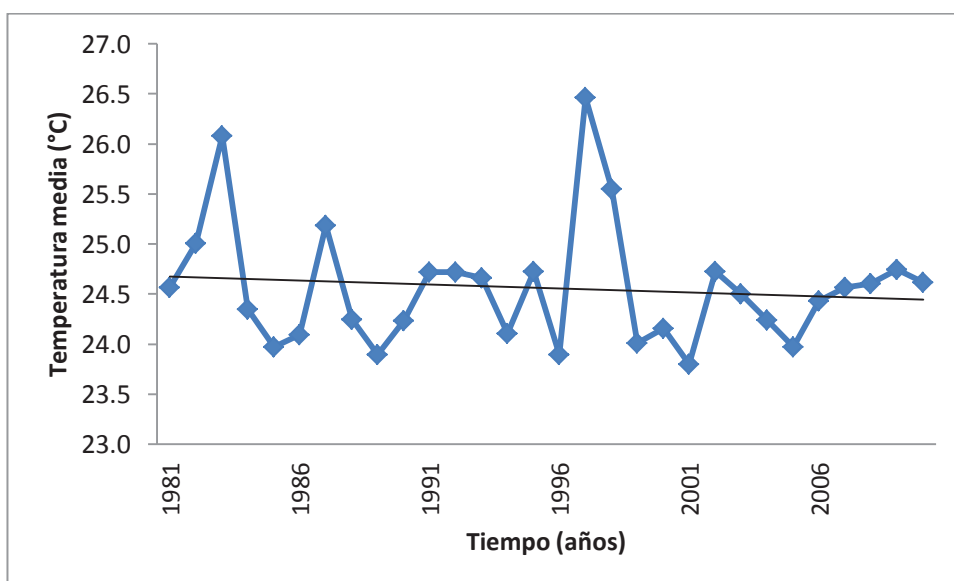
Estación climatológica ordinaria, que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI. La estación está ubicada en la provincia de El Oro, a una elevación de 13 m s.n.m. y fue instalada el 15 de Septiembre de 1973.

**Figura 4.17 Tendencia de la Precipitación para la estación M185**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.18 Tendencia de la Temperatura para la estación M185**

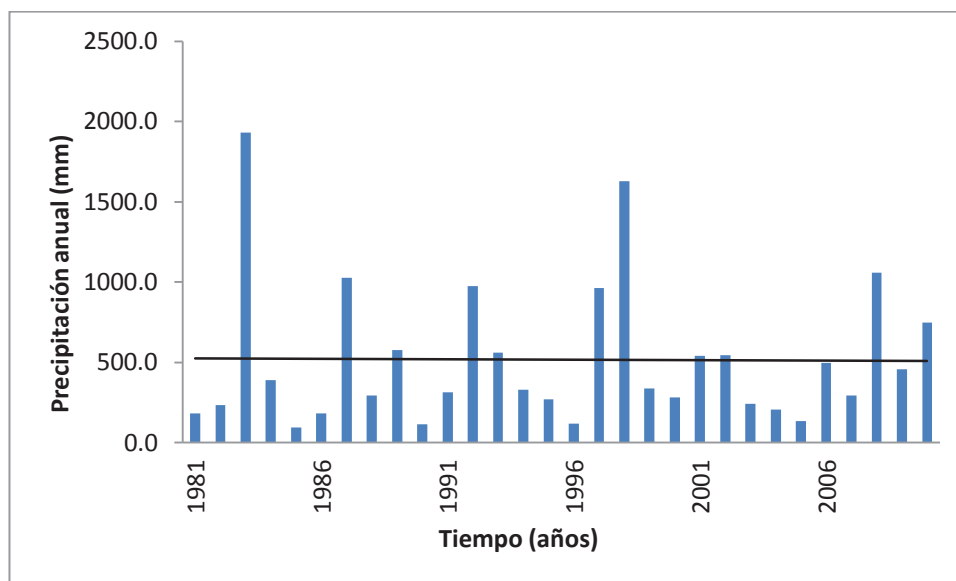


Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Estación Chacras (M482)

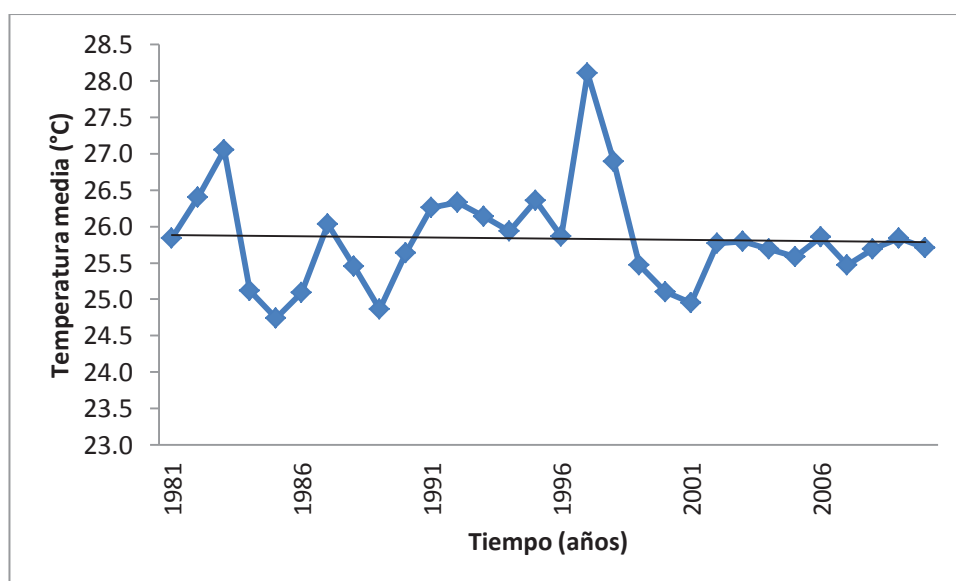
Estación climatológica ordinaria, que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI. La estación está ubicada en la provincia de El Oro, a una elevación de 60 m s.n.m. y fue instalada el 1 de Enero de 1973.

**Figura 4.19 Tendencia de la Precipitación para la estación M482**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.20 Tendencia de la Temperatura para la estación M482**

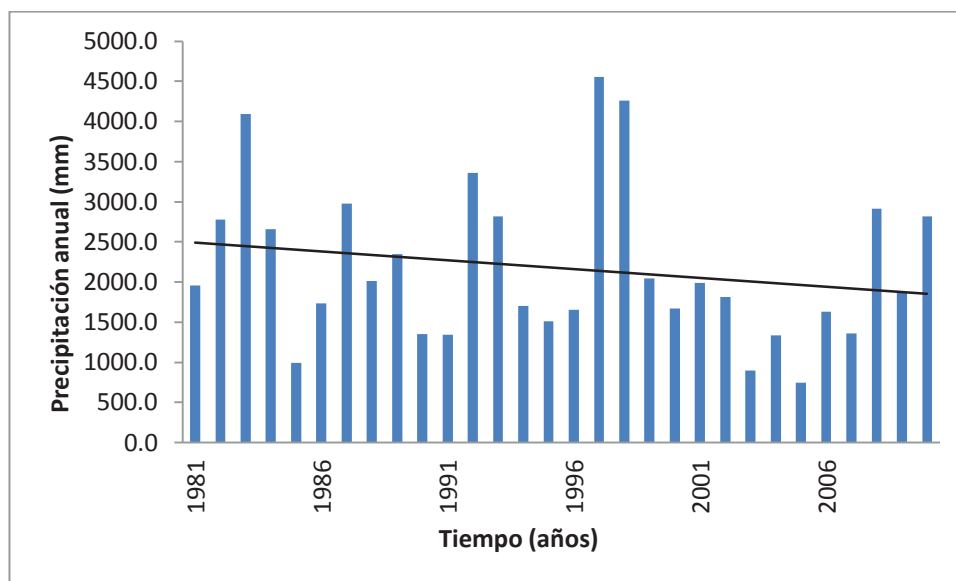


Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Estación Ingenio Aztra (La Troncal - MA2U)

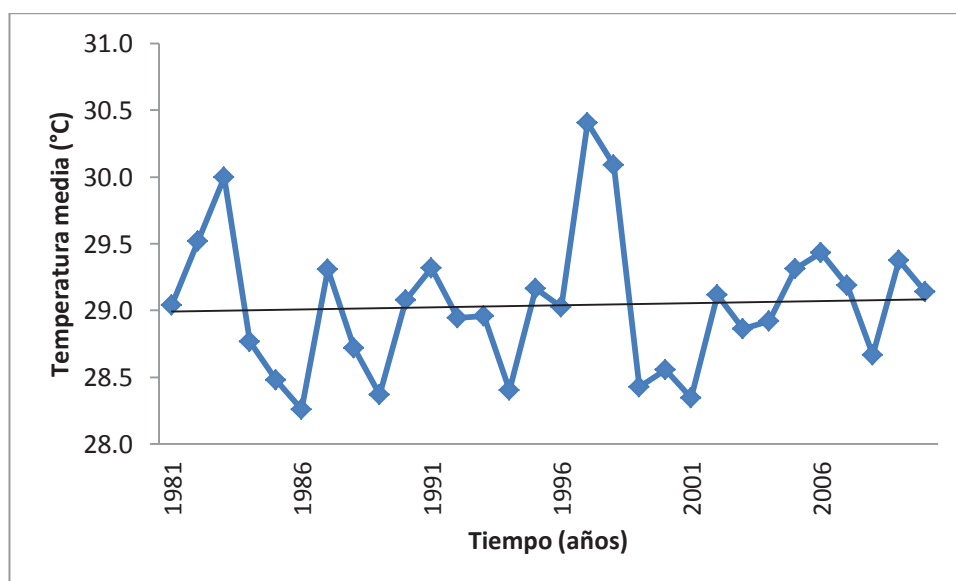
Estación climatológica ordinaria, que forma parte de la red de estaciones meteorológicas del INAMHI. La estación está ubicada en la provincia de El Oro, a una elevación de 60 m s.n.m. y fue instalada el 1 de Enero de 1973.

**Figura 4.21 Tendencia de la Precipitación para la estación MA2U**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

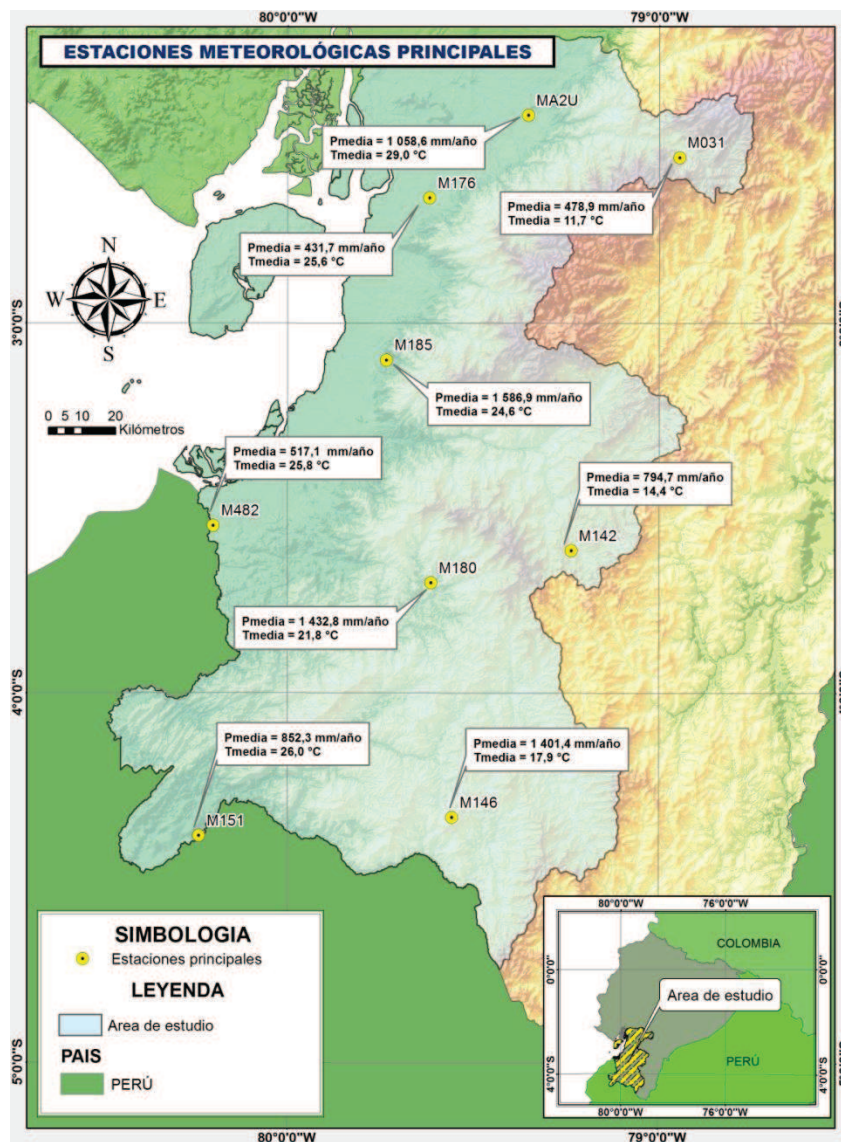
**Figura 4.22 Tendencia de la Temperatura para la estación MA2U**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En la Figura 4.23 se presenta un mapa con las estaciones principales, y para estas se muestra los valores de la precipitación media y temperatura media del período 1981 - 2010.

**Figura 4.23 Estaciones principales y valores medios de precipitación y temperatura**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Las tendencias de precipitación y temperatura para las estaciones principales están contenidas en la Tabla 4.13, esta incluye también la variación de estas dos características para el período de análisis de 30 años.

**Tabla 4.13 Tendencias de las estaciones principales**

CODIGO	U.H.	REGION	PRECIPITACION		TEMPERATURA	
			VARIACION (mm)	TENDENCIA	VARIACION (°C)	TENDENCIA
M031	1398	SIERRA	104.3	CRECIENTE	1.2	CRECIENTE
M142	1396	SIERRA	-47.9	DECRECIENTE	2.3	CRECIENTE
M146	1389	SIERRA	320.8	CRECIENTE	-0.01	DECRECIENTE
M151	1387	COSTA	110.9	CRECIENTE	-0.3	DECRECIENTE
M176	1397	COSTA	47.2	CRECIENTE	0.02	CRECIENTE
M180	1394	SIERRA	238.9	CRECIENTE	0.1	CRECIENTE
M185	1397	COSTA	5.0	CRECIENTE	-0.2	DECRECIENTE
M482	1395	COSTA	-14.0	DECRECIENTE	-0.1	DECRECIENTE
MA2U	1399	COSTA	-661.0	DECRECIENTE	0.1	CRECIENTE

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

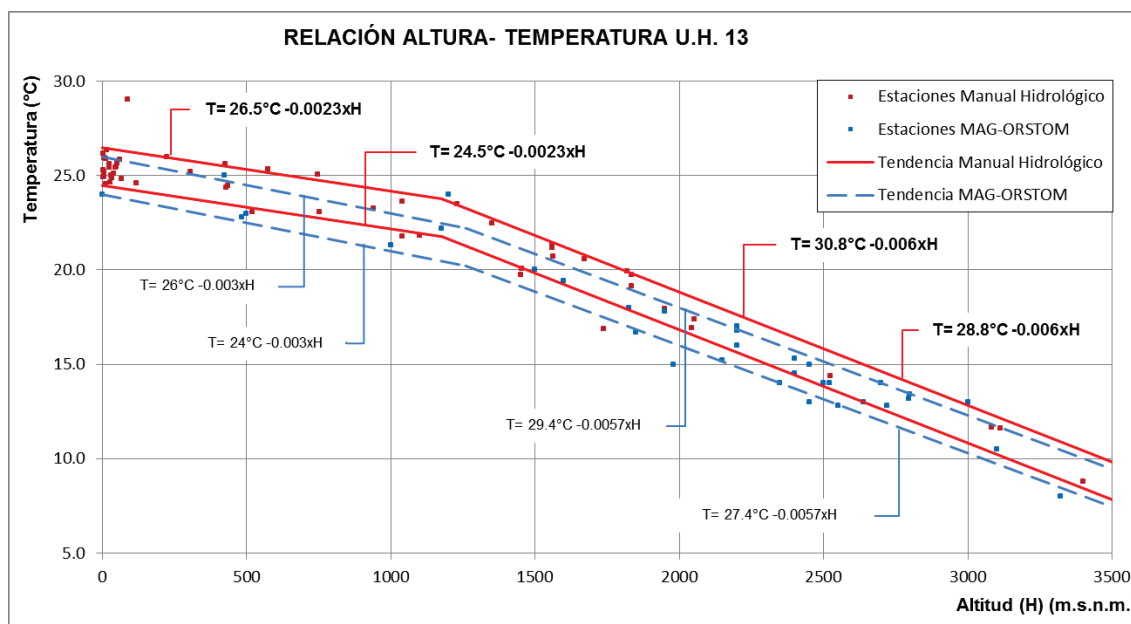
En su mayor parte la tendencia de precipitación es creciente para la Región Costa y Sierra, las estaciones que muestran una tendencia decreciente tienen una variación relativamente menor respecto a la variación mostrada por la estaciones con tendencia creciente. La temperatura no muestra una tendencia claramente marcada como el caso de la precipitación, la tendencia creciente muestra mayor variación respecto a la tendencia decreciente, en esta última la variación es menor a 0.3°C.

#### 4.4.2. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA CON LA ALTITUD

La evaluación de la variación de la temperatura en función de la altitud se realizó con todas la estaciones meteorológicas de temperatura para el área de estudio, incluyendo estaciones clase A, B y C. Para lograr la evaluación se graficó los datos de las estaciones ubicándose en el eje de las ordenadas los valores de temperatura y en el eje de las abscisas los valores de la altura para las respectivas estaciones, tal como se muestra en la Figura 4.24.

Se evidencia que existe mayor cantidad de estaciones para cotas bajas (21 estaciones ubicadas entre los 0 – 100 m s.n.m.), a medida que la altura se incrementa el número de estaciones meteorológica de temperatura disminuye.

**Figura 4.24 Variación de la temperatura con la altitud para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En el gráfico se distinguen claramente dos tendencias, la primera con una pendiente menor a la segunda, el punto del cambio de tendencia se presenta a los 1.200 m s.n.m. aproximadamente. Las estaciones están contenidas dentro de dos rectas para las dos tendencias, estableciendo un rango de variación de la temperatura  $2^{\circ}\text{C}$  marcando por el límite superior e inferior de las tendencias. La Tabla 4.14 contiene las ecuaciones para las dos tendencias.

**Tabla 4.14 Ecuaciones para la variación de la altura con la altitud para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana**

LIMITE	TENDENCIA 1 (0 – 1.200 m s.n.m.)	TENDENCIA 2 (> 1.200 m s.n.m.)
<b>SUPERIOR</b>	$T(^{\circ}\text{C})=26.5^{\circ}\text{C}-2.3xH(\text{m s.n.m.})$	$T(^{\circ}\text{C})=30.8^{\circ}\text{C}-6.0xH(\text{m s.n.m.})$
<b>INFERIOR</b>	$T(^{\circ}\text{C})=24.5^{\circ}\text{C}-2.3xH(\text{m s.n.m.})$	$T(^{\circ}\text{C})=28.8^{\circ}\text{C}-6.0xH(\text{m s.n.m.})$

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

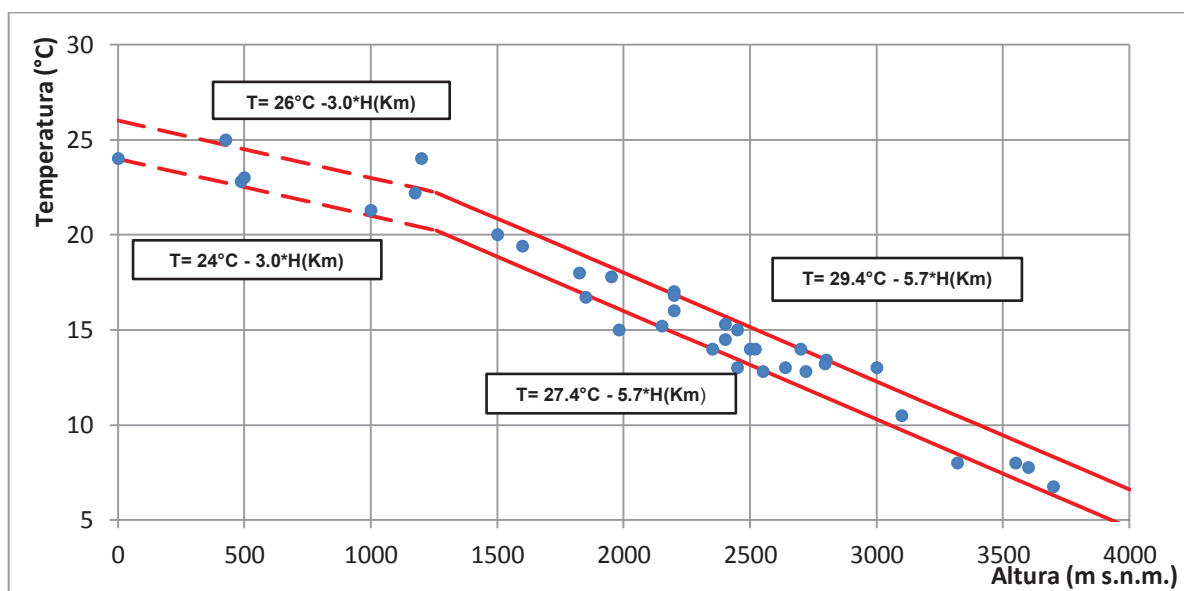
Dónde:

H: es la altitud en m s.n.m.

La gráfica de la variación de la temperatura con la altura realizada por el MAG - ORSTORM corresponde a la Figura 4.25, esta se incluye para efectos comparativos. El MAG - ORSTORM realizó este análisis para 56 estaciones para el período 1964-1973, un período de 10 años.

Es notorio que las tendencias son similares en los dos gráficos, la Tendencia 1 la Figura 4.24 encuentra  $0.5^{\circ}\text{C}$  por debajo de la tendencia de la Figura 4.25, mientras que la Tendencia 2 es  $1.4^{\circ}\text{C}$  respecto a la desarrollada en el presente proyecto. Esto probablemente tenga relación con el cambio climático que está atravesando el planeta, producto del calentamiento global provocado por las actividades del hombre.

**Figura 4.25 Variación de la temperatura con la altitud realizada por el IRD**



Fuente: (MAG-ORSTOM, 1982)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

#### 4.5. MAPAS TEMÁTICOS

Se elaboró mapas temáticos con isolíneas de precipitación (isoyetas) e isolíneas de temperatura (isotermas), con el fin de graficar la variación espacial de las características climáticas (temperatura y precipitación) para el área de estudio, el sur de la vertiente del Pacífico.

Para la elaboración de los mapas se tomó como base los mapas presentados en el “Atlas Climatológico del Ecuador” (Barros, J. y Troncoso, A., 2010), los mapas del atlas consideran 10 estaciones meteorológicas para el área de estudio del presente proyecto. Tanto para los mapas de precipitación y temperatura se trabajó principalmente con las estaciones clase A, también se incluyó las estaciones clase B y C aunque no en su totalidad, ya que las últimas al poseer un período corto de datos, tienen baja confiabilidad por su error relativo (esto se aclaró en el Capítulo 2 en la Tabla 2.2).

#### **4.5.1. MAPA DE ISOYETAS**

Los mapas de isoyetas fueron elaborados con los promedios anuales de las series de datos de las estaciones y con un rango de variación de 500mm para las isolíneas de precipitación, en función del período 1981- 2010.

La precipitación es una variable climática que se ve afectada por los fenómenos climáticos, en este caso se evidencio el incremento de la precipitación para los años 1981, 1982, 1997 y 1998, años en los cuales el fenómeno de “El Niño” se presentó con fuerza en el Ecuador. A causa de este fenómeno para estos años se presentan precipitaciones mensuales de hasta 6 000 mm.

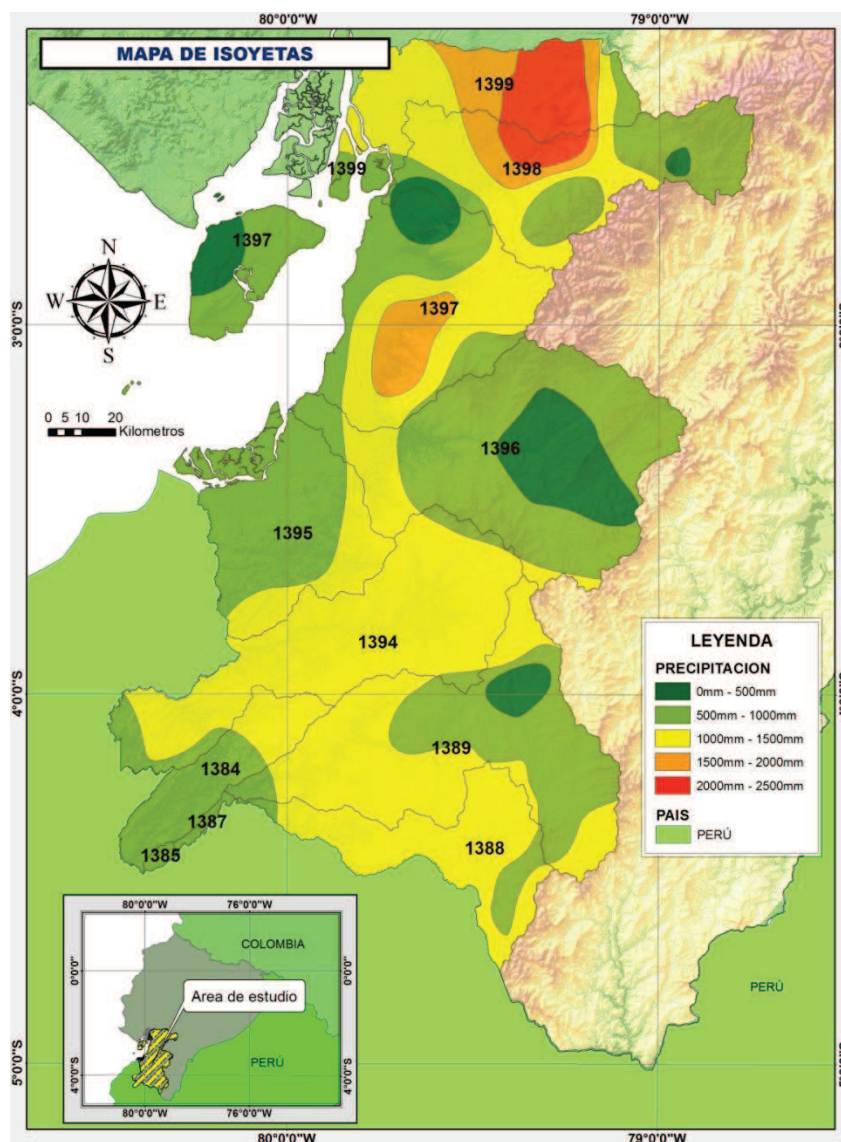
Estos valores altos en los registros de precipitación obligaron a no considerar ciertas estaciones para la elaboración del mapa de isoyetas, especialmente las estaciones de clase C. Adicionalmente no se consideración también las estaciones con registro de datos menor a 5 años por la poca confiabilidad de los mismos.

Finalmente no se tomaron en cuenta 3 estaciones clase B y 28 estaciones clase C, en total se consideró 101 estaciones para la elaboración del mapa de isoyetas.

En la Figura 4.26 se presenta el mapa de isoyetas para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana, las estaciones meteorológicas y las unidades hidrográficas del Nivel 4. El mapa de isoyetas también se incluye en el Anexo N°1.



Figura 4.26 Isoyetas para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

#### 4.5.2. MAPAS DE ISOTERMAS

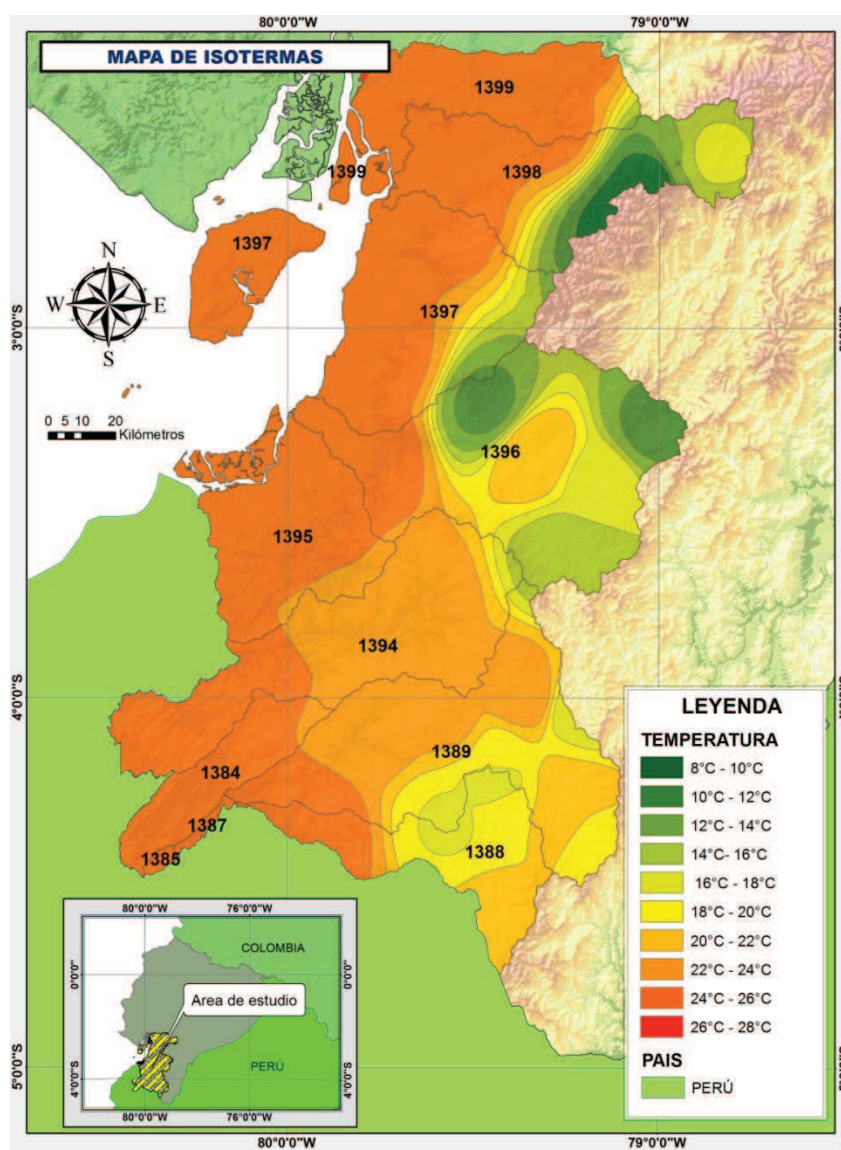
El mapa de isotermas fue elaborado con el promedio de las series de datos de la temperatura media y las isolíneas de temperatura con un rango de variación de 2°C, para el período de análisis comprendido entre 1981-2010.

El mapa de isotermas contenido en el “Atlas Climatológico del Ecuador” (Barros, J. y Troncoso, A., 2010) fue tomado como base. Se trabajó con las estaciones

clase A, B y C, excluyéndose 6 estaciones ya que presentan valores fuera de la tendencia de variación de la temperatura con la altitud. En total se trabajó con 48 estaciones que manejan datos de temperatura media para el período de análisis.

En el mapa de la Figura 4.27 se presenta el mapa de isotermas para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana, incluyéndose la división de la misma en las unidades hidrográficas del Nivel 4. En el Anexo N°1 se incluye el mapa de isotermas para el área de estudio.

**Figura 4.27 Isotermas para las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## 4.6. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA POR UNIDADES HIDROGRÁFICAS

La caracterización climática se realizó para las unidades hidrográficas del nivel 4, para caracterizar estas unidades fue necesario el cálculo de la precipitación media, temperatura media y evapotranspiración real. La metodología usada para el cálculo de estas variables se detalla a continuación.

### 4.6.1. PRECIPITACIÓN MEDIA POR UNIDAD HIDROGRÁFICA

La precipitación media fue calculada para las unidades hidrográficas del Nivel 4 de la Metodología Pfafstetter, para esto se utilizó el mapa temático de isoyetas mostrado anteriormente, para la elaboración de este mapa se trazaron líneas de igual precipitación que corresponden a las isoyetas. Para la determinación de la precipitación media al área comprendida entre dos isoyetas sucesivas se le asigna el valor de precipitación promedio entre ellas. Conocida el área abarcada por dos pares sucesivos de isoyetas se obtiene la precipitación promedio, esto se expresa en la Ecuación 4.8 (Viessman, W., 2003).

$$\bar{P} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{P_i + P_{i+1}}{2} \right) * A_{i, i+1}}{\sum_{i=1}^{n-1} A_{i, i+1}} \right] \quad (4.8)$$

Dónde:

n = Número de curvas de igual precipitación;

P<sub>i</sub> = Precipitación correspondiente a la isolínea de precipitación P<sub>i</sub>;

P<sub>i+1</sub> = Precipitación correspondiente a la isolínea de precipitación P<sub>i+1</sub>, y;

A<sub>i, i+1</sub> = Área entre las curvas de igual precipitación i+1.

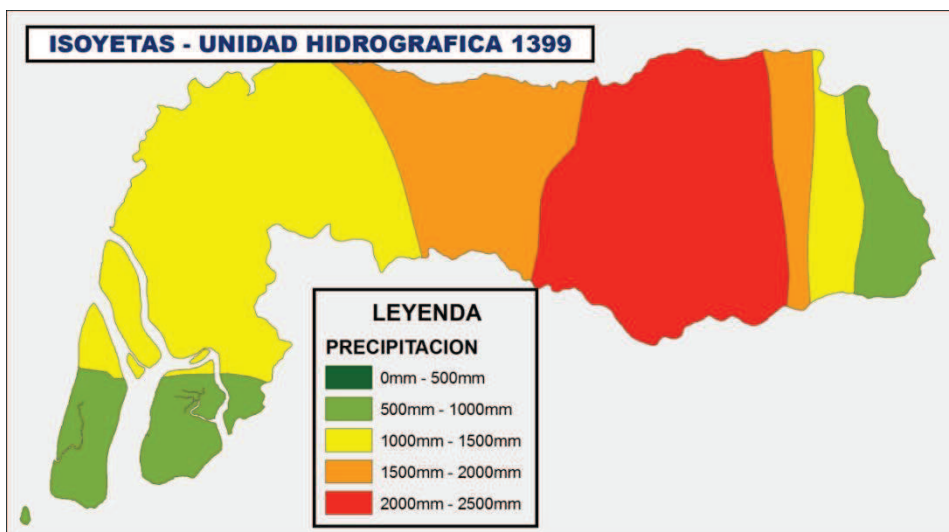
La Tabla 4.15 muestra la metodología aplicada para la obtención de la precipitación media de la unidad hidrográfica 1399, mientras que la Figura 4.28 muestra las isoyetas para esta misma unidad hidrográfica.

**Tabla 4.15 Cálculo de la precipitación media de la unidad hidrográfica 1399**

UNIDAD HIDROGRÁFICA 1399			
Pi (mm)	Pi+1 (mm)	Ai,i+1 (km <sup>2</sup> )	$((P_i + P_{i+1})/2) * A_{i,i+1}$
0	500	0.0	0.0
500	1000	286.4	214807
1000	1500	812.4	1015450
1500	2000	436.6	764120
2000	2500	636.6	1432260
<b>SUMA TOTAL</b>		2172.0	3426637
<b>P media =</b>		<b>1577</b>	<b>mm</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 4.28 Isoyetas de la unidad hidrográfica 1399**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

#### 4.6.2. TEMPERATURA MEDIA POR UNIDAD HIDROGRÁFICA

La temperatura media se calculó de manera análoga a la precipitación, utilizando las líneas de igual temperatura denominadas isotermas, mostradas en el mapa temático de isotermas. Para esto se trabajó con la misma metodología de la precipitación, asignándole el promedio de la temperatura al área comprendida por dos líneas isotermas sucesivas, para finalmente obtener la temperatura media con la Ecuación 4.9.

$$\bar{T} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{T_i + T_{i+1}}{2} \right) * A_{i, i+1}}{\sum_{i=1}^{n-1} A_{i, i+1}} \right] \quad (4.9)$$

Dónde:

n: Número de curvas de igual precipitación;

T<sub>i</sub>: Temperatura correspondiente a la isolínea de temperatura T<sub>i</sub>;

T<sub>i+1</sub>: Temperatura correspondiente a la isolínea de temperatura P<sub>i+1</sub>, y;

A<sub>i, i+1</sub>: Área entre las curvas de igual precipitación i+1.

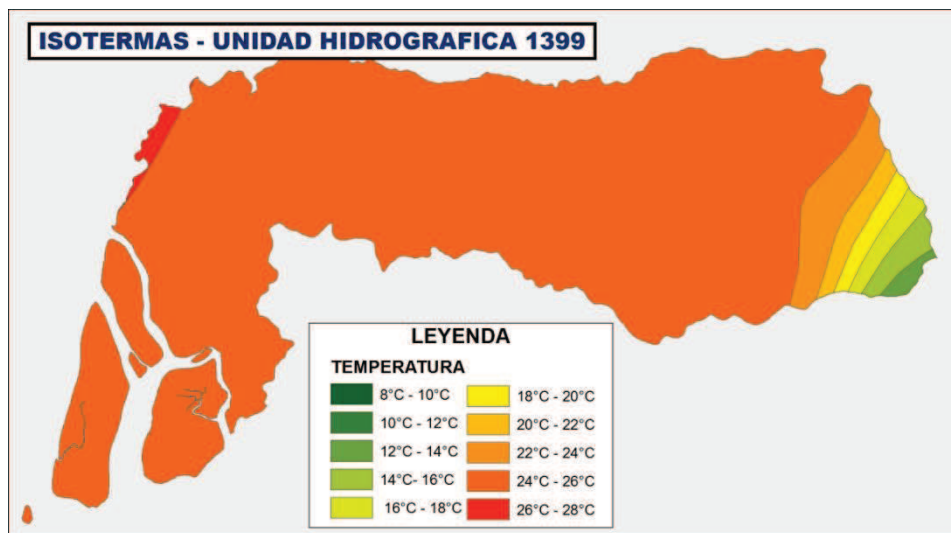
**Tabla 4.16 Cálculo de la temperatura media de la unidad hidrográfica 1399**

UNIDAD HIDROGRÁFICA 1399			
T <sub>i</sub> (mm)	T <sub>i+1</sub> (mm)	A <sub>i, i+1</sub> (km <sup>2</sup> )	((T <sub>i</sub> + T <sub>i+1</sub> )/2)*A <sub>i, i+1</sub>
8	10	0.0	0.0
10	12	0.0	0.0
12	14	10.2	132.1
14	16	24.3	363.9
16	18	23.7	402.6
18	20	24.3	461.7
20	22	32.5	682.9
22	24	78.5	1806.2
24	26	1963.8	49095.8
26	28	14.7	396.1
<b>SUMA TOTAL</b>		2172.0	53341.2
<b>T media =</b>		<b>24.6</b>	<b>°C</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La Tabla 4.16 contiene la aplicación de la metodología para la obtención de la temperatura media de la unidad hidrográfica 1399, mientras que la Figura 4.29 muestra las isotermas para esta misma unidad hidrográfica.

**Figura 4.29 Isotermas de la unidad hidrográfica 1399**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

#### 4.6.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL POR UNIDAD HIDROGRÁFICA

La evapotranspiración real fue calculada por el método de Turc (método ya descrito en puntos anteriores de este trabajo), la Ecuación 4.10 se permitió el cálculo de esta variable climática. El cálculo de la evapotranspiración se realizó para las unidades hidrográficas del Nivel 4.

$$E = \frac{P}{\left(0.9 + \frac{P^2}{(L(t))^2}\right)^{0.5}} \quad (4.10)$$

Dónde:

E: Evapotranspiración real anual (mm).

P: Precipitación anual (mm).

$$L(t): 300 + 25t + 0.05t^2$$

T: Temperatura media anual (°C).

$$\text{Si } \frac{P^2}{(L(t))^2} \leq 0.1, \text{ entonces } E = P.$$

La Tabla 4.17 contiene el resultado del cálculo de la evapotranspiración real para la unidad hidrográfica 1399.

**Tabla 4.17 Cálculo de la evapotranspiración real de la unidad hidrográfica 1399**

UNIDAD HIDROGRÁFICA 1399	
TEMPERATURA MEDIA (°C)	24.6
PRECIPITACION MEDIA (mm)	1577.7
L(t)	944.1
<b>EVAPOTRANSPIRACION REAL (mm) =</b>	<b>821.0</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Los valores de precipitación media, temperatura media y evapotranspiración real para las unidades hidrográficas del Nivel 4 de la Metodología Pfafstetter son presentados en la Tabla 4.18.

**Tabla 4.18 Características climáticas de las unidades hidrográficas**

UNIDAD HIDROGRÁFICA	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm)
1382	25.0	750.0	609.3
1384	24.9	925.2	681.5
1385	25.0	750.0	609.3
1387	25.0	750.0	609.3
1388	20.7	1186.0	696.9
1389	21.5	984.3	662.3
1394	23.3	1194.9	738.1
1395	24.8	882.2	664.7
1396	17.6	694.9	526.0
1397	23.3	974.6	680.9
1398	18.8	1115.1	654.4
1399	24.6	1577.7	821.0

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## CAPÍTULO 5

# CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS

En este capítulo presenta la caracterización hidrológica en base a la información proporcionada por el INAMHI para el período 1981-2010, con esta información se constituyeron series de datos con los valores medios mensuales. Al presentarse vacíos en las series se rellenó y validó las series de datos de manera similar a la realizada en el capítulo anterior con la información meteorológica.

Para las estaciones hidrológicas con información suficiente dentro del área de estudio, se obtuvo los caudales máximos, medios y mínimos, las Curvas de Duración General y el balance hídrico.

La producción de sedimentos para el área de estudio es otro tema tratado en el presente capítulo, este análisis se ve limitado por la disponibilidad de la información.

### 5.1. VARIABLES HIDROLÓGICAS

**Caudal:** Es considerado como el volumen de agua que circula por los cursos de agua en cualquier instante de tiempo, por insignificante que sea es de gran importancia en el manejo del recurso hídrico.

Tanto la calidad como la cantidad del caudal que se genera en una cuenca de drenaje están afectadas directamente por las características físicas climáticas y de cobertura vegetal de la misma. Las unidades en las que generalmente se mide el caudal son:  $m^3/s$  o  $l/s$  (Viessman, W., 2003).



En el país, la institución que tiene la responsabilidad de generar la información hidrológica es el INAMHI, esta información está expresada en forma de caudales diarios, mensuales y anuales.

**Caudales medios diarios:** Son determinados a partir del promedio aritmético ponderado de los valores parciales de caudales generados en referencia a los niveles observados, a través de la curva de gasto líquido (INMAHI, 2011).

**Caudales medios mensuales:** Son el resultado de la media aritmética de los caudales medios diarios ya procesados.

**Caudales mínimos:** Son valores dentro del rango de probabilidad de excedencia entre el 70 y 99 % de la Curva de Duración General, pero existen inconvenientes al determinar los caudales mínimos con esta metodología como (Villacís, O. y Andrade, L., 1986):

- Se considera como datos históricos y la distribución empírica de probabilidades no se asocia generalmente a una distribución teórica.
- La Curva de Duración General no considera los períodos específicos de ocurrencia o su estacionalidad.
- La CDG, no están directamente relacionados a los caudales mínimos consecutivos de 15, 30, 60 días u otro período.

**Caudales máximos:** Son los caudales cuyo valor es superior a los normales del cauce del río, puesto que son de gran importancia en el diseño de obras hidráulicas, gestión de recursos hídricos y ordenamiento territorial es indispensable conocer sus valores (Almeida, P., 2010).

### **Curva de descarga**

Se define como la relación entre las mediciones periódicas del caudal de un río y sus registros simultáneos de los niveles del mismo, es utilizada para convertir los registros de nivel de agua en caudales (Chow, V., 1994).

Esta curva debe ser revisada constantemente para garantizar que la relación entre el caudal y altura de estación haya permanecido constante.

### **Caudal específico**

Es determinado a partir de la división del caudal para el área de drenaje de la cuenca hidrográfica, es utilizado como parámetro comparativo entre cuencas. Las unidades de medida en la que puede ser expresado son:  $m^3/s/km^2$  o  $l/s/km^2$ .

### **Procesamiento de la información**

**Caudal:** El cálculo de caudales a partir de lecturas ya sea limnimétricas o limnigráficas, necesitan obligatoriamente de una curva de descarga, la cual es generada mediante el ajuste de mínimos cuadrados a partir de los caudales obtenidos de los aforos de gasto líquido en una estación (INMAHI, 2011).

## **5.2. SERIES DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LAS ESTACIONES**

El período de las series de datos de caudales medios mensuales es de 30 años comprendido entre 1981-2010, siguiendo las recomendaciones de OMM, al igual que para el análisis de las variables climáticas.

La información de estas series mensuales fue proporcionada por el INAMHI, los formatos utilizados para el procesamiento de la información se presentan en la Tabla 5.1, estos contienen los datos de la estación y los valores mensuales de las series de datos. Las series de datos hidrológicos en este formato se encuentran en el Anexo Digital en el CD1.

La disponibilidad de la información hidrológica se encuentra detallada en el Anexo N°4, se indica la cantidad de estaciones hidrológicas por unidad hidrográfica. Las estaciones hidrológicas se clasificaron bajo el mismo criterio de las estaciones meteorológicas.

**Tabla 5.1 Tabla para el procesamiento de la información hidrológica**

ESTACIÓN	H627	UCHIMA AJ CHAMBA										
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	1.7	2.6	2.8	2.6	2.2	1.4	0.6	1.2	0.3	0.3	0.4	1.9
1982	2.1	0.9	2.9	1.5	0.5	0.5	0.5	0.7	1.2	1.8	2.0	1.7
1983	1.5	2.8	2.8	2.6	2.2	2.2	2.0	1.2	1.2	1.4	1.5	1.7
2008	3.2	5.3	3.6	2.8	2.2	2.2	2.5	1.6	1.4	3.3	2.5	2.4
2009	3.5	3.0	3.1	3.6	3.1	2.0	2.9	1.9	2.0	1.4	1.5	2.2
2010	2.5	2.6	2.8	2.1	2.4	2.0	1.6	1.0	1.6	1.2	1.5	2.2

Fuente: INAMHI

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 5.2 Resumen de la disponibilidad de la información de caudales medios mensuales**

ESTACIONES HIDROLÓGICAS – CAUDAL MEDIO MENSUAL				
U.H. NIVEL 2	U.H. NIVEL 3	ESTACION CLASE		
		BASE ( A )	APOYO( B )	REFERENCIA ( C )
138	1384	1	-	1
	1385	-	-	-
	1387	-	-	-
	1388	1	1	-
	1389	3	-	3
139	1394	2	2	3
	1395	2	-	1
	1396	3	4	6
	1397	1	-	4
	1398	3	1	2
	1399	-	2	-
<b>TOTAL</b>		16	10	20

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La disponibilidad de la información hidrológica de caudales medios anuales es muy inferior a la meteorológica, sobre todo a la de precipitación para la cual se cuenta con 132 estaciones.

Se trabajó con: 16 estaciones clase A, 10 estaciones clase B y 20 estaciones clase C, siendo las de esta última más numerosas. La unidad hidrográfica 1396 tiene la mayor concentración de estaciones, mientras que la 1384 solo cuenta con

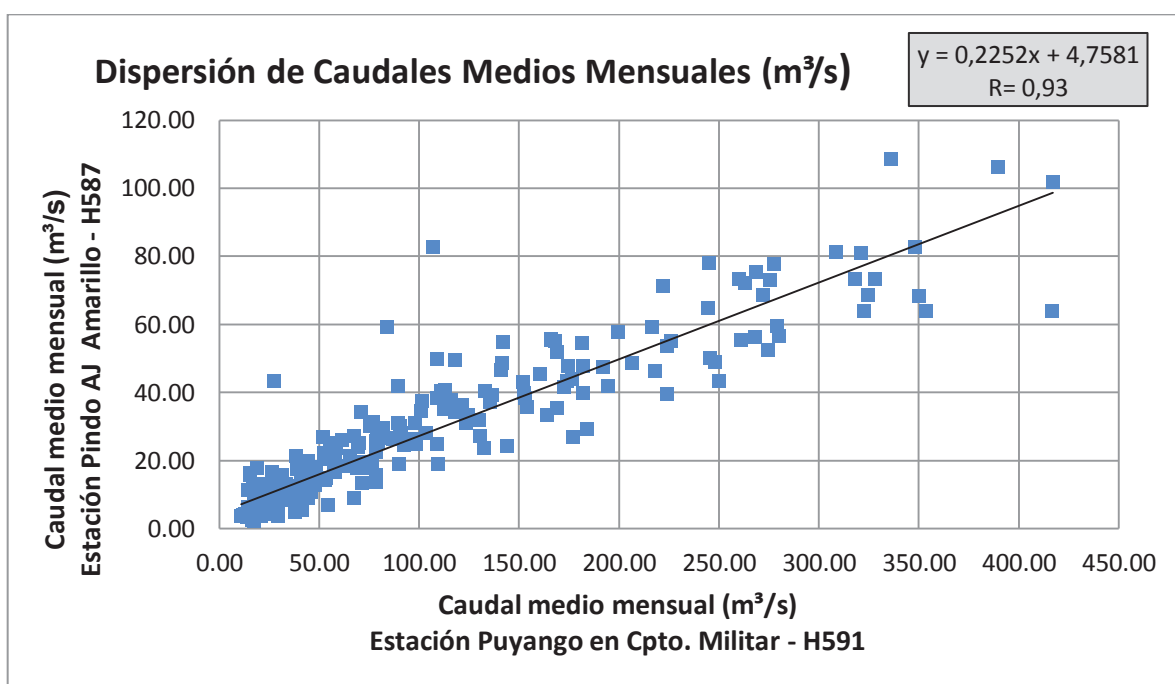
una y las unidades hidrográficas 1385 y 1387 no disponen de información hidrológica, precisando que estas dos unidades son de menor tamaño respecto a las otras analizadas.

### 5.2.1. RELLENO DE DATOS

El relleno de datos se lo realizó con el método de correlación – regresión, de manera similar a la explicada en el capítulo anterior en el relleno de datos de las series meteorológicas.

En la Figura 5.1 se ejemplifica la aplicación de este método para dos estaciones hidrológicas vecinas, se incluye la ecuación para el relleno de datos. La estación con datos rellenados es la H587 y la H591 es la estación con datos completos. También se observa la ecuación de la línea de tendencia y el coeficiente de correlación, que es igual a 0.93, lo que indica una buena correlación entre las estaciones.

**Figura 5.1 Diagrama de dispersión entre series de caudales medios mensuales**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

El relleno de las serie de datos se priorizó para las estaciones clase A, este relleno de datos se hizo principalmente con estaciones clase A vecinas con un coeficiente de correlación aceptable pero en ciertos casos también se utilizó estaciones B, esto último ante la falta de información pero de igual forma la series poseen un coeficiente de correlación mayor a 0.70 y aplicando el método para estaciones vecinas.

La Tabla 5.3 presenta la cantidad de estaciones rellenas con el método de correlación-regresión. No se relleno todas las estaciones clase A con este método ya varias series fueron rellenas con la media mensual multianual ya que presentaban vacíos menores a períodos de 3 años. Las ecuaciones utilizadas para el relleno de los datos se presentan el Anexo N°4.

**Tabla 5.3 Resumen series da datos hidrológicas rellenas**

VARIABLE	TOTAL SERIES	SERIES RELLENADAS	
		SERIES	PORCENTAJE
Caudal	46	10	21.7%

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

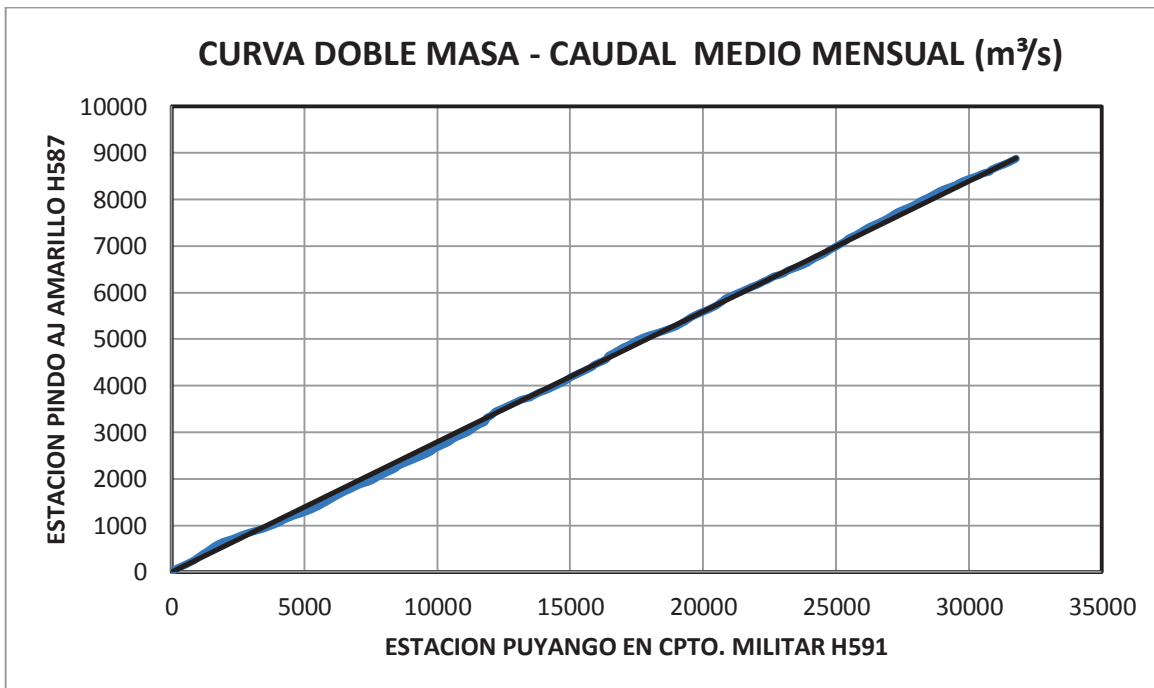
### 5.2.2. VALIDACIÓN DE LAS SERIES

La validación de los datos se realizó mediante el método gráfico de la Curva de Doble Masa aplicado para estaciones vecinas, la metodológica fue explicada en el capítulo anterior aplicada para las series de datos meteorológicos.

La Curva de Doble Masa de las estaciones H591 y H587 se presenta en la Figura 5.2, se evidencia una sola tendencia y no existen cambios bruscos de pendiente por lo que claramente la serie rellena correspondiente a la estación H587 es homogénea.

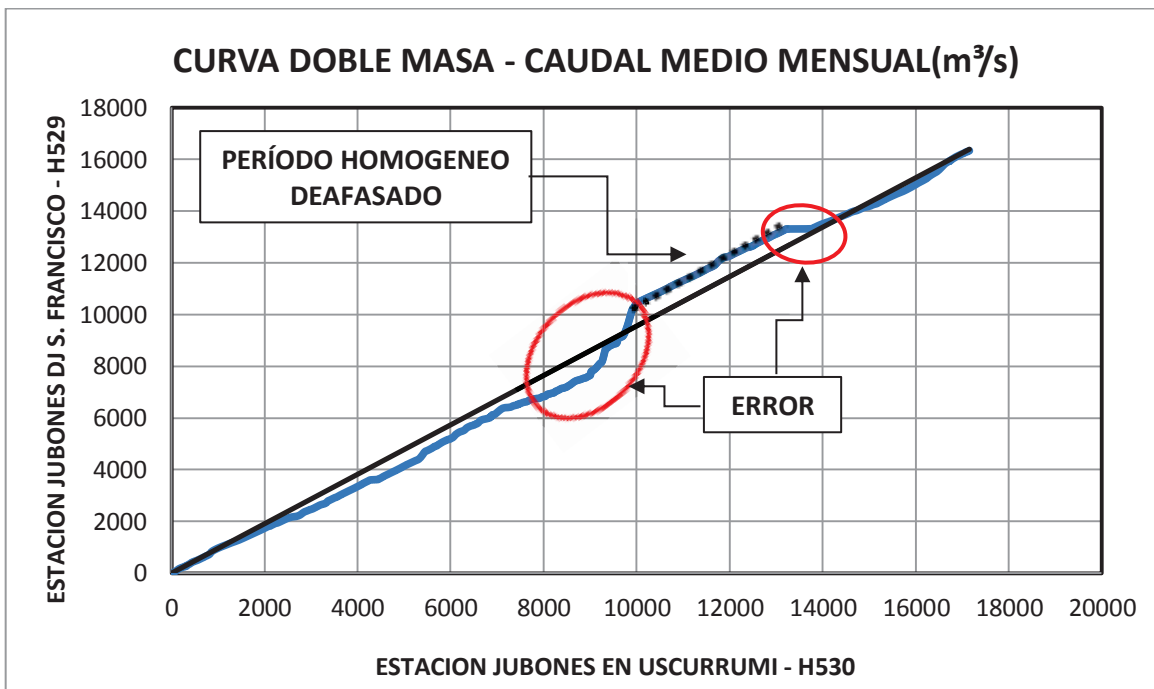
En la Figura 5.3 se presenta el ejemplo de una serie de datos no homogénea, la estación H529 evaluada con la estación H530, en esta se observan cambios bruscos de tendencia y también un período homogéneo desfasado.

Figura 5.2 Curva de doble masa homogénea de caudal medio mensual



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Figura 5.3 Curva de doble masa no homogénea de caudal medio mensual



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La Tabla 5.4 contiene la cantidad de estaciones con series homogéneas, todas las series rellenadas con el método de correlación–regresión fueron evaluadas con la Curva de Doble Masa.

**Tabla 5.4 Validación de series mensuales rellenadas**

VARIABLE	ESTACIONES RELLENADAS	ESTACIONES HOMOGENEAS	
		CANTIDAD	PORCENTAJE
Caudal	10	7	70 %

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 5.3. BALANCE HÍDRICO

El Balance Hídrico se fundamenta en el principio de la conservación de la masa, para el balance hídrico este principio es orientado al agua y el comportamiento de esta en la cuenca, naturalmente es necesario cuantificar los valores de caudales en la entrada, el almacenamiento y salida de recurso hídrico en una cuenca.

El balance hídrico se define como la disponibilidad de agua establecida para un lugar y período de tiempo dado. Esto se realiza a través de un modelo a partir de la ecuación de continuidad (Viessman, W., 2003).

$$E-S=\pm \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (5.1)$$

Dónde:

E: Volumen de entrada de agua (m<sup>3</sup>/año);

S: Volumen de salida de agua (m<sup>3</sup>/año);

$\Delta V$ : Variación del volumen de almacenamiento, en la unidad hidrográfica, e;

$\Delta t$ : Intervalo de tiempo (año).

La Ecuación 5.1 es conocida como la ecuación hidrológica, esta expresa que en volumen o lámina de agua, lo que ingresa menos lo que sale, es igual al cambio

en los volúmenes o láminas de almacenamiento, asociado a un determinado período de tiempo y dentro de la unidad hidrográfica (Chow, V., 1994).

Se consideran como entradas de agua a la unidad hidrográfica (E) a la precipitación, los trasvases de agua, la escorrentía superficial y subsuperficial de otras unidades hidrográficas. Las salidas de agua de la unidad hidrográfica (S) son la evaporación, la transpiración, las exportaciones de agua, los aprovechamientos consuntivos en la propia unidad hidrográfica, el escurrimiento superficial y aguas subterráneas hacia otras unidades hidrográficas. Y en la variación de almacenamiento ( $\Delta V$ ), se consideran: aguas subterráneas, humedad del suelo y los almacenamientos superficiales como embalses y agua en canales (Chow, V., 1994).

El ciclo hidrológico del agua se representa de manera esquemática en la Figura 5.4, donde se pueden observar las entradas y salidas de agua producto del comportamiento del agua dentro de este ciclo.

**Figura 5.4 Ciclo Hidrológico**



Fuente: (Meted, 2010)

La ecuación hidrológica para la determinación del balance hídrico anual en lámina, se expresa matemáticamente en la Ecuación 5.2.



$$h_p - h_Q - h_e \equiv \frac{\Delta V}{A} \quad (5.2)$$

Dónde:

$h_p$  = Lámina de precipitación (mm);

$h_Q$  = Lámina de escurrimiento superficial (mm);

$h_e$  = Lámina de evapotranspiración (mm);

$\Delta V$  = Variación del volumen de almacenamiento ( $m^3$ ), y;

$A$  = Área de la unidad hidrográfica ( $km^2$ ).

El balance hídrico básico para la unidad hidrográfica está definido por la Ecuación 5.2, simplificando esta ecuación se considera que  $\frac{\Delta V}{A} = 0$ , para períodos anuales, asumiendo que la humedad del suelo o nivel freático al final de período seco de cada año es relativamente el mismo. La Ecuación 5.3 es la ecuación hidrológica resultante de esta simplificación.

$$h_Q \equiv h_p - h_e \quad (5.3)$$

**Tabla 5.5 Balance hídrico de las unidades hidrográficas de sur de la Costa Ecuatoriana para el período 1981-2010**

U.H	CÓDIGO	ÁREA ( $km^2$ )	$Q_m$ ( $m^3/s$ )	ELEVACIÓN (m s.n.m.)	T med ( $^{\circ}C$ )	$h_p$ (mm)	$h_e$ (mm)	$h_Q$ (mm)	$Q_m c$ ( $m^3/s$ )
1384	H616	575	8.2	247	24.9	1000	707.3	292.7	5.4
1388	H621	46	3.2	1762	19.3	1000	637.3	362.7	0.5
1389	H617	1130	26.4	1143	22.9	1000	683.3	316.7	11.4
	H627	48	2.0	1603	20.2	1000	650.1	349.9	0.5
1394	H587	543	24.7	90	25.3	1500	822.9	677.1	11.7
	H591	2190	88.3	300	24.8	1500	814.6	685.4	47.7
1395	H573	81.44	2.5	80	25.3	1000	711.5	288.5	0.7
	H574	520	7.4	20	25.4	1000	713.1	286.9	4.7
1396	H529	3320	45.4	712	23.8	1000	695.0	305.0	32.2
	H530	3580	47.7	282	24.8	1000	706.4	293.6	33.4
	H625	61	2.1	1080	23.0	1000	685.0	315.0	0.6
1397	H503	151	3.5	14	25.4	1500	825.9	674.1	3.2
1398	H466	120	1.3	3138	11.0	1000	509.0	491.0	1.9
	H468	227	3.7	2700	13.6	1000	553.4	446.6	3.2
	H471	912	13.7	984	23.2	1000	687.7	312.3	9.1
1399	H447	324	18.0	40	25.4	2000	878.9	1121.1	11.5

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Dónde:

$Q_m$  = Caudal medio anual de la serie de datos del período 1981-2010 ( $m^3/s$ );

$T_{med.}$  = Temperatura media anual en elevación de la estación hidrológica ( $^{\circ}C$ );

$h_p$  = Lámina de precipitación anual (mm);

$h_e$  = Lámina de evapotranspiración anual obtenida con el método de Turc (mm);

$h_Q$  = Lámina de escurrimiento superficial media anual (mm), y;

$Q_m c$  = Caudal medio anual calculado con el balance hídrico ( $m^3/s$ ).

## **5.4. CAUDALES MEDIOS Y MÍNIMOS**

La determinación de los caudales medios y mínimos guarda estrecha relación con el diseño de obras hidráulicas, ya que el conocimiento del caudal firme en un cauce determina la magnitud de una obra hidráulica, por ello la importancia de la caracterización hidrológica. Para la determinación de los caudales mínimos se obtuvo la Curva de Duración General.

### **5.4.1. CURVA DE DURACIÓN GENERAL (CDG)**

La Curva de Duración General llamada igualmente Curva de Permanencia o Persistencia de Caudales, trabaja con caudales ya sean diarios, mensuales o anuales. Se fundamenta en la contabilización de ocurrencia de los caudales para rangos definidos, para posterior cálculo de las frecuencias absolutas y relativas de los mismos (Villacís, O. y Andrade, L., 1986)

La CDG consiste en la representación gráfica en orden decreciente de los caudales observados, para asociarlos a una frecuencia o duración que se expresa en porcentaje. La duración constituye el intervalo de tiempo durante el cual los caudales observados son iguales o superiores a un valor específico de caudal, la determinación de la frecuencia empírica (probabilidad de excedencia ( $Q \geq Q_i$ )) se

presenta por un vector de  $n$  elementos, este concepto se ve reflejado en la Ecuación 5.4 (Almeida, P., 2010).

$$P_{(m)} = 100 \frac{m}{n} \quad (5.4)$$

Dónde:

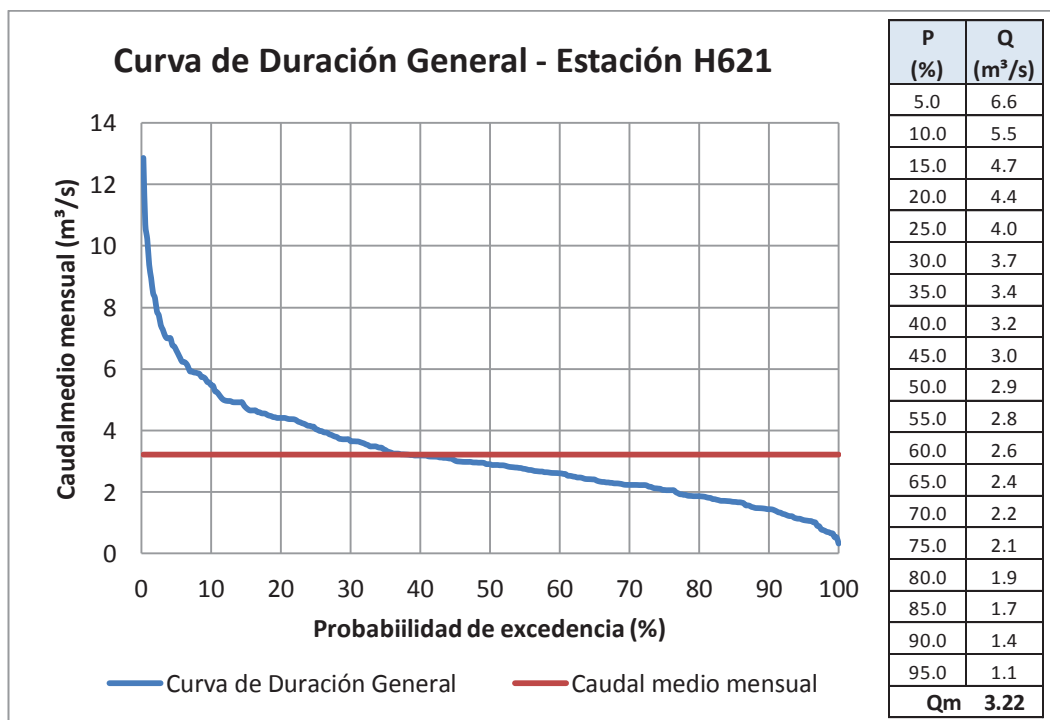
$m$  = número de orden del dato, y;

$n$  = número total de datos.

Para la obtención de la CDG los valores del caudal se colocan en el eje de las ordenadas, mientras que en el eje de las abscisas la probabilidad de que el correspondiente caudal del eje de las ordenadas sea excedido o igualado.

La Curva de Duración General de la estación H621 se presenta en la Figura 5.5, además se incluye una tabla con el caudal y la probabilidad de ocurrencia asociada al mismo.

**Figura 5.5 Curva de Duración General estación H621**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Las curvas de duración general para las estaciones analizadas se presentan en el Anexo N°4 y además se incluyen en el Anexo Digital en el CD2.

#### 5.4.2. CAUDALES MEDIOS

El caudal medio se obtuvo como el promedio de los valores de los caudales medios mensuales para el período de análisis, estos valores se presentan en la Tabla 5.6, es importante mencionar que se decidió rellenar la estación H447 clase B, para incluir una estación hidrológica que analice el cauce principal de la unidad hidrográfica 1399.

Por otro lado la estación H619 se decidió obviar del análisis por la imposibilidad de rellenar sus datos, al no poseer un coeficiente  $r > 0,70$  con ninguna estación vecina, además que esta se encuentra ubicada casi inmediatamente aguas arriba de la estación H617, la cual si fue rellenada y es de clase A.

**Tabla 5.6 Caudales medios mensuales calculados para el período 1981-2010**

NOMBRE	CODIGO	Qm (m³/s)	q (l/s/km²)
ALAMOR EN SAUCILLO(DJ CELICA)	H616	8.2	0.008
JORUPE EN AMALUZA	H621	3.2	0.003
ARENAL EN PTE.BOQUERON	H617	26.4	0.026
UCHIMA AJ CHAMBA	H627	2.0	0.002
PINDO AJ AMARILLO	H0587	24.7	0.025
PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA)	H591	88.3	0.088
SANTA ROSA EN EL VADO	H573	2.5	0.003
ARENILLAS EN ARENILLAS	H574	7.4	0.007
JUBONES DJ S.FRANCISCO	H529	45.4	0.045
JUBONES EN USHCURRUMI	H530	47.7	0.048
ALAMOR EN PTE.MERCADILLO	H625	2.1	0.002
TENGUEL EN TENGUEL	H503	3.5	0.004
SILANTE EN INGAPIRCA	H466	1.3	0.001
SAN PEDRO EN INGAPIRCA	H468	3.7	0.004
CAÑAR DJ RAURA	H471	13.7	0.014
BULUBULU AJ PAYO	H447	18.0	0.018

\*Estación clase B

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Dónde:

$Q_m$  = Caudal medio mensual para el período 1981-2010 ( $m^3/s$ ), y;

$q$  = Caudal específico ( $l/s/km^2$ ).

### 5.4.3. CAUDALES MÍNIMOS

Los caudales asociados a una probabilidad de ocurrencia del: 70%, 75%, 80%, 85%, 90% y 95%, son considerados como caudales mínimos (Villacís, O. y Andrade, L., 1986). Los valores de los caudales mínimos se muestran en la Tabla 5.7.

**Tabla 5.7 Caudales mínimos de las estaciones hidrológicas analizadas para el área de estudio**

UNIDAD HIDROGRAFICA	ESTACION	CAUDALES MINIMOS ( $m^3/s$ )					
		70%	75%	80%	85%	90%	95%
1384	H616	1.2	1.1	0.9	0.7	0.5	0.3
1388	H621	2.2	2.1	1.9	1.7	1.4	1.1
1389	H617	14.7	13.8	10.7	8.6	5.4	2.9
	H627	1.5	1.4	1.2	1.2	0.9	0.6
1394	H587	9.2	8.9	7.9	6.3	5.3	4.2
	H591	25.9	22.7	20.6	18.8	17.2	15.2
1395	H573	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.2
	H574	3.2	3.0	2.6	2.3	2.0	1.7
1396	H529	21.8	19.5	16.7	15.4	12.9	10.0
	H530	27.9	25.5	22.7	19.8	17.8	13.8
	H625	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.01
1397	H503	1.0	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3
1398	H466	0.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2
	H468	2.2	2.1	1.7	1.5	1.1	0.9
	H471	6.2	5.6	4.9	4.0	3.1	2.1
1399	H447	4.7	4.5	4.0	3.5	3.0	2.1

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 5.5. CAUDALES MÁXIMOS

Los caudales máximos son eventos extraordinarios que superan ampliamente a los caudales medios de los ríos, al ser caudales de una magnitud grande son

considerados en el diseño de un proyecto hidráulico. Por tal razón es importante la determinación los caudales máximos.

La información de los caudales máximos fue proporcionada por el INAMHI. Los caudales máximos son tratados como eventos independientes, por lo que se amplió el período de análisis, el período establecido para el análisis de caudales máximos comprendido entre 1961 - 2010. El análisis de los caudales máximos se realizó únicamente para las estaciones con series de datos mayores a 10 años de datos, las estaciones no fueron clasificadas de acuerdo a la disponibilidad de la información. En la Tabla 5.8 se resume la disponibilidad de la información hidrológica de caudales máximos para el período 1961–2010.

**Tabla 5.8 Disponibilidad de la información hidrológica de caudales máximos para el área estudio**

CODIGO	ESTACION	AÑOS DE DATOS	CODIGO	ESTACION	AÑOS DE DATOS
H616	ALAMOR EN SAUCILLO	10	H531	CASACAY AJ JUBONES	11
HB32	CATAMAYO EN PTE. VICIN	8	H532	CANAL CERRITOS	23
H621	JORUPE EN AMALUZA	27	H533	JUBONES EN PTE.IBERIA	4
H626	MACARA EN PTE.INTERNAIONAL	10	H534	SAN FRANCISCO AJ JUBONES	8
H617	ARENAL EN PTE.BOQUERON	17	H537	JUBONES EN PASAJE	6
H619	CANAL ARENAL	17	H540	RIRCAY EN SULUPALI(GIRON)	1
H622	MALACATUS EN MALACATUS	16	H547	RIRCAY EN P.ALTO SALTANA	4
H627	UCHIMA AJ CHAMBA	22	H571	RASPA EN ASERRIO(BUENA VISTA)	13
H628	CATAMAYO DJ GUAYABAL	8	H625	ALAMOR EN PTE.MERCADILLO	33
H586	CALERA AJ AMARILLO	16	HA47	RASPA EN ASERRIO	3
H587	PINDO AJ AMARILLO	39	H503	TENGUEL EN TENGUEL	19
H588	AMARILLO EN PORTOVELO	23	H505	PAGUA EN PTE.CARRETERA	2
H589	PUYANGO AJ MARCABELI	5	H506	PAGUA AJ BONITO(AJ SIETE)	8
H591	PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA)	39	H507	BONITO EN PTE.CARRETERA(AJ PAGUA)	8
H592	MOROMORO EN MOROMORO	6	H508	CHAGUANA EN PTE.CARRETERA	7
H572	CALUGURO ABT CANAL DE RIEGO	11	H466	SILANTE EN INGAPIRCA	20
H573	SANTA ROSA EN EL VADO	25	H467	VENDELECHE EN HDA.LA CURIA	8
H574	ARENILLAS EN ARENILLAS	39	H468	SAN PEDRO EN INGAPIRCA	13
H526	PAQUISHAPA EN PTE.CARRETERA	9	H471	CAÑAR DJ RAURA	13
H527	LEON EN PTE.CARRETERA	24	H472	CAÑAR EN PTO.INCA	11
H528	JUBONES DJ MINAS	3	H473	CANAL CAÑAR	3
H529	JUBONES DJ S.FRANCISCO	16	H447	BULUBULU AJ PAYO	9
H530	JUBONES EN USHCURRUMI	21	H448	PAYO AJ BULUBULU	23

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 5.5.1. MÉTODO ESTADÍSTICO – PROBABILÍSTICO

Los caudales de crecida son eventos extraordinarios, para la ocurrencia de un evento extremo se deben presentar simultáneamente varias condiciones climatológicas. Las condiciones climatológicas se pueden asociar con una probabilidad de ocurrencia. Por lo que de igual manera la combinación de estas condiciones también se puede analizar probabilísticamente, más exactamente la teoría de probabilidades.

La teoría de probabilidades utiliza los parámetros estadísticos para expresar la ocurrencia de los eventos hidrológicos. Los parámetros permiten determinar la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a la serie de datos en análisis. (Chow, V., 1994)

Los parámetros que ayudan a la selección de la distribución de probabilidad son los presentados en la Tabla 5.9.

**Tabla 5.9 Ecuaciones de los parámetros probabilísticos.**

PARÁMETRO	ECUACIÓN
Media aritmética	$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}$
Desviación Estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}$
Coefficiente de asimetría	$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \times \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^3}{S^3}$
Coefficiente de variación	$C_v = \frac{S}{\bar{Q}}$

Fuente: (Chow, V., 1994)

En el presente trabajo se utilizó las distribuciones: Normal, Log Normal, Pearson Tipo III y Gumbel, el coeficiente de asimetría  $C_s$  permite determinar cuál es la serie que mejor se ajusta a la serie de datos.

Los valores del coeficiente de asimetría asociados a cada tipo de distribución probabilística, son los siguientes (Monsalve, G., 1995):

- La distribución Normal es aplicable cuando el rango del coeficiente de asimetría varía entre -0.5 y 0.5
- La distribución Log Normal puede ser adoptada cuando el coeficiente de asimetría de la serie modificada a través de logaritmos naturales es próximo a cero.
- La distribución Gumbel o de Valores Extremos Tipo I se emplea para coeficientes de asimetría no lejanos de 1.14.
- La distribución Pearson Tipo III se adapta mejor a cualquier tipo de serie independiente del valor del coeficiente de asimetría.

Una vez que se determinó la distribución de probabilidades más idónea para la serie de datos se puede calcular el caudal máximo asociado a un período de retorno, para esto Ven Te Chow propone la Ecuación 5.5. Al aplicar la ecuación para la distribución Log Normal se debe modificar la serie de logaritmos naturales a través de la base exponencial, para el cálculo del caudal máximo.

$$Q_T = \bar{Q} + k_T \cdot s \quad (5.5)$$

Dónde:

$Q_T$  = Caudal máximo para un período de retorno ( $m^3/s$ );

$\bar{Q}$  = Caudal medio de la serie ( $m^3/s$ );

$k_T$  = Factor de frecuencia para cada "T" correspondiente a la distribución de probabilidades asignada, y;

$s$  = Desviación estándar asignada.

Con el fin de establecer un rango dentro de la variación para el caudal de crecida asociado a un período de retorno, se fija un límite superior para los valores calculados, ya que el caudal de crecida al ser un evento extremo necesita un rango de holgura. Para la determinación de este límite se trabajó con un intervalo de confianza del 95%.



### 5.5.2. CAUDALES MÁXIMOS PARA LAS ESTACIONES HIDROLOGÍAS

El análisis de la información de caudales máximos se realizó de la manera como se ejemplifica en la Tabla 5.10, donde se presentan los datos de caudales de crecida de la estación H622 registrados dentro del período de análisis, en la parte inferior de la tabla se muestran los parámetros estadísticos de la serie de datos.

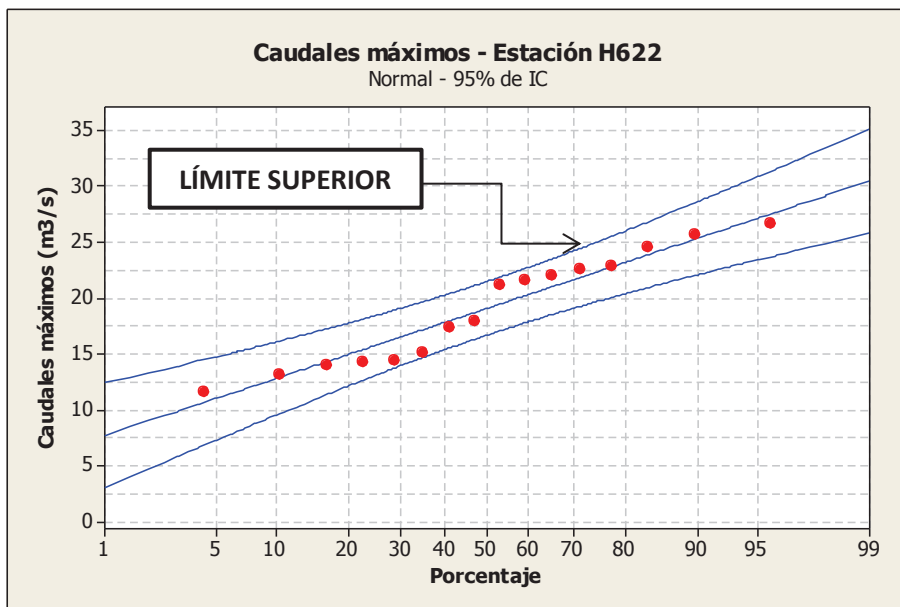
**Tabla 5.10 Serie de datos de la estación H622**

ESTACIÓN MALACATUS EN MALACATUS H622		
Año	Fecha	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1962	JUN	15.1
1963	ENE	17.9
1964	JUL	17.4
1965	JUL	21.2
1966	SEP	14.3
1967	MAR	21.6
1968	JUN	26.7
1969	JUL	24.6
1970	ENE	21.9
1971	OCT	22.9
1972	OCT	14.4
1973	FEB	13.2
1974	DIC	11.6
1975	MAR	25.7
1976	JUN	22.6
1977	MAY	13.9
<b>Promedio</b>	<b>x</b>	19.1
<b>Desviación Estándar</b>	<b>s</b>	4.9
<b>Coficiente de Asimetría</b>	<b>Cs</b>	0.0
<b>Coficiente de variación</b>	<b>Cv</b>	0.26
<b>Número de datos</b>	<b>n</b>	15

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

El coeficiente de asimetría de la serie es 0 por lo que la distribución probabilística adoptada es la distribución Normal. En la Figura 5.6 se muestra el gráfico de la distribución Normal para la serie de datos de la estación H 622, las líneas superior e inferior extremas representan los límites, en el análisis de caudales de crecida interesa el límite superior.

**Figura 5.6 Caudales de crecida de la estación H622 con probabilidad asociada**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La Tabla 5.11 presenta los caudales de crecida o caudales máximos asociados a los períodos de retorno para la estación H622, también se incluye el caudal máximo superior que corresponde al valor del caudal en el límite superior.

**Tabla 5.11 Caudales de crecida estación H622**

ESTACIÓN MALACATUS EN MALACATUS H622		
Tr (años)	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx superior</sub> (m <sup>3</sup> /s)
5	23.2	26.0
10	25.3	28.6
25	27.6	31.5
50	29.1	33.4
100	30.4	35.1

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Los valores de los caudales máximos asociados a los períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años son mostrados en la Tabla 5.13, valores que corresponden a las estaciones hidrológicas con la suficiente información para su análisis.

**Tabla 5.12 Caudales máximos asociados a un período de retorno de las estaciones en el área de estudio**

UNIDAD HIDROGR.	CÓDIGO	PERÍODO DE RETORNO (años)				
		5	10	25	50	100
		Qmáx (m³/s)	Qmáx (m³/s)	Qmáx (m³/s)	Qmáx (m³/s)	Qmáx (m³/s)
1384	H616	382.4	592.7	882.6	1107.4	1335.5
1388	H621	29.2	34.5	40.8	45.3	49.5
	H626	304.0	395.0	509.1	592.6	674.3
1389	H617	210.5	264.2	336.7	393.8	453.4
	H619	1.8	2.0	2.2	2.3	2.4
	H622	23.2	25.3	27.6	29.1	30.4
	H627	29.5	36.2	44.8	51.1	57.5
1394	H586	70.1	99.9	139.1	168.7	198.2
	H587	249.8	285.1	322.6	346.9	368.8
	H588	98.5	113.5	131.1	143.4	155.0
	H591	1045.2	1289.6	1613.5	1864.8	2124.2
1395	H572	58.2	70.1	84.5	94.7	104.5
	H573	31.7	55.2	99.7	146.0	205.9
	H574	111.9	163.2	231.7	283.8	336.1
1396	H527	147.6	168.9	191.5	206.2	219.4
	H529	990.9	1306.0	1704.3	1997.2	2285.1
	H530	620.8	767.3	961.8	1112.9	1269.1
	H531	46.0	60.7	81.6	98.8	117.4
	H532	12.3	14.4	16.7	18.4	20.0
	H571	48.1	58.6	69.8	77.1	83.6
1397	H625	232.3	521.9	1237.3	2160.9	3568.4
1397	H503	65.5	84.6	111.1	132.6	155.4
1398	H466	31.9	45.3	65.9	83.9	104.4
	H468	32.9	38.0	43.9	48.0	51.9
	H471	286.1	406.6	565.4	685.2	804.9
	H472	408.2	460.4	516.1	552.0	584.4
1399	H448	227.3	264.7	304.5	330.3	353.5

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En el Anexo N°5 se incluyen las tablas con los caudales máximos y caudales máximos superiores para las estaciones analizadas, también este anexo contiene estos gráficos.

## 5.6. PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS

El análisis de las series de datos para sedimentos se realizó para el período 1981-2010. Por los escasos registros de información entorno a sedimentos se

analizaron las estaciones con al menos 10 datos registrados. En la Tabla 5.13 se muestra la cantidad de estaciones por unidad hidrográfica, con su respectiva cantidad de datos.

**Tabla 5.13 Estaciones hidrológicas con información de sedimentos**

U.H. NIVEL 3	U.H. NIVEL 4	CÓDIGO ESTACION	CANTIDAD DE DATOS
138	1384	H616	18
	1389	H617	28
	1389	H591	102
139	1396	H529	38
	1396	H530	35
	1398	H471	35
	1399	H447	11

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Los sedimentos transportados por un cauce son otro aspecto importante a considerar al momento del diseño hidráulico, así como también para conocer los cambios en el fondo del cauce producto de la erosión de las márgenes del mismo.

Las partículas de sedimentos provenientes de la erosión son desplazadas mediante saltación, rodamientos o deslizamientos sobre el lecho o en sus proximidades o pueden permanecer en suspensión alejados del lecho. La producción de sedimentos se refiere a la cantidad de sólidos en suspensión transportados hacia la salida de una cuenca por año y unidad de área, a esta cantidad se suma los sedimentos transportados del fondo del río (OMM, 2011).

El período analizado para la producción de sedimento es de 30 años, en el período comprendido entre 1981 - 2010, para establecer las series de datos se recurrió a la información proporcionado por el INAMHI.

Para el análisis de la información de sedimentos es necesario elaborar la curva de descarga de sedimentos. Esta curva relaciona el caudal sólido y el caudal líquido, en el eje de las ordenadas y la abscisas respectivamente, tal como se muestra en la Figura 5.7 , la ecuación producto de esta relación es de tipo exponencial .La Ecuación 5.6 corresponde a la planteada por Ven Te Chow (Chow, V., 1994):

$$Q_s = a \cdot Q^b \quad (5.6)$$

Dónde:

$Q_s$  = Caudal sólido (kg/s);

a, b = Coeficientes de la ecuación, y;

Q = Caudal líquido (m<sup>3</sup>/s)

**Tabla 5.14 Serie de datos de sedimentos para la estación H617**

ESTACIÓN H 617				
FECHA	LECTURA	CAUDAL	CONCENTRACIÓN	GASTO
	LIMNIMÉTRICA	LÍQUIDO	MEDIA	SÓLIDO
(año/mes/día)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/s)
81-03-07	0.86	30.8	0.98	30.2
81-06-01	0.54	6.1	0.01	0.1
81-09-09	0.52	4.7	0.10	0.5
82-03-09	0.78	19.3	0.79	15.2
82-09-20	0.74	11.0	0.03	0.3
83-05-17	0.85	17.3	0.06	1.0
83-10-04	1.00	35.7	0.77	27.4
84-02-21	1.46	65.0	1.55	100.5
84-12-07	0.98	11.5	0.11	1.2
85-04-26	1.07	23.5	0.12	2.8
85-05-31	1.35	78.4	2.75	215.3
86-03-16	1.10	32.2	1.98	63.9
87-09-26	1.00	12.3	0.21	2.5
88-04-24	0.95	23.3	0.82	19.1
89-08-17	0.62	13.2	0.04	0.5
90-11-19	0.96	5.6	0.03	0.2
91-04-05	0.85	26.4	0.90	23.8
92-07-19	1.05	42.3	1.75	74.0
93-12-11	1.03	34.7	2.41	83.6
97-05-02	0.47	15.7	0.08	1.2
05-02-26	0.42	24.9	0.63	15.7
06-06-14	0.34	15.0	0.02	0.3
06-11-15	0.49	18.4	0.34	6.2
07-07-31	0.29	8.0	0.00	0.0
08-04-25	0.58	39.5	1.02	40.5
08-06-12	0.40	18.4	0.04	0.7
09-07-30	0.95	15.9	0.11	1.8
10-06-07	1.12	29.5	0.83	24.5

Fuente: INAMHI

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La Tabla 5.14 muestra la información que proporciona el INAMHI en torno a los sedimentos, en este caso se muestra la información de la estación H617. La

información contiene la fecha de las mediciones, lectura limnimétrica, caudal líquido, concentración media y gasto sólido.

La Tabla 5.15 presenta la variación del caudal sólido y líquido con la probabilidad de excedencia, los valores del caudal líquido corresponden a valores anteriormente obtenidos con la metodología explicada para la elaboración de la Curva de Duración General, adicionalmente se incluye el caudal de sedimentos: en el intervalo y de fondo. Este último se calcula como el 20% del caudal sólido en suspensión siguiendo las recomendaciones de Maddock (FAO, 1997). En este caso los resultados mostrados pertenecen a la estación H 617.

**Tabla 5.15 Caudales sólidos de la estación H617**

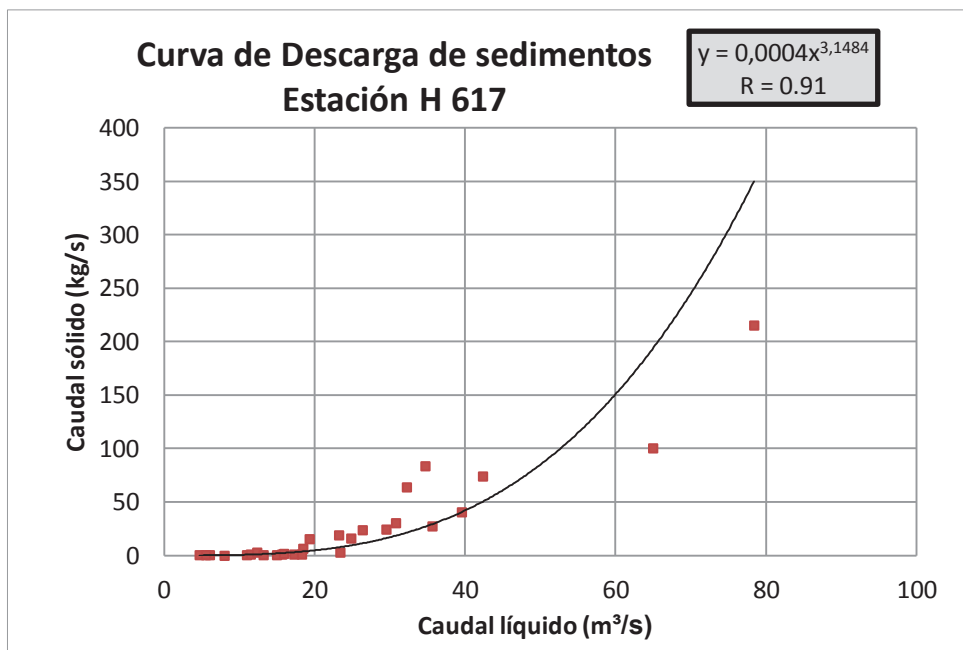
ESTACIÓN H 617				
P %	Q (m³/s)	Qs (ton/año)	Qs en el intervalo (ton/año)	Qs de fondo (ton/año)
5	81.2	647223	32361	129445
10	48.4	127066	6353	25413
15	42	81226	4061	16245
20	38.2	60166	3008	12033
25	33.7	40544	2027	8109
30	29.1	25526	1276	5105
35	26.6	19384	969	3877
40	22.7	11797	590	2359
45	20	7834	392	1567
50	19.9	7720	386	1544
55	17.9	5542	277	1108
60	16.7	4437	222	887
65	15.7	3655	183	731
70	14.7	2998	150	600
75	13.8	2448	122	490
80	10.7	1083	54	217
85	8.6	546	27	109
90	5.4	125	6	25
95	2.9	18	1	4
100	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>1049339</b>	<b>52467</b>	<b>209868</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La curva de descarga de sedimentos para la estación H617 es mostrada en la Figura 5.7, curva obtenida a partir de los resultados de la Tabla 5.15 con la

metodología ya explicada. En la Figura 5.7 se incluye la ecuación de la curva y el coeficiente de correlación para la serie de datos, un coeficiente alto ampliamente mayor al mínimo aceptable de 0.70.

**Figura 5.7 Curva de Descarga de Sedimentos de la estación H617**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 5.16 Coeficiente de correlación de estaciones utilizadas para el análisis de sedimentos**

CODIGO	NOMBRE DE LA ESTACION	COEFICIENTE DE CORRELACION ( r )
H616	ALAMOR EN SAUCILLO(DJ CELICA)	0.88
H617	ARENAL EN PTE.BOQUERON	0.91
H591	PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA)	0.89
H529	JUBONES DJ S.FRANCISCO	0.85
H530	JUBONES EN USHCURRUMI	0.92
H471	CAÑAR DJ RAURA	0.86
H447	BULUBULU AJ PAYO	0.91

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La serie de datos de sedimentos presenta un coeficiente de correlación relativamente superior al coeficiente mínimo recomendado de 0.70, debido a lo

cual no se hace necesario mejorar las series. Los coeficientes de correlación para las series de datos de sedimentos se muestran en la Figura 5.16.

Los resultados finales de producción de sedimentos para la estación H617 están contenidos en la Tabla 5.17, en toneladas por año. Se incluye también la lámina de erosión esperada en milímetros por año.

**Tabla 5.17 Estimación de la producción de sedimentos de la estación H617**

RESUMEN ESTACIÓN H 617	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	1049339
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	52467
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	209868
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	1311673
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	1130
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.65

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La Tabla 5.18 muestra el resumen de la producción de sedimentos para las estaciones analizadas.

**Tabla 5.18 Estimación de la producción de sedimentos**

U.H.	CÓDIGO	Ss (ton/año)	Ssc (ton/año)	Sf (ton/año)	St (ton/año)	A (km <sup>2</sup> )	LE (mm)
1384	H0616	7185	359	1437	8981	575	0.01
1389	H0617	1049339	52467	209868	1311673	1130	0.65
	H0591	994990	49749	198998	1243737	2190	0.32
1396	H0529	551734	27587	110347	689668	3320	0.12
	H0530	972621	48631	194524	1215776	3580	0.19
1398	H0471	296648	14832	59330	370810	912	0.23
1399	H0447	128217	6411	25643	160271	324	0.28

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Dónde:

U.H.= unidad hidrográfica del Nivel 4;

A= Área de drenaje de la estación (km<sup>2</sup>);

Ss= Sedimentos en suspensión (ton/año);

Ssc= Sedimentos en suspensión por crecidas (ton/año);

Sf= Sedimentos del fondo (ton/año);



St= Sedimentos totales (ton/año), y;  
LE= Lámina de erosión (mm).

Las estaciones H617 y H591 pertenecientes a la unidad hidrográfica 1389, son las que presentan mayores valores entorno a la producción de sedimentos. Al analizar los datos de sedimentos la concentración media para estas dos estaciones es mayor en comparación con las otras estaciones analizadas.

La tabla de resumen de producción de sedimentos y la curva de descarga de sedimentos para cada estación considerada en el análisis, se presentan en el Anexo N°6 y también en el Anexo Digital en el CD2.

## **CAPÍTULO 6**

### **MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR**

En este capítulo se presenta el “Manual Hidrológico del Ecuador”, que se constituyó con la información presentada en este proyecto, y también en los proyectos:

- Ramírez, A. y Rosero, C., 2013. Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de las Vertientes del Amazonas. EPN. Quito.
- Intriago, C. y Sánchez, A., 2013. Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de la Vertiente del Pacífico-Norte. EPN. Quito.

El manual está conformado por:

- Una descripción del Manual, con la metodología utilizada y el contenido del mismo; y,
- Los anexos con la información procesada de las series de datos, la caracterización físico-geográfica, climática e hidrológica, la producción de sedimentos y los mapas temáticos.

Todos estos análisis se realizaron para las unidades hidrográficas delimitadas y codificadas bajo la Metodología Pfafstetter, hasta las unidades hidrográficas del Nivel 4. El Manual analiza únicamente el Ecuador continental. La descripción y los anexos del Manual se presentan en el Anexo Digital en el CD2 del presente proyecto.

La caracterización climática e hidrológica se realizó con series de datos del período comprendido ente 1981 -2010.

## 6.1. DIVISIÓN POR UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR CON LA METODOLOGÍA PFAFSTETTER

Ecuador abarca un área de 256.370 km<sup>2</sup>, esta área contempla además de la parte continental, la Región insular cercana a la costa y las islas Galápagos. El país se divide principalmente en dos vertientes de drenaje o regiones hidrográficas: la del Pacífico y la del Amazonas.

La metodología Pfafstetter comprende 5 niveles, el número de unidades hidrográficas para cada nivel se muestra en la Tabla 6.1. Los diferentes niveles de la metodología Pfafstetter incluyen las islas.

**Tabla 6.1 Unidades hidrográficas a nivel nacional**

REGIÓN HIDROGRÁFICA	UNIDADES HIDROGRÁFICAS POR NIVEL				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
1	1	3	16	116	712
4	1	1	2	7	23
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>123</b>	<b>734</b>

Fuente: (SENAGUA, 2009)

### Nivel 1

El nivel uno lo constituyen las dos regiones hidrográficas del país:

- Vertiente del Amazonas
- Vertiente del Pacífico.

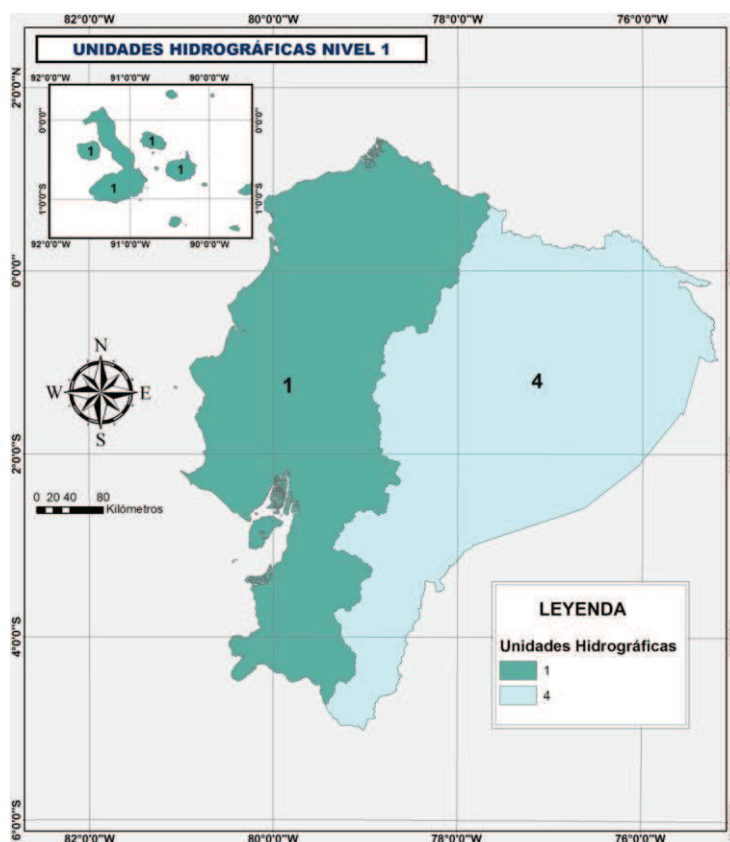
En la Tabla 6.2 se analizan las áreas de las dos unidades que constituyen el Nivel 1 de la delimitación y codificación del Ecuador, y en la Figura 6.2 se muestra el mapa con las unidades hidrográficas.

**Tabla 6.2 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 1**

CODIGO U.H	NOMBRE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DEL ÁREA DEL PAÍS
1	Vertiente del Pacífico	124563	48.6%
4	Vertiente del Amazonas	131806	51.4%
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>256370</b>	<b>100.0%</b>

FUENTE: (SENAGUA, 2009)

**Figura 6.1 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 1**



Fuente: SENAGUA (2009)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## Nivel 2

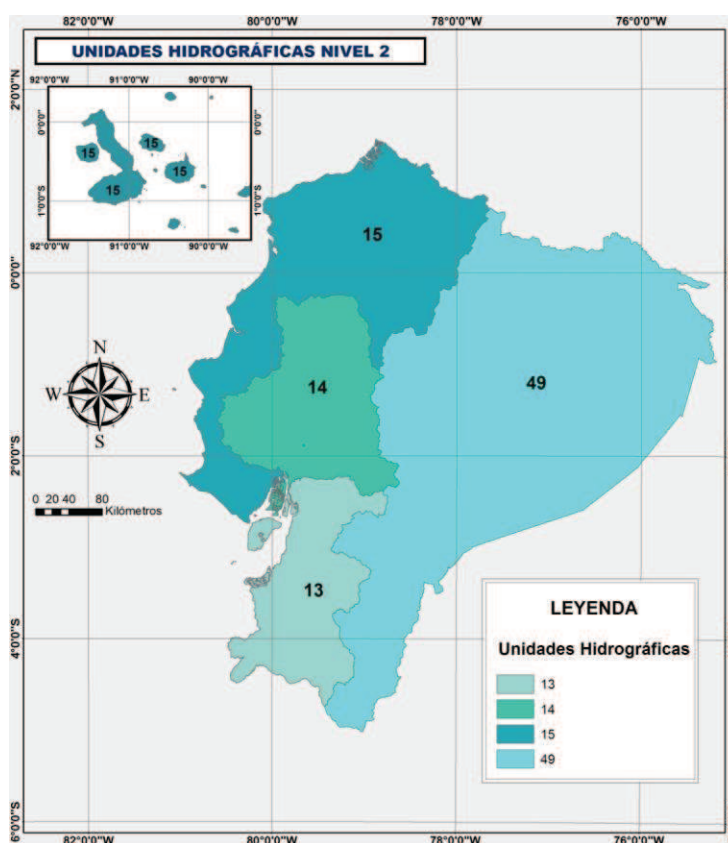
En este nivel el país cuenta con 4 unidades hidrográficas. En la Tabla 6.3 se muestra los códigos, también el área, la región hidrográfica a la que pertenecen y el porcentaje de área de cada una, y en la Figura 6.3 se incluye un mapa con las unidades referidas.

**Tabla 6.3 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 2**

CODIGO U.H	NOMBRE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DEL ÁREA DEL PAÍS
13	Unidad Hidrográfica 13	27125	10.6%
14	Cuenca del Río Guayas	32891	12.8%
15	Unidad Hidrográfica 15	64546	25.2%
49	Unidad Hidrográfica 49	131806	51.4%
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>256370</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: (SENAGUA, 2009)

**Figura 6.2 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 2**



Fuente: SENAGUA (2009)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### Nivel 3

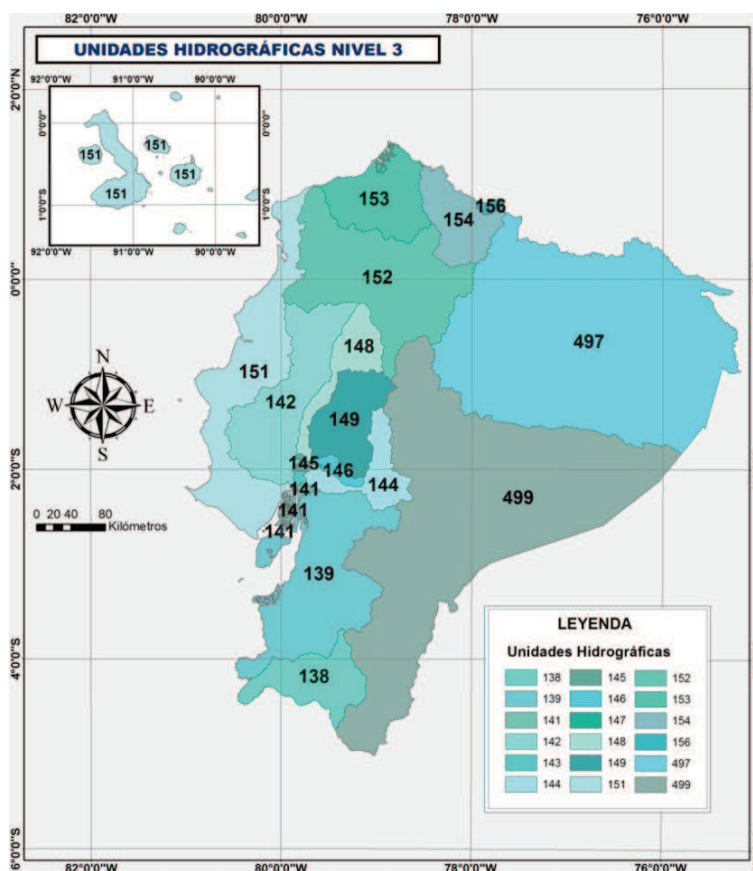
En el Nivel 3 el país cuenta con 18 unidades hidrográficas. En la Tabla 6.4 se muestra los códigos y la distribución de las unidades, así como también el área y el porcentaje de cada una de las mismas, además en la Figura 6.3 se muestra un mapa con las unidades con su respectivo código.

**Tabla 6.4 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3**

CODIGO U.H	NOMBRE	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE DEL ÁREA DEL PAÍS
138	Cuenca del Río Catamayo-Chira	7215	2.8%
139	Unidad Hidrográfica 139	19910	7.8%
141	Unidad Hidrográfica 141	748	0.3%
142	Cuenca del Río Daule	13528	5.3%
143	Unidad Hidrográfica 143	196	0.1%
144	Cuenca del Río Chimbo	4816	1.9%
145	Unidad Hidrográfica 145	334	0.1%
146	Cuenca del Río Juján	891	0.3%
147	Unidad Hidrográfica 147	2.3	0.0%
148	Cuenca del Río Vinces	4964	1.9%
149	Unidad Hidrográfica 149	7408	2.9%
151	Unidad Hidrográfica 151	27244	10.6%
152	Cuenca del Río Esmeraldas	21640	8.4%
153	Unidad Hidrográfica 153	8787	3.4%
154	Unidad Hidrográfica 154	6507	2.5%
156	Unidad Hidrográfica 156	366	0.1%
497	Unidad Hidrográfica 497	65205	25.4%
499	Unidad Hidrográfica 499	66600	26.0%
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>256370</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: (SENAGUA, 2009)

**Figura 6.3 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 3**



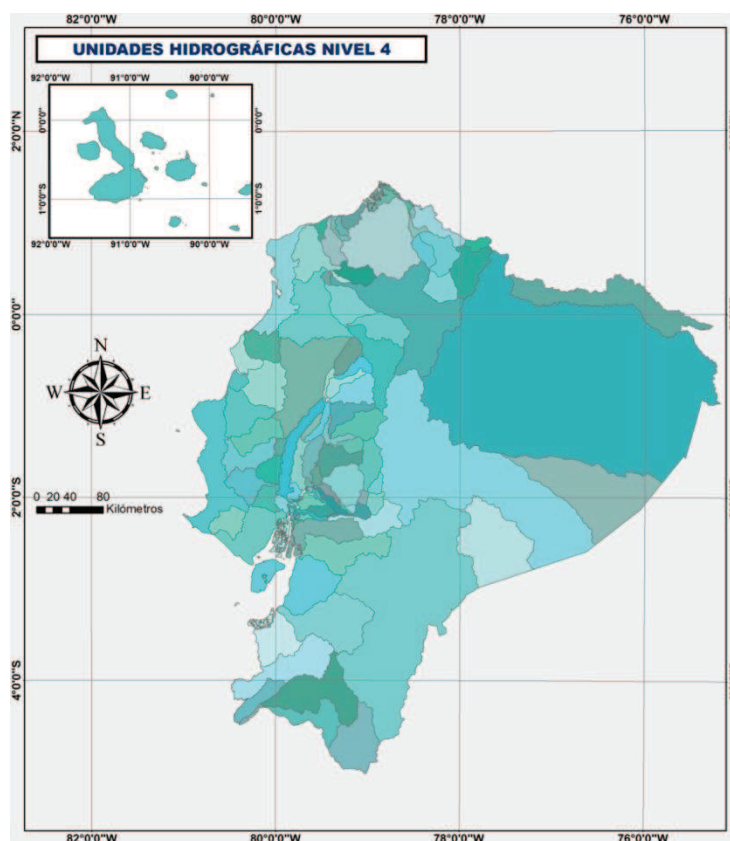
Fuente: SENAGUA (2009)

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## Nivel 4

En este nivel el Ecuador cuenta con 123 unidades hidrográficas, de las cuales 117 pertenecen a la región hidrográfica 1, mientras que 6 a la región hidrográfica 4. En la Figura 6.4 se incluye un mapa con las unidades hidrográficas.

**Figura 6.4 Unidades Hidrográficas del Ecuador del Nivel 4**

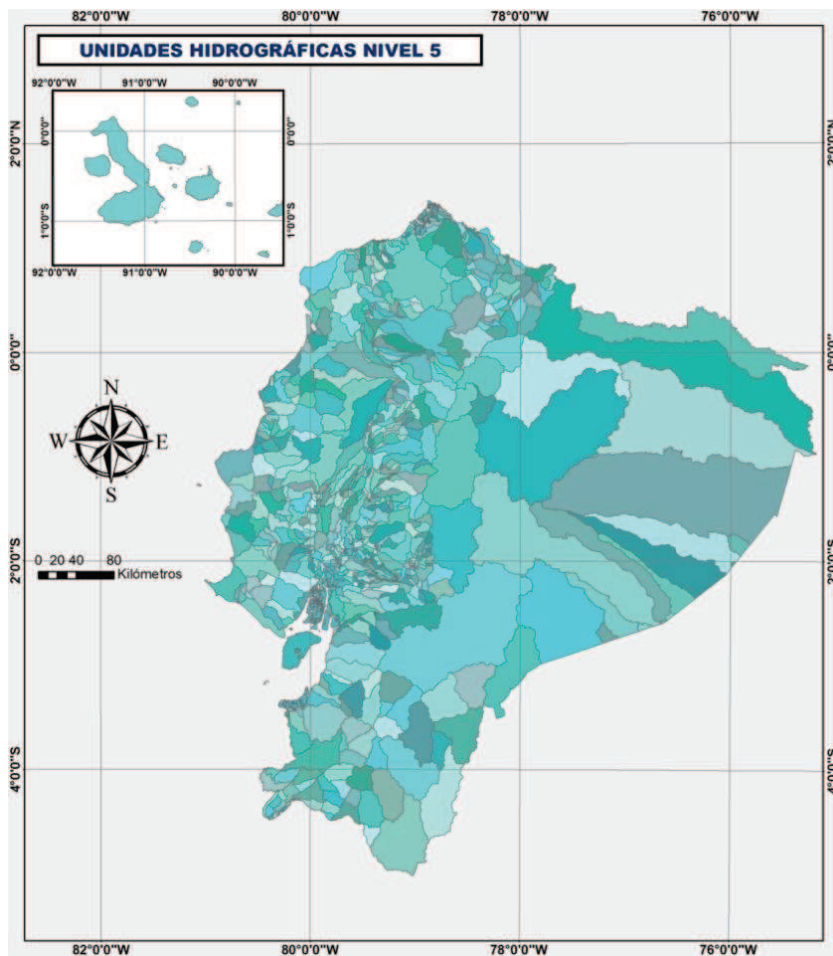


Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## Nivel 5

En este nivel el Ecuador cuenta con 734 unidades hidrográficas, de las cuales 711 pertenecen a la región hidrográfica 1, mientras que 23 a la región hidrográfica 4. En la Imagen 6.5 se incluye un mapa con las unidades, no se trabajó en este nivel por la gran cantidad de unidades hidrográficas que abarca el mismo.

**Figura 6.5 Unidades hidrográficas del Ecuador del Nivel 5**



Fuente: SENAGUA (2009)  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En el Anexo Digital en el CD2 se incluyen las tablas con el área de las unidades hidrográficas para todos los niveles de la Metodología Pfafstetter.

## 6.2. DIVISIÓN DEL ECUADOR PARA EL ANÁLISIS

Como se explicó anteriormente el “Manual Hidrológico de las unidades hidrográficas del Ecuador” está constituido con la información de tres proyectos, para el desarrollo de estos se dividió al país en tres zonas de estudio. La Tabla



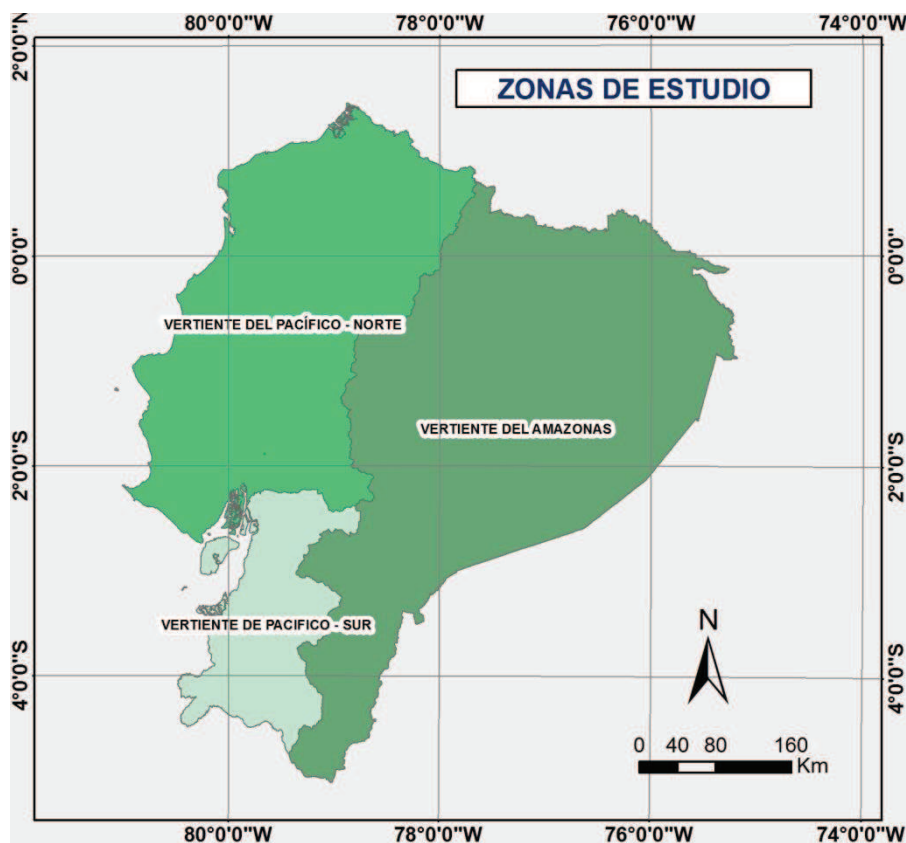
6.5 incluye las zonas y los proyectos que analizaron dichas zonas, en la Figura 6.6 se presenta un mapa con las tres zonas de estudio.

**Tabla 6.5 Zonas de análisis del Ecuador**

ZONA	UNIDADES HIDROGRAFICAS NIVEL 2	PROYECTO QUE ESTUDIÓ LA ZONA
Vertiente del Pacífico Norte	14 – 15	Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de la Vertiente del Pacífico-Norte.
Vertiente del Pacífico Sur	13	Manual Hidrológico para el Manejo de las Cuencas del Sur de la Costa Ecuatoriana.
Vertiente del Amazonas	49	Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de las Vertientes del Amazonas.

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 6.6 Zonas de análisis del Ecuador**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 6.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO - GEOGRÁFICA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS

La caracterización físico geográfica se realizó para las unidades hidrográficas correspondientes al Nivel 3 y 4 de la metodológica Pfafstetter. Para la caracterización se consideraron las siguientes características físicas:

- Área de drenaje (A);
- Perímetro (P);
- Densidad de drenaje (Dd);
- Factor de forma (Kf);
- Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc);
- Longitud de cauce principal (Lcp);
- Pendiente media de la cuenca (Sc), y;
- Pendiente media ponderada del cauce principal (Sm).

Las características físicas de las unidades hidrográficas del Nivel 3 se presentan en la Tabla 6.6. El análisis de las unidades hidrográficas consta en el Anexo Digital en el CD2 del presente proyecto.

También se presentan los perfiles de los cauces principales de las unidades hidrográficas del Nivel 3 y 4, la Figura 6.7 muestra un ejemplo del formato en el que se presentan los perfiles, esta información se incluye en el Anexo Digital en el CD2.

**Tabla 6.6 Características físicas de las unidades hidrográficas del Nivel 3**

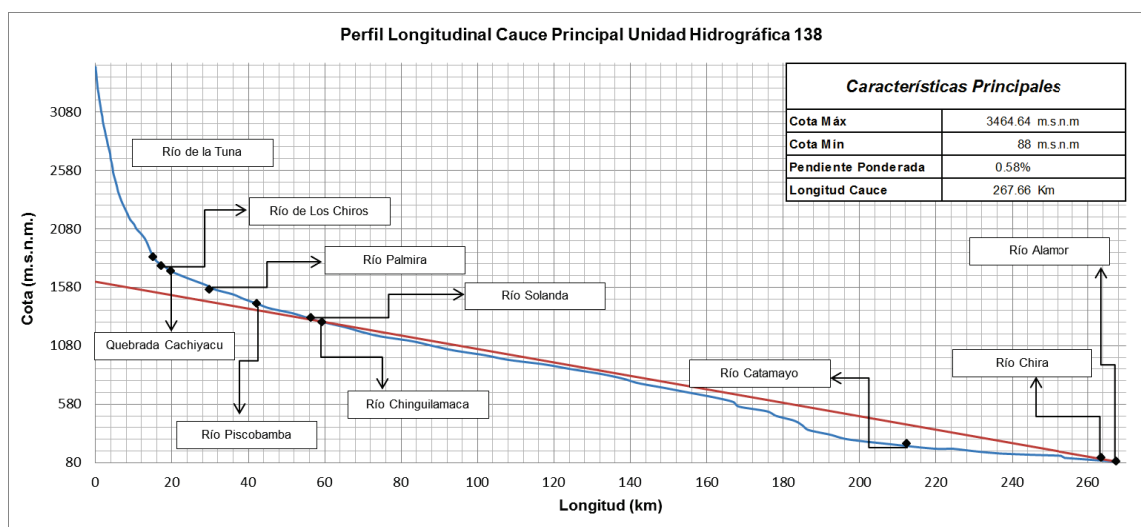
U.H.	COTA MAXIMA (ms.n.m.)	COTA MINIMA (ms.n.m.)	A (km <sup>2</sup> )	P(km)	Lcp (km)	Kc	Kf	Dd (km/km <sup>2</sup> )	Sc (%)	Sm (%)
138	3880	120	7219.9	606.05	265.35	2.00	0.10	1.76	47.1	1.23
139	4520	10	18756.45	1211.4	178.60	2.48	0.59	1.42	32.9	0.58
141	-	-	748.6	305.8	-	3.2	-	0.4	0.0	-
142	100	800	13539.6	808.7	396.0	2.0	0.1	0.6	15.1	0.04
143	-	-	196.7	74.4	30.2	1.5	0.2	0.3	0.01	-
144	100	5100	4820.3	572.8	210.0	2.3	0.1	0.5	31.6	1.14
145	100	200	334.4	135.7	29.3	2.1	0.4	0.4	0.3	-
146	100	2400	892.4	175.7	82.7	1.7	0.1	0.5	2.4	0.17
148	100	4000	4968.9	571.7	322.1	2.3	0.0	0.6	18.4	0.08
149	100	4500	7415.2	464.3	211.1	1.5	0.2	0.6	22.8	0.33
151	100	800	19034.7	1652.2	133.2	3.4	1.1	0.5	18.1	0.12
152	100	5800	21658.4	1041.2	373.5	2.0	0.2	0.6	27.5	0.57
153	100	3400	8795.1	1057.8	169.1	3.2	0.3	0.5	17.2	0.52
154	200	4800	6513.1	484.8	207.7	1.7	0.2	0.5	36.5	1.17
156	2900	4600	367.2	103.2	37.7	1.5	0.3	0.6	17.0	1.69
497	4780	170	65260.8	1495.7	529.5	1.64	0.58	0.95	18.93	0.22
499	2540	195	66656.6	1985.2	551.2	2.15	1.42	1.41	19.24	0.40

\* La Unidad Hidrográfica 147 no se caracterizó por tener apenas un área de 2.32 km<sup>2</sup>

Unidades hidrográficas sin información topográfica

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

**Figura 6.7 Perfil longitudinal del cauce principal de la U.H. 138**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## 6.4. USO DE SUELO

El análisis del uso del suelo se realizó con información proporcionada por el MAGAP, esta información fue elaborada en el año 2002 por este ministerio. En esta se maneja coberturas de suelos y estas se asocian a los usos de los mismos tal como se muestra en la Tabla 6.7.

**Tabla 6.7 Uso del suelo a nivel nacional**

COBERTURA	USO
AGROPECUARIAS	AGRÍCOLA
	AGRÍCOLA - CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN
	AGROPECUARIO FORESTAL
	AGROPECUARIO MIXTO
	CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN
	PECUARIO
	PECUARIO - CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN
ANTRÓPICOS	ANTRÓPICO
ASOCIACIÓN AGROPECURIA	AGRÍCOLA - CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN
	CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN
	PECUARIO - CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN
BOSQUES (TIERRA FORESTAL)	AGROPECUARIO FORESTAL
	CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN
	FORESTAL
CUERPOS DE AGUA	CUERPO DE AGUA
ERIALES (OTRAS ÁREAS)	TIERRAS IMPRODUCTIVAS
VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	AGROPECUARIO FORESTAL
	CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN

Fuente: MAGAP, 2002

Las áreas que corresponden a cada cobertura del suelo para el Ecuador se encuentran en la Tabla 6.8. Las mayores áreas son para cobertura agropecuaria y bosques, con 34.8% y 47.9% respectivamente, por lo que los mayores usos de suelo en el país corresponden a: agropecuario forestal, conservación, protección y uso forestal. La Figura 6.8 contiene un mapa del uso de suelo a nivel nacional.

**Tabla 6.8 Uso del suelo para el Ecuador**

USO DEL SUELO	AREA (km <sup>2</sup> )	%
AGROPECUARIAS	83318.1	34.8%
ANTRÓPICOS	2063.3	0.9%
ASOCIACIÓN AGROPECUARIA	3016.1	1.3%
BOSQUES (TIERRAS FORESTALES)	114767.1	47.9%
CUERPOS DE AGUA	6429.9	2.7%
ERIALES (OTRAS ÁREAS)	3265.0	1.4%
VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	26566.1	11.1%
<b>TOTAL</b>	<b>239425.6</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: MAGAP, 2002

**Figura 6.8 Uso del suelo en el Ecuador**



Fuente: MAGAP, 2002

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## 6.5. TIPO DE SUELO

El tipo de suelo tiene efectos sobre la escorrentía, lo que a su vez influencia en el comportamiento de la cuenca relacionándose directamente con el balance hídrico de la misma. La SCS (Soil Conservation Service) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en el año de 1971, propone un método para la clasificación de los suelos (SCS, 1982).

**Tabla 6.9 Características de los Grupos Hidrológicos de los Suelos**

GHS	CLASE TEXTURAL	TASA DE INFILTRACIÓN (mm/hora)	PROFUNDIDAD EFECTIVA cm/denominación	DRENAJE DE LOS SUELOS	MOVIMIENTO DEL AGUA EN LOS SUELOS	
A	Arenoso	12	160	Muy profundos	Muy excesivamente drenados	Muy rápido
	Areno franco	11	145		Excesivamente drenados	
	Franco arenoso	10	130		Algo excesivamente drenados	Rápido
B	Franco	9	115	Profundos	Moderadamente bien drenados	Moderado
	Franco limoso	8	100	Moderadamente profundos		
	Limoso	7	85			
C	Franco arcillo arenoso	6	70	Superficiales	Moderadamente bien drenados	Moderado
	Franco arcilloso	5	55		Imperfectamente drenados	
	Franco arcillo limoso	4	40			Lento
D	Arcillo arenoso	3	25	Muy superficiales	Escasamente drenados	Muy lento
	Arcillo limoso	2	10	Extremadamente superficiales		
	Arcilloso	1	0			

Fuente: (SCS, 1982)

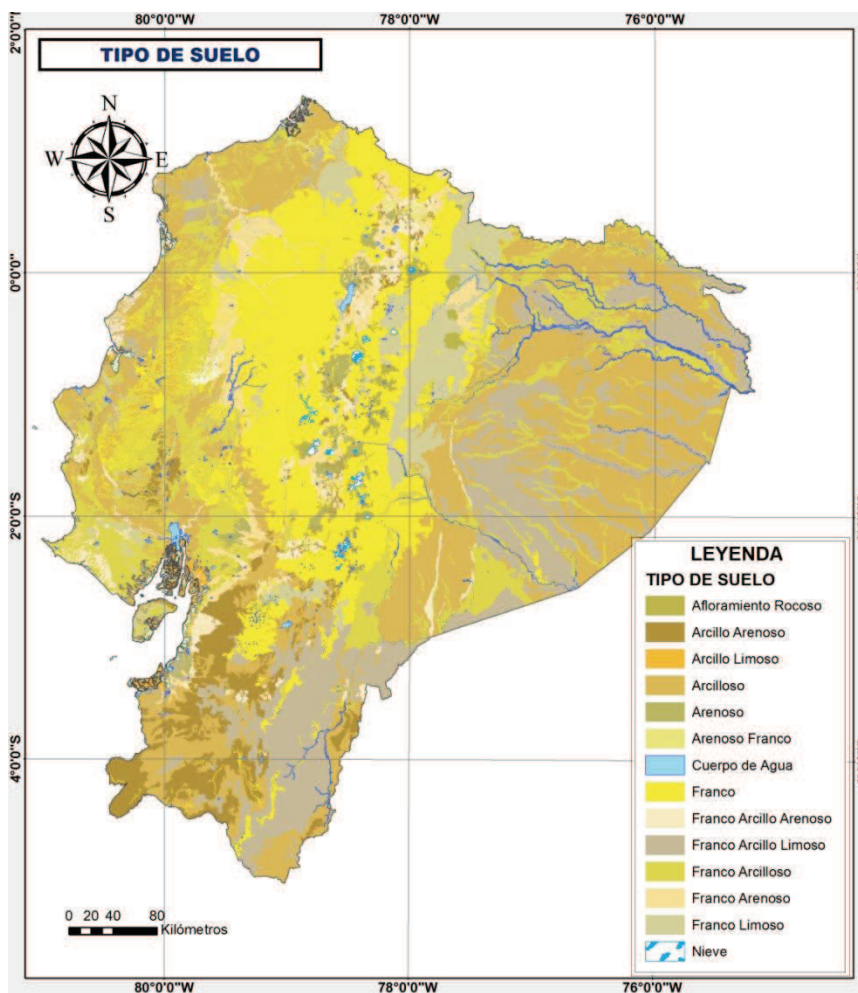
El método clasifica a los suelos en cuatro grupos hidrológicos, en función de la textura, profundidad y drenaje. Los cuatro grupos hidrológicos son los siguientes:

- GRUPO A: Suelos con bajo potencial de escorrentía
- GRUPO B: Suelos con moderado potencial de escorrentía
- GRUPO C: Suelos con moderadamente alto potencial de escorrentía
- GRUPO D: Suelos con alto potencial de escorrentía

Las diferentes clases texturales se clasifican en cuatro grupos, a cada Grupo Hidrológico se le asocia el tipo de movimiento de agua, tal como se aprecia en la Tabla 6.9.

La Tabla 6.10 presenta las áreas para las diferentes clases texturales de suelos para todo el Ecuador, se excluye de este análisis a las Islas Galápagos por falta de información. La Figura 6.9 contiene el mapa de los diferentes tipos de suelo a nivel nacional.

**Figura 6.9 Tipo de Suelo en el Ecuador**



Fuente: MAGAP, 2002  
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Tabla 6.10 Tipo textural del suelo a nivel nacional**

G.H.	TEXTURA DEL SUELO	AREA (km <sup>2</sup> )	%
A	Arenoso	80794.9	32.7%
	Arenoso franco	4204.3	1.7%
	Franco arenoso	8216.5	3.3%
B	Franco	36987.3	14.9%
	Franco limoso	6606.0	2.7%
	Limoso	17.4	0.0%
C	Franco arcillo arenoso	4132.1	1.7%
	Franco arcilloso	20540.3	8.3%
	Franco arcillo limoso	39596.7	16.0%
D	Arcillo arenoso	11777.7	4.8%
	Arcillo limoso	1410.8	0.6%
	Arcilloso	27174.6	11.0%
E	No aplica	5966.7	2.4%
<b>TOTAL</b>		<b>247425.2</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: MAGAP, 2002

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## 6.6. ANÁLISIS CLIMÁTICO

El análisis climático se realizó para las principales variables climáticas: precipitación, temperatura y evaporación.

### 6.6.1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

El análisis climático se realizó con información meteorológica proporcionada por el INAMHI, el análisis climático se realizó para el período 1981-2010. El período de 30 años fue tomado siguiendo las recomendaciones de la OMM.

El análisis climático se realizó considerando las siguientes variables climáticas:

- Precipitación mensual;
- Temperatura media mensual, y;
- Evaporación mensual.



Las estaciones meteorológicas fueron clasificadas en tres tipos dependiendo de la disponibilidad de la información, de la siguiente manera:

- Clase A: período con más de 20 años de información.
- Clase B: período con información entre 20 y 10 años.
- Clase C: período con menos de 10 años de información.

Tomando en cuenta esta clasificación y las tres variables climáticas analizadas, la Tabla 6.11 incluye un resumen de la cantidad de estaciones y la clasificación de las mismas de acuerdo al tipo, en función de la disponibilidad de la información.

**Tabla 6.11 Estaciones meteorológicas a nivel nacional**

VARIABLE METEOROLOGICA	ESTACIONES METEOROLOGICAS							
	Cantidad			%			TOTAL	%
	A	B	C	A	B	C		
Precipitación	199	85	134	47.6%	20.3%	32.1%	<b>418</b>	<b>100.0%</b>
Temperatura media	61	36	89	32.8%	19.4%	47.8%	<b>186</b>	<b>100.0%</b>
Evaporación	23	26	64	20.4%	23.0%	56.6%	<b>113</b>	<b>100.0%</b>

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

Es notorio de la Tabla 6.12 que las estaciones meteorológicas que registran la precipitación son más abundantes, respecto a las estaciones que registran las otras variables. Es evidente también que las estaciones con registros de datos mayores a 20 años, es decir, estaciones clase A representan porcentajes inferiores al 50% respecto al total. Además la variable evaporación es la que dispone de menor información.

La series de datos presentan vacíos ya sean estos por errores en el registro o por no haber sido registrados, por lo que se realizó el relleno de los vacíos de la información con el método correlación – regresión, aplicado para estaciones vecinas.

**Tabla 6.12 Estaciones meteorológicas por U.H. del Nivel 3 del Ecuador**

U.H. NIVEL 2	U.H NIVEL 3	ESTACION CLASE A			ESTACION CLASE B			ESTACION CLASE C		
		VARIABLE CLIMATICA			VARIABLE CLIMATICA			VARIABLE CLIMATICA		
		hp	T	EVP	hp	T	EVP	hp	T	EVP
Unidad Hidrográfica 13	138	14	6	0	12	3	3	14	9	11
	139	18	7	1	5	3	4	69	28	23
Unidad Hidrográfica 14 Cuenca del Río Guayas	141	-	-	-	1	1	1	1	1	-
	142	8	3	1	8	1	1	10	6	2
	144	13	4	1	4	2	1	3	2	3
	145	-	-	-	1	-	-	1	2	-
	148	6	3	0	2	2	3	4	2	-
	149	12	4	2	4	-	1	7	1	2
Unidad Hidrográfica 15	151	23	7	2	17	4	3	7	11	8
	152	31	6	4	5	3	3	4	6	2
	153	-	-	-	2	2	1	-	1	-
	154	18	6	4	6	2	2	-	4	2
	156	1	-	-	1	-	-	1	2	1
Unidad Hidrográfica 49	497	8	1	1	7	4	-	5	3	3
	499	47	15	7	10	8	3	8	11	7
<b>TOTAL</b>		<b>112</b>	<b>33</b>	<b>14</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>20</b>

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

El relleno de los datos se realizó para estaciones clase A únicamente, exceptuando casos donde por falta de información hizo necesario el relleno de estaciones clase B. Las estaciones clase A de precipitación fueron rellenas sin excepción, en el caso de las series de datos de temperatura se relleno únicamente las estaciones específicas necesarias para la caracterización climática. Las series de evaporación no fueron rellenas debida a la escasa información en torno a esta variable. La Tabla 6.13 presenta la cantidad de series de datos rellenas.

**Tabla 6.13 Series de datos rellenas**

VARIABLE CLIMATICA	TOTAL SERIES DE DATOS	SERIES RELLENADAS	
		CANTIDAD	PORCENTAJE
Precipitación	419	132	31.5%
Temperatura media	186	32	17.2%

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

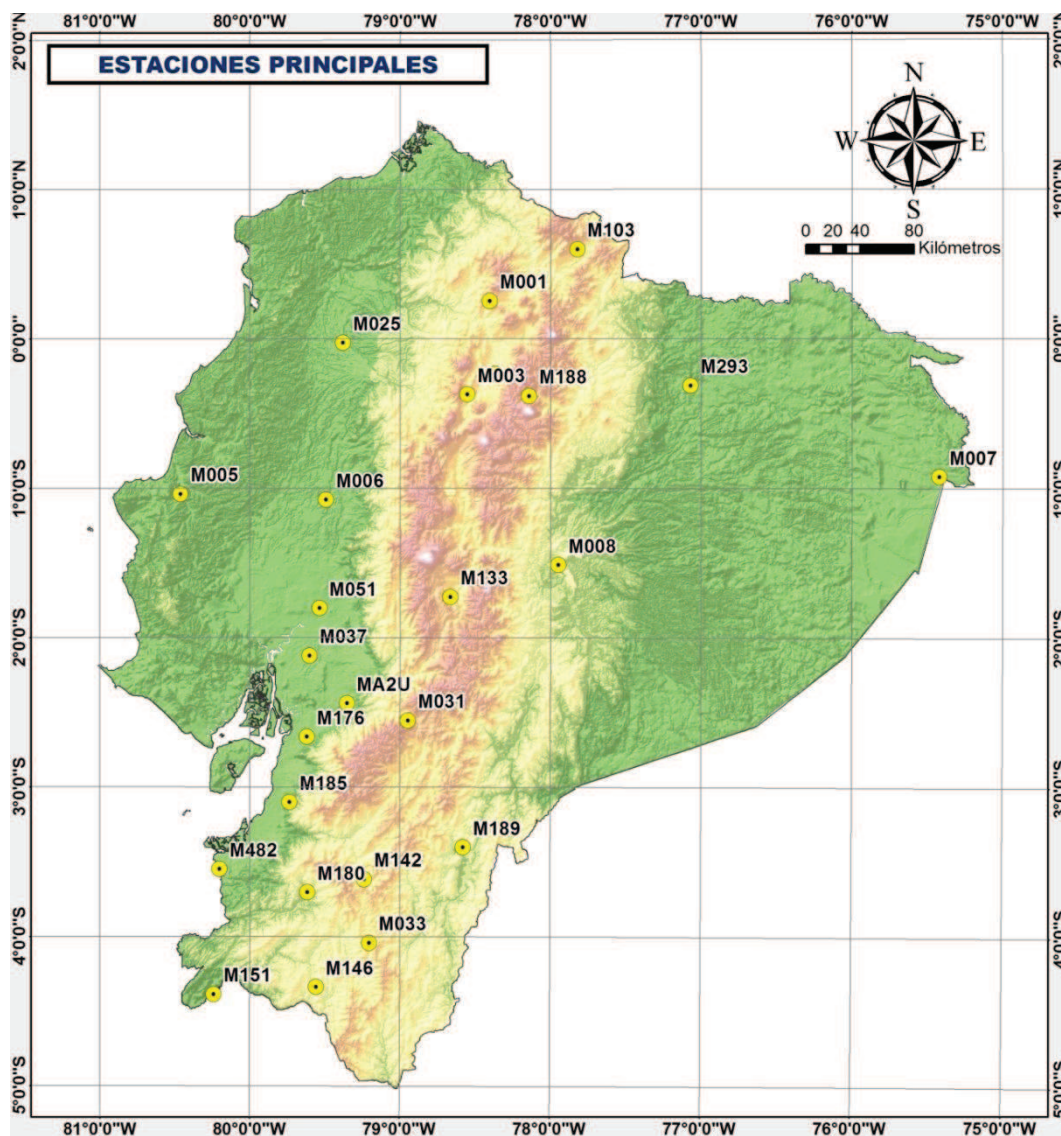
Para evaluar la homogeneidad de la series de datos se utilizó la Curva de Doble Masa, método que permite evaluar gráficamente la homogeneidad de las series de datos rellenadas. La cantidad de series homogéneas de: precipitación es 74.4% y temperatura 100% tal como se muestra en la Tabla 6.14.

**Tabla 6.14 Series de datos homogéneas**

VARIABLE CLIMATICA	SERIES RELLENADAS	SERIES HOMOGÉNEAS	
		Cantidad	(%)
Precipitación	219	163	74.4%
Temperatura media	46	46	100.0%

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

**Figura 6.10 Estaciones principales del Manual Hidrológico del Ecuador**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

### 6.6.2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA. (ESTACIONES PRINCIPALES-TENDENCIAS)

La caracterización climática se realizó con las estaciones presentadas en la Tabla 6.15, estaciones denominadas principales, que representan a cada una de las unidades hidrográficas tal como se muestra en la Figura 6.10. Las estaciones principales consideradas corresponden principalmente a la clase A, y para estas se realizó el relleno y la validación de datos.

**Tabla 6.15 Estaciones principales a nivel nacional**

U.H.	CODIGO	NOMBRE DE LA ESTACION
UNIDAD HIDROGRÁFICA 13	M031	CAÑAR
	M142	SARAGURO
	M146	CARIAMANGA
	M151	ZAPOTILLO
	M176	NARANJAL
	M180	ZARUMA
	M185	MACHALA-UTM - PAGUA
	M482	CHACRAS
UNIDAD HIDROGRÁFICA 14-CUENCA DEL RÍO GUAYAS	MA2U	INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)
	M006	PICHILINGUE
	M037	MILAGRO(INGENIO VALDEZ)
UNIDAD HIDROGRÁFICA 15	M051	BABAHOYO-UTB
	M002	LA TOLA
	M003	IZOBAMBA
	M005	PORTOVIEJO-UTM
	M025	LA CONCORDIA
	M001	INGUINCHO
UNIDAD HIDROGRÁFICA 49	M103	SAN GABRIEL
	M007	NUEVO ROCAFUERTE
	M188	PAPALLACTA
	M293	PALMORIENTE-HUASHITO (PALMAR DEL RIO)
	M008	PUYO
	M033	LA ARGELIA-LOJA
	M133	GUASLAN
M189	GUALAQUIZA INAMHI	

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

La caracterización climática incluye gráficos de la temperatura media anual y precipitación anual para el período de 1981-2010, para las estaciones principales

seleccionadas. En la Tabla 6.16 se presenta las tendencias de las estaciones principales para el período en estudio.

**Tabla 6.16 Tendencias de las estaciones principales a nivel nacional**

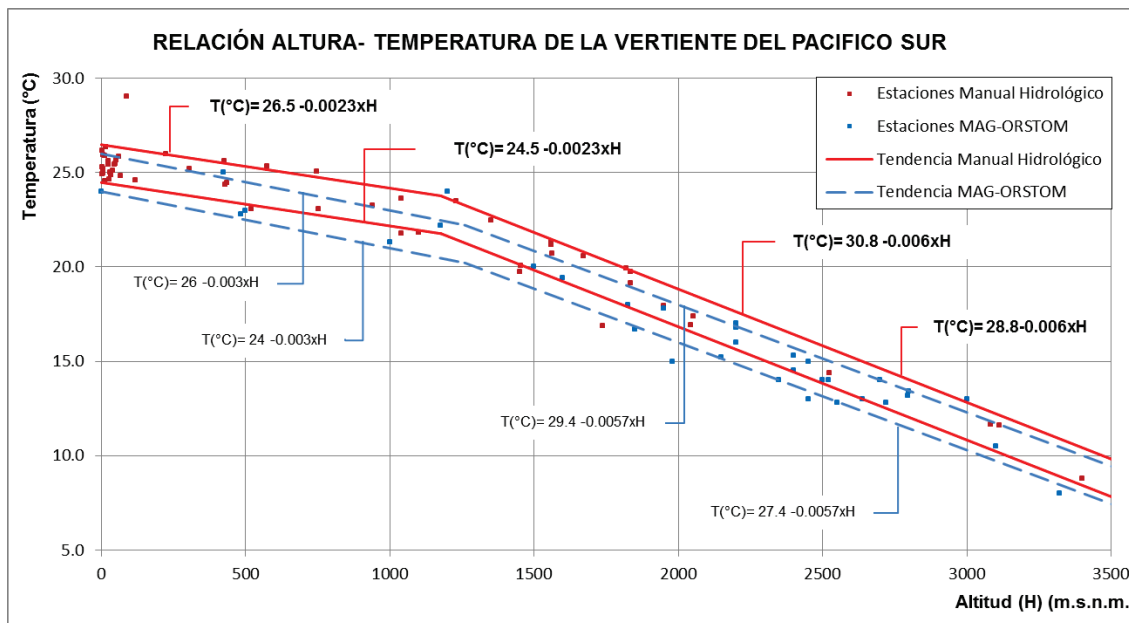
U.H.	CÓDIGO	REGIÓN	PRECIPITACIÓN		TEMPERATURA	
			VARIACIÓN (mm)	TENDENCIA	VARIACIÓN (°C)	TENDENCIA
13	M031	SIERRA	104.3	CRECIENTE	1.2	CRECIENTE
	M142	SIERRA	47.9	DECRECIENTE	2.3	CRECIENTE
	M146	SIERRA	320.8	CRECIENTE	0.0	DECRECIENTE
	M180	SIERRA	238.9	CRECIENTE	0.1	CRECIENTE
	M151	COSTA	110.9	CRECIENTE	0.3	DECRECIENTE
	M176	COSTA	47.2	CRECIENTE	0.0	CRECIENTE
	M185	COSTA	5.0	CRECIENTE	0.2	DECRECIENTE
	M482	COSTA	14.0	DECRECIENTE	0.1	DECRECIENTE
14	MA2U	COSTA	661.0	DECRECIENTE	0.1	CRECIENTE
	M006	COSTA	366.2	DECRECIENTE	0.0	CRECIENTE
	M037	COSTA	195.2	DECRECIENTE	0.0	DECRECIENTE
15	M051	COSTA	609.6	DECRECIENTE	0.2	CRECIENTE
	M002	SIERRA	14.7	CRECIENTE	0.1	DECRECIENTE
	M003	SIERRA	162.2	CRECIENTE	0.5	CRECIENTE
	M001	SIERRA	233.0	DECRECIENTE	0.4	CRECIENTE
	M103	SIERRA	107.9	CRECIENTE	0.7	CRECIENTE
	M005	COSTA	12.7	CRECIENTE	0.2	CRECIENTE
49	M025	COSTA	551.4	DECRECIENTE	0.2	CRECIENTE
	M033	SIERRA	3.7	CRECIENTE	0.5	CRECIENTE
	M133	SIERRA	64.5	DECRECIENTE	0.0	CRECIENTE
	M007	AMAZÓNICA	52.1	DECRECIENTE	0.6	CRECIENTE
	M188	AMAZÓNICA	85.1	CRECIENTE	0.6	CRECIENTE
	M293	AMAZÓNICA	0.2	CRECIENTE	0.4	CRECIENTE
	M008	AMAZÓNICA	114.9	CRECIENTE	0.5	CRECIENTE
M189	AMAZÓNICA	6.3	DECRECIENTE	1.1	CRECIENTE	

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

### 6.6.3. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA CON LA ALTITUD

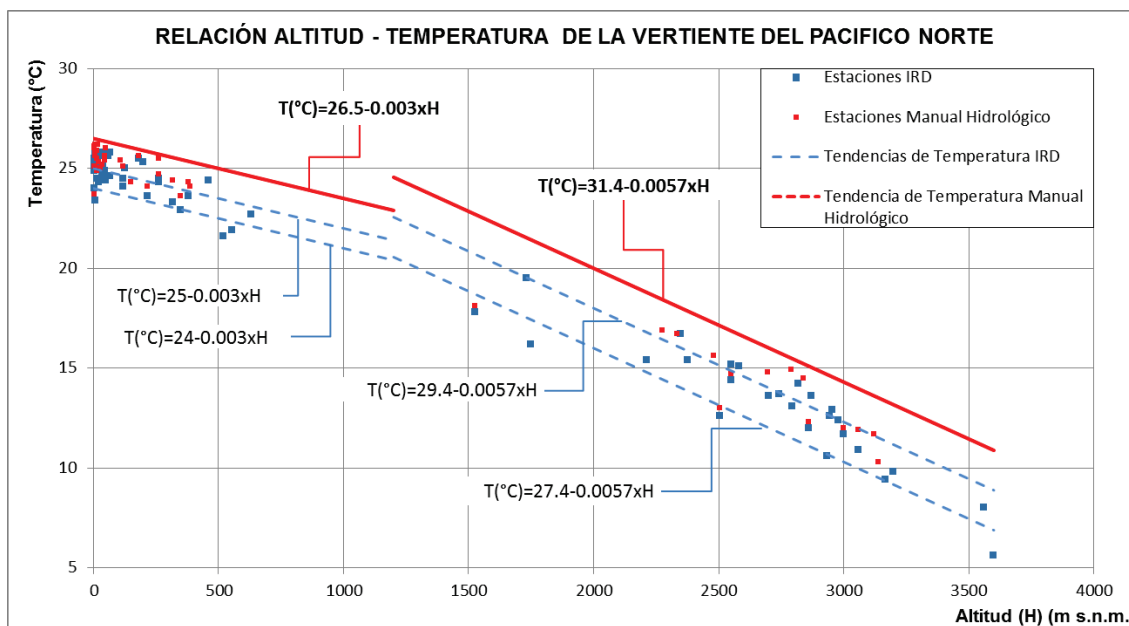
La evaluación de variación de la temperatura se realizó con las estaciones meteorológicas con datos de temperatura, para lo cual se establecieron líneas de tendencia con la finalidad de presentar ecuaciones que representen la variación de la temperatura con la altitud.

**Figura 6.11 Variación de la temperatura con la altitud de la Vertiente del Pacífico Sur**



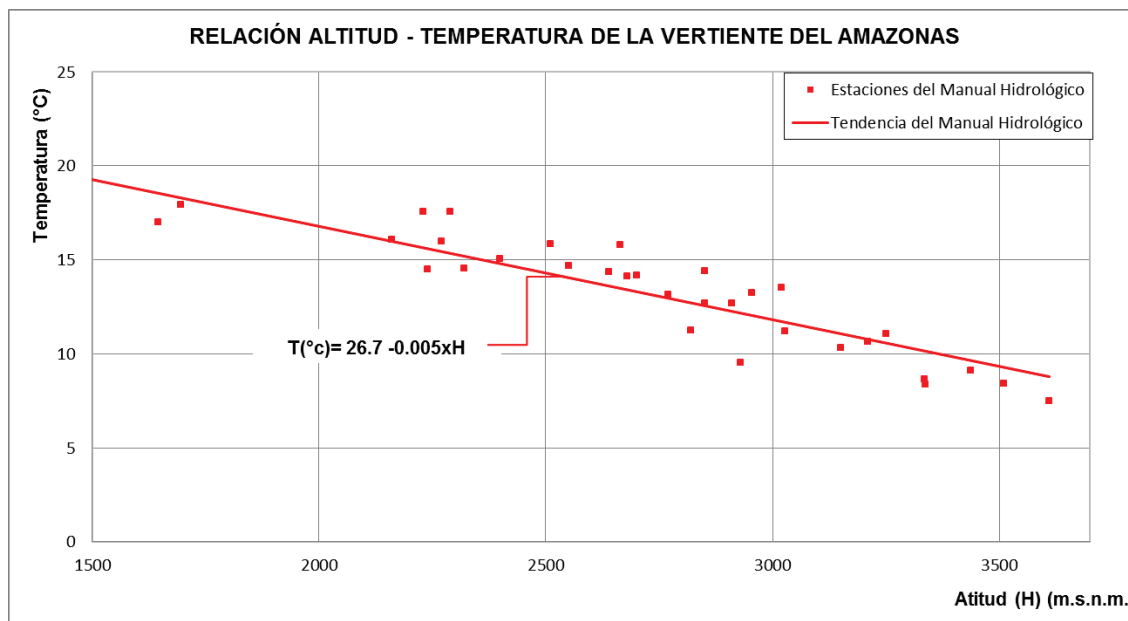
Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

**Figura 6.12 Variación de la temperatura con la altitud de la Vertiente del Pacífico Norte**



Fuente: (Intriago, C. y Sánchez, A., 2013)

**Figura 6.13 Variación de la temperatura de la vertiente del Amazonas**



Fuente: (Rámirez, A. y Rosero, C., 2013)

La variación de la temperatura con la altitud se analizó para tres diferentes zonas:

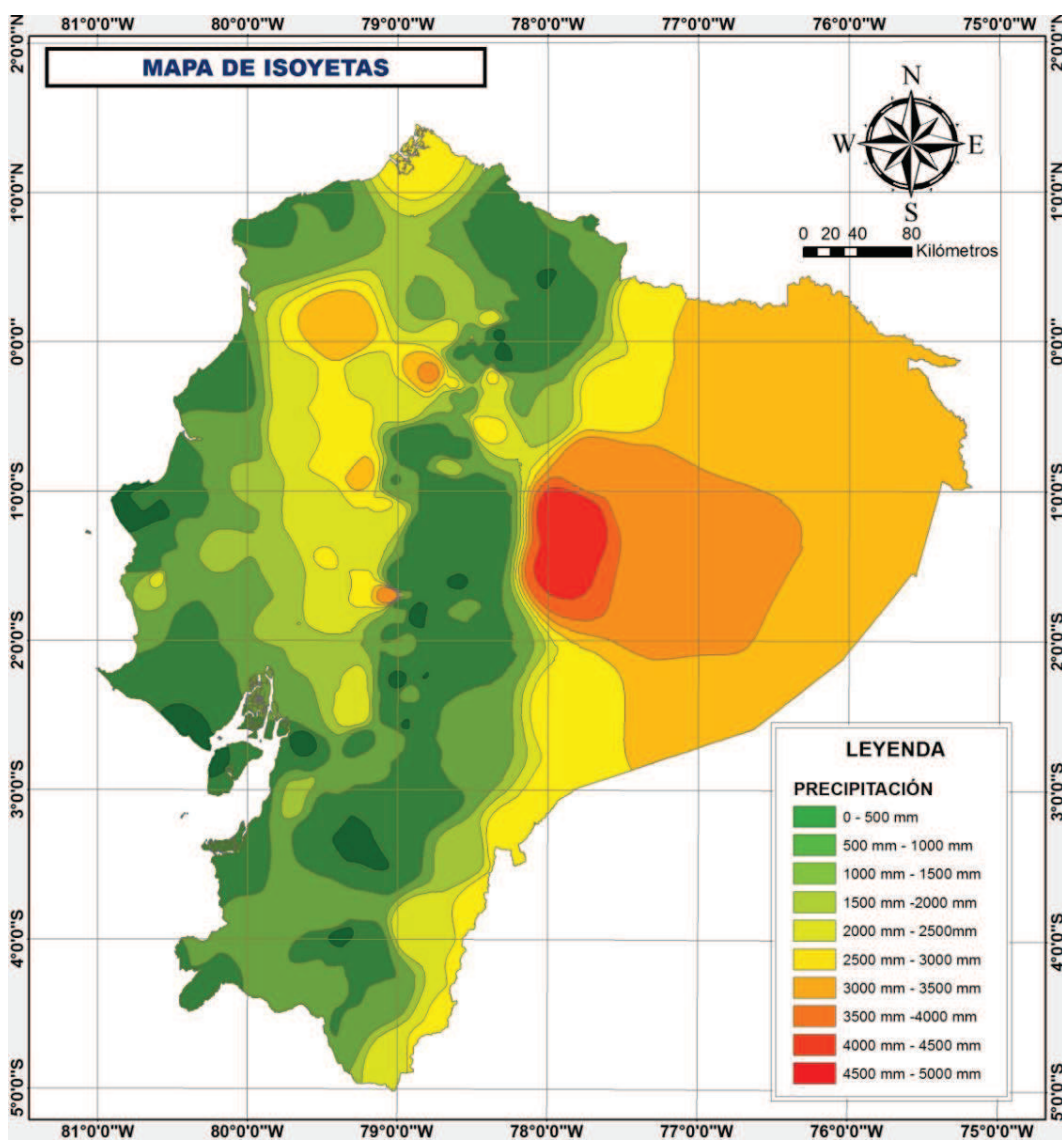
- Unidad hidrográfica 13, la Figura 6.11 representa la variación de la temperatura para la vertiente del Pacífico Sur.
- Unidades hidrográficas 14 y 15, la variación de la temperatura con la altitud de la vertiente del Pacífico Norte representada en la Figura 6.12.
- Unidad hidrográfica 49, la Figura 6.13 representa la variación de la temperatura para la vertiente del Amazonas.

#### 6.6.4. MAPAS TEMÁTICOS

Los mapas de isoyetas e isotermas presentados fueron elaborados con el promedio de los datos anuales provenientes de las series de datos, para el período comprendido entre 1981 y el 2010. Las Figuras 6.14 y 6.15 presentan los mapas de isoyetas e isotermas para el Ecuador respectivamente.

En los mapas de isoyetas el rango de variación de las isolíneas es de 500 mm, mientras que para el mapa de isotermas el rango de variación es de 2°C. Los rangos de variación de las isolíneas se consideró al igual que en (Barros, J. y Troncoso, A., 2010), ya que se tomó los mapas de este estudio como base.

**Figura 6.14 Mapa de isoyetas del Ecuador**

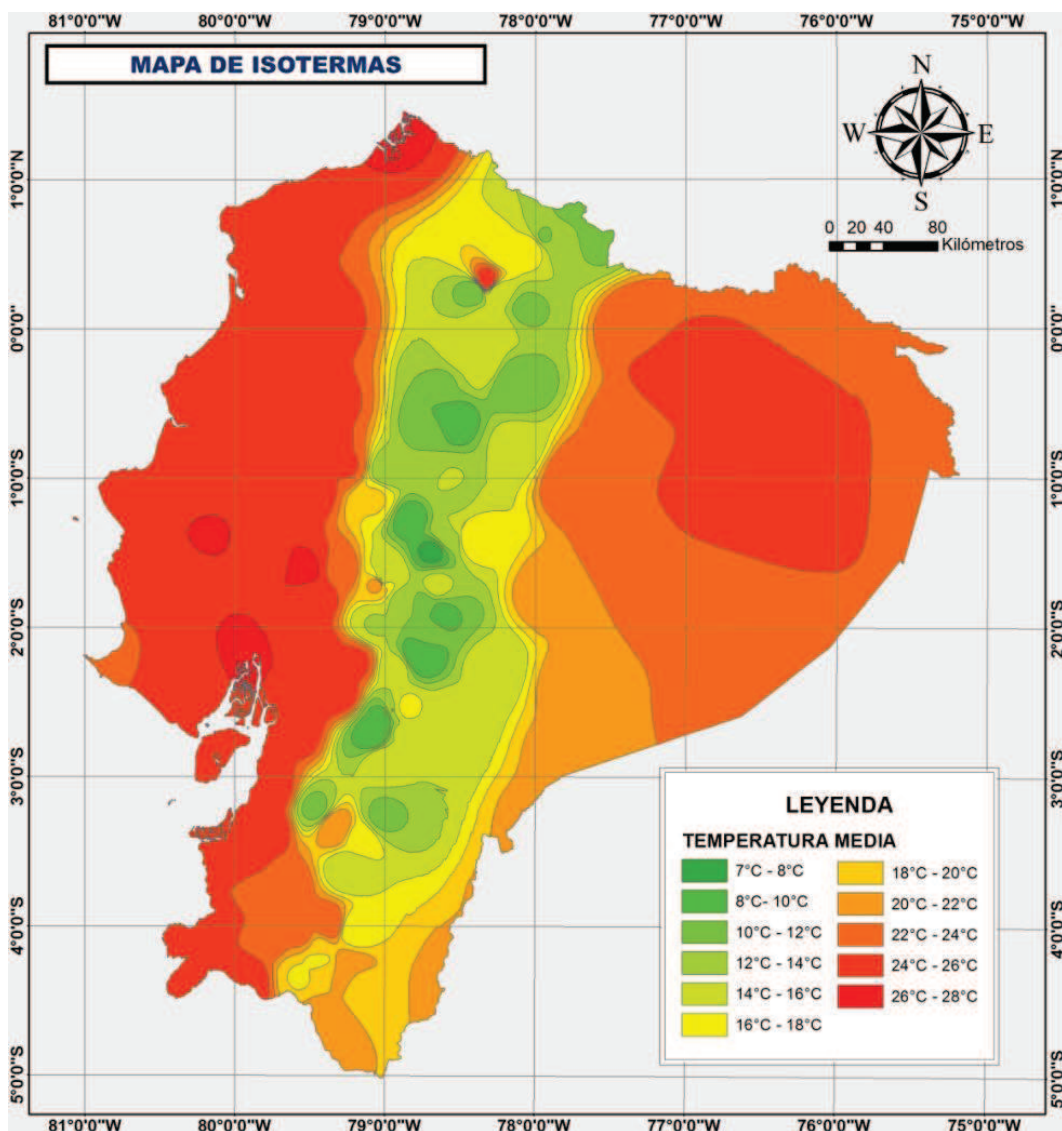


Fuente: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan



Figura 6.15 Mapa de isotermas del Ecuador



Fuente: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Para la elaboración de los mapas la metodología fue la siguiente:

- Primero se analizó las estaciones meteorológicas con series de datos confiables, para en base a estas estaciones elaborar los mapas.
- Se obtuvo el promedio de las series de datos confiables del período 1981-2010, ya sea para precipitación en el caso del mapa de isoyetas o la temperatura para el caso del mapa de isotermas.

- Los valores promedio de las variables climáticas, fueron posicionados con la respectiva ubicación de la estación meteorológica dentro del área continental del Ecuador.
- Se interpolo de los puntos con el fin de obtener las isolíneas de precipitación y temperatura. Aclarando que cada mapa se trabajó por separado.
- El mapa obtenido se comparó con los mapas tomados como base (Barros, J. y Troncoso, A., 2010), en el caso de existir variaciones se analizó las estaciones que provocaban el cambio. Si el cambio podía ser sustentado se aceptó la modificación, caso contrario la estación fue obviada del análisis.
- Se realizó la interpolación nuevamente pero esta vez sin considerar las estaciones obviadas y generando así mapas nuevos. Estos dos últimos pasos se repitieron hasta conseguir mapas que se basen en los de (Barros, J. y Troncoso, A., 2010) pero que a su vez tengan mayor detalle.

#### 6.6.5. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA POR UNIDAD HIDROGRÁFICA

La caracterización climática por unidad hidrográfica se realizó con los mapas de isotermas e isoyetas, utilizando estos para obtener el promedio de la precipitación y temperatura. Se utilizó el método de Turc para la obtención de la evapotranspiración real. En el Anexo Digital en el CD2 se presenta la caracterización climática de las unidades hidrográficas del Nivel 4, de forma similar a la presentada en la Tabla 6.17.

**Tabla 6.17 Caracterización climática por unidad hidrográfica**

UNIDAD HIDROGRAFICA	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PRECIPITACION MEDIA (mm)	EVAPOTRANSPIRACION REAL (mm)
1382	25.0	750.0	609.3

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

## 6.7. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

El análisis hidrológico considera las siguientes características:

- Caudales mínimos, medios y máximos
- Balance Hídrico
- Producción de sedimentos.

### 6.7.1. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

El análisis hidrológico se realizó con información meteorológica proporcionada por el INAMHI, para el análisis climático se trabajó con un período de 30 años (período idéntico al de análisis climático) comprendido entre 1981-2010.

Las estaciones hidrológicas a igual que las meteorológicas se clasificaron en tres tipos dependiendo de la disponibilidad de la información, de la siguiente manera:

- Clase A: período con más de 20 años de información.
- Clase B: período con información entre 20 y 10 años.
- Clase C: período con menos de 10 años de información.

**Tabla 6.18 Clasificación estaciones hidrológicas**

ESTACIONES HIDROLOGICAS	CLASE			TOTAL
	A	B	C	
CANTIDAD	62	59	84	205
PORCENTAJE	30.2%	28.8%	41.0%	100.0%

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

Tomando en cuenta esta clasificación y las tres variables climáticas analizadas, la Tabla 6.18 presenta un resumen de la cantidad de estaciones y la clasificación de las mismas de acuerdo al tipo, en función de la disponibilidad de la información.

En la Tabla 6.19 se presenta la cantidad de estaciones por unidad hidrográfica de Nivel 3, información que se refiere a los datos de caudales medios mensuales. En el Anexo Digital en el CD2 se incluye la lista de estaciones con las que se

trabajó, además del mapa con la ubicación de las mismas, este mapa también se incluye en el Anexo N°1.

**Tabla 6.19 Estaciones hidrológicas por unidad hidrográfica**

U.H. NIVEL 2	U.H. NIVEL 3	ESTACION CLASE		
		BASE ( A )	APOYO( B )	REFERENCIA ( C )
Unidad Hidrográfica 13	138	5	1	4
	139	11	9	16
Unidad Hidrográfica 14	142	3	1	-
	144	5	4	1
	148	3	2	-
	149	3	3	-
Unidad Hidrográfica 15	151	1	3	1
	152	9	9	8
	154	4	5	1
	156	-	1	-
Unidad Hidrográfica 49	497	4	2	15
	499	14	19	38
<b>TOTAL</b>		<b>62</b>	<b>59</b>	<b>84</b>

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

**Tabla 6.20 Series de datos hidrológicos rellenadas**

VARIABLE CLIMATICA	TOTAL SERIES DE DATOS	SERIES RELLENADAS	
		CANTIDAD	PORCENTAJE
Caudal medio mensual	205	71	34.6%

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

El relleno de datos se realizó con el Método Correlación – Regresión, aplicado para estaciones vecinas. Las series de datos de las estaciones hidrológicas rellenadas corresponden en su mayoría a estaciones clase A, salvo excepciones donde fue necesario el relleno de las series de datos con estaciones clase B. La Tabla 6.20 presenta la cantidad de series rellenadas de caudal medio, para las series de datos de caudales máximos y sedimentos no se realizó relleno de datos.

La evaluación de la homogeneidad de los datos se realizó con el método gráfico de la Curva de Doble Masa. La Tabla 6.21 contiene la cantidad de series

homogéneas rellenadas, evidenciándose que el 67.3% de las estaciones son homogéneas.

**Tabla 6.21 Series de datos hidrológicos homogéneos**

VARIABLE CLIMATICA	SERIES RELLENADAS	SERIES HOMOGENEAS	
		Cantidad	PORCENTAJE
Caudal medio mensual	98	66	67.3%

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

La información de las estaciones no homogéneas fue utilizada para completar el análisis, ante la escasa información y la imposibilidad de mejorar las series de datos. En el Anexo Digital en el CD2 se incluye la lista de estaciones y se indica si la serie es homogénea o no homogénea.

#### 6.7.2. ANÁLISIS DE CAUDALES MEDIOS Y MÍNIMOS

Los caudales medios se obtuvieron con el promedio de los valores anuales provenientes de las series de datos del registro de caudales medios anuales, para el período 1981-2010. Esta información se encuentra en el Anexo Digital en el CD2.

Para las estaciones hidrológicas con la información de caudal medio anual clase A, se elaboró las Curvas de Duración General, en la Figura 6.14 se muestra la CDG de la estación H621. Las Curvas de Duración General para las estaciones analizadas están en el Anexo Digital en el CD2 y para su obtención se utilizó la siguiente metodología:

- Se parte con series de datos del período 1981-2010 del caudal medio mensual completa, es decir, series con vacíos rellenados por el método correlación-regresión.
- Los 360 valores de caudales medios mensuales son ordenados decrecientemente.

- La probabilidad de excedencia de cada valor está dado por la Ecuación 6.1.

$$P_{(m)} = 100 \frac{m}{n} \quad (6.1)$$

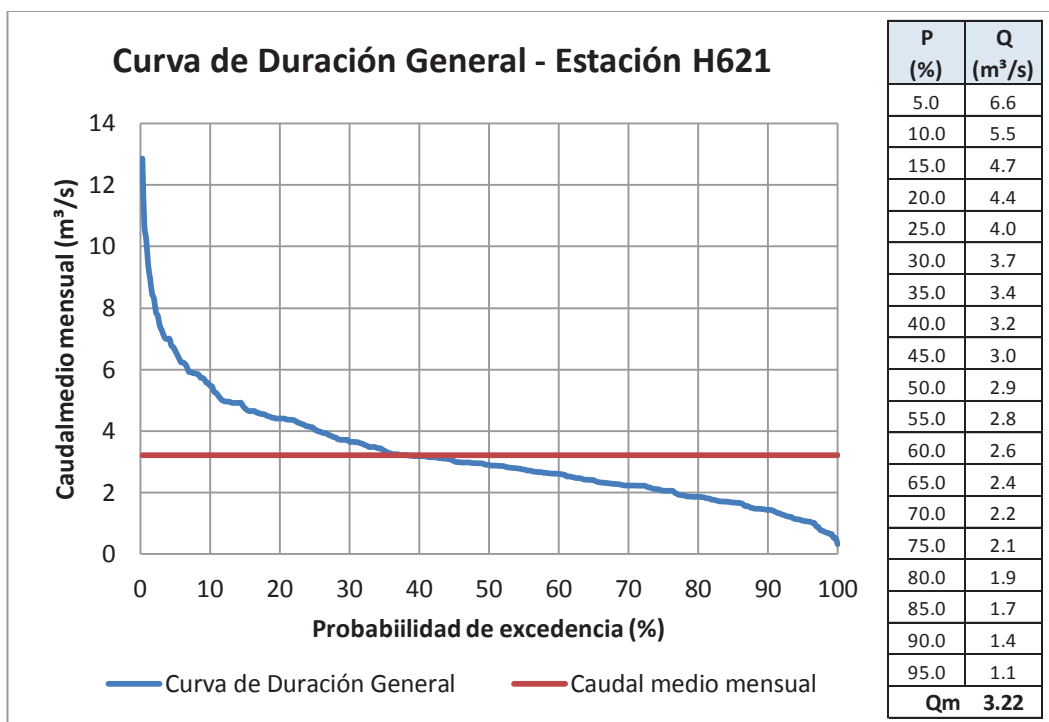
Dónde:

m = número de orden del dato, y;

n = número total de datos.

- Finalmente se grafica en el eje de las ordenadas los valores de los caudales medios mensuales y en el eje de las abscisas su respectiva probabilidad de excedencia, tal como se muestra en la Figura 6.16.

**Figura 6.16 Curva de Duración General de la estación H621**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

Los caudales mínimos son aquellos asociados a un período de ocurrencia entre 70% y 99% (Villacís, O. y Andrade, L., 1986), los resultados de estos caudales se presentan para las probabilidades de ocurrencia de: 70%, 75%, 80%, 85%, 90% y 95%, en la Tabla 6.22.

Tabla 6.22 Caudales mínimos

U.H.	ESTACIÓN	CAUDALES MÍNIMOS (m³/s)					
		70%	75%	80%	85%	90%	95%
138	H616	1.2	1.1	0.9	0.7	0.5	0.3
	H621	2.2	2.1	1.9	1.7	1.4	1.1
	H617	14.7	13.8	10.7	8.6	5.4	2.9
	H627	1.5	1.4	1.2	1.2	0.9	0.6
139	H587	9.2	8.9	7.9	6.3	5.3	4.2
	H591	25.9	22.7	20.6	18.8	17.2	15.2
	H573	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5	0.2
	H574	3.2	3	2.6	2.3	2	1.7
	H529	21.8	19.5	16.7	15.4	12.9	10
	H530	27.9	25.5	22.7	19.8	17.8	13.8
	H625	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0
	H503	1	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3
	H466	0.6	0.5	0.5	0.3	0.2	0.2
	H468	2.2	2.1	1.7	1.5	1.1	0.9
	H471	6.2	5.6	4.9	4	3.1	2.1
H447	4.7	4.5	4	3.5	3	2.1	
142	H 352	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3
	H 359	1.6	1.5	1.3	1.2	0.8	0.6
	H 363	85.5	70.4	61.3	52.5	36.1	25.3
	H 365	97.1	89.8	82.3	60.9	44.8	34.6
144	H 331	1.8	1.6	1.4	1.1	0.9	0.6
	H 333	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
	H337	2.5	2.1	1.8	1.2	0.8	0.3
	H 338	7.5	6.7	5.7	5	4.3	3.5
	H 340	18.9	16.8	14.9	13.5	11.5	8.1
	H 375	2.8	2.5	2.2	1.9	1.5	1.1
	H 385	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8
148	H 326	22.9	19.2	17.3	14.6	10.9	8.8
	H 347	41.1	33.4	27.9	23.2	16.9	9.3
	H 348	47.4	40.6	35	28.4	23.4	17.1
149	H 334	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3
	H 343	6.1	5.6	5	4.2	3.4	2.5
	H 345	30	27.3	24.8	23.5	18.5	8.8
	H 346	25	21.1	18.3	17.1	14	9.6
	H 371	43.3	26.7	13.5	7.7	4.3	1.5
	H 394	2.1	1.8	1.7	1.4	1	0.9
151	H 229	3	2.4	2.1	1.8	1.4	0.9
	H 233	1.8	1.6	1.4	1.2	0.8	0.6
	H 272	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3
	H A2D	3.1	2.7	2.4	2.3	2	1.6

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 6.22							
U.H.	ESTACIÓN	CAUDALES MÍNIMOS (m <sup>3</sup> /s)					
		70%	75%	80%	85%	90%	95%
152	H 138	123.7	111.4	93.6	82.3	68.3	55.8
	H 146	74.4	69.6	65.2	59.9	55.5	47.7
	H 159	2.5	2.3	2.1	1.8	1.5	1
	H 161	20.2	19	17.8	16.8	15.5	14.5
	H 166	9.7	9	8.2	7.6	6.8	6.1
	H 167	47.7	45.3	42	37.1	33.2	28.2
	H 168	418.7	372.4	312.5	261.1	217.6	133.6
	H 170	209.6	195.4	179	168.9	143.7	108.5
	H 172	1.7	1.4	1.3	1.1	1	0.7
	H 173	2.7	2.4	2.1	1.9	1.5	1.1
154	H 011	101.7	90.1	83	78.1	72.7	57.2
	H 013	9.2	7.4	5.8	5	3.6	2.5
	H 015	16.6	14.5	12.4	10	5.9	2
	H 016	6.3	5.8	5.4	5	4.5	3.9
	H 017	6.4	5.8	5.2	4.8	3.9	3
	H 023	3.5	3.2	2.5	1.9	1.7	1.3
	H 024	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
	H 045	1.3	1.2	1	0.9	0.7	0.5
156	H 091	1.2	1.1	1.1	1	0.9	0.7
497	H-718	31.5	28.9	25.7	23.3	20.1	14.7
	H720	12	11	9.8	8.5	7.2	5.4
	H721	189.8	181.8	170.8	157.6	143.6	128.9
	H729	29.1	27.4	24	21	17.7	12.1
	H731	28	25.9	23.2	19.7	16.9	12.2
499	H764	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3
	H781	7.9	7.5	6.8	6.2	5.5	4.3
	H787	4	3.8	3.5	3.1	2.7	2.1
	H788	9.1	8.8	8.4	7.9	6.8	5.9
	H792	4.6	4.2	3.9	3.1	2.8	2.4
	H793	0.6	0.5	0.4	0.4	0.2	0.1
	H826	42	40.4	38.1	33.9	29.8	22.9
	H881	65.7	59.5	53.6	46.1	38.6	29.2
	H884	461.6	444.8	418.9	393.8	359	319.8
	H886	16	15	13.9	13	11.3	9.4
	H889	49.7	45.4	42.2	38.6	36.6	28.6
	H895	8.8	7.5	6.4	5.1	3.4	1.4
	H896	3.6	3.2	2.7	2.3	1.7	0.9
	H897	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2
H907	519.5	493.7	464.5	436.8	404.7	353.9	
H912	63.3	59.9	56	50.4	45.5	40.4	

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.



### 6.7.3. ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

El análisis de caudales máximos se realizó para el período 1961-2010, la ampliación del período de análisis se debe a que los caudales máximos son tratados como eventos independientes. Se realizó el análisis de caudales máximos únicamente para las estaciones con registros de al menos diez años de datos.

Para el análisis de los caudales máximos se utilizó el Método Estadístico – Probabilístico. La metodología utilizada para la obtención de los caudales máximos es la siguiente:

- De la serie de datos de caudales máximos se obtiene los parámetros probabilísticos, el coeficiente de asimetría es el parámetro estadístico que principalmente determina la distribución probabilística a utilizar para el análisis. La Tabla 6.23 muestra el análisis para la estación Malacatus en Malacatus los parámetros estadísticos. En el Anexo Digital en el CD2 están las tablas con el análisis de caudales máximos para las estaciones consideradas.
- Los valores del coeficiente de asimetría asociados a cada tipo de distribución probabilística, son los siguientes (Monsalve, G., 1995):
  - La distribución Normal es aplicable cuando el rango del coeficiente de asimetría varía entre -0.5 y 0.5
  - La distribución Log Normal puede ser adoptada cuando el coeficiente de asimetría de la serie modificada a través de logaritmos naturales es próximo a cero.
  - La distribución Gumbel o de Valores Extremos Tipo I se emplea para coeficientes de asimetría no lejanos de 1.14.
  - La distribución Pearson Tipo III se adapta mejor a cualquier tipo de serie independiente del valor del coeficiente de asimetría.

Para la serie el coeficiente de asimetría es 0.03 por lo que la distribución utilizada para la obtención de caudales máximos es la Distribución Normal.

Los caudales de crecida asociados al período de retorno para la estación H622 (Malacatus en Malacatus) se incluyen en la Tabla 6.24.

**Tabla 6.23 Serie de datos de caudales máximos de la estación H622**

<b>ESTACIÓN MALACATUS EN MALACATUS H622</b>		
<b>Año</b>	<b>Fecha</b>	<b>Qmáx (m<sup>3</sup>/s)</b>
1962	JUN	15.1
1963	ENE	17.9
1964	JUL	17.4
1965	JUL	21.2
1966	SEP	14.3
1967	MAR	21.6
1968	JUN	26.7
1969	JUL	24.6
1970	ENE	21.9
1971	OCT	22.9
1972	OCT	14.4
1973	FEB	13.2
1974	DIC	11.6
1975	MAR	25.7
1976	JUN	22.6
1977	MAY	13.9
<b>Promedio</b>	<b>x</b>	19.1
<b>Desviación Estándar</b>	<b>s</b>	4.9
<b>Coficiente de Asimetría</b>	<b>Cs</b>	0.03
<b>Coficiente de variación</b>	<b>Cv</b>	0.26
<b>Número de datos</b>	<b>n</b>	15

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

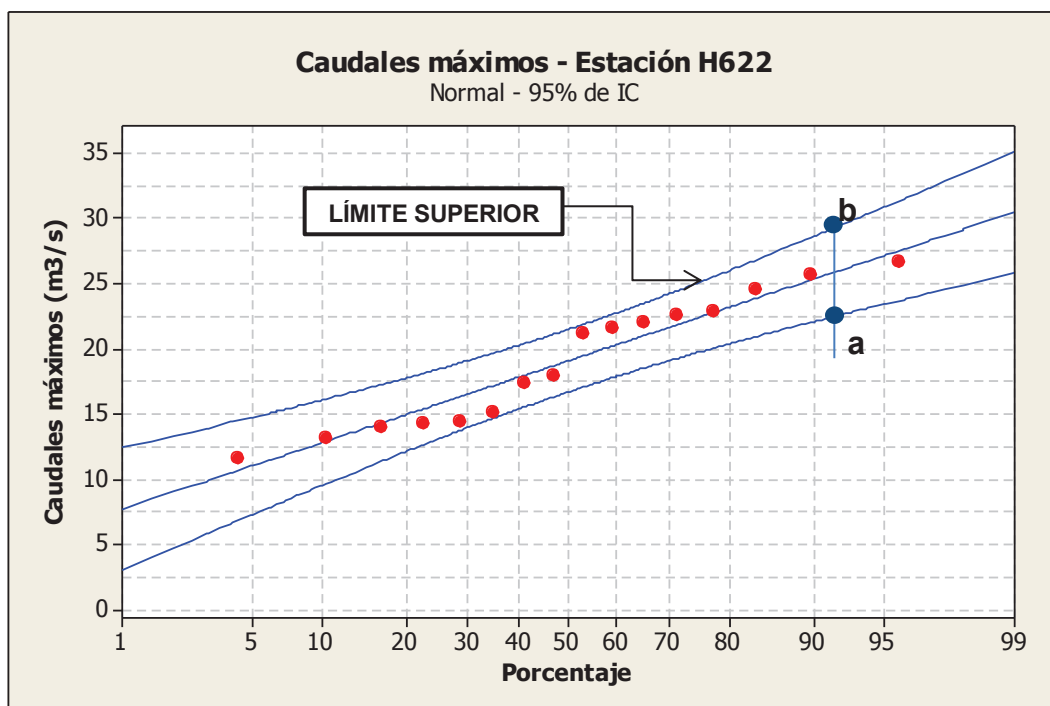
**Tabla 6.24 Caudales de crecida estación H622**

<b>ESTACIÓN MALACATUS EN MALACATUS H622</b>		
<b>Tr (años)</b>	<b>Qmáx (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Qmáx superior (m<sup>3</sup>/s)</b>
5	23.2	26.0
10	25.3	28.6
25	27.6	31.5
50	29.1	33.4
100	30.4	35.1

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

- Los caudales máximos superiores con un índice de confiabilidad del 95% se obtuvieron con una probabilidad asociada. En la Figura 6.17 se presenta la gráfica de la estación H622 (Malacatus en Malacatus).

**Figura 6.17 Caudales de crecida de la estación H622 con probabilidad asociada**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

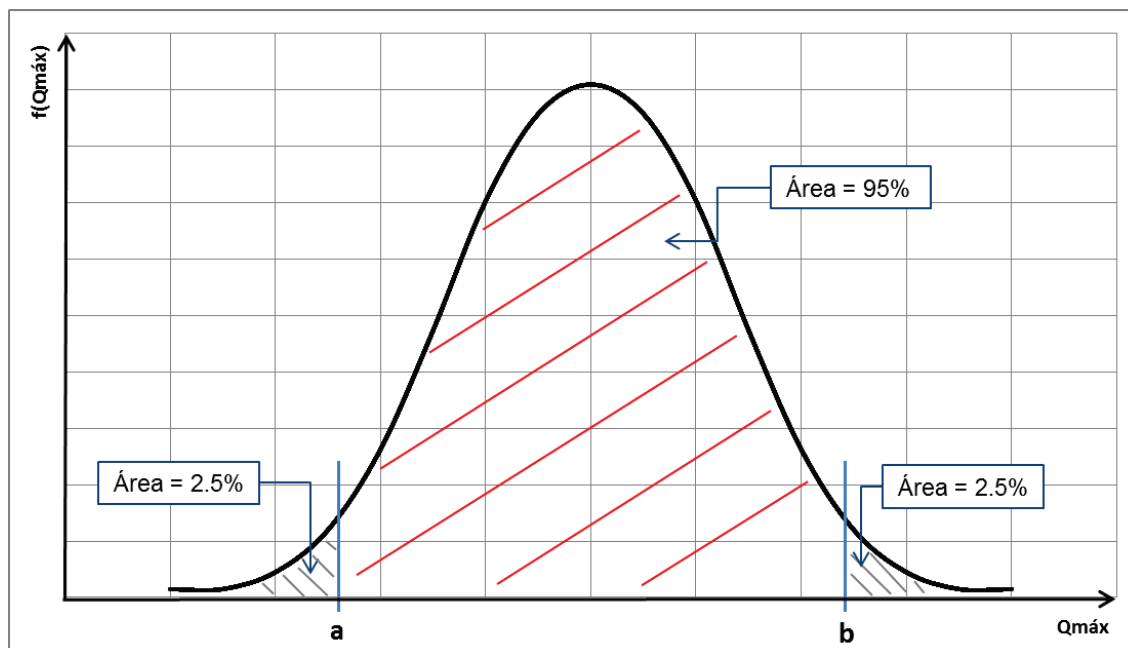
Los puntos “a” y “b” de la Figura 6.17 y 6.18 representan el límite inferior y superior respectivamente, para el caudal máximo asociado al período de retorno de 10 años.

El área bajo la curva de la función de densidad de probabilidades para el caudal máximo entre los valores “a” y “b” representa el 95% del área total (Figura 6.17), por lo que el intervalo de confianza para el caudal máximo es del 95%. Indicando que existe una probabilidad de 0.95 que el caudal máximo este entre los límites superior e inferior, como lo muestra la Ecuación 6.2. Para todas las estaciones

analizadas se incluye el valor del límite superior, es decir, el valor de “b”. Información que se incluye en el Anexo Digital en el CD2.

$$p(a \leq Q_{\text{máx}}_{Tr=10\text{años}} \leq b) = 0.95 \quad (6.2)$$

**Figura 6.18 Densidad de probabilidades**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

En la Tabla 6.25 se incluye la información de caudales máximos para todas las estaciones hidrológicas analizadas.

Tabla 6.25 Caudales máximos

UNIDAD HIDROGRÁFICA	CÓDIGO DE LA ESTACIÓN	PERÍODO DE RETORNO (años)				
		5	10	25	50	100
		Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx</sub> (m <sup>3</sup> /s)
138	H616	382.4	592.7	882.6	1107.4	1335.5
	H621	29.2	34.5	40.8	45.3	49.5
	H626	304	395	509.1	592.6	674.3
139	H617	210.5	264.2	336.7	393.8	453.4
	H619	1.8	2	2.2	2.3	2.4
	H622	23.2	25.3	27.6	29.1	30.4
	H627	29.5	36.2	44.8	51.1	57.5
	H586	70.1	99.9	139.1	168.7	198.2
	H587	249.8	285.1	322.6	346.9	368.8
	H588	98.5	113.5	131.1	143.4	155
	H591	1045.2	1289.6	1613.5	1864.8	2124.2
	H572	58.2	70.1	84.5	94.7	104.5
	H573	31.7	55.2	99.7	146	205.9
	H574	111.9	163.2	231.7	283.8	336.1
	H527	147.6	168.9	191.5	206.2	219.4
	H529	990.9	1306	1704.3	1997.2	2285.1
	H530	620.8	767.3	961.8	1112.9	1269.1
	H531	46	60.7	81.6	98.8	117.4
	H532	12.3	14.4	16.7	18.4	20
	H571	48.1	58.6	69.8	77.1	83.6
	H625	232.3	521.9	1237.3	2160.9	3568.4
	H503	65.5	84.6	111.1	132.6	155.4
	H466	31.9	45.3	65.9	83.9	104.4
H468	32.9	38	43.9	48	51.9	
H471	286.1	406.6	565.4	685.2	804.9	
H472	408.2	460.4	516.1	552	584.4	
H447	227.3	264.7	304.5	330.3	353.5	
142	H 363	1387.7	1756.5	2110.1	2568.3	2911.5
	H 365	1691.9	1799	1894.1	1946.1	1986.6
	H 144	116.2	170.5	246.9	306.8	367.9
	H 145	369.9	432.9	512.3	571.3	629.8
144	H 331	86.1	116.1	155	184.2	213.1
	H 333	12.9	18.6	26.2	32	37.8
	H 338	112.7	147	191.3	224.2	256.8
	H 340	214.8	257.2	310.7	350.5	390
148	H 326	818.1	979.5	1183.2	1334.2	1484.1
	H 347	1775	1997	2233.8	2386.7	2524.3
	H 348	961.3	1008.1	1057.9	1090.2	1119.1
149	H 334	19.3	24.5	31.1	36	40.8
	H 346	1330.5	1424.5	1512.5	1562.9	1604.2
151	H 229	303.2	358	416.4	454.1	488
	H 233	40.6	143.9	156.5	164.7	172.1

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 6.25.						
UNIDAD HIDROGRÁFICA	CÓDIGO DE LA ESTACIÓN	PERÍODO DE RETORNO (años)				
		5	10	25	50	100
		Qmáx (m³/s)	Qmáx (m³/s)	Qmáx (m³/s)	Qmáx (m³/s)	Qmáx (m³/s)
152	H 143	179.5	274.9	404.1	503.5	603.8
	H 156	278.9	306.3	335.6	354.5	371.5
	H 158	22.4	29.9	39.4	46.4	53.4
	H 159	42	61.5	88.3	109	129.9
	H 161	418.8	472.3	529.3	566.2	599.3
	H 166	230.4	302	397.5	470.1	543
154	H 011	1106.4	1340.7	1636.8	1856.5	2074.7
	H 015	303	349.9	409.7	453.9	497.5
	H 017	68.9	75.8	83.3	88.1	92.4
	H 023	45.3	63.1	89.8	112.8	138.5
	H 045	60	68.2	77	82.6	87.7
497	H718	268.2	317.2	375.4	416.3	455.4
	H719	1230	1406.4	1622.5	1779.4	1933.4
	H720	175.5	212.4	260.4	297	334.3
	H721	2073	2569	3175	3610	4031
	H722	2072.8	2568.9	3174.7	3609.6	4030.6
	H731	471.1	533.6	600.1	643.1	681.8
499	H772	21	26.5	33.2	38.1	42.8
	H781	289.7	340.5	394.7	429.7	461.2
	H782	5.4	7.2	9.4	11.1	12.8
	H786	22.2	26.8	32.4	36.4	40.2
	H787	102.9	121	142.5	157.5	171.9
	H788	166.4	201.4	243.5	273.4	302.2
	H789	26.6	31.6	37.6	41.7	45.8
	H790	198.7	262.9	354.5	430	511.6
	H791	1.5	1.9	2.6	3.2	3.8
	H792	74.3	90.6	111.9	128.2	144.9
	H793	10.7	13.5	17	19.5	21.9
	H795	7.8	8.7	9.7	10.4	11
	H799	0.7	0.9	1.2	1.3	1.5
	H800	787.9	959.7	1167.3	1315.3	1458
	H801	117.6	154.2	200.4	234.3	267.6
	H881	1404.1	1631.1	1873.2	2029.5	2170.2
	H884	2546.5	2826.7	3146.8	3365.6	3570.4
	H886	191.7	215.9	241.7	258.3	273.3
	H887	1269.6	1462.2	1687.3	1843.9	1992.3
	H889	794.1	952.4	1141.9	1276.1	1404.9
H892	37.4	47.7	60.4	69.5	78.5	
H893	113.7	131.6	150.8	163.1	174.2	
H895	192.5	232.6	280.8	315	347.9	
H896	70.3	79.6	89.6	96	101.8	
H897	7.2	9.1	11.3	13	14.6	
H899	155.6	182.7	211.6	230.3	247.1	
H902	33.8	47.3	64.9	78.1	91.2	
H966	1128.1	1304.4	1492.4	1613.8	1723	

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

#### 6.7.4. PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS

La producción de sedimentos fue analizada para el período 1981-2010, para las series de las estaciones con un registro superior a datos. Esta consideración por la escasa información entorno a sedimentos. La metodológica que se aplicó es la siguiente:

- Para el análisis de la información de sedimentos es necesario elaborar la curva de descarga de sedimentos. Esta curva relaciona el caudal sólido y el caudal líquido, en el eje de las ordenadas y la abscisas respectivamente, tal como se muestra en la Figura 6.19 para la estación H617, la ecuación producto de esta relación es de tipo exponencial. La Ecuación 6.3 corresponde a la planteada por Ven Te Chow (Chow, V., 1994):

$$Q_s = a \cdot Q^b \quad (6.3)$$

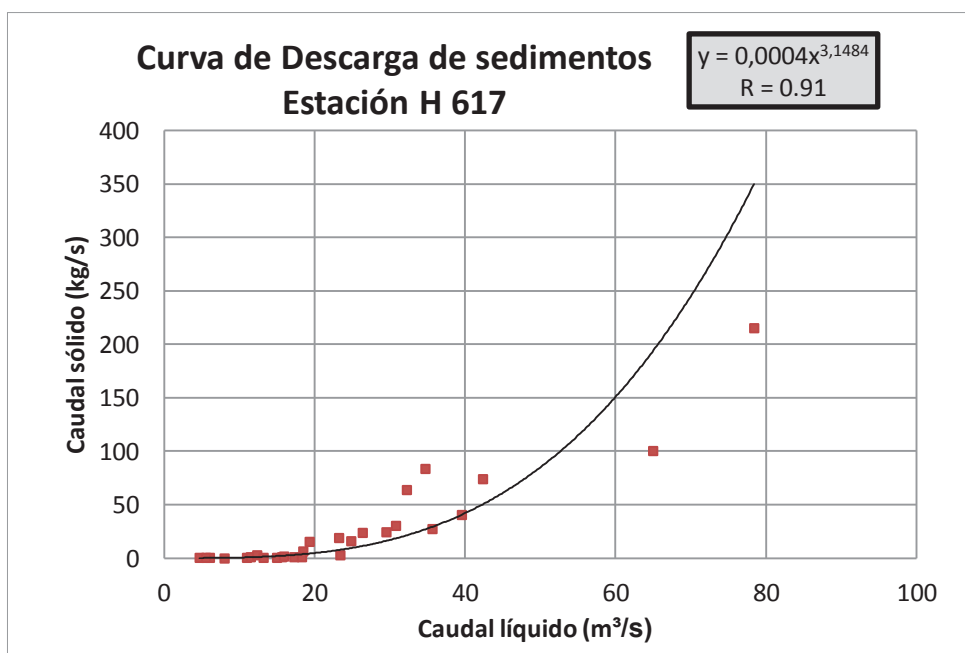
Dónde:

$Q_s$  = Caudal sólido (kg/s);

$a, b$  = Coeficientes de la ecuación, y;

$Q$  = Caudal líquido ( $m^3/s$ ).

**Figura 6.19 Curva de Descarga de Sedimentos de la estación H617**



Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

- Los valores del caudal líquido corresponden a los caudales obtenidos para la elaboración de la Curva de Duración General y los valores del caudal sólido con probabilidad de excedencia se obtienen con la Ecuación 6.3 a partir del caudal líquido, adicionalmente se incluye el caudal de sedimentos: en el intervalo y de fondo. El primero corresponde al 5% del caudal sólido en suspensión y el último se calcula como el 20% del caudal sólido en suspensión (FAO, 1997). La Tabla 6.26 incluye los valores detallados en este punto para la estación H617.

**Tabla 6.26 Caudales sólidos de la estación H617**

ESTACIÓN H 617				
P (%)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Qs (ton/año)	Qs en el intervalo (ton/año)	Qs de fondo (ton/año)
5	81.2	647223	32361	129445
10	48.4	127066	6353	25413
15	42	81226	4061	16245
20	38.2	60166	3008	12033
25	33.7	40544	2027	8109
30	29.1	25526	1276	5105
35	26.6	19384	969	3877
40	22.7	11797	590	2359
45	20	7834	392	1567
50	19.9	7720	386	1544
55	17.9	5542	277	1108
60	16.7	4437	222	887
65	15.7	3655	183	731
70	14.7	2998	150	600
75	13.8	2448	122	490
80	10.7	1083	54	217
85	8.6	546	27	109
90	5.4	125	6	25
95	2.9	18	1	4
100	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>1049339</b>	<b>52467</b>	<b>209868</b>

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

- El resumen de la producción de sedimentos incluye:



- Sedimentos en suspensión: se obtiene como la sumatoria de los caudales sólidos con probabilidad de excedencia.
- Sedimentos en suspensión por crecidas: se obtiene como la sumatoria de los caudales en el intervalo.
- Sedimentos de fondo: se obtiene como la sumatoria de los caudales sólidos de fondo.
- Sedimentos totales: se obtiene de la suma de los tres anteriores.
- Lamina de erosión: se obtiene de la división de los sedimentos en suspensión para el área de drenaje multiplicada por 1.5, con el fin de considerar que el área no es plana.

La Tabla 6.27 muestra el resumen de la producción de sedimentos para la estación H617, la información para las estaciones analizadas está incluida en el Anexo Digital en el CD2.

**Tabla 6.27 Resumen producción de sedimentos estación H617**

<b>RESUMEN ESTACIÓN H 617</b>	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	1049339
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	52467
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	209868
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	1311673
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	1130
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.65

Elaborado por: Viera Pablo y López Juan

La Tabla 6.28 contiene los resultados de los sedimentos de las estaciones analizadas a nivel nacional.

Tabla 6.28 Producción de sedimentos

U.H.	CÓDIGO	Ss (ton/año)	Ssc (ton/año)	Sf (ton/año)	St (ton/año)	A (km <sup>2</sup> )	LE (mm)
138	H616	7184.5	359.2	1436.9	8980.7	575	0.01
	H617	1049338.6	52466.9	209867.7	1311673.3	1130	0.65
	H591	994989.6	49749.5	198997.9	1243737	2190	0.32
139	H529	551734.2	27586.7	110346.8	689667.8	3320	0.12
	H530	972620.8	48631	194524.2	1215776	3580	0.19
	H471	296647.6	14832.4	59329.5	370809.5	912	0.23
	H447	128217	6410.8	25643.4	160271.2	324	0.28
142	H363	754187.3	37709.4	150837.5	942734.1	5605	0.11
	H365	1785044.7	89252.2	357008.9	2231305.9	9082	0.16
144	H331	23439.8	1172	4688	29299.8	642	0.03
	H337	31727.2	1586.4	6345.4	39659	281	0.09
	H338	141169.3	7058.5	28233.9	176461.6	1410	0.08
	H340	759873.1	37993.7	151974.6	949841.3	2242	0.28
	H375	126708.2	6335.4	25341.6	158385.2	959	0.11
148	H326	228973.5	11448.7	45794.7	286216.9	1411	0.14
	H347	516375.4	25818.8	103275.1	645469.3	3509	0.12
	H348	693806.5	34690.3	138761.3	867258.1	4308	0.13
149	H343	3475.8	173.8	695.2	4344.8	370	0.01
	H346	540734.6	27036.7	108146.9	675918.2	2877	0.16
151	H229	143069.1	7153.5	28613.8	178836.4	551	0.22
	HA2D	141965.4	7098.3	28393.1	177456.7	1289	0.09
152	H138	691016.7	34550.8	138203.3	863770.9	4432.7	0.13
	H143	9740.5	487	1948.1	12175.6	394.1	0.02
	H144	12736.9	636.8	2547.4	15921.1	345.1	0.03
	H145	28165.1	1408.3	5633	35206.4	4159.8	0.01
	H146	2095239.8	104762	419048	2619049.7	6668.5	0.26
	H156	356761.9	17838.1	71352.4	445952.4	626.8	0.47
	H158	1465.5	73.3	293.1	1831.9	176.5	0.01
	H159	13061.8	653.1	2612.4	16327.3	383.8	0.03
	H161	266069.1	13303.5	53213.8	332586.4	1522.8	0.15
	H166	599054.2	29952.7	119810.8	748817.7	1052.1	0.47
	H167	907764.9	45388.2	181553	1134706.1	2370.4	0.32
	H168	8975475.7	448773.8	1795095.1	11219344.6	19668.9	0.38
	H170	2889941.8	144497.1	577988.4	3612427.3	8239.1	0.29
H173	40912.9	2045.6	8182.6	51141.1	499.5	0.07	
154	H011	1101418.2	55070.9	220283.6	1376772.7	5037.8	0.18
	H015	635585.2	31779.3	127117	794481.5	1916.5	0.28
	H016	18116.5	905.8	3623.3	22645.6	701.2	0.02
	H023	141860	7093	28372	177325	671.8	0.18
	H024	4678.9	233.9	935.8	5848.6	253.8	0.02
	H045	6310.4	315.5	1262.1	7888.1	90.9	0.06

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 6.28.							
U.H.	CÓDIGO	Ss (ton/año)	Ssc (ton/año)	Sf (ton/año)	St (ton/año)	A (km <sup>2</sup> )	LE (mm)
497	H718	32094.2	1604.7	6418.8	40117.8	904	0.02
	H720	14649.5	732.5	2929.9	18311.9	116	0.09
	H721	1627239	81362	325447.8	2034048.8	3390	0.34
	H729	45288.6	2264.4	9057.7	56610.7	709	0.04
	H731	107145.3	5357.3	21429.1	133931.6	469	0.16
499	H781	10042.7	502.1	2008.5	12553.4	125	0.06
	H787	10798.4	539.9	2159.7	13498	108	0.07
	H788	11556	577.8	2311.2	14445	197	0.04
	H792	172177.3	8608.9	34435.5	215221.6	2018	0.06
	H793	8239.6	412	1647.9	10299.5	328	0.02
	H826	673099.9	33655	134620	841374.9	3650	0.13
	H881	269565.1	13478.3	53913	336956.4	1390	0.14
	H884	4281354.7	214067.7	856270.9	5351693.3	8459	0.35
	H886	23787.9	1189.4	4757.6	29734.9	184	0.09
	H889	600792	30039.6	120158.4	750990.1	1390	0.3
	H895	20163.4	1008.2	4032.7	25204.2	1260	0.01
	H896	3039.6	152	607.9	3799.6	312	0.01
	H897	175.9	8.8	35.2	219.9	44.3	0.003
	H907	3539830.9	176991.5	707966.2	4424788.6	10176	0.24
H912	323493.3	16174.7	64698.7	404366.6	960	0.24	

Elaborado por: Viera, P., López, J., Ramírez, A., Rosero, C., Intriago, C., Sánchez, A.

Dónde:

U.H.= unidad hidrográfica del Nivel 4;

A= Área de drenaje de la estación (km<sup>2</sup>);

Ss= Sedimentos en suspensión (ton/año);

Ssc= Sedimentos en suspensión por crecidas (ton/año);

Sf= Sedimentos del fondo (ton/año);

St= Sedimentos totales (ton/año), y;

LE= Lámina de erosión (mm).

## **CAPÍTULO 7**

### **RESULTADOS**

#### **7.1. CONCLUSIONES**

- El Manual Hidrográfico del Ecuador constituye una fuente de consulta, con información de las características físico-geográficas, climáticas, hidrológicas y de producción de sedimentos de las unidades hidrográficas del país.
- La información que manejan las instituciones: IGM e INAMHI y el MAGAP, es de libre acceso y se permite la descarga de esta desde el portal web de las mismas, con restricción de la información cartográfica protegida para las zonas de frontera y de ocupación de las Fuerzas Armadas.
- El período de análisis de la información meteorológica e hidrológica comprendido entre 1981-2010, está de acuerdo a las recomendaciones de la OMM.
- La clasificación de las estaciones en función de la disponibilidad de la información en clase A, B y C, permitió orientar el análisis a las estaciones con series de datos más confiables, es decir, las estaciones clase A, por lo que en el Manual analizó principalmente esta clase de estaciones.
- La información se manejó por unidad hidrográfica, permitiendo así la optimización del procesamiento de la información. Las unidades hidrográficas del país codificadas y delimitadas bajo la metodología Pfafstetter.
- La escasa información a nivel insular y la escala de la información utilizada, son las razones por las que el Manual analiza al Ecuador continental.

## **CARACTERIZACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICA DE LAS CUENCAS DEL SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- La caracterización físico-geográfica se realizó para las unidades hidrográficas del Nivel 3 y 4, a partir de información cartográfica en escala 1:50.000 e información de uso y tipo de suelo en escala 1:250.000. La información abarca completamente el área de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana.
- La cota mínima es 0 m s.n.m., mientras que la máxima 4.520 m s.n.m., ya que las unidades hidrográficas analizadas contemplan parte de la sierra y la Costa Ecuatoriana.
- La densidad de drenaje de las unidades hidrográficas analizadas entre 1 y 2 km/km<sup>2</sup>, valores intermedios entre 0.5 y 3.5 km/km<sup>2</sup> que indican pobre y buen drenaje respectivamente.
- El coeficiente de compacidad varía entre 1.5 y 2.5, ya que las unidades hidrográficas son de forma irregular alargada.
- El factor de forma para las unidades hidrográficas analizadas del Nivel 3 y 4 es menor a uno para todos los casos, ya que todas las unidades hidrográficas son alargadas.
- La pendiente de media de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana es mayor al 20%, mientras que en la Región Costa en su mayor parte la topografía es plana con pendientes menores al 12%.
- Para las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana el mayor uso del suelo es para actividades agropecuarias, el 46.4% del área de estudio se destina a este uso. Los bosques ocupan el 19.1% un valor significativo.
- Los suelos son en su mayor porcentaje de tipo arcilloso arenoso con un 33.9% y arcilloso con un 30.5%. Por lo que en su mayoría los suelos pertenecen al grupo hidrológica D, suelos con alto potencial de escorrentía.

## CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LAS CUENCAS DEL SUR DE LA COSTA ECUATORIANA

- Para el análisis de la información meteorológica se conformaron series de datos mensuales para el período 1981-2010, la información registrada en las estaciones presenta un gran número de vacíos.
- Las estaciones con registro de precipitación son relativamente superiores en número respecto a las que registran las otras variables, para la variable precipitación media mensual se trabajó con 32 estaciones clase A de un total de 132 estaciones que registran esta variable. Mientras que 83 estaciones son de clase C lo que evidencia la escasa información.

ESTACIONES METEROLOGICAS CON REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL		
CLASE DE ESTACION	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)
A	32	24.2
B	17	12.9
C	83	62.9
<b>TOTAL</b>	<b>132</b>	<b>100.0</b>

- Los valores de precipitación media para el período 1981-2010, muestran valores bajos para las zonas de la Sierra donde se registra el menor valor 429 mm, mientras que en la zona de la Costa se registran los mayores valores 2173 mm.
- En el mapa de isoyetas para el área de las unidades hidrográficas, se evidencia que el área con precipitaciones entre 1000mm y 1500mm es la predominante en el área de estudio.
- La tendencia de la precipitación para la zona de la Sierra es creciente y en la zona de la Costa la tendencia es decreciente, las estaciones de esta Región registran picos debido a la ocurrencia fenómeno de “El Niño”, en los años 1981, 1982, 1997 y 1998. Años en los cuales el fenómeno se presentó con fuerza en el país.
- Las estaciones meteorológicas con registro de temperatura con las que se trabajó son 56 en total, de las cuales 12 son de clase A, 7 de clase B y 37 de clase C. La cantidad de estaciones meteorológicas con registros de temperatura es ampliamente menor a las que registran precipitación.

ESTACIONES METEROLOGICAS CON REGISTRO DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL		
CLASE DE ESTACION	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)
A	12	21.4
B	7	12.5
C	37	66.1
<b>TOTAL</b>	<b>56</b>	<b>100.0</b>

- Los valores de temperatura media para el período 1981-2010 tienen lógicamente menores valores para la sierra, región para la cual el menor valor es 11.7°C y el mayor valor 29°C corresponde a la zona de la Costa.
- En el mapa de isotermas para el área de estudio para el intervalo entre 24°C y 26°C abarca la mayor área, esta área abarca gran parte de la zona de la Costa del área de estudio.
- La tendencia de la temperatura es decreciente para la Costa, la variación para los 30 años está alrededor de 0.1°C. Mientras que para la sierra la tendencia es creciente y la variación es mayor a 1°C.
- Las ecuaciones de la variación de la temperatura con la altitud incluyen en la siguiente tabla. Se marcan dos tendencias: la primera desde el nivel del mar hasta los 1200 m s.n.m. y la segunda a partir de los 1200 m s.n.m.

LIMITE	TENDENCIA 1 (0 – 1200 m s.n.m.)	TENDENCIA 2 (> 1200 m s.n.m.)
<b>SUPERIOR</b>	$T(^{\circ}\text{C})=26.5^{\circ}\text{C}-2.3 \times H(\text{m s.n.m.})$	$T(^{\circ}\text{C})=30.8^{\circ}\text{C}-6.0 \times H(\text{m s.n.m.})$
<b>INFERIOR</b>	$T(^{\circ}\text{C})=24.5^{\circ}\text{C}-2.3 \times H(\text{m s.n.m.})$	$T(^{\circ}\text{C})=28.8^{\circ}\text{C}-6.0 \times H(\text{m s.n.m.})$

- La variable evaporación mensual tiene escasa información, se contó para esta variable con una estación clase A. Las estaciones clase C representan el 81% del porcentaje total de estaciones con registro de esta variable.

ESTACIONES METEROLOGICAS CON REGISTRO DE EVAPORACIÓN MENSUAL		
CLASE DE ESTACION	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)
A	1	2.4
B	7	16.7
C	34	81.0
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>100.0</b>

- Los valores de la evapotranspiración potencial y la evaporación potencial media tienen una marcada diferencia, esta se puede ser el resultado de otros factores climáticos como la humedad y la nubosidad, factores climáticos que no se consideran en el método del Thornthwaite.

### **CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA Y PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS DE LAS CUENCAS DEL SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- Para el análisis de la variable caudal medio mensual se establecieron series de datos para el período 1981-2010. Se trabajó con 46 estaciones hidrológicas de las cuales 16 son de clase A, para estas se realizó el relleno de datos.

<b>ESTACIONES METEROLOGICAS CON REGISTRO DE CAUDAL MEDIO MENSUAL</b>		
<b>CLASE DE ESTACION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
A	16	<b>34.8</b>
B	10	<b>21.7</b>
C	20	<b>43.5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>100.0</b>

- El valor del caudal medio anual de las estaciones hidrológicas analizadas en la curva de duración general está dentro del rango de probabilidad de excedencia de 35% a 45%.
- Los valores de los caudales mínimos se obtienen de las curvas de duración general para los caudales con mayor probabilidad de ocurrencia.
- Los caudales máximos son tratados como eventos independientes por lo cual el período de análisis establecido fue 1961-2010. Finalmente se trabajó con 27 estaciones de esta variable, las cuales poseen un registro de datos mayor a 10 años.
- Los resultados de los caudales medios obtenidos con el balance hídrico son inferiores respecto a los caudales medios para el período 1981-2010. Esto se puede deber a que en el balance hídrico no se consideran embalses, transvases, usos, cobertura, entre otros factores.



- La lámina de erosión para las estaciones analizadas varía entre 0.1mm y 0.7mm, este parámetro depende principalmente de los sedimentos en suspensión y del área de drenaje.

## **CARACTERIZACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICA DEL ECUADOR**

- La cota máxima es 5800 m s.n.m. considerando que se trabajó con curvas de nivel cada 40 metros y con información cartográfica en las escalas 1:50.000 y 1:250.000. Esta última escala para las áreas de las unidades hidrográficas 141 y 143 sin información en escala 1:50.000.
- El coeficiente de compacidad para las unidades hidrográficas del Nivel 3 varía entre 1.5 y 3, corresponde a cuencas irregulares cuya geometría no se asemeja a un círculo. El factor de forma es menor a 1, a excepción de la unidad hidrográfica 399, ya que la mayoría de las unidades hidrográficas son alargadas. La pendiente media de las unidades hidrográficas está dentro de un amplio rango de variación ya que incluye las tres Regiones: Sierra, Costa y Amazonía, este parámetro varía entre 0.3% y 47%. La densidad de drenaje en casi la totalidad de las unidades hidrográficas del nivel 3 es menor a uno lo que indica cuenca con pobre drenaje.
- En el Ecuador continental el 47.9% corresponde a bosques, seguido por el 34.8% de área que se dedica a actividades agropecuarias, según la información del año 2002.
- El mayor porcentaje del tipo de suelo corresponde a arenas con 32.7% del área total del Ecuador continental, lo que corresponde a suelos con bajo potencial de escorrentía, según información del 2002.

## **CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL ECUADOR**

- Las estaciones con registro de las variables climáticas del Manual son 418, de las cuales 199 son estaciones clase A. Las estaciones se concentran en

mayor cantidad en las Regiones de la Sierra y Costa respecto a la Amazonía.

ESTACIONES METEROLOGICAS CON REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL		
CLASE DE ESTACION	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)
A	199	47.6
B	85	20.3
C	134	32.1
<b>TOTAL</b>	<b>418</b>	<b>100.0</b>

- Los valores de precipitación media para el período 1981-2010, muestran valores bajos para las zonas de la Sierra donde se registra el menor valor 320mm, mientras que en la Amazonía se registran los mayores valores 4581mm.
- En el mapa de isoyetas se observa mayor precipitaciones para el sur de la vertiente del Pacífico y la vertiente del Amazonas respecto al norte de la vertiente del Pacífico.
- La tendencia de la precipitación para la Región Sierra es en su mayor parte creciente y en la Región Costa la tendencia marcada es decreciente, las estaciones de la Costa registran picos debido a la ocurrencia fenómeno de “El Niño”, en los años 1981, 1982, 1997 y 1998 años en los cuales el fenómeno se presentó con fuerza en el país. En la Amazonía las dos tendencias están presentes en la región.
- Las estaciones meteorológicas con registro de temperatura con las que se trabajó son 186 en total, de las cuales 61 son de clase A, 36 de clase B y 89 de clase C. La cantidad de estaciones meteorológicas con registros de temperatura es ampliamente menor a las que registran precipitación.

ESTACIONES METEROLOGICAS CON REGISTRO DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL		
CLASE DE ESTACION	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)
A	61	32.8
B	36	19.4
C	89	47.8
<b>TOTAL</b>	<b>186</b>	<b>100.0</b>

- Los valores de temperatura media para el período 1981-2010 tienen lógicamente menores valores para la sierra, región para la cual el menor valor es 8.8°C y el mayor valor 29°C corresponde a la Región Costa.
- En el mapa de isotermas para el área de estudio el intervalo entre 24°C y 26°C abarca la mayor área, esta área abarca gran parte de la Región Costa y Amazonía.
- En la Región Costa existen zonas con tendencia creciente y otras decreciente para la variable temperatura, en la Sierra al igual que en la Amazonia la tendencia muestra incremento en la temperatura para el período 1981-2010.
- La variable evaporación mensual tiene escasa información, se contó para esta variable 113 estaciones, de las cuales únicamente 23 son de clase A.

<b>ESTACIONES METEROLOGICAS CON REGISTRO DE EVAPORACIÓN MENSUAL</b>		
<b>CLASE DE ESTACION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
A	23	<b>20.4</b>
B	26	<b>23.0</b>
C	64	<b>56.6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>113</b>	<b>100.0</b>

- Los valores de la evapotranspiración potencial se tomó como el de la evaporación potencial medida por la proximidad de los valores, esto se cumple para la mayoría de los valores analizados pero en los casos que tienen una marcada diferencia, esta puede ser el resultado de otros factores climáticos como la humedad y la nubosidad, factores climáticos que no se consideran en el método del Thornthwaite.

## **CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA Y PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR**

- Para el análisis de la variable caudal medio mensual se establecieron series de datos para el período 1981-2010. Se trabajó con 205 estaciones hidrológicas de las cuales 62 son de clase A, para estas estaciones se realizó el relleno de datos.

<b>ESTACIONES METEROLOGICAS CON REGISTRO DE CAUDAL MEDIO MENSUAL</b>		
<b>CLASE DE ESTACION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
A	62	30.2
B	59	28.8
C	84	41.0
<b>TOTAL</b>	<b>205</b>	<b>100.0</b>

- El valor del caudal medio anual de las estaciones hidrológicas analizadas en la curva de duración general está dentro del rango de probabilidad de excedencia de 35% a 50%.
- Los caudales máximos son tratados como eventos independientes por lo cual el período de análisis establecido fue 1961-2010. Finalmente se trabajó con 87 estaciones de esta variable, las cuales poseen un registro de datos mayor a 10 años.
- Los resultados de los caudales medios obtenidos con el balance hídrico son inferiores respecto a los caudales medios para el período 1981-2010. Esto se puede deber a que en el balance hídrico no se consideran embalses, transvases, usos, cobertura, entre otros factores.
- Para realizar el análisis de sedimentos adicional al registro de datos de esta variable se requirió información respecto a caudal medio mensual, lo que se convirtió en una limitante al momento de realizar este análisis. Se analizó la producción de sedimentos de 61 estaciones.
- La lámina de erosión para las estaciones analizadas varía entre 0.01mm y 0.77mm, este parámetro depende principalmente de los sedimentos en suspensión y del área de drenaje.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

- Al momento de utilizar la información del Manual, de debe verificar la escala y la fecha de la información utilizada como base de datos.
- No todas las series de las estaciones son series homogéneas, por lo que se debe considerar esto al utilizar esta información.

- La escasa información hidrometeorológica se evidenció, por lo que las autoridades deberían fortalecer la red nacional de estaciones. La información es la base para el desarrollo de los proyectos hidráulicos.
- El Manual deberá ser ampliado no solo para valores medios de las variables climáticas precipitación y temperatura sino también para los valores extremos, máximos y mínimos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P. (2010). Instructivos de procesamiento de información hidrometeorológica. Quito: EPN.

ANDRADE, L. (2010). Informe del estudio de la Red Hidrometeorológica del Ecuador. Quito: EPN.

BARROS, J.; TRONCOSO, A. (2010). Atlas climatológico del Ecuador. Quito: EPN.

CHOW, V.; MAIDMENT, D.; MAYS, L. (1994). Hidrología Aplicada. Santa Fé, Bogotá: McGraw Hill.

FAO. (1997). Transporte de sedimentos:  
[www.fao.org/docrep/T0848S/T0848S00.htm](http://www.fao.org/docrep/T0848S/T0848S00.htm).

FAO. (2006). Evapotranspiración del Cultivo. Roma: FAO

INAMHI. (2011). Anuario Hidrológico 2008. Quito: INAMHI.

INAMHI. (2012). Anuario Meteorológico 2010. Quito: INAMHI.

INAMHI. (1981-2010). Anuario Hidrológico. Quito: INAMHI.

INAMHI (1981-2010). Anuario meteorológico. Quito: INAMHI.

IGM (2012). Cartografía: [www.igm.gob.ec](http://www.igm.gob.ec). Quito: IGM.

INTRIAGO, C.; SÁNCHEZ, A. (2013). Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de la Vertiente del Pacífico-Norte. Quito: EPN.

KENNEDY, J.; NEVILLE, A. (1982). Estadística para Ciencias e Ingeniería. México: Harla.

MAG-ORSTOM. (1982). Estudios Hidrológicos e Hidrogeológicos Regionales. Quito: MAG

METED. (2010). Componente del ciclo hidrológico:  
[www.meted.ucar.edu/hydro/basic\\_int/hydrologic\\_cycle\\_es/print.htm](http://www.meted.ucar.edu/hydro/basic_int/hydrologic_cycle_es/print.htm). University Corporation for Atmospheric Research

MAGAP. (2012). Tipo y uso del suelo en el Ecuador: [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec). Quito: MAGAP.

MAGAP. (2012). Textura del suelo en el Ecuador: [www.agricultura.gob.ec](http://www.agricultura.gob.ec). Quito: MAGAP.

MONSALVE, G. (1995). Hidrología en la ingeniería. Santa Fé, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

OMM. (2011). Guía de prácticas hidrológicas OMM-N°168. Genova: OMM.

RAMÍREZ, A.; ROSERO, C. (2013). Manual Hidrológico de las Cuencas Hidrográficas de las Vertientes del Amazonas. Quito: EPN.

SCS. (1982). Engineering Field Manual of Soil Conservation Service. Washington: USDA – SCS.

SENAGUA. (2009). Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador, escala 1:250.000, nivel 5, Metodología Pfafstetter. Quito: SENAGUA.

SENAGUA. (2011). Resolución 245-2011. Quito: SENAGUA.

TREWIN, B. (2007). Función de las variables climatológicas en un clima cambiante. Ginebra: OMM.

VISSMAN, W.; LEWIS, G. (2003). Introduction to Hydrology. New York: Pearson Education.

VILLACÍS, O.; ANDRADE, L. (1986). Instructivos para el procesamiento de datos y cálculo hidrológico. Quito: EPN.



## **ANEXOS**

## **ANEXO N° 1**

### **MAPAS TEMÁTICOS**

- a) Mapas temáticos de las cuencas del sur de la Costa Ecuatoriana
- b) Mapas temáticos del Manual Hidrológico del Ecuador

## **A)MAPAS TEMÁTICOS DEL MANUAL HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS DEL SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- Mapa 1:Estaciones meteorológicas con registro de precipitación mensual
- Mapa 2:Estaciones meteorológicas con registro de temperatura media mensual
- Mapa 3:Estaciones meteorológicas con registro de evaporación mensual
- Mapa 4:Estaciones hidrológicas con registro de caudal medio mensual
- Mapa 5:Unidades hidrográficas del Nivel 3 del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 6:Unidades hidrográficas del Nivel 4 del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 7:Relieve topográfico de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 8:Pendientes medias de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 9:Cobertura del suelo de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 10:Tipo textural del suelo de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 11:Grupos hidrológicos del suelo de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 12:Red hidrográfica de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 13: Isoyetas de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana
- Mapa 14: Isotermas de las unidades hidrográficas del sur de la Costa Ecuatoriana

NOTA: Los mapas en formato PDF se incluyen en el Anexo Digital en el CD1.

## **B) MAPAS TEMÁTICOS DEL MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR**

- Mapa 1: Estaciones meteorológicas con registro de precipitación mensual
- Mapa 2: Estaciones meteorológicas con registro de temperatura media mensual
- Mapa 3: Estaciones meteorológicas con registro de evaporación mensual
- Mapa 4: Estaciones hidrológicas con registro de caudal medio mensual
- Mapa 5: Estaciones hidrológicas con registro de caudal máximo
- Mapa 6: Estaciones hidrológicas con registro de sedimentos
- Mapa 7: Unidades hidrográficas del Nivel 3 del Ecuador continental
- Mapa 8: Unidades hidrográficas del Nivel 4 del Ecuador continental
- Mapa 9: Cobertura del suelo del Ecuador continental
- Mapa 10: Tipo textural del suelo del Ecuador continental
- Mapa 11: Grupos hidrológicos del suelo del Ecuador continental
- Mapa 12: Red hidrográfica del Ecuador continental
- Mapa 13: Isoyetas del Ecuador continental
- Mapa 14: Isotermas del Ecuador continental

NOTA: Los mapas en formato PDF se incluyen en el Anexo Digital en el CD2.

## **ANEXO N° 2**

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

#### **a) SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- Lista de cartas topográficas
- Perfiles longitudinales de los cauces principales

NOTA: Esta información se incluye en el Anexo Digital en el CD2

#### **b) MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR**

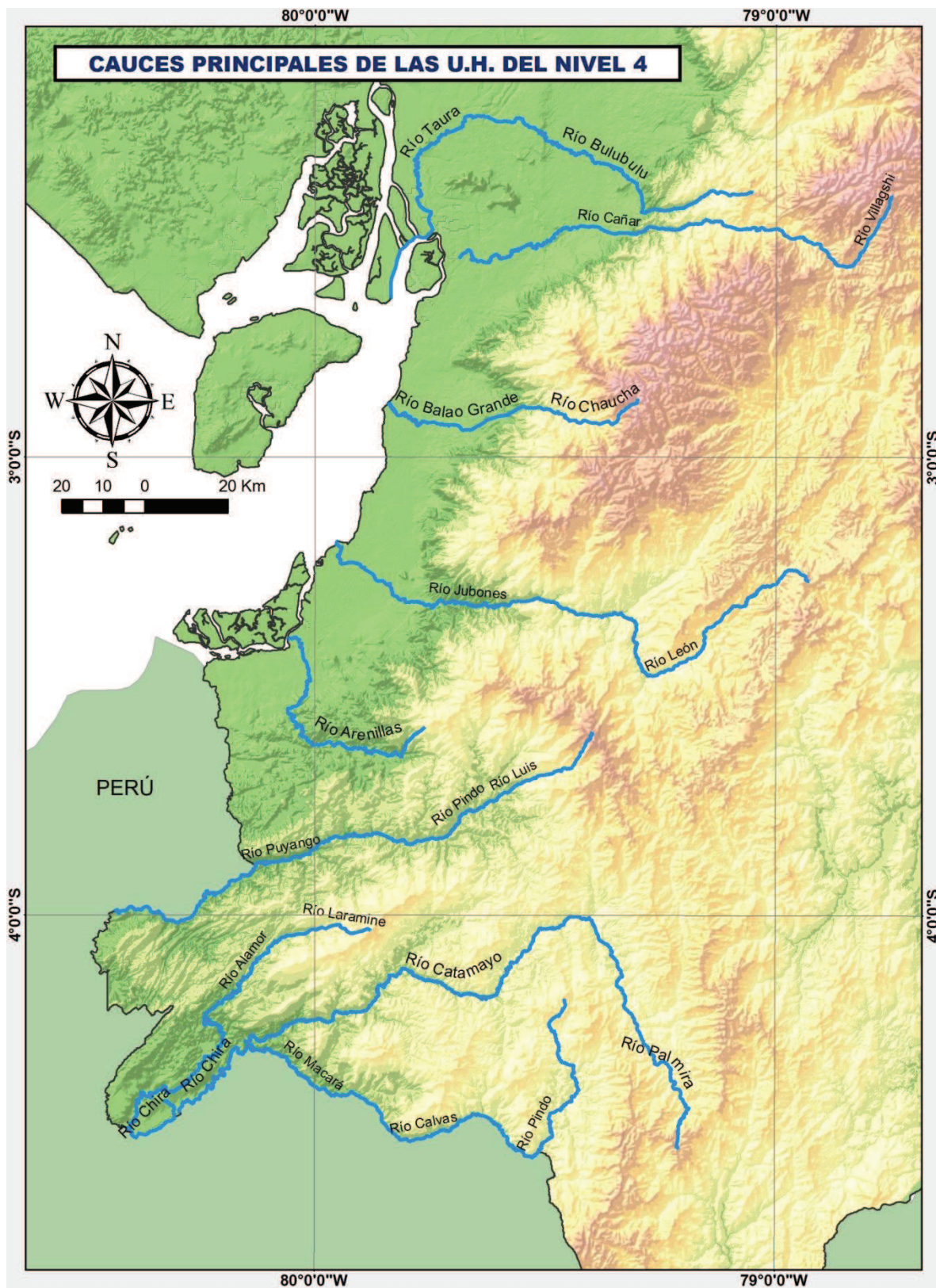
- Información incluida en el Anexo Digital en el CD2

### Lista de cartas topográficas

NOMBRE DE LA CARTA	SIGLA NACIONAL	TIPO DE CARTA
ALAMOR	M VII-B2	CARTA RESERVADA
ALASI	Ñ V-A3	CARTA DIGITAL
AMALUZA	N VII-D3	CARTA RESERVADA
AMAZONAS	Ñ VI-C1	CARTA DIGITAL
ARENILLAS	M VI-D4	CARTA RESERVADA
AZOGUES	Ñ V-E1	CARTA DIGITAL
BEJUCAL	M VII-B3	CARTA RESERVADA
CANAL DE JAMBELÍ	N V-E1	CARTA DIGITAL
CAÑAR	Ñ V-C3	CARTA DIGITAL
CARIAMANGA	N VII-A4	CARTA DIGITAL
CATACOCCHA	N VII-A2	CARTA DIGITAL
CATAMAYO (LA TOMA)	N VI-F3	CARTA DIGITAL
CAZADEROS	N VI-B3	CARTA DIGITAL
CELICA	N VII-A1	CARTA RESERVADA
CHAGUARPAMBA (BUENAVISTA)	N VI-E4	CARTA DIGITAL
CHAUCHA	N V-F3	CARTA DIGITAL
CHILLA	N VI-C2	CARTA DIGITAL
CHIQUINTAD	N V-F2	CARTA DIGITAL
COSTA RICA	M VI-D1	CARTA RESERVADA
CUENCA	N V-F4	CARTA DIGITAL
CUMANDA	N V-B4	CARTA DIGITAL
DATA DE POSORJA	M V-F1	CARTA DIGITAL
EL CARMEN DE PIJILI	N V-E4	CARTA DIGITAL
EL TRIUNFO	N V-B3	CARTA DIGITAL
ESTERO SALADO	M V-D4	CARTA DIGITAL
GIMA	Ñ VI-A3	CARTA DIGITAL
GIRON	N VI-B2	CARTA DIGITAL
GONZANAMA	N VII-B3	CARTA DIGITAL
GRAMADAL	M VI-F3	CARTA RESERVADA
GUAYAQUIL	N V-A3	CARTA RESERVADA
HUANGRA	Ñ V-C2	CARTA DIGITAL
HUAQUILLAS	M VI-D2	CARTA RESERVADA
ISLA MONDRAGON	N V-C3	CARTA DIGITAL
JAMBELÍ	M VI-B4	CARTA RESERVADA
JUNCAL	Ñ V-C1	CARTA DIGITAL
LA AVANZADA	N VI-C3	CARTA DIGITAL
LA TRONCAL	N V-D1	CARTA DIGITAL
LAGUNA COX	N VII-F1	CARTA RESERVADA
LAGUNA EL CANCLON	N V-C2	CARTA DIGITAL
LAS ARADAS	N VII-D1	CARTA RESERVADA
LAS JUNTAS	N VI-F2	CARTA DIGITAL
LAS LAJAS	M VI-F2	CARTA RESERVADA
LAURO GUERRERO	N VI-E3	CARTA DIGITAL
LOJA NORTE	N VI-F4	CARTA DIGITAL
LOJA SUR	N VII-B2	CARTA DIGITAL
MACARA	N VII-C1	CARTA RESERVADA
MACHALA	N VI-A3	CARTA RESERVADA
MANU	N VI-D1	CARTA DIGITAL

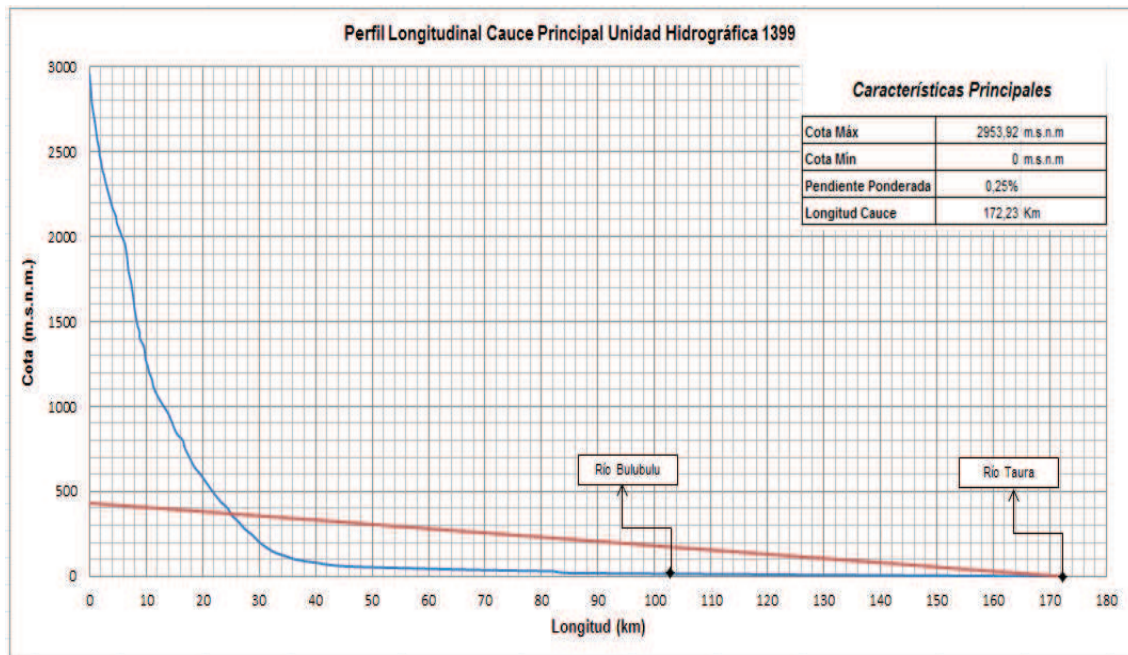
CONTINUACIÓN DE LA TABLA		
NOMBRE DE LA CARTA	SIGLA NACIONAL	TIPO DE CARTA
MARCABELI	N VI-E1	CARTA DIGITAL
NABON	N VI-D2	CARTA DIGITAL
NAMBACOLA	N VII-B1	CARTA DIGITAL
NARANJAL	N V-E2	CARTA DIGITAL
PACCHA	N VI-C4	CARTA DIGITAL
PANCHO NEGRO	N V-D3	CARTA DIGITAL
PEDRO J. MONTERO	N V-A4	CARTA RESERVADA
PONCE ENRIQUEZ	N VI-A2	CARTA RESERVADA
POSORJA	M V-F2	CARTA DIGITAL
PUERTO GRANDE	M V-F4	CARTA DIGITAL
PUNTA ARENAS	M VI-B2	CARTA DIGITAL
PUNTA BRAVA	M V-F3	CARTA DIGITAL
PUNTA SALINAS	M VI-B1	CARTA DIGITAL
PUYANGO	M VI-F4	CARTA RESERVADA
RIO ALAMOR	M VII-D1	CARTA RESERVADA
RIO BLANCO	N VII-F3	CARTA RESERVADA
RIO CALVAS	N VII-C2	CARTA RESERVADA
RIO CATAMAYO	M VII-B4	CARTA RESERVADA
RIO GUAYAS	N V-C1	CARTA DIGITAL
SAN FELIPE DE MOLLETURO	N V-F1	CARTA DIGITAL
SAN FERNANDO	N VI-B1	CARTA DIGITAL
SAN FRANCISCO DE GUALLETURO	N V-D4	CARTA DIGITAL
SAN FRANCISCO DE VERGEL	N VII-F2	CARTA DIGITAL
SAN JOSE DE YACUAMBI	Ñ VI-C3	CARTA DIGITAL
SANTA ISABEL	N VI-B3	CARTA DIGITAL
SANTA ROSA DE EL ORO	N VI-C1	CARTA DIGITAL
SANTA ROSA DE FLANDES	N V-C4	CARTA DIGITAL
SANTIAGO	N VI-F1	CARTA DIGITAL
SARAGURO	N VI-D4	CARTA DIGITAL
SELVA ALEGRE	N VI-D3	CARTA DIGITAL
SOZORANGA	N VII-A3	CARTA RESERVADA
SUSCAL	N V-D2	CARTA DIGITAL
TENDALES	N VI-A1	CARTA DIGITAL
TENGUEL	N V-E3	CARTA DIGITAL
TOTORAS	Ñ V-A4	CARTA DIGITAL
UZHCURRUMI	N VI-A4	CARTA DIGITAL
VALLADOLID	N VII-D4	CARTA DIGITAL
VILCABAMBA	N VII-B4	CARTA DIGITAL
YANGANA	N VII-D2	CARTA DIGITAL
YARITZAGUA	N VI-B4	CARTA DIGITAL
ZAPOTILLO	M VII-D2	CARTA RESERVADA
ZARUMA	N VI-E2	CARTA DIGITAL

### Mapa de los cauces principales de las unidades hidrográficas del Nivel 4

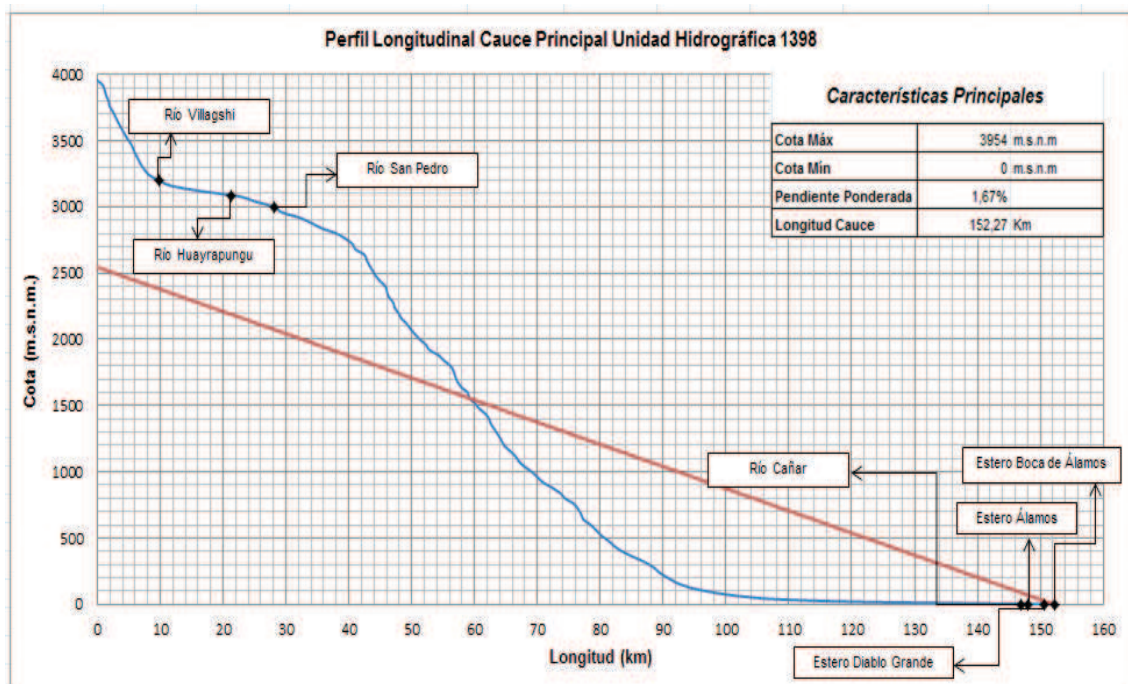




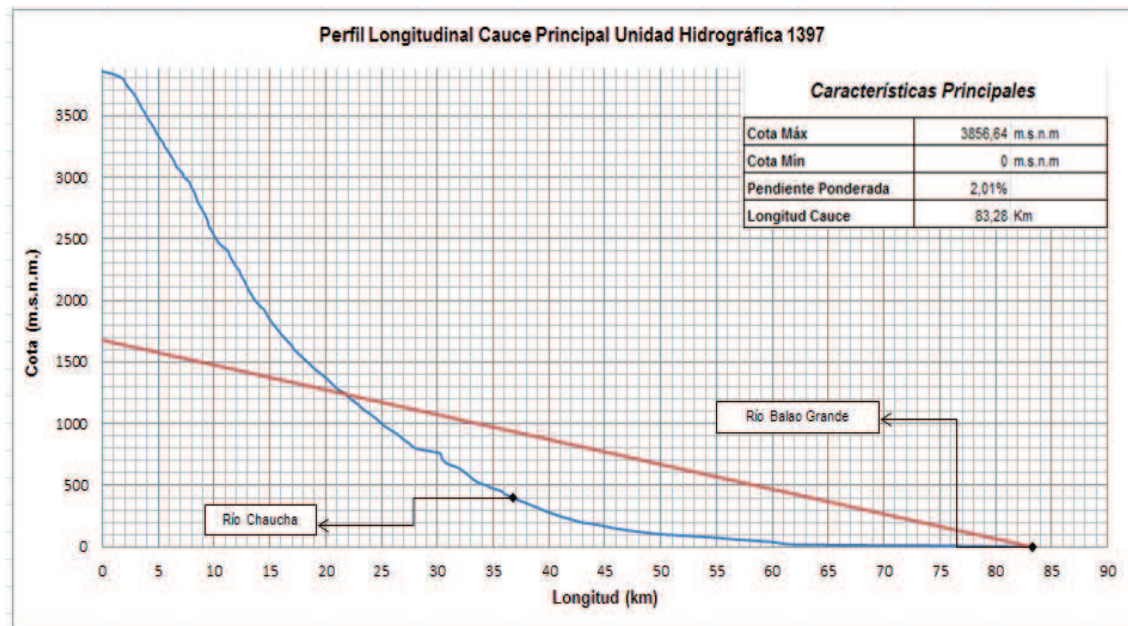
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1399



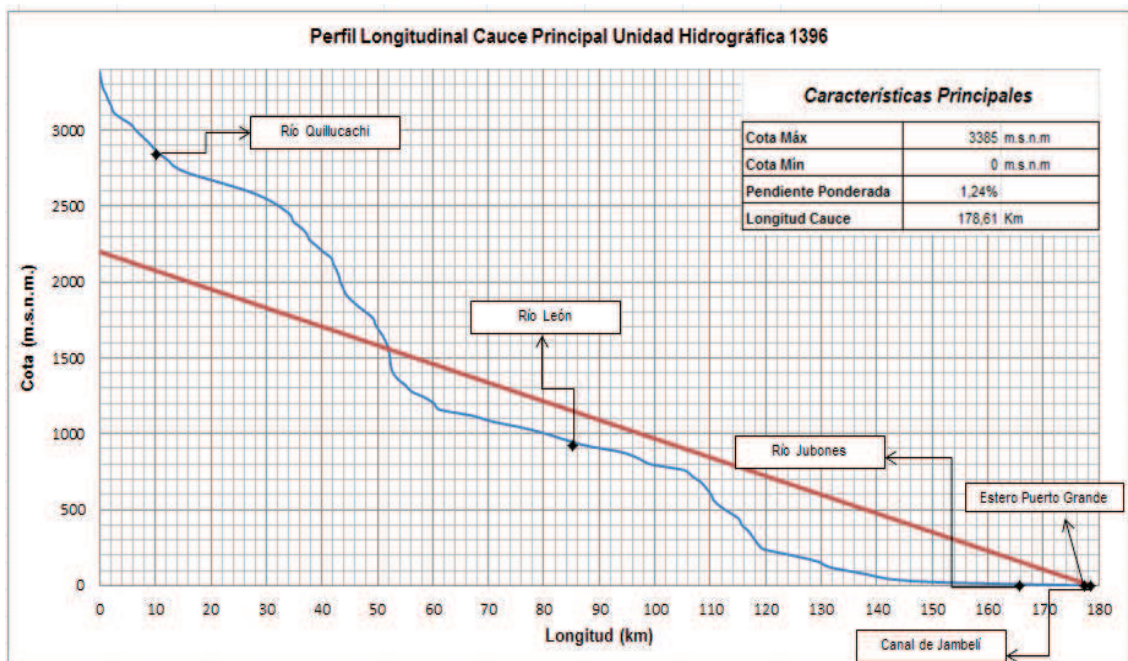
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1398



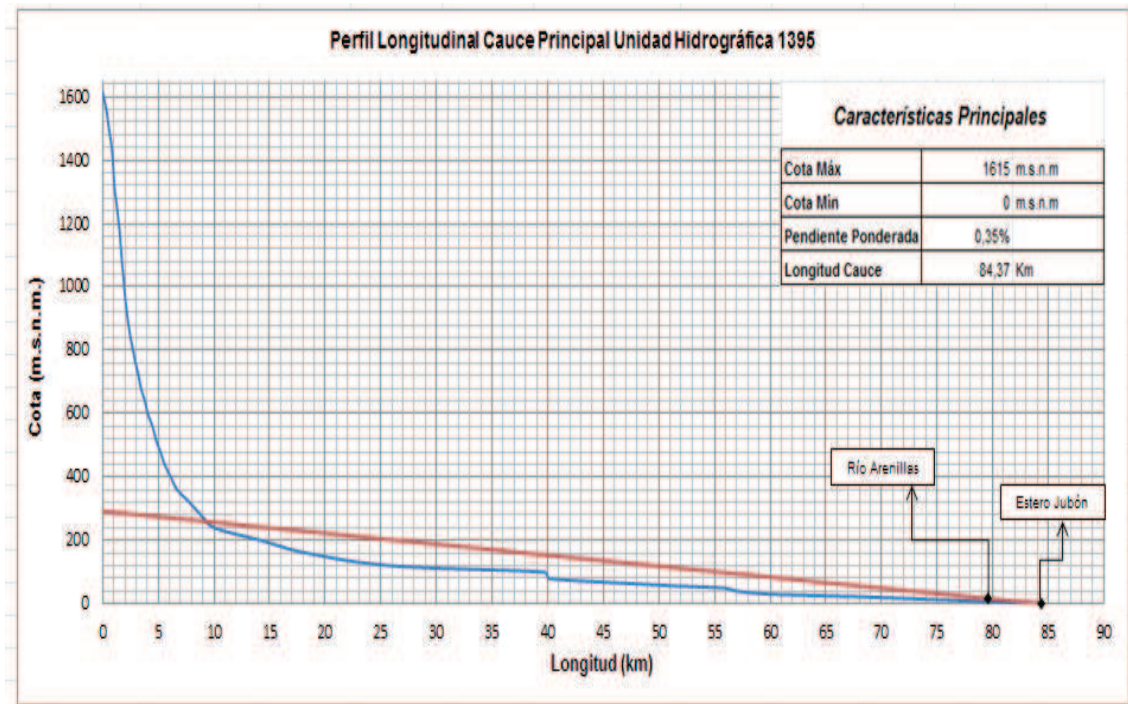
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1397



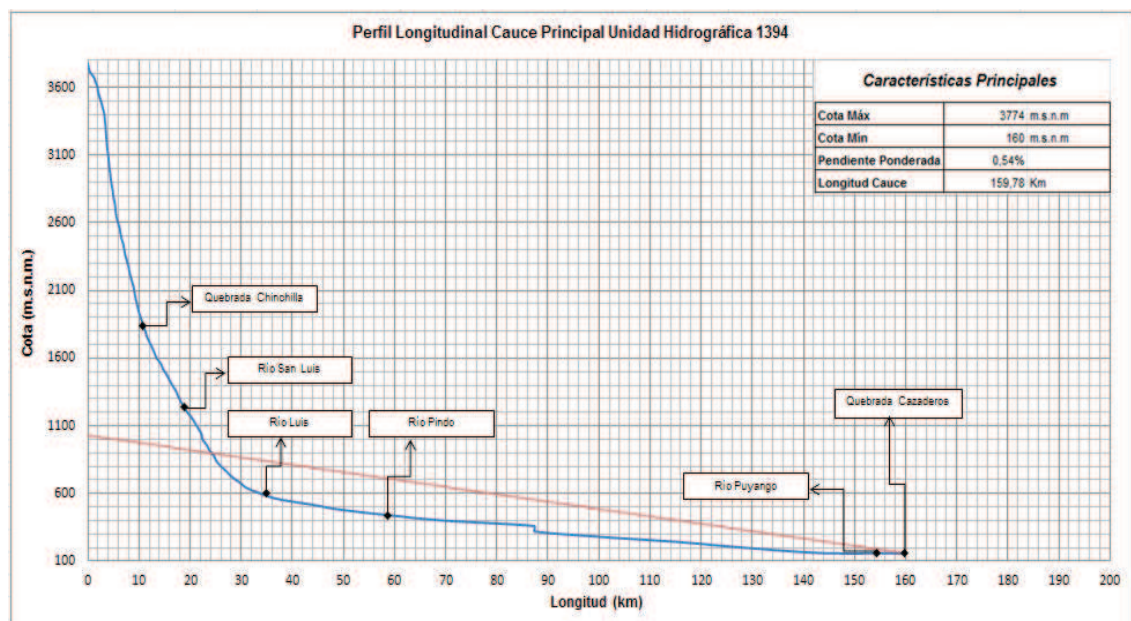
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1396



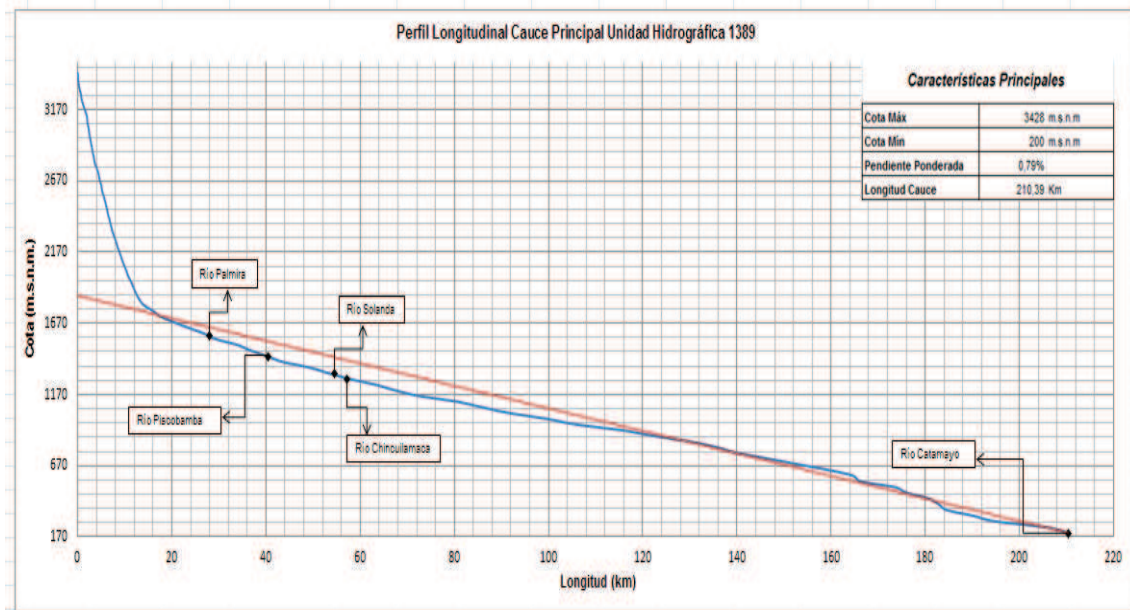
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1395



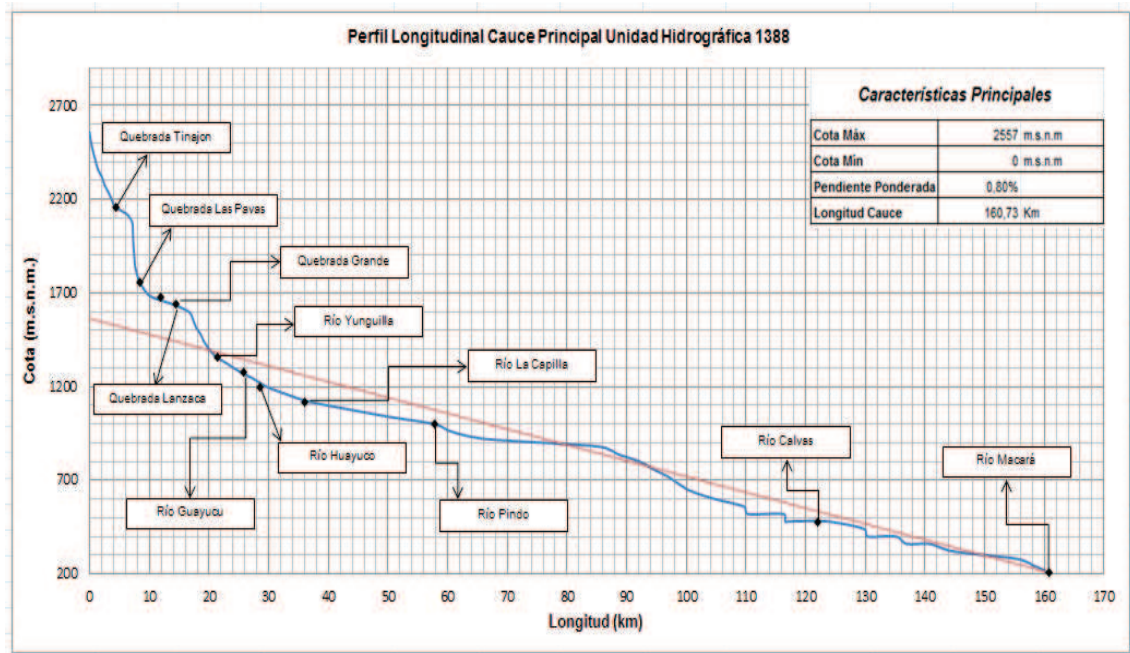
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1394



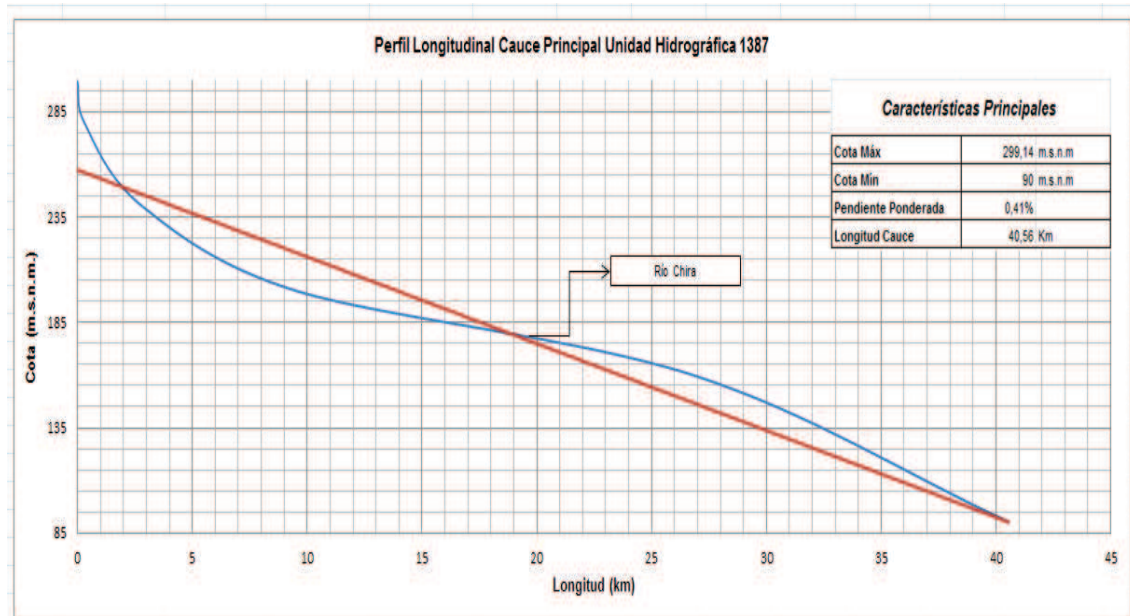
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1389



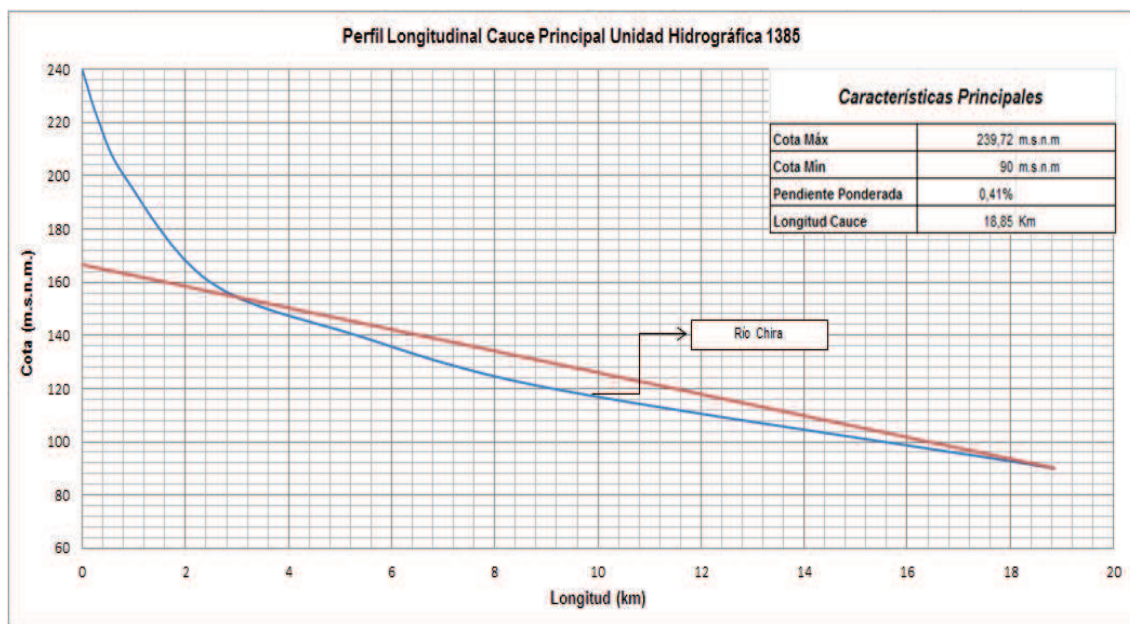
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1388



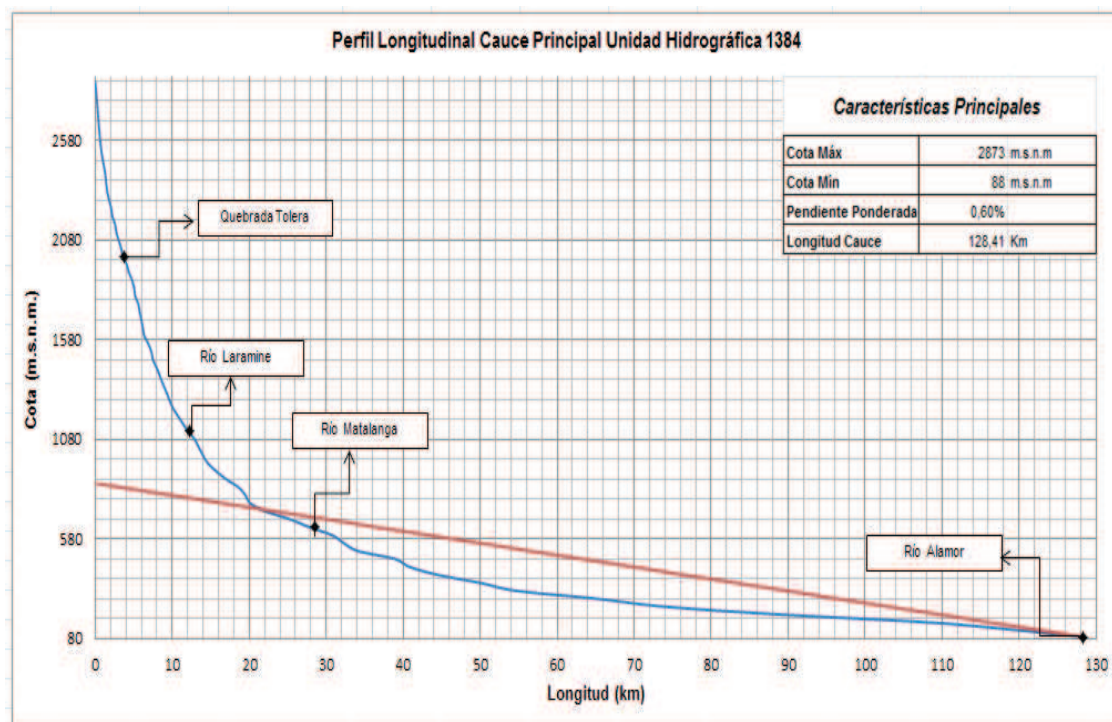
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1387



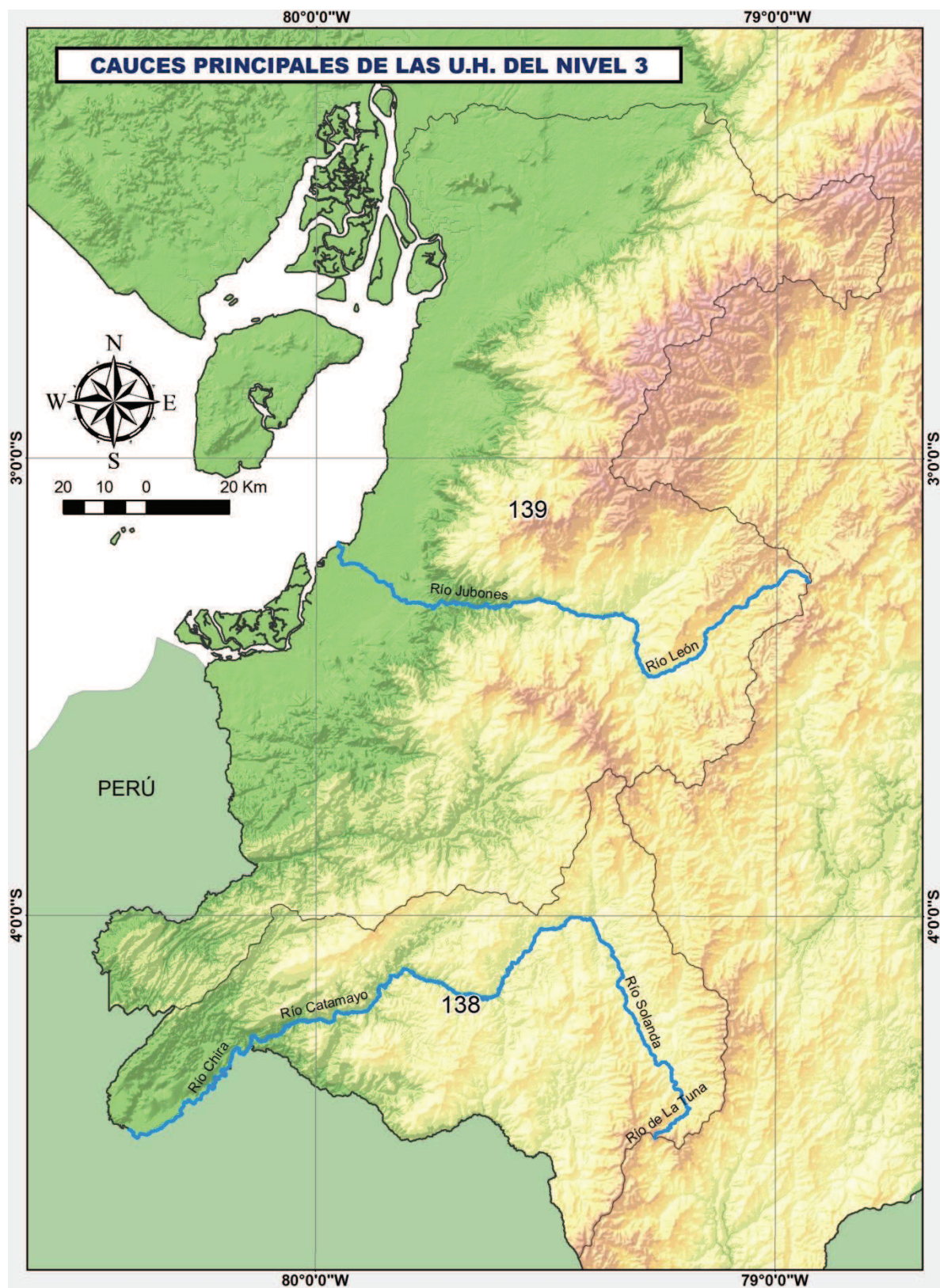
### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1385



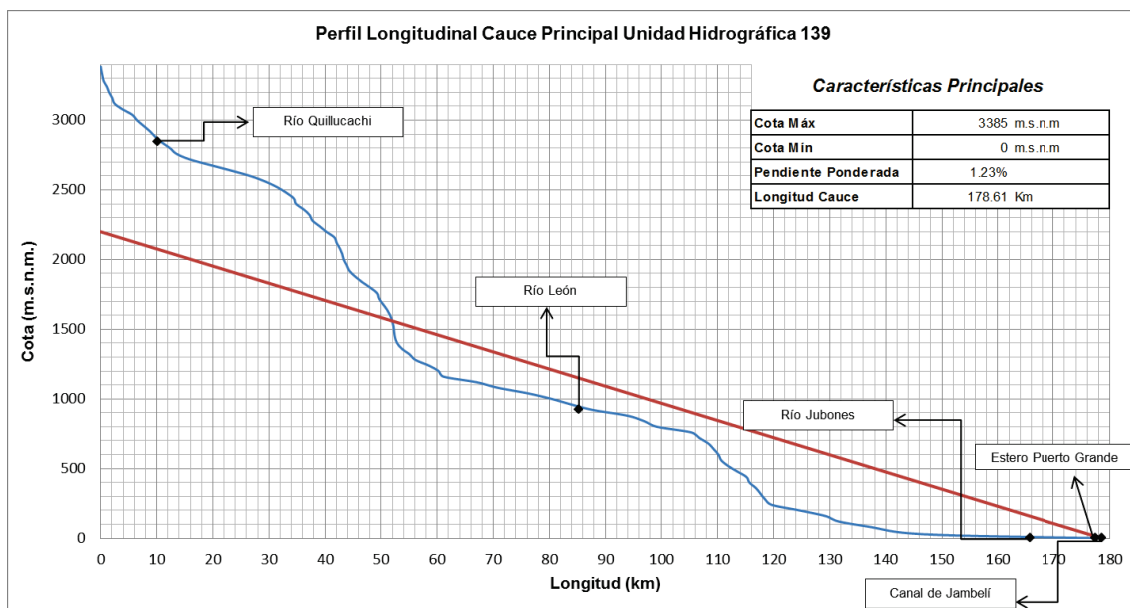
## Perfil cauce principal unidad hidrográfica 1384



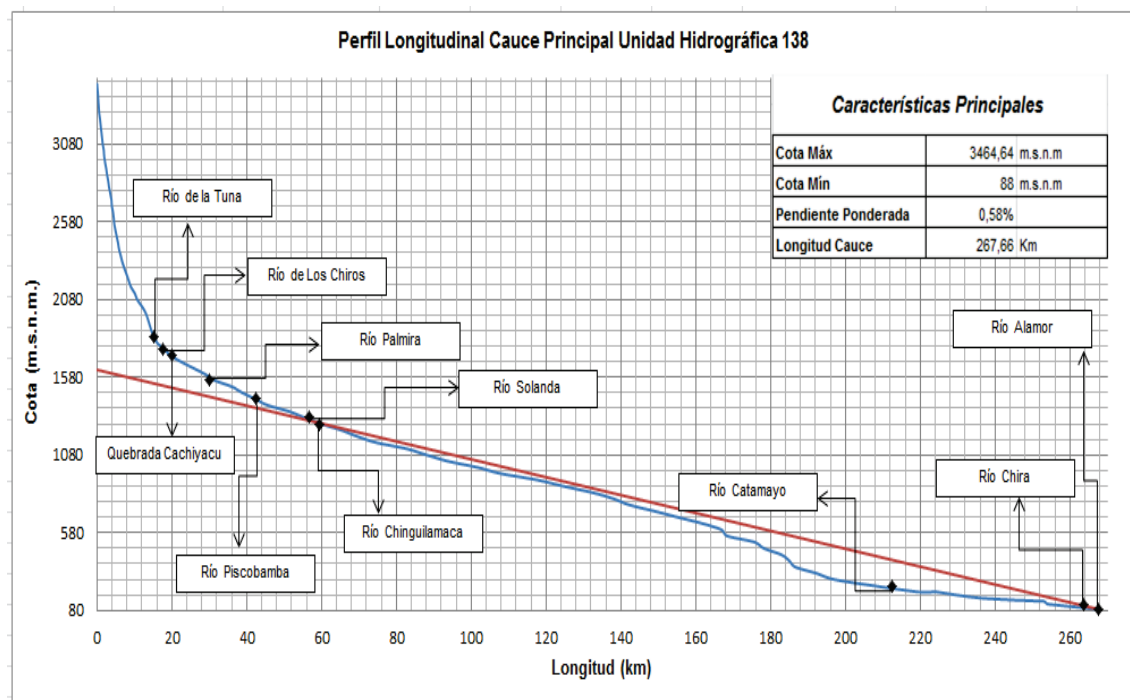
### Mapa de los cauces principales de las unidades hidrográficas del Nivel 3



### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 139



### Perfil cauce principal unidad hidrográfica 138





## **ANEXO N° 3**

### **INFORMACIÓN METEOROLÓGICA**

#### **a) SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- Listado de estaciones meteorológicas
- Resumen método regresión – correlación

NOTA: Esta información se incluye en el Anexo Digital en el CD2

#### **b) MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR**

- Información incluida en el Anexo Digital en el CD2

CÓDIGO	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO	LONGITUD (°, ', '')	LATITUD (°, ', '')	ALTURA (ms.n.m)	U.H.	CLASE DE ESTACIÓN		
							PREC.	TEMP.	EVAP.
M435	ALAMOR	PV	80G 1' 40" W	4G 1' 7" S	1250	1384	A	-	-
M437	SAUCILLO(ALAMOR EN)	PV	80G 11' 55" W	4G 16' 51" S	328	1384	A	-	-
M762	MERCADILLO	PV	79G 59' 5" W	4G 1' 10" S	1125	1384	B	-	-
M765	SABANILLA-PREDESUR	PV	80G 6' 43" W	4G 9' 52" S	733	1384	B	-	-
MB87	POZUL COLEGIO AGROP.RODRIGUEZ	CO	80G 3' 24" W	4G 6' 54" S	1739	1384	C	C	C
M151	ZAPOTILLO	AU, CO	80G 14' 11" W	4G 22' 57" S	223	1387	A	B	C
M065	MACARA AEROPUERTO	AR	79G 56' 20" W	4G 22' 28" S	427	1388	C	C	-
M149	GONZANAMA	PV	79G 25' 52" W	4G 13' 49" S	2042	1388	A	B	B
M150	AMALUZA INAMHI	AU, CO	79G 25' 50" W	4G 35' 5" S	1672	1388	A	A	B
M237	MACARA INERHI	CO	79G 57' 0" W	4G 23' 0" S	430	1388	C	C	-
M241	QUILANGA	AU, PV	79G 23' 57" W	4G 18' 5" S	1819	1388	B	B	C
M433	EL LUCERO INAMHI	PV	79G 28' 18" W	4G 23' 59" S	1180	1388	A	-	-
M438	JIMBURA	PV	79G 27' 54" W	4G 37' 41" S	2100	1388	A	-	-
M439	SABIANGO INAMHI	PV	79G 48' 37" W	4G 21' 40" S	700	1388	A	-	-
M750	AMALUZA PREDESUR	PV	79G 25' 0" W	4G 35' 0" S	1720	1388	C	-	-
M761	EL LUCERO PREDESUR	PV	79G 28' 0" W	4G 24' 0" S	1300	1388	C	-	-
M766	SABIANGO PREDESUR	PV	79G 48' 35" W	4G 21' 35" S	740	1388	C	-	-
MA58	EL INGENIO	AU	79G 25' 55" W	4G 24' 53" S	1189	1388	C	-	-
M060	LA TOMA-CATAMAYO	AR	79G 22' 15" W	3G 59' 34" S	1230	1389	C	C	-
M143	MALACATOS	CO	79G 16' 16" W	4G 12' 58" S	1453	1389	A	A	C
M144	VILCABAMBA	AU	79G 13' 4" W	4G 15' 46" S	1563	1389	B	B	-
M145	QUINARA INAMHI	CO	79G 14' 36" W	4G 18' 50" S	1559	1389	B	A	B
M146	CARIAMANGA	AU, CO	79G 33' 16" W	4G 20' 0" S	1950	1389	A	A	C
M147	YANGANA	AU, CO	79G 10' 29" W	4G 22' 5" S	1835	1389	A	A	C
M152	ZAPOTEPAMBA	CO	79G 45' 58" W	4G 2' 31" S	940	1389	C	C	C
M240	LAS COCHAS	CO	79G 33' 20" W	4G 3' 0" S	1350	1389	C	C	C
M434	SOZORANGA INAMHI	PV	79G 47' 20" W	4G 19' 29" S	1427	1389	A	-	-
M515	CATACOCOA	PV	79G 38' 40" W	4G 3' 21" S	1808	1389	A	-	-
M542	EL CISNE	PV	79G 25' 37" W	3G 51' 8" S	2218	1389	C	-	-
M543	CAJANUMA	PV	79G 12' 19" W	4G 4' 50" S	2267	1389	B	-	-
M544	COLAISACA	PV	79G 41' 35" W	4G 19' 0" S	2410	1389	A	-	-
M756	CHANGAIMINA	AU, PV	79G 31' 25" W	4G 13' 16" S	1935	1389	B	-	-
M759	EL TAMBO-LOJA	PV	79G 18' 0" W	4G 4' 25" S	1580	1389	B	-	-
M760	LAURO GUERRERO	PV	79G 45' 31" W	3G 58' 5" S	1910	1389	B	-	-
M763	NAMBACOLA	CO	79G 26' 2" W	4G 8' 26" S	1822	1389	B	-	-
M764	QUINARA (PREDESUR)	CO	79G 14' 36" W	4G 18' 50" S	1559	1389	B	C	C
M768	SOZORANGA PREDESUR	PV	79G 47' 20" W	4G 19' 29" S	1427	1389	B	-	-
M769	UTUANA	PV	79G 42' 40" W	4G 21' 30" S	2410	1389	C	-	-
MB88	NAMBACOLA-COLEGIO AGROP.CUEVA	CP	79G 25' 52" W	4G 8' 13" S	1835	1389	C	C	C

CÓDIGO	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO	LONGITUD (°, ', ")	LATITUD (°, ', ")	ALTURA (ms.n.m)	U.H.	CLASE DE ESTACIÓN		
							PREC.	TEMP.	EVAP.
MB1K	EL ALMENDRAL - GRANJA ALMENDRAL	AU	79G 47' 34" W	4G 2' 22" S	1040	1389	C	C	C
M180	ZARUMA	CO	79G 36' 41" W	3G 41' 56" S	1100	1394	A	A	-
M181	MARCABELI	CP	79G 54' 32" W	3G 46' 58" S	520	1394	C	C	C
M232	PUENTE PUYANGO	CO	80G 4' 43" W	3G 54' 3" S	305	1394	C	C	C
M236	EL TABLON	CO	79G 39' 0" W	3G 43' 0" S	753	1394	C	C	C
M239	EL SALADO-PREDESUR	CO	79G 38' 37" W	3G 43' 22" S	576	1394	C	C	C
M479	PORTOVELO	PV	79G 37' 7" W	3G 42' 38" S	747	1394	B	C	C
M480	RIO PINDO(AJ AMARILLO)	PV	79G 38' 5" W	3G 45' 46" S	610	1394	C	-	-
M735	AYAPAMBA	PV	79G 40' 30" W	3G 37' 0" S	1425	1394	C	-	-
M736	BALSAS	PV	79G 49' 30" W	3G 46' 0" S	700	1394	C	-	-
M739	GUAYACAN	PV	79G 43' 15" W	3G 46' 29" S	1160	1394	C	-	-
M740	HUERTAS	PV	79G 37' 47" W	3G 36' 6" S	1350	1394	C	-	-
M743	MOROMORO	PV	79G 44' 28" W	3G 40' 48" S	980	1394	C	-	-
M744	PACCHA	PV	79G 39' 45" W	3G 35' 8" S	1540	1394	C	-	-
M748	SALATI	PV	79G 32' 0" W	3G 45' 0" S	1150	1394	C	-	-
M751	BUENAVISTA	PV	79G 42' 45" W	3G 53' 15" S	1020	1394	C	-	-
M752	CAZADEROS	PV	80G 28' 30" W	4G 5' 0" S	290	1394	C	-	-
M753	CIANO	PV	79G 57' 40" W	3G 55' 35" S	1470	1394	C	-	-
M754	CHAGUARPAMBA	PV	79G 57' 40" W	3G 55' 35" S	1470	1394	C	-	-
M755	CHAGUARGUAYCO	PV	80G 18' 40" W	4G 1' 0" S	290	1394	C	-	-
M757	EL LIMO	PV	80G 7' 30" W	3G 59' 0" S	1150	1394	C	-	-
M758	EL PRADO(GUAYQUICHUMA) 200 CC	PV	79G 33' 36" W	3G 49' 16" S	850	1394	C	-	-
M770	ORIANGA	PV	79G 52' 2" W	3G 53' 35" S	1140	1394	C	-	-
M773	PIÑAS	PV	79G 42' 10" W	3G 40' 36" S	1126	1394	A	-	-
MA32	ZAMBI (PREDESUR)	PV	79G 32' 7" W	3G 54' 37" S	1450	1394	C	-	-
M012	LA CUCA	AG	80G 3' 25" W	3G 29' 32" S	53	1395	C	C	C
M072	MACHALA AEROPUERTO	AR	79G 57' 40" W	3G 15' 50" S	4	1395	C	C	-
M179	ARENILLAS	CO	80G 3' 14" W	3G 32' 27" S	26	1395	B	B	B
M182	CARCABON	PV	80G 11' 19" W	3G 37' 14" S	35	1395	C	C	-
M183	SANTA ROSA-EL ORO	CO	79G 55' 46" W	3G 27' 22" S	30	1395	C	C	C
M195	PUERTO BOLIVAR	CO	80G 0' 0" W	3G 15' 24" S	4	1395	C	C	C
M238	TAHUIN-REPRESA	CO	80G 0' 26" W	3G 37' 48" S	120	1395	C	C	C
M482	CHACRAS	CO	80G 11' 53" W	3G 32' 37" S	60	1395	A	A	C
M569	SARACAY	PV	79G 52' 0" W	3G 38' 37" S	180	1395	C	-	-
M741	LAS LAJAS	PV	80G 1' 15" W	3G 46' 17" S	430	1395	C	-	-
M742	LA VICTORIA PREDESUR	PV	80G 3' 52" W	3G 47' 7" S	410	1395	C	-	-
M745	PALMALES	PV	80G 5' 54" W	3G 39' 55" S	120	1395	C	-	-
M746	QUEBRADA SECA	PV	80G 10' 56" W	3G 39' 50" S	80	1395	C	-	-
M747	RIO CHICO-EL ORO	PV	79G 51' 0" W	3G 28' 0" S	50	1395	C	-	-
M749	TAHUIN	PV	80G 0' 5" W	3G 37' 48" S	100	1395	C	-	-

CÓDIGO	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO	LONGITUD (°, ', ")	LATITUD (°, ', ")	ALTURA (ms.n.m)	U.H.	CLASE DE ESTACIÓN		
							PREC.	TEMP.	EVAP.
M032	SANTA ISABEL INAMHI	AU, CP	79G 16' 36" W	3G 14' 51" S	1450	1396	C	C	C
M040	PASAJE	PV	79G 46' 8" W	3G 19' 19" S	40	1396	A	C	C
M142	SARAGURO	CO	79G 14' 2" W	3G 36' 43" S	2525	1396	A	A	-
M196	MINAS DE HUASCACHACA	CO	79G 19' 44" W	3G 19' 55" S	1040	1396	C	C	C
M292	GRANJA STA.INES(UTM)	AU, AG	79G 54' 5" W	3G 17' 16" S	5	1396	A	A	B
M419	GIRON	PV	79G 8' 58" W	3G 9' 14" S	2130	1396	A	-	-
M420	NABON INAMHI	PV	79G 3' 58" W	3G 20' 2" S	2750	1396	A	-	-
M421	ONNA	PV	79G 9' 15" W	3G 27' 52" S	2320	1396	A	-	-
M422	HDA.STA.LUCIA-CAMINO RIRCAY	PV	79G 15' 26" W	3G 16' 20" S	1310	1396	A	-	-
M423	SUSUDEL-CASERIO	PV	79G 11' 6" W	3G 23' 55" S	2600	1396	B	-	-
M425	TENDALES-JUBONES DJ SAN FCO.	PV	79G 28' 49" W	3G 18' 51" S	750	1396	C	-	-
M428	PEDERNALES-AZUAY	PV	79G 21' 31" W	3G 6' 26" S	3450	1396	C	-	-
M481	USHCURRUMI	PV	79G 35' 0" W	3G 19' 16" S	290	1396	A	-	-
M666	SAN FERNANDO INECEL	PV	79G 10' 24" W	3G 10' 6" S	1750	1396	B	-	-
M738	GUANAZAN	PV	79G 30' 0" W	3G 27' 0" S	2580	1396	C	-	-
MA1X	YANALLPA CONVENIO INAMHI-CESA	CO	79G 1' 0" W	3G 16' 0" S	0	1396	C	C	C
MB08	CARTAGENA-OÑA	CO	79G 9' 51" W	3G 24' 34" S	2051	1396	C	C	C
MB86	PUCARA-COLEGIO TEC.AGROP.	CO	79G 27' 50" W	3G 12' 22" S	3113	1396	C	C	-
M176	NARANJAL	AU, CO	79G 37' 3" W	2G 39' 42" S	25	1397	A	A	-
M184	PAGUA	CO	79G 45' 25" W	3G 4' 46" S	8	1397	B	B	B
M185	MACHALA-UTM - PAGUA	CO	79G 44' 0" W	3G 6' 0" S	13	1397	A	B	B
M228	PUNA	CO	79G 54' 5" W	2G 44' 3" S	45	1397	C	C	C
M521	PUENTE SOLEDAD	PV	79G 42' 0" W	2G 49' 0" S	0	1397	C	-	-
M665	CHAUCHA	PV	79G 25' 0" W	2G 54' 45" S	1880	1397	C	-	-
MA87	NARANJAL-MARFRISCO	CO	79G 45' 24" W	2G 48' 6" S	16	1397	C	C	-
MB09	ISLA PUNA-SECTOR BELLAVISTA	CO	80G 13' 04" W	2G 46' 8" S	8	1397	C	C	-
M031	CAÑAR	AU, CP	78G 56' 43" W	2G 33' 7" S	3083	1398	A	A	A
M157	CHURUTE	CP	79G 36' 0" W	2G 28' 0" S	8	1398	C	C	-
M199	PATOCOCHA	CP	79G 0' 24" W	2G 35' 12" S	3401	1398	C	C	C
M242	CARSHAO	CE	78G 56' 52" W	2G 26' 11" S	4000	1398	C	-	-
M411	INGAPIRCA	PV	78G 52' 29" W	2G 32' 21" S	3100	1398	A	-	-
M412	SUSCALPAMBA	AU, PV	79G 3' 51" W	2G 27' 38" S	2763	1398	A	-	-
M477	PUERTO INCA(CANNAR EN)	PV	79G 32' 38" W	2G 31' 49" S	50	1398	A	-	-
M522	CAÑAR AJ RAURA	PV	79G 4' 21" W	2G 29' 30" S	1200	1398	C	-	-
M537	SAN JACOBO-VAINILLO	PV	79G 30' 6" W	2G 27' 3" S	25	1398	C	-	-
M667	PATUL	PV	79G 13' 10" W	2G 42' 0" S	3870	1398	C	-	-
M687	HONDO HUAYCO	PV	78G 59' 16" W	2G 29' 19" S	2750	1398	C	-	-
M733	BOCATOMA-CANNAR	PV	79G 19' 12" W	2G 30' 56" S	165	1398	C	-	-
M038	MANUEL J.CALLE	CP	79G 22' 27" W	2G 22' 27" S	50	1399	C	C	C

CÓDIGO	NOMBRE DE ESTACIÓN	TIPO	LONGITUD (° , ' , '' )	LATITUD (° , ' , '' )	ALTURA (ms.n.m)	U.H.	CLASE DE ESTACIÓN		
							PREC.	TEMP.	EVAP.
M230	BOCATOMA-CULEBRAS	CO	79G 28' 57" W	2G 21' 52" S	27	1399	C	C	C
M231	LA PUNTILLA-PANCHO NEGRO	CP	79G 17' 9" W	2G 26' 43" S	68	1399	C	C	C
M233	PARRAQUETE GRANDE	CP	79G 35' 0" W	2G 23' 0" S	0	1399	C	C	C
M413	COCHANCAY	PV	79G 17' 54" W	2G 27' 17" S	185	1399	C	-	-
M527	COCHANCAY LA CADENA	PV	79G 24' 56" W	2G 24' 9" S	40	1399	C	-	-
M536	SAN GERARDO-CANNAR	PV	79G 19' 45" W	2G 25' 44" S	81	1399	C	-	-
M858	EMPALME	PV	79G 29' 0" W	2G 17' 0" S	0	1399	C	-	-
M859	PARAISO	PV	79G 26' 0" W	2G 16' 0" S	0	1399	C	-	-
M865	ACHIOTE	PV	79G 20' 0" W	2G 17' 0" S	0	1399	C	-	-
M866	ADELINA MARIA	PV	79G 27' 0" W	2G 15' 0" S	0	1399	C	-	-
MA2U	INGENIO AZTRA (LA TRONCAL)	AU, CP	79G 21' 09" W	2G 26' 15" S	89	1399	A	A	C
MA53	HACIENDA TAURA (BANATEL)	CP	79G 38' 10" W	2G 21' 0" S	12	1399	C	C	C
MA70	COSMOAGRO	CP	79G 11' 47" W	2G 14' 8" S	437	1399	C	C	-
MA78	PRIMO BANANO	CO	79G 28' 30" W	2G 15' 0" S	0	1399	C	-	-

## RESUMEN MÉTODO REGRESIONES - CORRELACIONES

VARIABLE: Temperatura media (°C).

ESTACIÓN y		ESTACIÓN x		PARÁMETROS ECUACIÓN		COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ( r )
CÓDIGO	U.H.	CÓDIGO	U.H.	a	b	
M482	1395	M292	1396	0.87	4.17	0.96
M482	1395	M179	1395	0.96	1.33	0.95
M176	1396	M292	1396	0.71	8.04	0.96
M176	1396	M1095	1399	0.85	1.06	0.91
M185	1397	M176	1397	1.22	6.80	0.95
M1095	1399	M176	1396	0.97	4.10	0.91
M292	1396	M176	1396	0.71	8.04	0.96

## RESUMEN MÉTODO REGRESIONES - CORRELACIONES

VARIABLE: Precipitación media diaria (mm).

ESTACIÓN y		ESTACIÓN x		PARAMETROS ECUACIÓN		COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
CÓDIGO	U.H.	CÓDIGO	U.H.	a	b	(r)
M435	1384	M437	1384	1.03	44.75	0.88
M437	1384	M435	1384	0.75	-16.9	0.88
M151	1387	M437	1384	0.97	1.88	0.93
M149	1388	M438	1388	0.75	27.47	0.73
M150	1388	M146	1389	0.48	15.07	0.71
M433	1388	M756	1389	0.62	12.31	0.78
M433	1388	M149	1388	0.62	16.53	0.78
M438	1388	M149	1388	0.72	33.47	0.73
M439	1388	M434	1389	0.97	-3.04	0.94
M143	1389	M146	1389	0.27	21.09	0.7
M146	1389	M434	1389	0.79	33.28	0.88
M146	1389	M515	1389	1.24	21.66	0.9
M147	1389	M515	1389	0.56	53.68	0.78
M434	1389	M515	1389	1.36	1.49	0.9
M515	1389	M146	1389	0.65	0.35	0.9
M515	1389	M434	1389	0.59	14.05	0.9
M544	1389	M439	1388	0.73	28.85	0.79
M180	1394	M419	1396	1.65	8.66	0.79
M773	1394	M180	1396	0.77	11.06	0.89
M482	1395	M292	1396	0.93	-9.13	0.87
M482	1395	M179	1395	0.77	-8.82	0.92
M040	1396	M481	1396	1.22	9.72	0.73
M142	1396	M419	1396	0.5	32.33	0.72
M292	1396	M185	1397	0.53	-10.29	0.91
M292	1396	M481	1396	0.72	5.6	0.72
M419	1396	M422	1396	1.12	24.04	0.72
M420	1396	M142	1396	0.71	16.03	0.7
M421	1396	M422	1396	0.59	17.11	0.7
M422	1396	M421	1396	0.83	3.24	0.7
M176	1397	M477	1398	0.18	13.38	0.83
M176	1397	M185	1397	0.22	7.5	0.83
M185	1397	M176	1397	3.15	19.42	0.83
M185	1397	M481	1396	1.41	38.81	0.7
M031	1398	M411	1398	0.52	12.97	0.76
M411	1398	M031	1398	1.11	6.2	0.76
M412	1398	MA2U	1399	0.31	24.07	0.83
M477	1398	M412	1398	1.73	-16.23	0.82
MA2U	1399	M412	1398	2.22	-5.57	0.83

## **ANEXO N° 4**

### **INFORMACIÓN HIDROLÓGICA**

#### **A) SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- Listado de estaciones hidrológicas
- Resumen de regresiones y correlaciones
- Curvas de duración general

NOTA: Esta información se incluye en el Anexo Digital en el CD1

#### **B) MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR**

- Información incluida en el Anexo Digital en el CD2

CODIGO	NOMBRE DE ESTACION	TIPO	LONGITUD (°, ', ")	LATITUD (°, ', ")	ELEVACION (m s.n.m.)	CLASE DE ESTACION	U.H
H447	BULUBULU AJ PAYO	LG	79°32'57,06"W	2°16'4,08"S	40	B	1399
H448	PAYO AJ BULUBULU	LM	79°21'56,94"W	2°21'24"S	25	B	1399
H466	SILANTE EN INGAPIRCA	LM	78°51'52,5"W	2°31'49,68"S	3138	A	1398
H467	VENDELECHE EN HDA.LA CURIA	LM	78°52'21,18"W	2°34'55,62"S	3043	C	1398
H468	SAN PEDRO EN INGAPIRCA	LM	78°52'35,34"W	2°34'8,7"S	2700	A	1398
H470	SAN ANTONIO DJ QDA.YURACYACU	LM	78°52'14,94"W	2°25'34,98"S	0	C	1398
H471	CAÑAR DJ RAURA	LM	79°9'25,2"W	2°29'4,32"S	984	A	1398
H472	CAÑAR EN PTO.INCA	LM	79°32'59,16"W	2°32'34,62"S	19	B	1398
H503	TENGUEL EN TENGUEL	LM	79°47'22,08"W	2°59'38,22"S	14	A	1397
H505	PAGUA EN PTE.CARRETERA	LM	79°45'33"W	3°5'15,96"S	13	C	1397
H506	PAGUA AJ BONITO(AJ SIETE)	LM	79°48'44,16"W	3°4'42,06"S	30	C	1397
H507	BONITO EN PTE.CARRETERA(AJ PAGUA)	LM	79°46'3,96"W	3°6'27"S	30	C	1397
H508	CHAGUANA EN PTE.CARRETERA	LM	79°47'27,96"W	3°12'30,42"S	14	C	1397
H526	PAQUISHAPA EN PTE.CARRETERA	LM	79°12'43,14"W	3°37'4,86"S	2206	C	1396
H527	LEON EN PTE.CARRETERA	LG	79°9'42,66"W	3°25'17,22"S	2020	B	1396
H528	JUBONES DJ MINAS	LM	79°22'47,94"W	3°20'34,98"S	1120	C	1396
H529	JUBONES DJ S.FRANCISCO	LG	79°30'26,1"W	3°18'41,22"S	712	A	1396
H530	JUBONES EN USHCURRUMI	LM	79°35'56,52"W	3°19'26,04"S	282	A	1396
H531	CASACAY AJ JUBONES	LM	79°43'32,94"W	3°19'9,3"S	134	B	1396
H532	CANAL CERRITOS	LM	79°45'39,96"W	3°19'9,96"S	50	B	1396
H533	JUBONES EN PTE.IBERIA	LM	79°52'9"W	3°15'15"S	12	C	1396
H534	SAN FRANCISCO AJ JUBONES	LG	79°28'36,96"W	3°18'48,96"S	740	C	1396
H547	RIRCAY EN P.ALTO SALTANA	LM	79°12'58,26"W	3°15'9,36"S	249	C	1396
H571	RASPA EN ASERRIO(BUENA VISTA)	LM	79°47'24"W	3°24'27,96"S	0	B	1396
H572	CALUGURO ABT CANAL DE RIEGO	LM	79°52'20,34"W	3°30'31,98"S	55	C	1395
H573	SANTA ROSA EN EL VADO	LM	79°56'49,74"W	3°33'23,28"S	80	A	1395
H574	ARENILLAS EN ARENILLAS	LM	80°3'25,26"W	3°33'37,62"S	20	A	1395
H586	CALERA AJ AMARILLO	LG	79°38'44,94"W	3°40'54,06"S	680	C	1394
H587	PINDO AJ AMARILLO	LG	79°38'0,96"W	3°45'39,96"S	90	A	1394
H588	AMARILLO EN PORTOVELO	LM	79°36'53,58"W	3°42'54,36"S	660	B	1394
H589	PUYANGO AJ MARCABELI	LG	79°55'57"W	3°49'39,96"S	0	B	1394
H590	MARCABELI AJ PUYANGO	LM	79°55'52,98"W	3°49'4,98"S	0	C	1394
H591	PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA)	LG	80°4'31,44"W	3°52'57,9"S	300	A	1394
H592	MOROMORO EN MOROMORO	LM	79°44'33,96"W	3°41'18,96"S	0	C	1394
H616	ALAMOR EN SAUCILLO(DJ CELICA)	LG	80°11'48,6"W	4°15'30,3"S	247	A	1384
H617	ARENAL EN PTE.BOQUERON	LM	79°22'34,98"W	4°3'25,08"S	1143	A	1389
H619	CANAL ARENAL	LM	79°22'24,96"W	4°3'15"S	1143	A	1389
H620	CATAMAYO EN PTE.SANTA ROSA	LG	79°51'49,5"W	4°9'40,92"S	640	C	1389
H621	JORUPE EN AMALUZA	LM	79°25'30,96"W	4°34'39"S	1762	A	1388

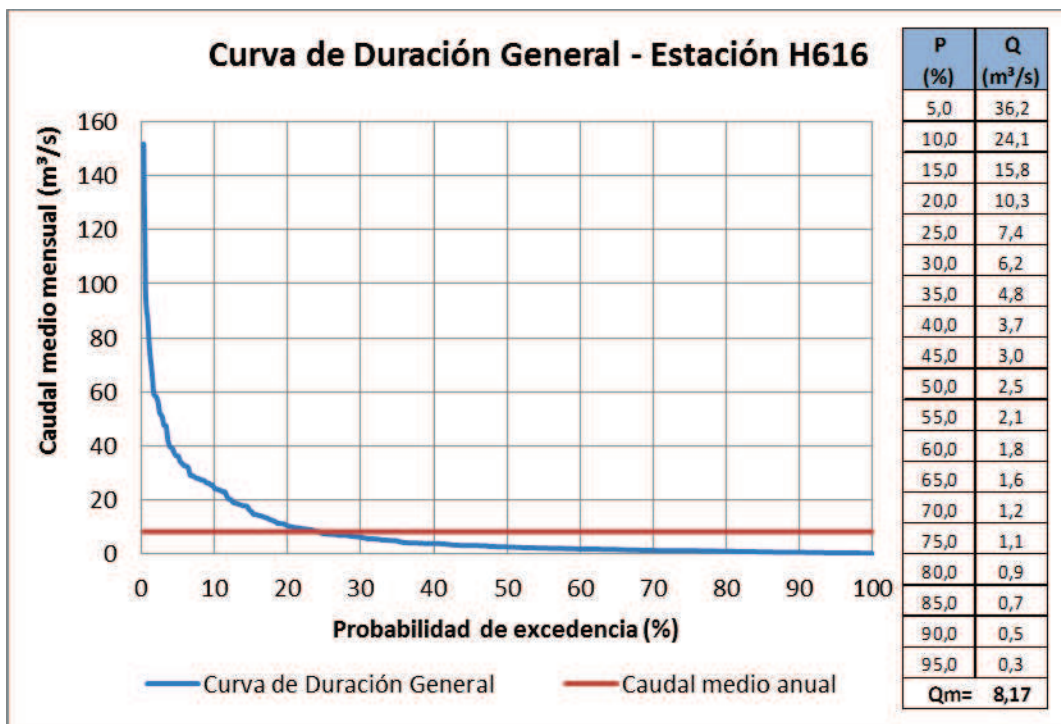


CODIGO	NOMBRE DE ESTACION	TIPO	LONGITUD (°, ', ")	LATITUD (°, ', ")	ELEVACION (m s.n.m.)	CLASE DE ESTACION	U.H
H622	MALACATUS EN MALACATUS	LM	79°15'23,76"W	4°13'10,74"S	1657	C	1389
H625	ALAMOR EN PTE.MERCADILLO	LM	79°12'54"W	3°36'42"S	1080	A	1396
H626	MACARA EN PTE.INTERNAIONAL	LG	79°57'48,36"W	4°23'38,94"S	435	B	1388
H627	UCHIMA AJ CHAMBA	LM	79°12'6"W	4°13'54,96"S	1603	A	1389
H628	CATAMAYO DJ GUAYABAL	LG	79°24'47,1"W	4°0'26,34"S	1120	C	1389
HA47	RASPA EN ASERRIO	LM	79°48'2,94"W	3°24'21,96"S	80	C	1396
HB32	CATAMAYO EN PTE. VICIN	LM	80°16'12,96"W	4°16'0"S	257	C	1384

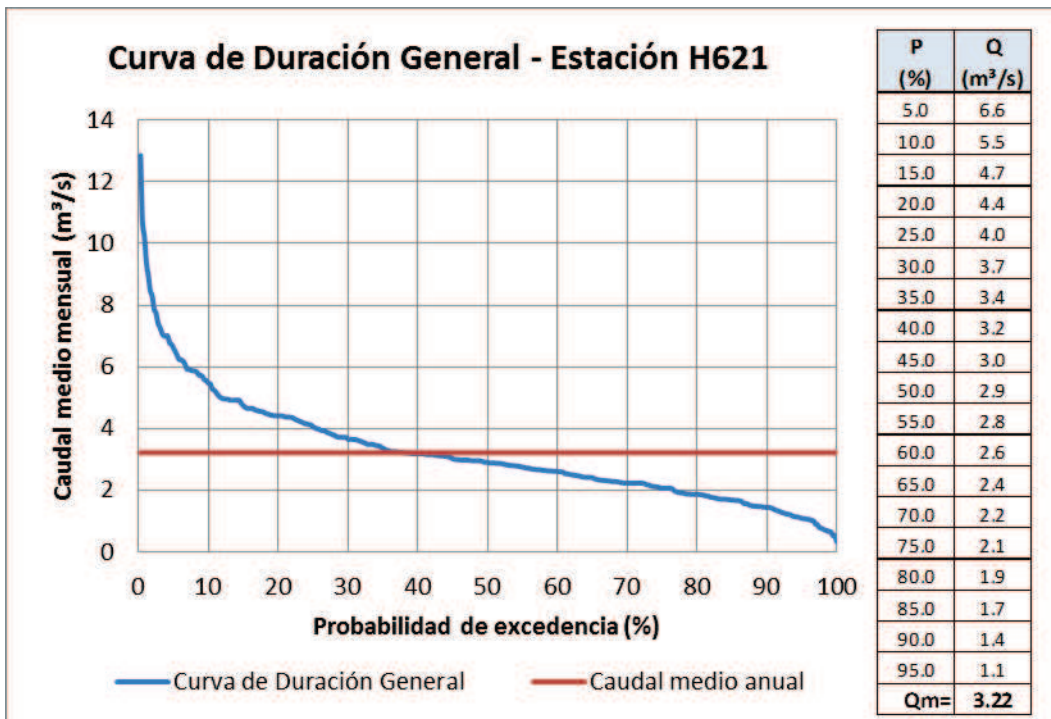
### Resumen de regresiones y correlaciones

ESTACIÓN y		ESTACIÓN x		PARÁMETROS ECUACIÓN		COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r)
CÓDIGO	U.H.	CÓDIGO	U.H.	a	b	
H587	1394	H591	1394	0,23	4,76	0,93
H591	1394	H587	1394	3,83	-5,82	0,93
H573	1395	H574	1395	0,17	0,61	0,7
H574	1395	H573	1395	2,87	1,54	0,7
H529	1396	H530	1396	0,79	4,94	0,72
H503	1397	H530	1396	0,10	-1,24	0,77
H466	1398	H468	1398	0,26	0,33	0,7
H468	1398	H466	1398	1,89	1,36	0,7
H471	1398	H503	1397	1,96	6,33	0,7
H447	1399	H472	1398	0,24	2,37	0,81

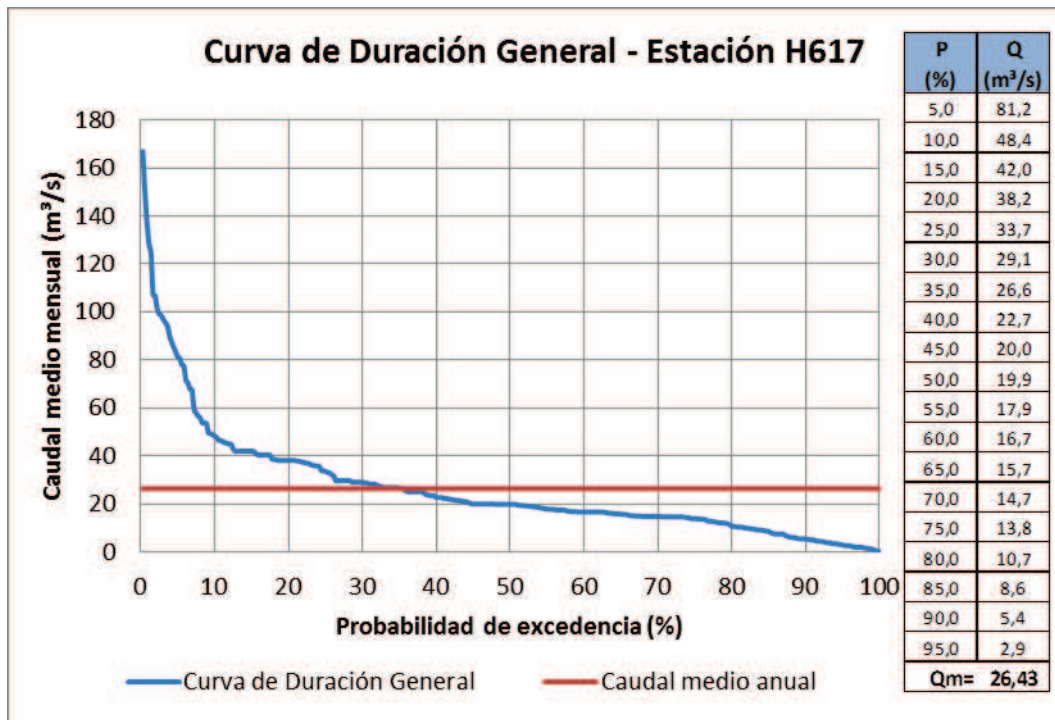
### Curvas de Duración General Unidad Hidrográfica 1384



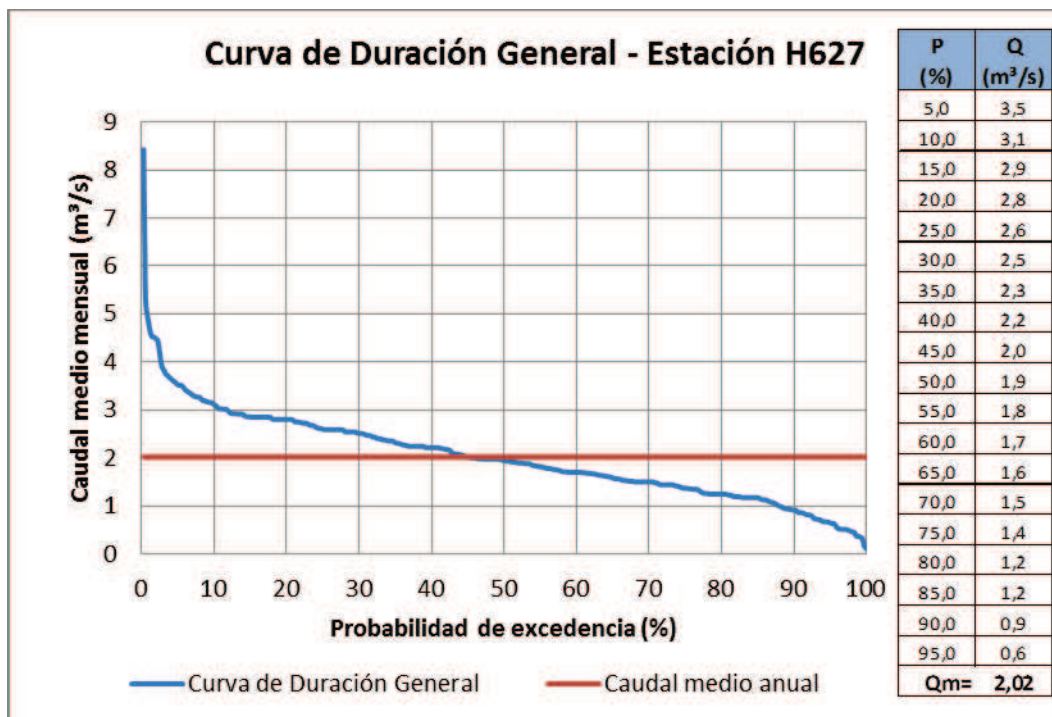
### Unidad Hidrográfica 1388



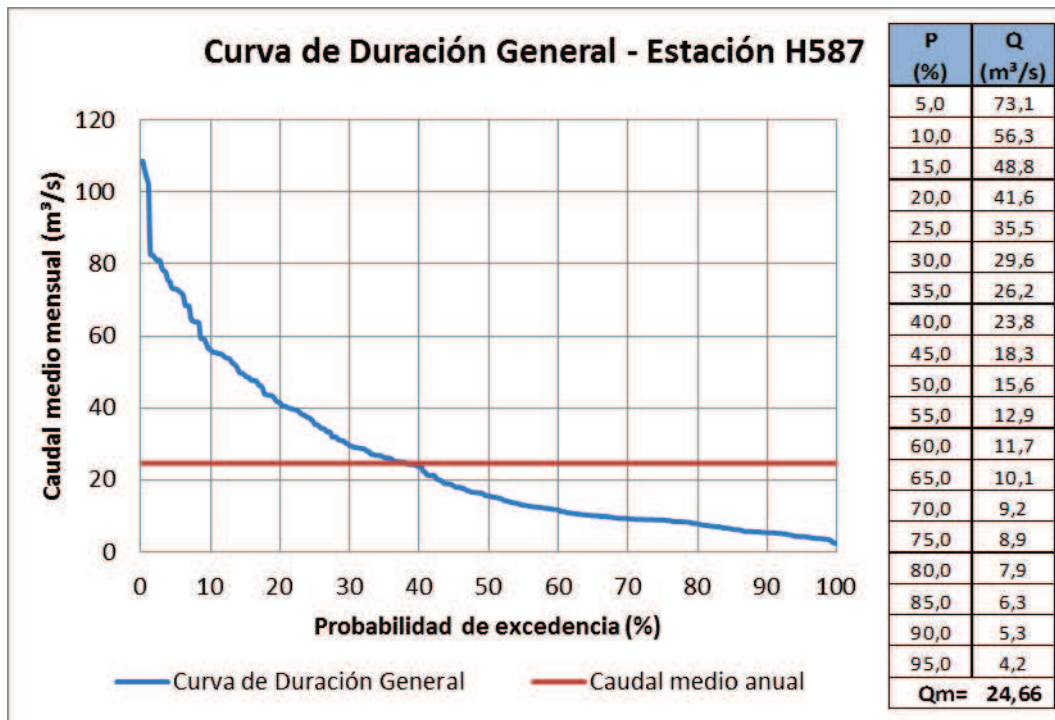
### Unidad Hidrográfica 1389



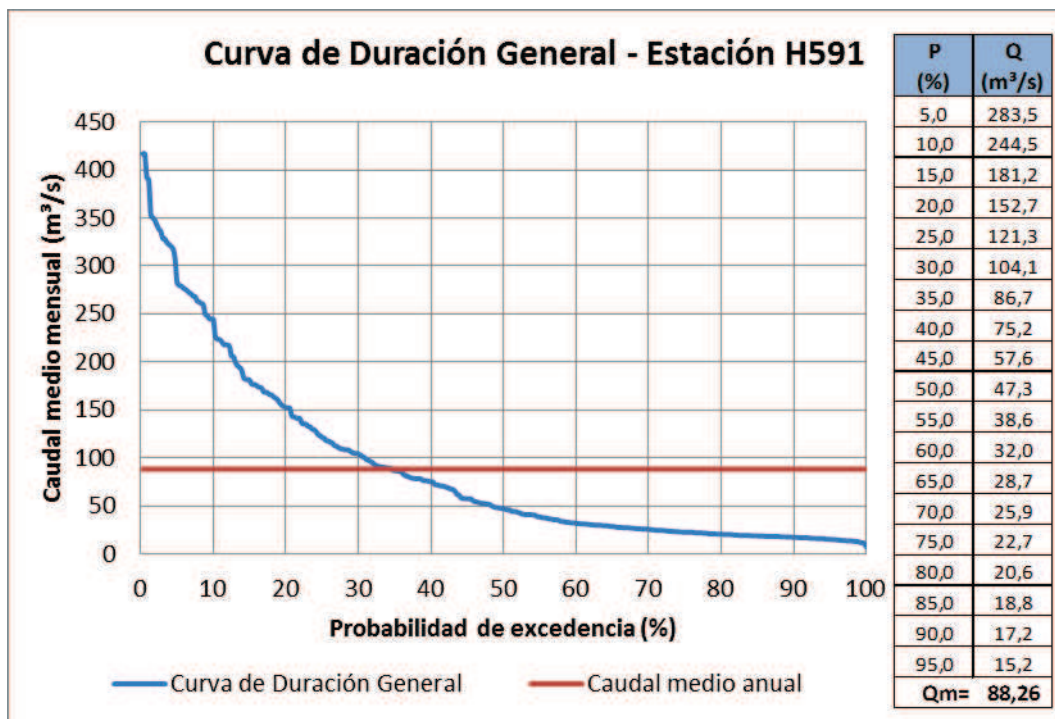
### Unidad Hidrográfica 1389



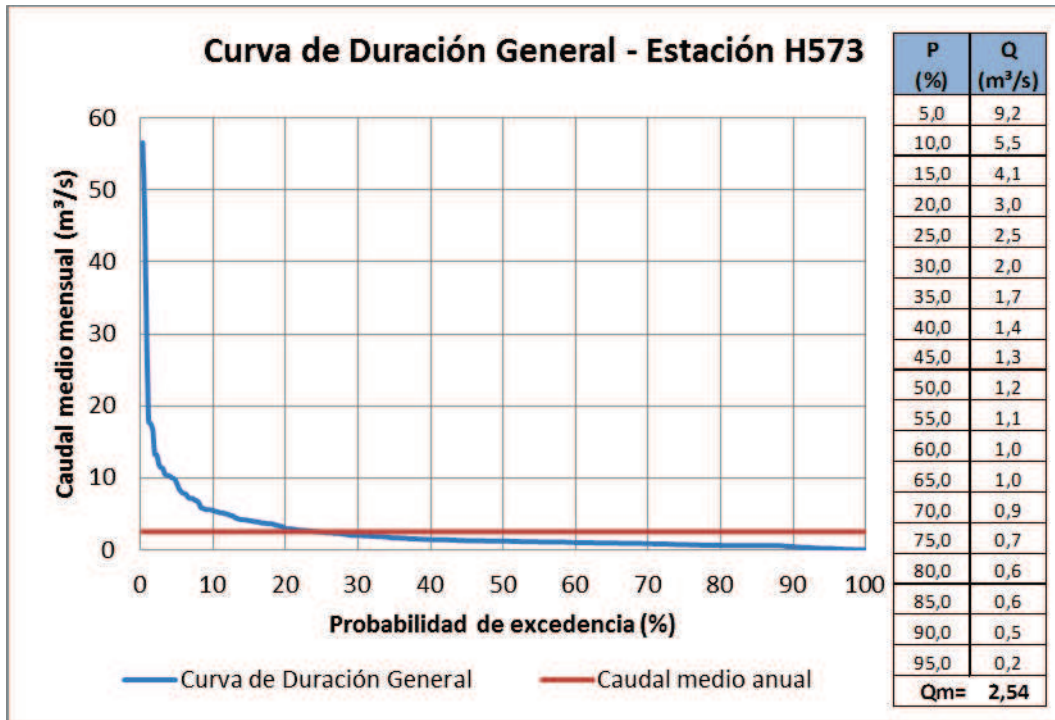
## Unidad Hidrográfica 1394



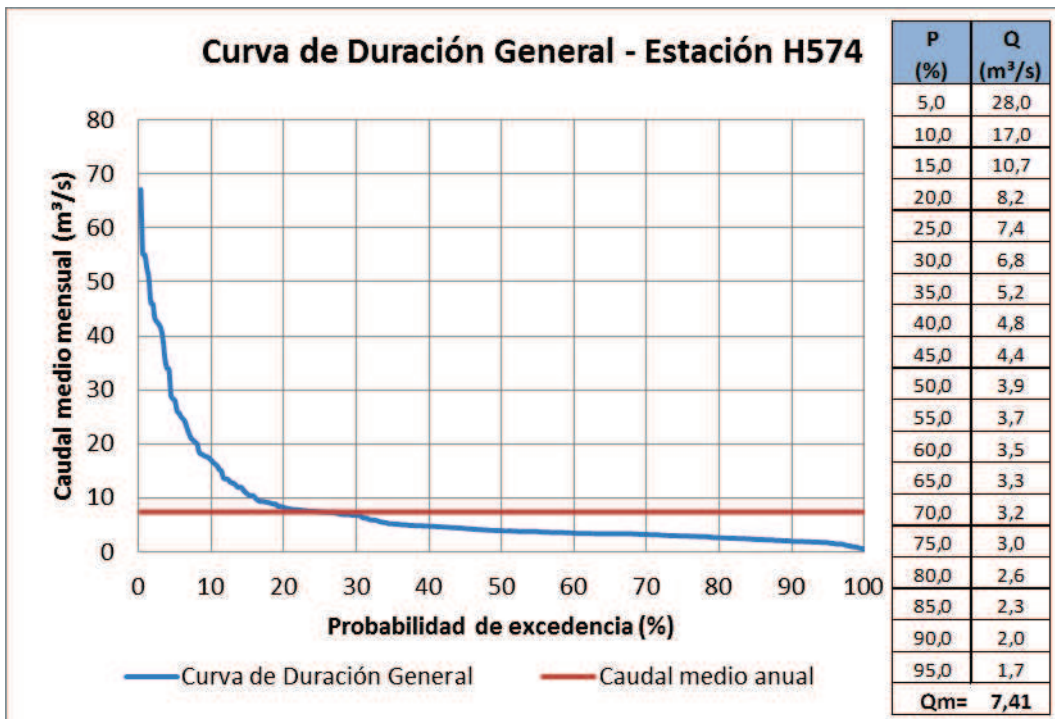
## Unidad Hidrográfica 1394



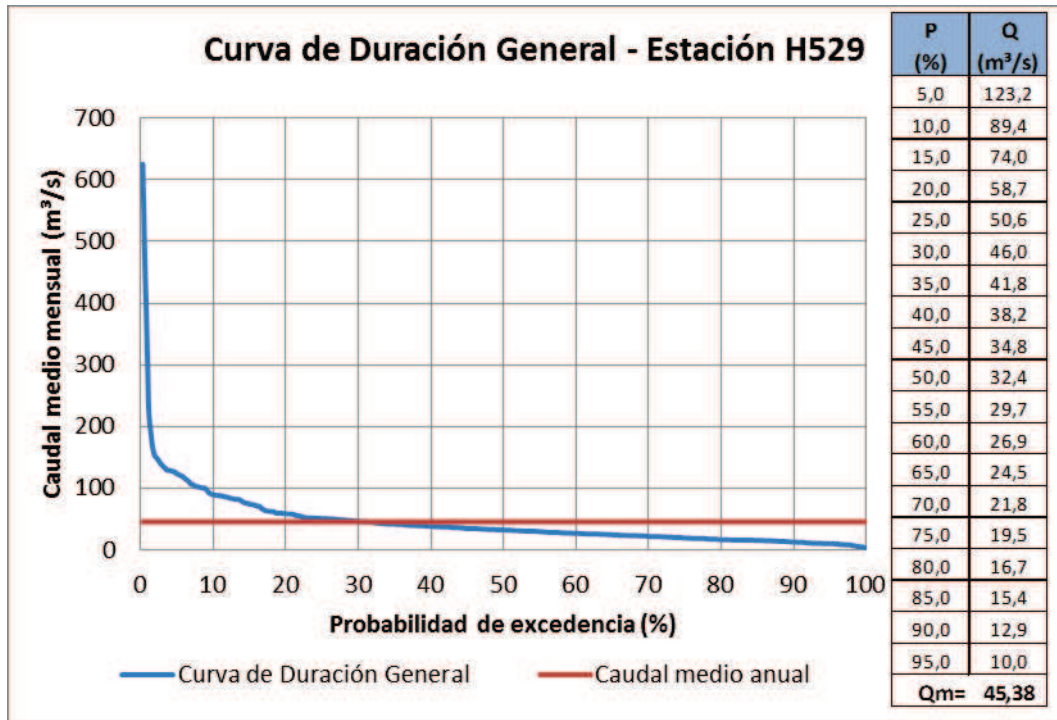
### Unidad Hidrográfica 1395



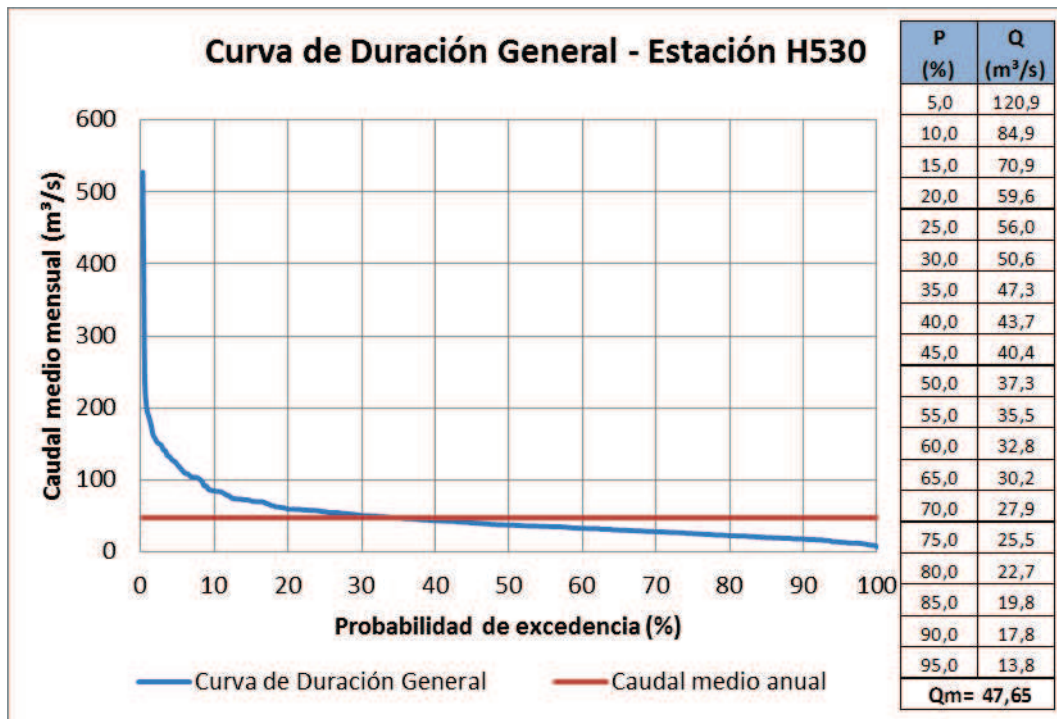
### Unidad Hidrográfica 1395



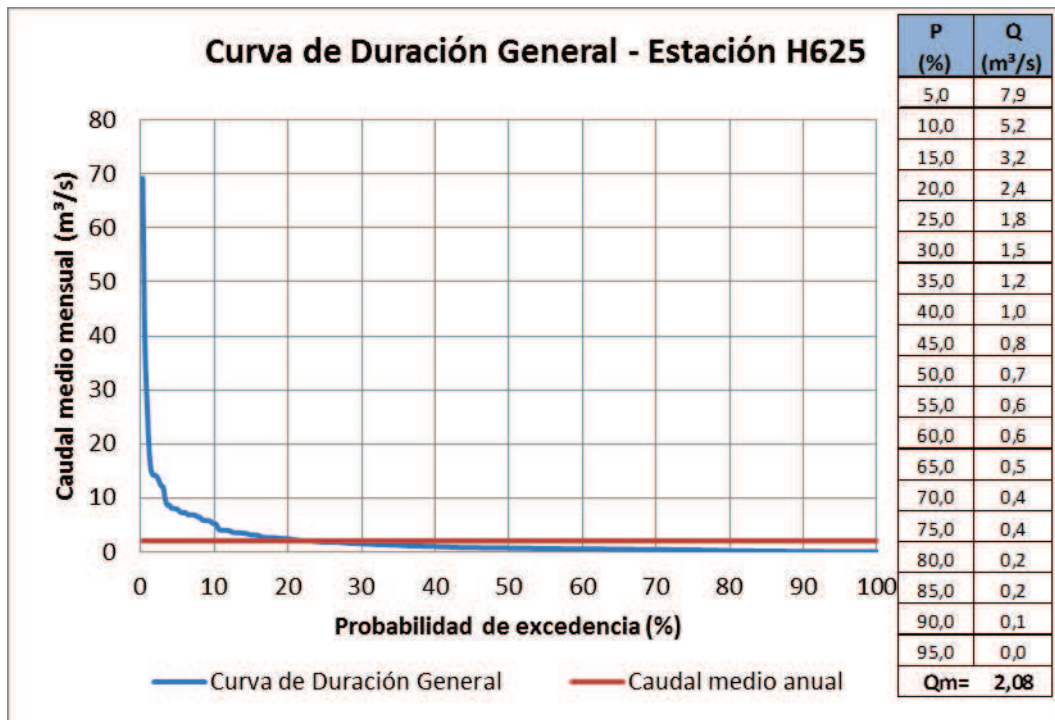
Unidad Hidrográfica 1396



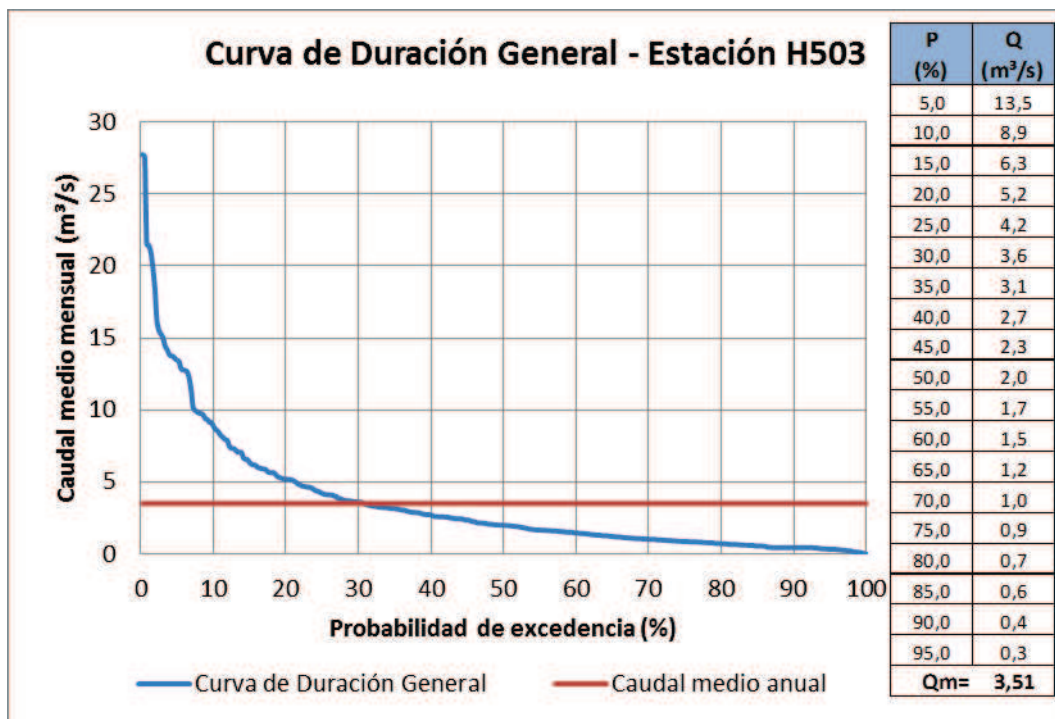
Unidad Hidrográfica 1396



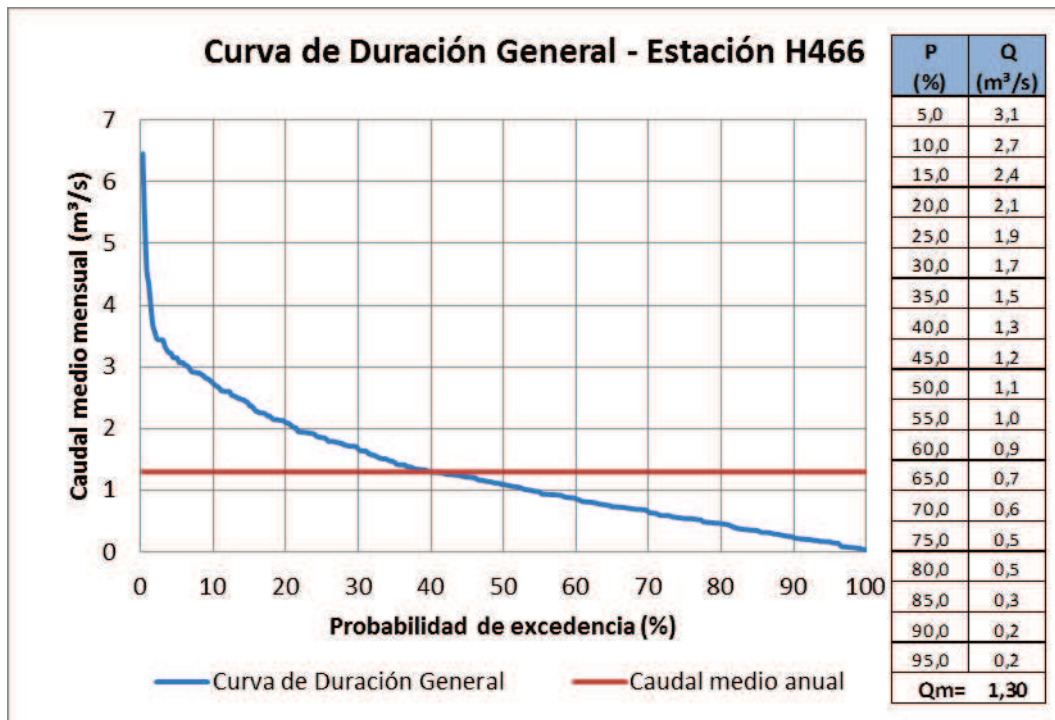
### Unidad Hidrográfica 1396



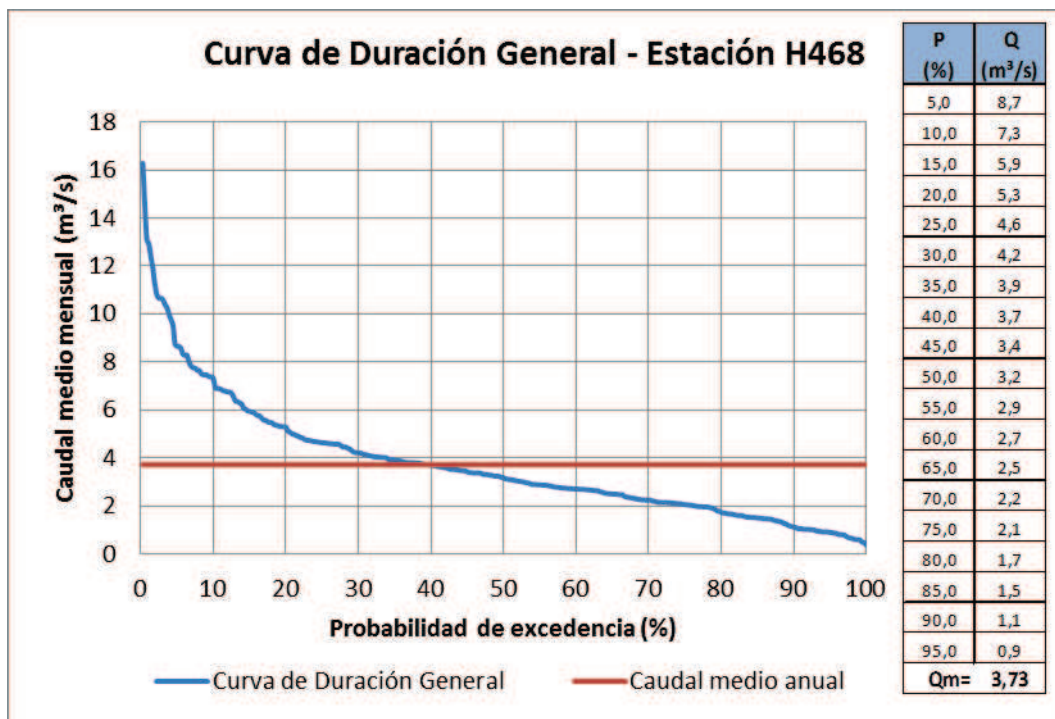
### Unidad Hidrográfica 1397



## Unidad Hidrográfica 1398

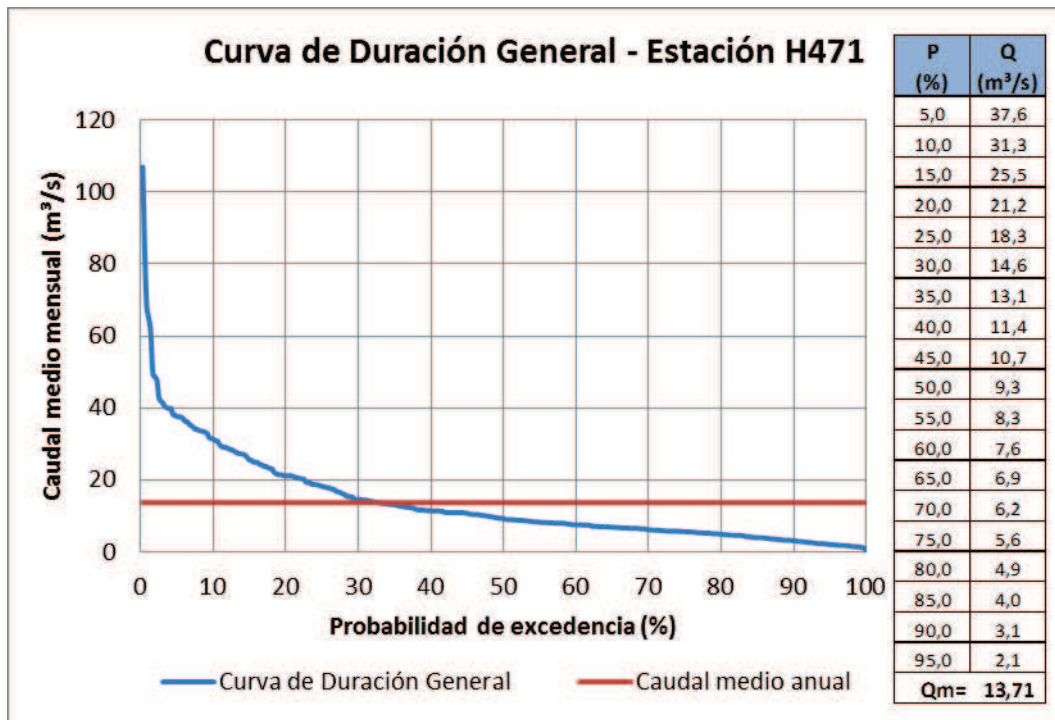


## Unidad Hidrográfica 1398

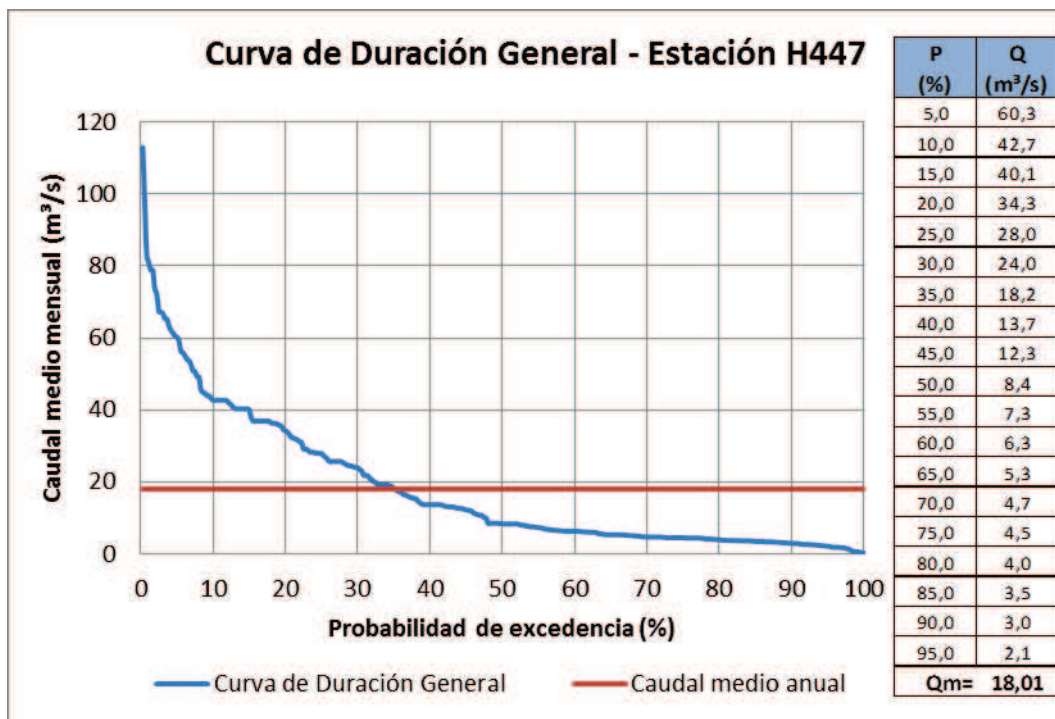




## Unidad Hidrográfica 1398



## Unidad Hidrográfica 1399



## **ANEXO N° 5**

### **CAUDALES MÁXIMOS**

#### **A) SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- Caudales máximos con período de retorno asignado
- Gráfico de caudales máximos con intervalo de confianza  $\alpha=95\%$

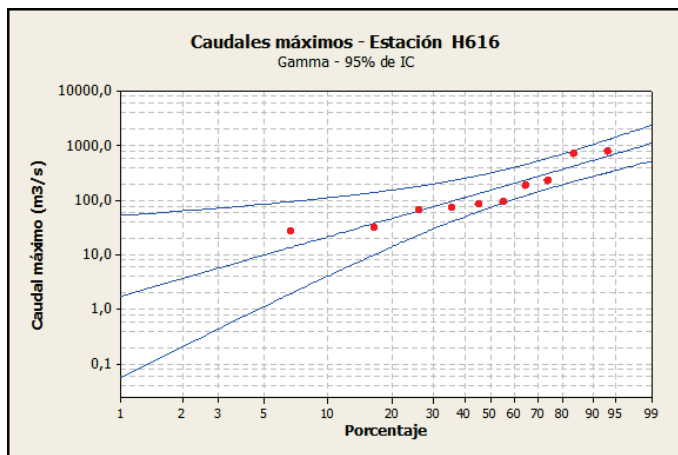
NOTA: Esta información se incluye en el Anexo Digital en el CD1

#### **B) MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR**

- Información incluida en el Anexo Digital en el CD2

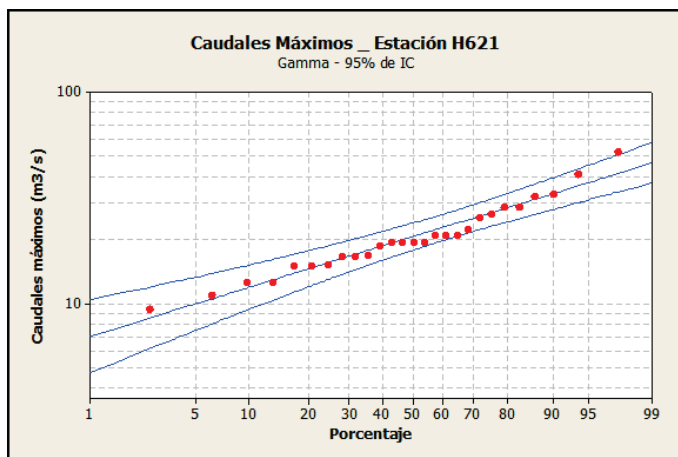
### Caudales máximos unidad hidrográfica 1384

Estación H616		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	382,4	717,1
10	592,7	1064,7
25	882,6	1560,6
50	1107,4	1953,6
100	1335,5	2357,3

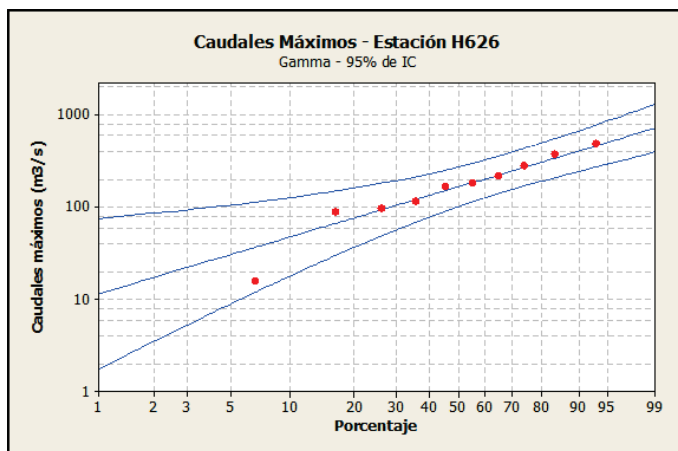


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1388

Estación H621		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	29,2	33,3
10	34,5	39,4
25	40,8	46,9
50	45,3	52,3
100	49,5	57,5

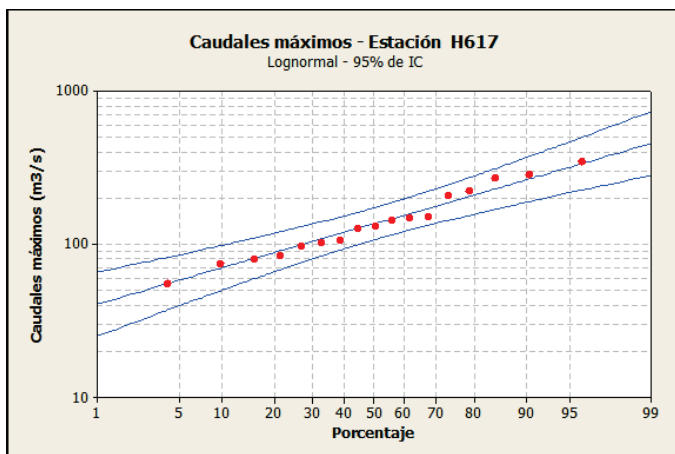


Estación H626		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	304,0	496,3
10	395,0	673,9
25	509,1	915,2
50	592,6	1100,6
100	674,3	1287,9

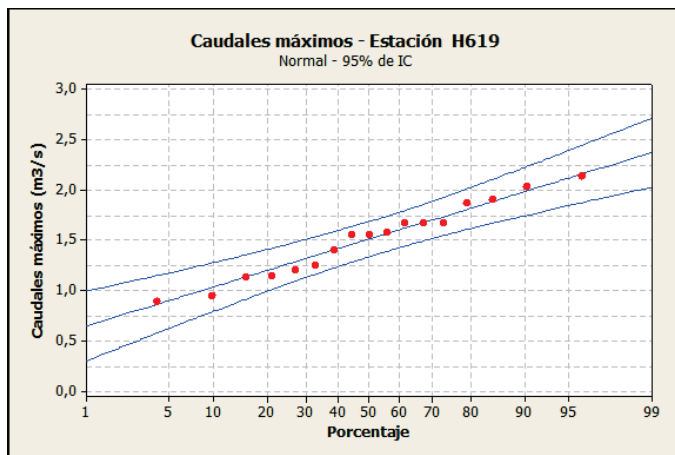


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1389

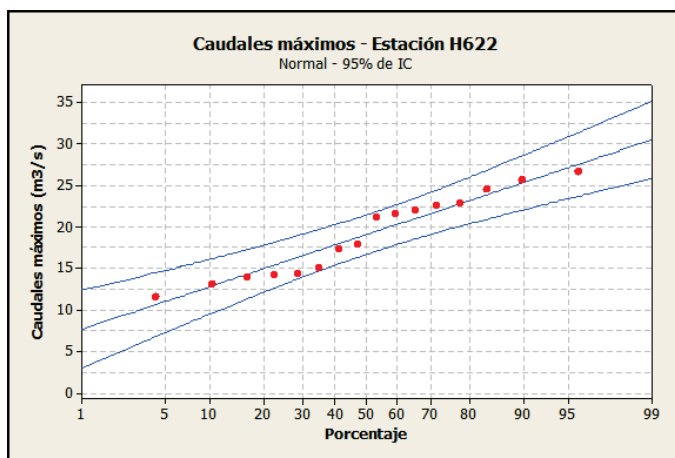
Estación H617		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	210,5	280,6
10	264,2	369,4
25	336,7	500,5
50	393,8	611,4
100	453,4	733,3



Estación H619		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	1,8	2,0
10	2,0	2,2
25	2,2	2,4
50	2,3	2,6
100	2,4	2,7

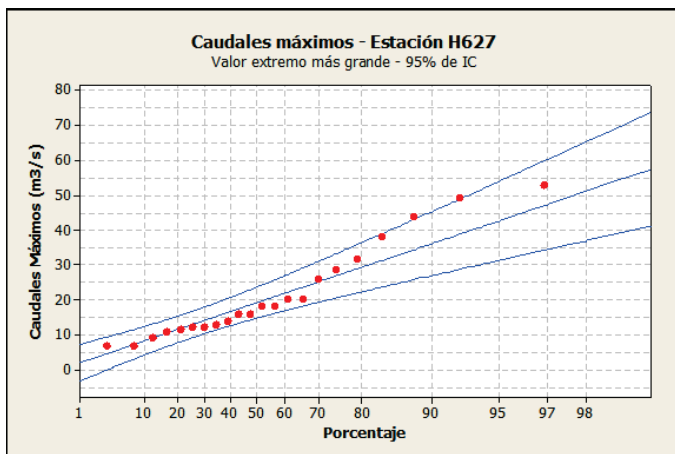


Estación H622		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	23,2	26,0
10	25,3	28,6
25	27,6	31,5
50	29,1	33,4
100	30,4	35,1



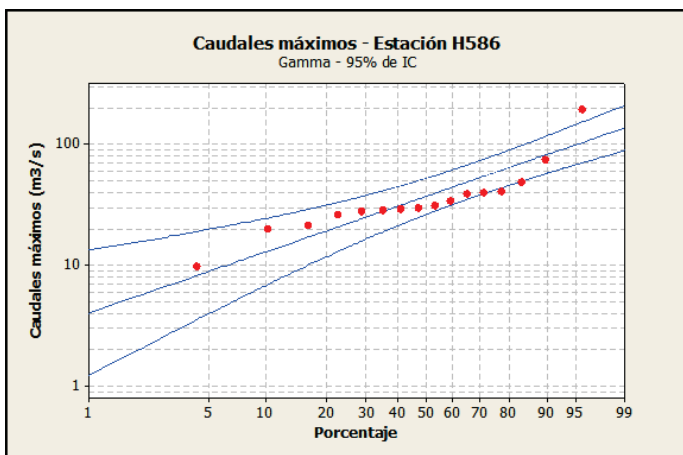
### Caudales máximos unidad hidrográfica 1389

Estación H627		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	29,5	36,5
10	36,2	45,4
25	44,8	56,8
50	51,1	65,3
100	57,5	73,8

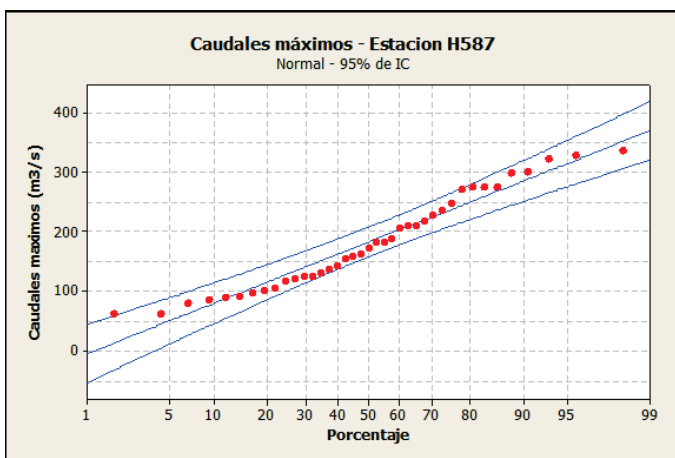


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1394

Estación H586		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	70,1	90,3
10	99,9	118,5
25	139,1	155,7
50	168,7	183,8
100	198,2	211,8

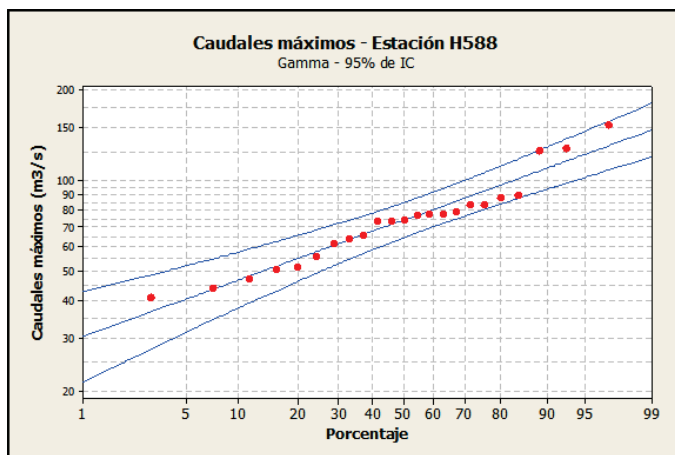


Estación H587		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	249,8	279,2
10	285,1	319,1
25	322,6	362,9
50	346,9	391,5
100	368,8	417,5

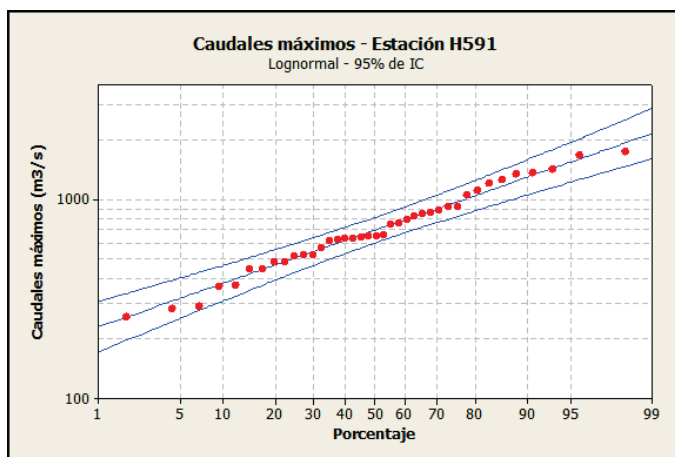


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1394

Estación H588		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	98,5	111,9
10	113,5	129,6
25	131,1	151,1
50	143,4	166,4
100	155,0	181,2

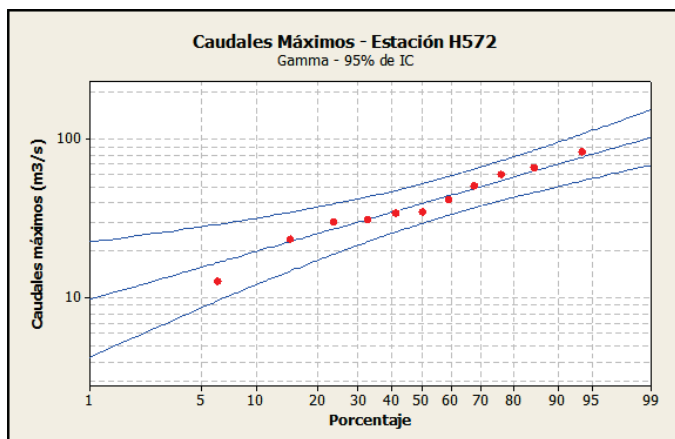


Estación H591		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	1045,2	1245,0
10	1289,6	1580,2
25	1613,5	2051,1
50	1864,8	2433,2
100	2124,2	2840,5



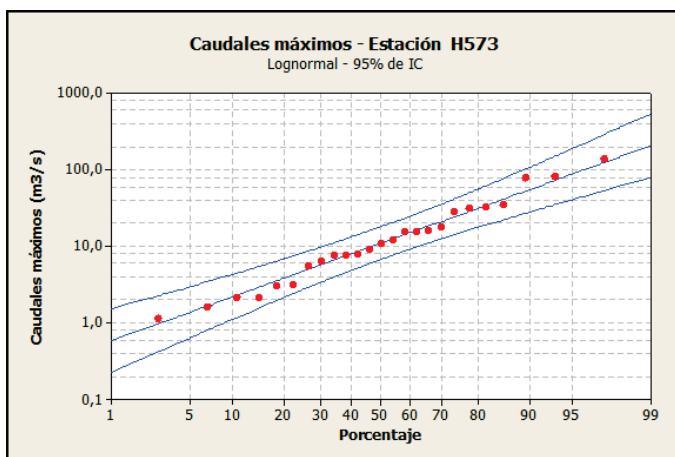
### Caudales máximos unidad hidrográfica 1395

Estación H572		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	58,2	77,6
10	70,1	95,7
25	84,5	118,9
50	94,7	136,1
100	104,5	153,0

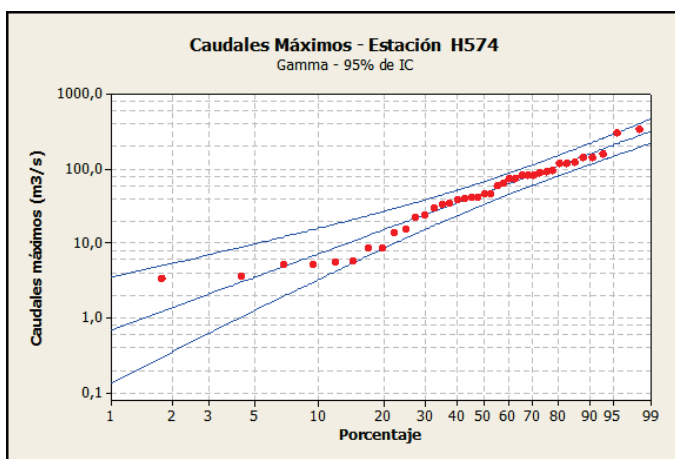


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1395

Estación H573		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	31,7	56,5
10	55,2	108,0
25	99,7	220,4
50	146,0	352,0
100	205,9	538,4

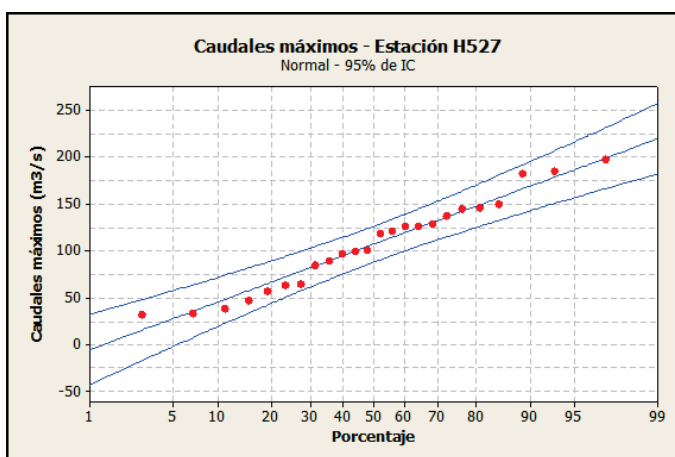


Estación H574		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	111,9	152,2
10	163,2	220,6
25	231,7	314,4
50	283,8	387,0
100	336,1	460,5



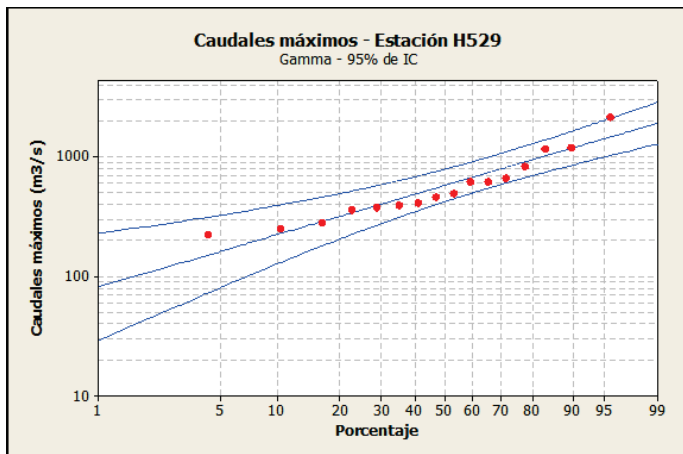
### Caudales máximos unidad hidrográfica 1396

Estación H527		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	147,6	170,2
10	168,9	195,2
25	191,5	222,6
50	206,2	240,7
100	219,4	257,1

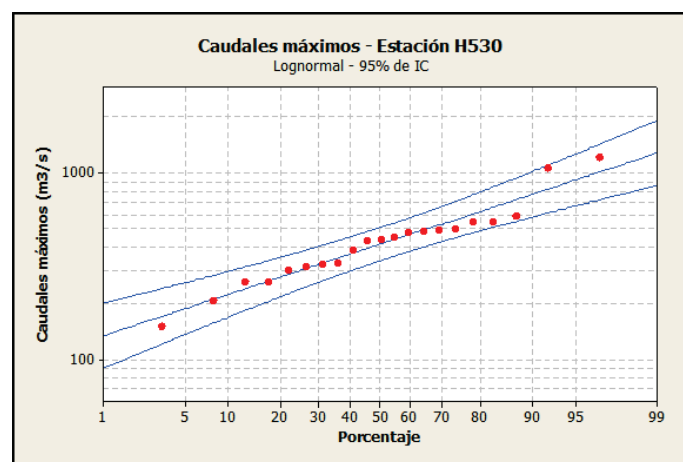


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1396

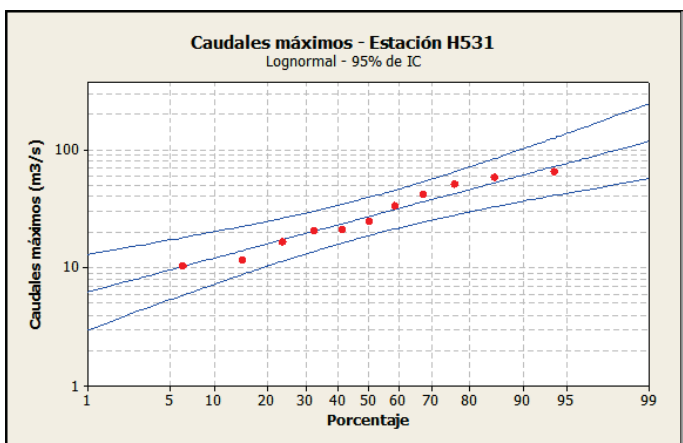
Estación H529		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	990,9	1284,2
10	1306,0	1653,0
25	1704,3	2133,7
50	1997,2	2283,4
100	2285,1	2851,0



Estación H530		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	620,8	789,9
10	767,3	1015,5
25	961,8	1339,7
50	1112,9	1607,4
100	1269,1	1896,6



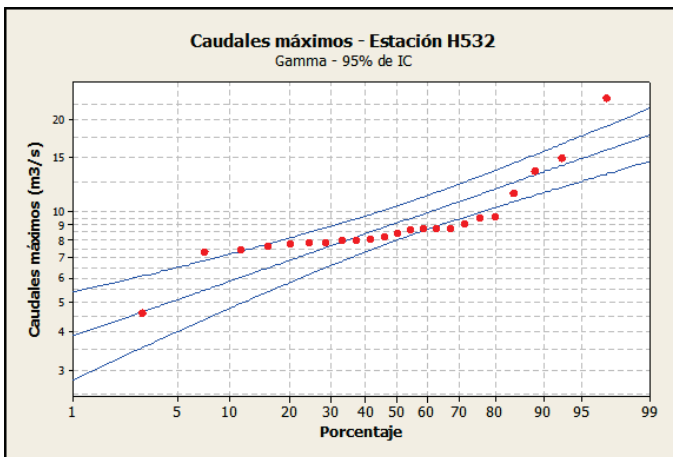
Estación H531		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	46,0	71,3
10	60,7	101,2
25	81,6	149,7
50	98,8	193,8
100	117,4	245,2



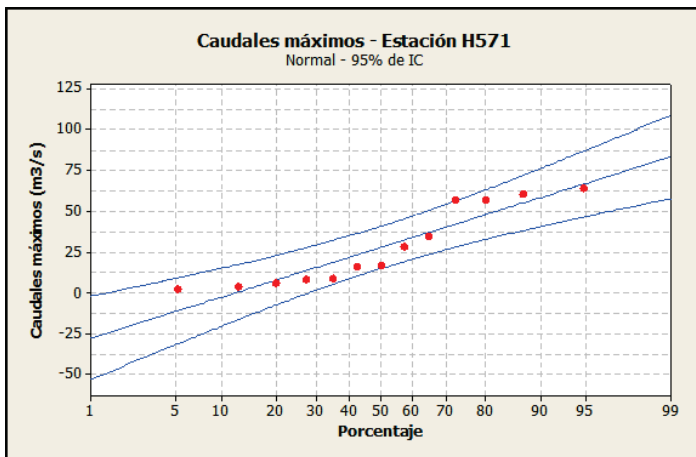


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1396

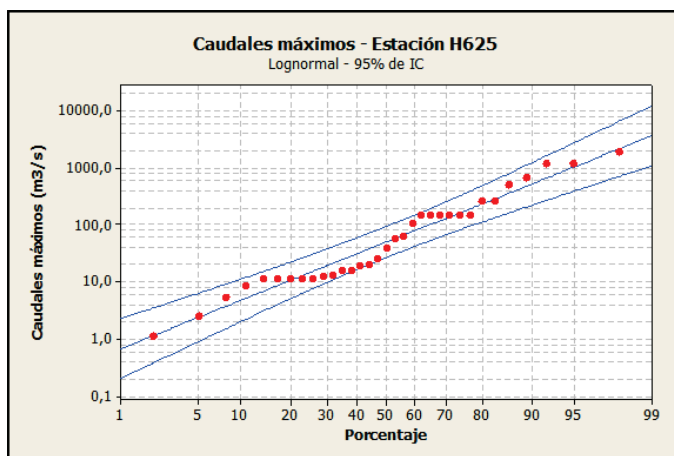
Estación H532		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	12,3	13,6
10	14,4	15,7
25	16,7	18,2
50	18,4	20,0
100	20,0	21,8



Estación H571		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	48,1	63,3
10	58,6	76,4
25	69,8	90,1
50	77,1	100,5
100	83,6	109,2

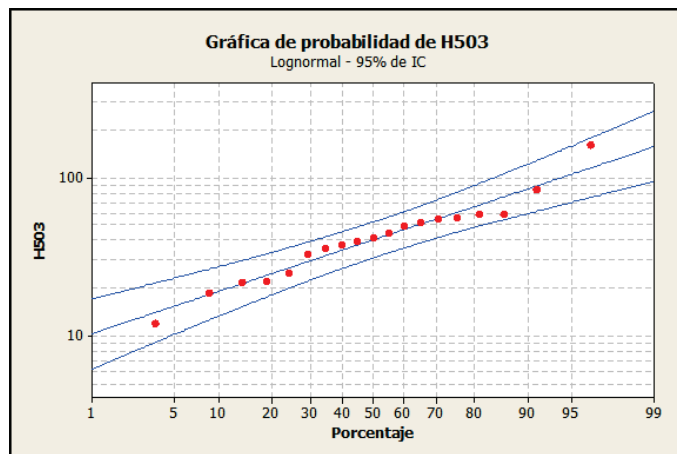


Estación H625		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	232,3	483,3
10	521,9	1223,0
25	1237,3	3383,4
50	2160,9	6593,4
100	3568,4	12070,7



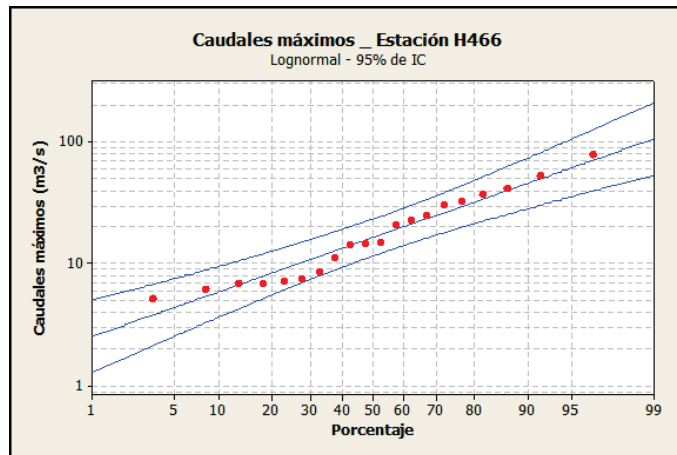
### Caudales máximos unidad hidrográfica 1397

Estación H503		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	65,5	88,9
10	84,6	120,8
25	111,1	169,4
50	132,6	211,7
100	155,4	259,1

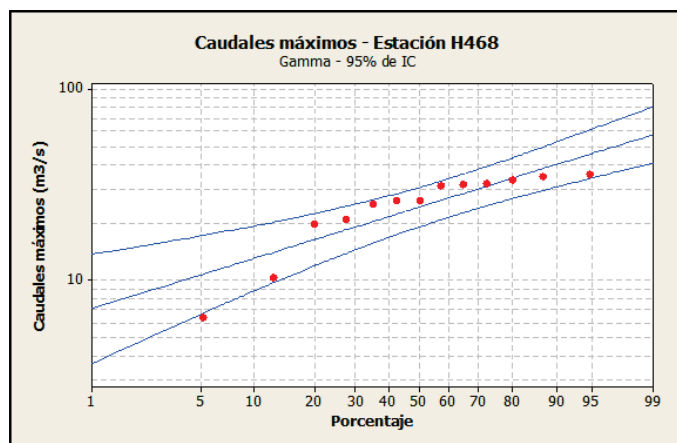


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1398

Estación H466		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	31,9	48,0
10	45,3	73,0
25	65,9	115,8
50	83,9	156,9
100	104,4	206,7

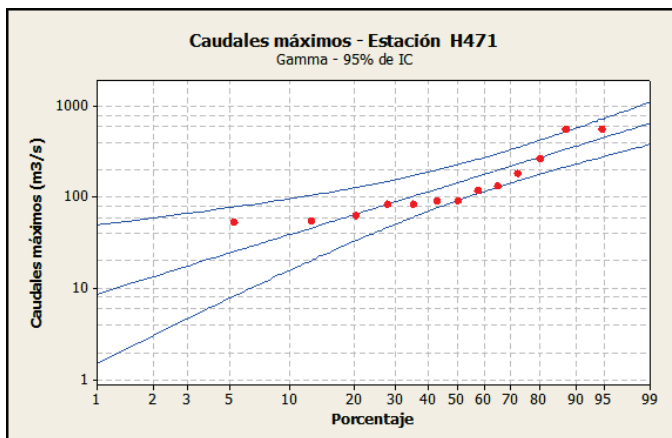


Estación H468		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	32,9	43,8
10	38,0	53,0
25	43,9	64,6
50	48,0	73,1
100	51,9	81,4

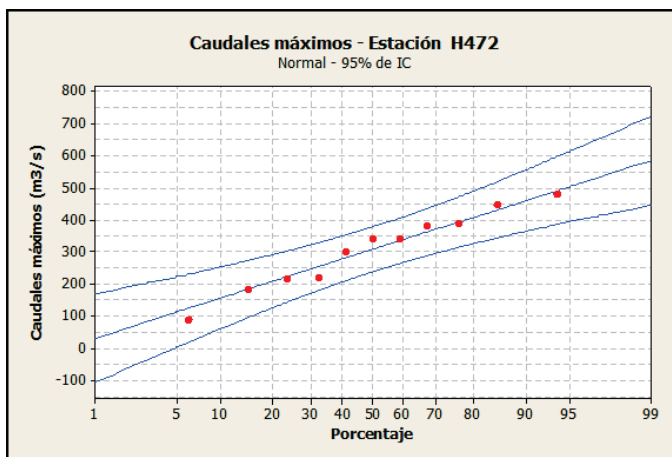


### Caudales máximos unidad hidrográfica 1398

Estación H471		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	286,1	479,8
10	406,6	572,7
25	565,4	779,5
50	685,2	938,1
100	804,9	1098,1

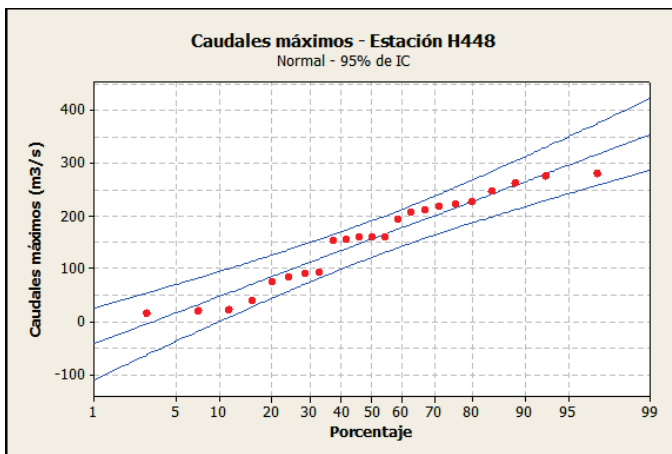


Estación H472		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	408,2	490,5
10	460,4	556,5
25	516,1	630,0
50	552,0	678,6
100	584,4	722,9



### Caudales máximos unidad hidrográfica 1399

Estación H448		
Tr (años)	Qmáx (m³/s)	Qmáx superior (m³/s)
5	227,3	267,9
10	264,7	311,9
25	304,5	360,4
50	330,3	392,2
100	353,5	421,1



## **ANEXO N° 6**

### **TRANSPORTE Y PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS**

#### **A) SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- Curva de descarga de sedimentos
- Resumen de producción de sólidos

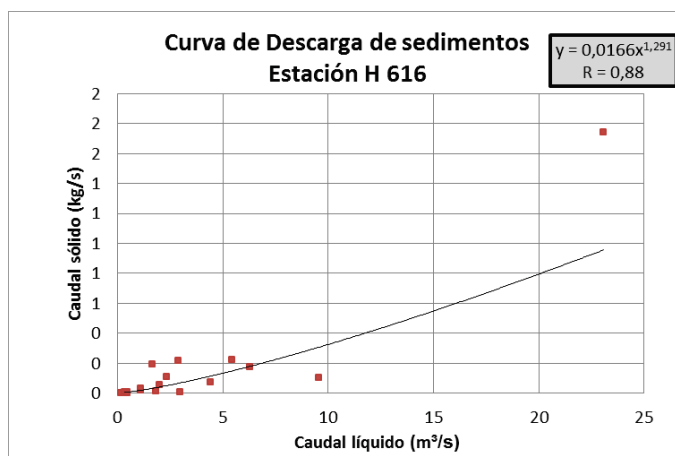
NOTA: Esta información se incluye en el Anexo Digital en el CD1

#### **C) MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR**

- Información incluida en el Anexo Digital en el CD2

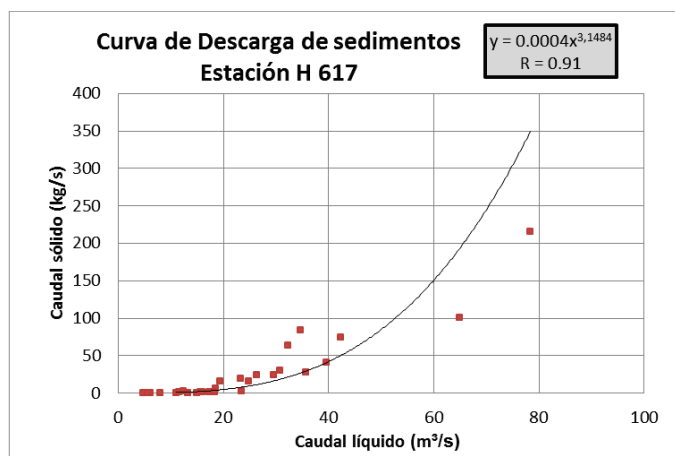
### Producción de sedimentos unidad hidrográfica 1384

RESUMEN ESTACIÓN H 616	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	7185
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	359
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	1437
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	8981
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	575
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.01



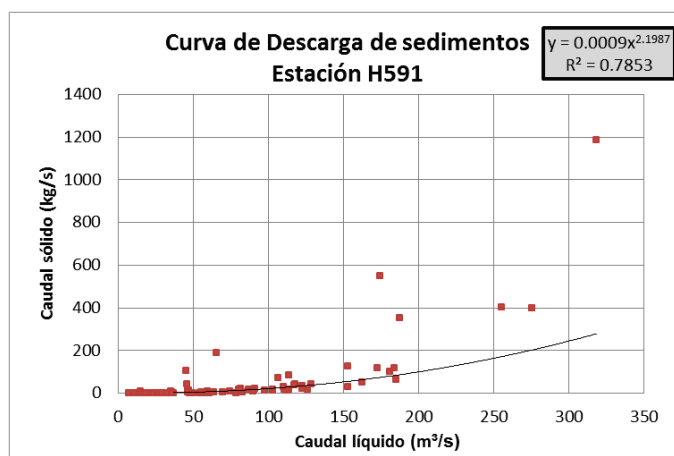
### Producción de sedimentos unidad hidrográfica 1389

RESUMEN ESTACIÓN H 617	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	1049339
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	52467
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	209868
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	1311673
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	1130
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.65



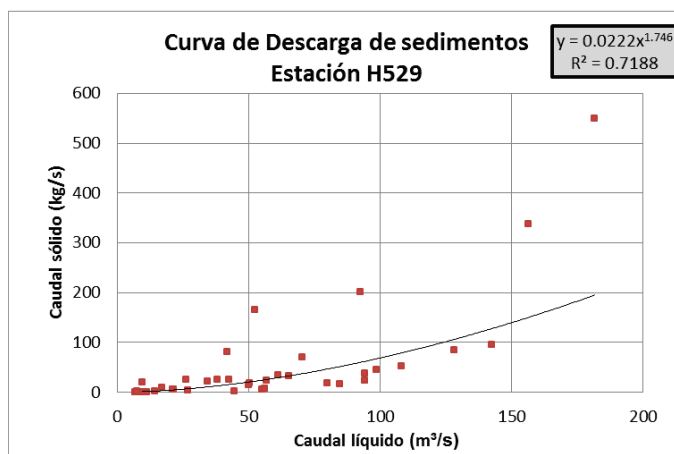
### Producción de sedimentos unidad hidrográfica 1389

RESUMEN ESTACIÓN H591	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	994990
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	49749
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	198998
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	1243737
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	2190
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.32



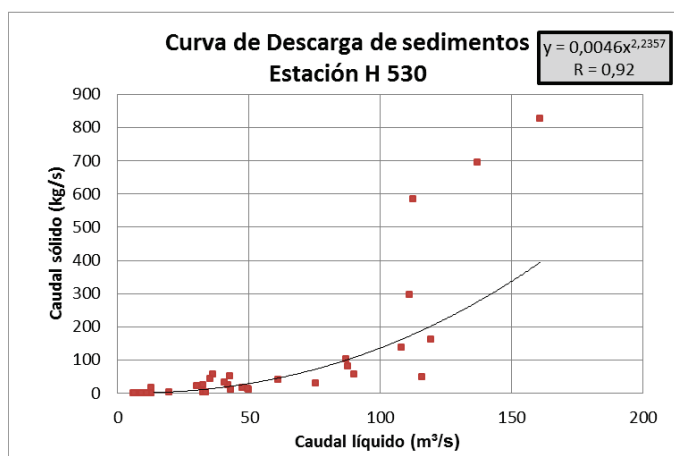
### Producción de sedimentos unidad hidrográfica 1396

RESUMEN ESTACIÓN H529	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	551734
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	27587
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	110347
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	689668
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	3320
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.12



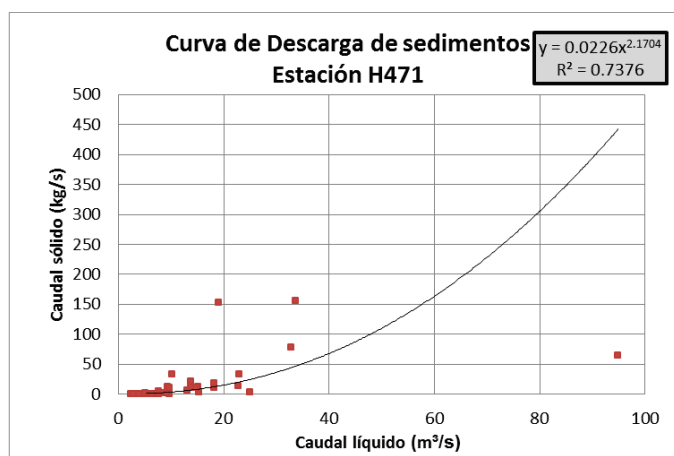
### Producción de sedimentos unidad hidrográfica 1396

RESUMEN ESTACIÓN H530	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	972621
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	48631
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	194524
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	1215776
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	3580
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.19



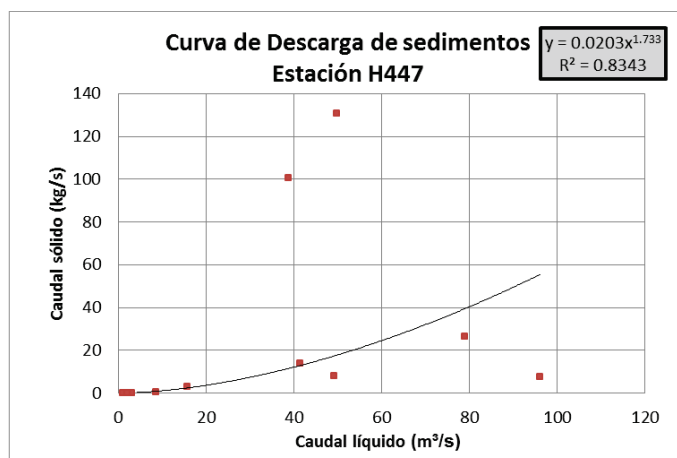
### Producción de sedimentos unidad hidrográfica 1398

RESUMEN ESTACIÓN H471	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	296648
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	14832
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	59330
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	370810
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	912
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.23



### Producción de sedimentos unidad hidrográfica 1399

RESUMEN ESTACIÓN H447	
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN (ton/año)	128217
SEDIMENTOS SUSPENSIÓN POR CRECIDAS(ton/año)	6411
SEDIMENTOS DE FONDO (ton/año)	25643
SEDIMENTOS TOTALES (ton/año)	160271
ÁREA DE DRENAJE (km <sup>2</sup> )	324
LAMINA DE EROSIÓN (mm/año)	0.28





## **ANEXO DIGITAL**

## **CD1: MANUAL HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS DEL SUR DE LA COSTA ECUATORIANA**

- Series de datos de: precipitación media mensual, temperatura media mensual, caudal medio mensual, caudales máximos y sedimentos
- Áreas de las unidades hidrográficas para todos los niveles de la Metodología Pfafstetter.
- Uso y tipo de suelo para las unidades hidrográficas del Nivel 3 y 4.
- Lista de estaciones hidrológicas y meteorológicas.
- Precipitación y temperatura media.
- Variación de la temperatura con la altitud.
- Curvas de Duración General.
- Caudales medios.
- Caudales máximos.
- Producción de sedimentos.
- 
- Mapas de las unidades hidrográficas para todos los niveles de la Metodología Pfafstetter.
- Mapas de la red de estaciones hidrológicas y meteorológicas.
- Mapas de Uso y tipo de suelo.
- Mapa de la red hidrográfica.
- Mapas de isotermas e isoyetas.

## **CD2: MANUAL HIDROLÓGICO DEL ECUADOR**

- Descripción del Manual Hidrográfico del Ecuador.
- Áreas de las unidades hidrográficas para todos los niveles de la Metodología Pfafstetter.
- Uso y tipo de suelo para las unidades hidrográficas del Nivel 3 y 4.
- Lista de estaciones hidrológicas y meteorológicas.
- Series de datos de: precipitación media mensual, temperatura media mensual, caudal medio mensual, caudales máximos y sedimentos
- Precipitación y temperatura media.
- Variación de la temperatura con la altitud.
- Curvas de Duración General.
- Caudales medios.
- Caudales máximos.
- Producción de sedimentos.
- Mapas de las unidades hidrográficas para todos los niveles de la Metodología Pfafstetter.
- Mapas de la red de estaciones hidrológicas y meteorológicas.
- Mapas de Uso y tipo de suelo.
- Mapa de la red hidrográfica.
- Mapas de isotermas e isoyetas.