

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**INCIDENCIA DEL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO EN LOS  
CAUDALES; CASOS DE ESTUDIO: CUENCAS DE LOS RÍOS  
ALAMBI, INTAG Y QUIJOS**

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

**PABLO ANDRÉS VALDIVIESO REYES**  
(lianreyes@hotmail.com)

**DIRECTOR: DR. ING. LAUREANO SALVADOR ANDRADE CHÁVEZ**  
(laureano.andrade@epn.edu.ec)

**Quito, Agosto 2011**

## **DECLARACIÓN**

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

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

---

**PABLO ANDRÉS VALDIVIESO REYES**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Andrés Valdivieso Reyes, bajo mi supervisión.

---

**DR. LAUREANO ANDRADE CHÁVEZ**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Padre celestial Jehová Dios por darme la vida, ya que Él ha creado todas las cosas, y a causa de su voluntad existieron y fueron creadas. Por sus dádivas de bondad amorosa, porque grandes y maravillosas son sus obras, Bendito sea el Santo nombre de Dios por toda la eternidad.

A mi madre Yolanda por todo su amor, esfuerzo, atención y confianza brindada.

A mi amado hermano Israel quien con su cariño y afecto me ha dado fuerzas para superarme, gracias mi compañero verdadero, mi amigo leal.

Un especial agradecimiento al Decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la EPN, director y tutor de mi tesis, Dr. Ing. Laureano Andrade, por sus conocimientos, esfuerzos y ayuda brindada para desarrollarme en el ámbito profesional.

Un sincero agradecimiento al Dr. Marcos Villacís y al Ing. Oswaldo Proaño por el tiempo y recomendaciones brindadas para la realización de mi tesis.

Al personal docente y administrativo que conforman la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

A mis compañeros por su amistad y conocimientos compartimos.

*Pablo Andrés*

## DEDICATORIA

Dedicado especialmente a mi querida madre, quien con sus esfuerzos me ha dado todo lo necesario para culminar esta etapa de mi vida.

A mi padre Washito por la acogida brindada y por todos los buenos momentos compartidos desde mi llegada.

A mis queridos hermanos Israel, Adri y Emmita por su amor y alegría.

A Erika por su amor incondicional, su apoyo y bondad, gracias mi vida.

A toda mi querida familia, especialmente a mis tías Alicia, Rocío y Luli por todo su apoyo, amor y confianza.

*Pablo Andrés*

## CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA.....	V
CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
RESUMEN.....	XXII
PRESENTACIÓN.....	XXV
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 CONCEPTOS BÁSICOS .....	3
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
CAPÍTULO 2 .....	9
ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE EN EL TEMA .....	9
CAPÍTULO 3.....	17
INFORMACIÓN BÁSICA DISPONIBLE DE LAS CUENCAS .....	17
3.1 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	17
3.2 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.....	18

<b>3.3 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 RELLENO DE DATOS FALTANTES .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>23</b>
<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICO – GEOGRÁFICA DE LAS CUENCAS Y CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN ESTUDIO .....</b>	<b>23</b>
4.1.1 CUENCA DE DRENAJE DEL RÍO ALAMBI EN CHURUPAMBA .....	24
4.1.2 CUENCA DE DRENAJE DEL RÍO INTAG .....	24
4.1.3 CUENCA DE DRENAJE DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA .....	25
<b>4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE .....</b>	<b>26</b>
4.2.1 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCAS – CUENCA DEL RÍO INTAG.....	29
<b>4.3 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO.....</b>	<b>38</b>
4.3.1 INTRODUCCIÓN .....	38
4.3.2 USO DEL SUELO .....	39
4.3.2.1 USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO ALAMBI .....	39
4.3.2.1.1 USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO ALAMBI (AÑO 1980) .....	39
4.3.2.1.2 USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO ALAMBI (AÑO 2000) .....	40
4.3.2.1.3 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO ALAMBI .....	41
4.3.2.2 USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO INTAG .....	43
4.3.2.2.1 USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO INTAG (AÑO 1980) .....	43
4.3.2.2.2 USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO INTAG (AÑO 2000) .....	44

4.3.2.2.3 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO INTAG	45
4.3.2.3 USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA	46
4.3.2.3.1 USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA (AÑO 1979)	46
4.3.2.3.2 USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA (AÑO 2000)	47
4.3.2.3.3 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA	48
<b>4.4 MORFOLOGÍA Y TIPOS DE SUELO</b>	<b>49</b>
4.4.1 TIPOS DE SUELO - CUENCA DEL RÍO ALAMBI	50
4.4.2 TIPOS DE SUELO - CUENCA DEL RÍO INTAG	51
4.4.3 TIPOS DE SUELO CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA	52
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>54</b>
<b>VARIABILIDAD ESTACIONAL E INTERANUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN</b>	<b>54</b>
5.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE	54
5.2 VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LA TEMPERATURA	54
5.3 VARIABILIDAD ESTACIONAL E INTERANUAL DE LAS PRECIPITACIONES	56
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>63</b>
<b>CAUDALES MEDIOS, MÍNIMOS Y MÁXIMOS HISTÓRICOS</b>	<b>63</b>
6.1 CAUDALES MEDIOS Y MÍNIMOS MENSUALES	63
6.1.1 CURVA DE DURACIÓN GENERAL (CDG)	63
6.1.2 CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL (CVE)	66



<b>6.2 CAUDALES MÁXIMOS</b> .....	<b>70</b>
6.2.1 METODOLOGÍA PARA LA CONFORMACIÓN DE LAS SERIES DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ANUALES .....	70
6.2.2 CAUDALES MÁXIMOS CON PERIODO DE RETORNO.....	71
6.2.2.1 MÉTODO ESTADÍSTICO PROBABILÍSTICO.....	71
 <b>CAPÍTULO 7</b> .....	 <b>78</b>
 <b>MODELACIÓN DE CAUDALES MEDIOS Y MÍNIMOS</b> .....	 <b>78</b>
 <b>7.1 MODELO “GR2M”</b> .....	 <b>78</b>
7.1.1 ESTRUCTURA DEL MODELO .....	79
7.1.2 REQUERIMIENTOS DEL MODELO GR2M.....	81
7.1.3 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO GR2M.....	83
7.1.3.1 CUENCA DEL RÍO ALAMBI EN CHURUPAMBA.....	83
7.1.3.2 CUENCA DEL RÍO INTAG .....	87
7.1.3.3 CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA .....	91
 <b>CAPÍTULO 8</b> .....	 <b>96</b>
 <b>MODELACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS</b> .....	 <b>96</b>
 <b>8.1 METODOLOGÍA</b> .....	 <b>96</b>
8.1.1 INTEGRACIÓN DE LAS CUENCAS DE ANÁLISIS .....	96
 <b>8.2 MODELACIÓN DE LA RELACIÓN LLUVIA-ESCURRIMIENTO</b> .....	 <b>99</b>
8.2.1 MÉTODO DE LA RELACIÓN PRECIPITACIÓN-ESCURRIMIENTO. 99	
8.2.2 HIETOGRAMAS DE INTENSIDADES .....	102
8.2.2.1 CUENCA DEL RÍO ALAMBI .....	103
8.2.2.2 CUENCA DEL RÍO INTAG .....	106
8.2.2.3 CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA .....	108
8.2.3 PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	111
 <b>8.3 TRÁNSITO DE CAUDALES EN EL CAUCE</b> .....	 <b>114</b>

8.3.1 MÉTODO DE MUSKINGUM.....	115
<b>8.4 CAUDAL BASE .....</b>	<b>118</b>
<b>8.5 RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>120</b>
8.5.1 CUENCA DEL RÍO ALAMBI .....	120
8.5.2 CUENCA DEL RÍO INTAG.....	125
8.5.3 CUENCA RÍO QUIJOS EN BAEZA.....	127
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>130</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>9.1 CONCLUSIONES .....</b>	<b>130</b>
<b>9.2 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>136</b>
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>137</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>137</b>
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>140</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 El ciclo del agua.....	4
FIGURA 1.2 Diferentes escenarios de cobertura del suelo.....	5
FIGURA 2.1 Ubicación de la cuenca del Río Huehuetán.....	12
FIGURA 3.1 Estaciones meteorológicas en la zona de estudio.....	19
FIGURA 3.2 Estaciones hidrológicas.....	20
FIGURA 3.3 Correlación lineal Estación Selva Alegre Imbabura M326 – García Moreno M325.....	21
FIGURA 3.4 Curva de masas Estación M326 – Estación M325.....	22
FIGURA 4.1 Cuencas hidrográficas en estudio.....	23
FIGURA 4.2 Cuenca del río Alambi en Churupamba.....	24
FIGURA 4.3 Cuenca del río Intag.....	25
FIGURA 4.4 Cuenca del río Quijos en Baeza.....	26
FIGURA 4.5 Área de drenaje cuenca del río Intag.....	30
FIGURA 4.6 Curvas de nivel y cotas de la cuenca del río Intag.....	31
FIGURA 4.7 Curva hipsométrica y cota media de la cuenca del río Intag.....	33
FIGURA 4.8 Puntos seleccionados dentro del cauce principal.....	33
FIGURA 4.9 Subcuencas de drenaje en la cuenca del río Alambi.....	35
FIGURA 4.10 Subcuencas de drenaje en la cuenca del río Alambi.....	36
FIGURA 4.11 Subcuencas de drenaje en la cuenca del río Quijos en Baeza.....	37
FIGURA 4.12 Uso del suelo - Cuenca del río Alambi (año 1980).....	40
FIGURA 4.13 Uso del suelo - Cuenca del río Alambi (año 2000).....	41
FIGURA 4.14 Uso del suelo - Cuenca del río Intag (año 1980).....	43
FIGURA 4.15 Uso del suelo - Cuenca del río Intag (año 2000).....	44
FIGURA 4.16 Uso y cobertura del suelo cuenca del río Quijos en Baeza, año 1979.....	46
FIGURA 4.17 Uso y cobertura del suelo cuenca de río Quijos en Baeza, año 2000.....	47
FIGURA 4.18 Tipos de suelo - Cuenca del río Alambi.....	51

FIGURA 4.19 Tipos de suelo - Cuenca del río Intag. ....	52
FIGURA 4.20 Tipos de suelo - Cuenca del río Quijos en Baeza. ....	53
FIGURA 5.1 Variación estacional de la temperatura - Estación La Perla (1971-2005).....	55
FIGURA 5.2 Variación estacional de la temperatura - Estación Baeza (1971-2005).....	56
FIGURA 5.3 Estaciones meteorológicas en la zona de la cuenca del río Alambi en Churupamba .....	57
FIGURA 5.4 Variación estacional de la precipitación - Cuenca del río Alambi en Churupamba (1980-2008).....	58
FIGURA 5.5 Estaciones meteorológicas en la zona de la cuenca del río Intag .....	59
FIGURA 5.6 Variación estacional de la precipitación - Cuenca del río Intag (1980-2008).....	60
FIGURA 5.7 Estaciones meteorológicas en la zona de la cuenca del río Quijos en Baeza.....	61
FIGURA 5.8 Variación estacional de la precipitación en la cuenca del río Quijos en Baeza (1980-2005).....	62
FIGURA 6.1 CDG - Río Alambi en Churupamba (1971-2005) .....	64
FIGURA 6.2 CDG - Río Intag D.J Pamplona (1971-2005) .....	65
FIGURA 6.3 CDG - Río Quijos en Baeza (1971-2005) .....	65
FIGURA 6.4 Curvas de Variación Estacional Río Alambi en Churupamba (1971-2005).....	67
FIGURA 6.5 Curvas de Variación Estacional Río Intag D.J Pamplona (1971-2005).....	68
FIGURA 6.6 Curvas de Variación Estacional Río Quijos en Baeza (1971-2005) .....	69
FIGURA 6.7 Correlación Q <sub>maxi</sub> vs. Q <sub>md</sub> - estación Alambi en Churupamba. 71	
FIGURA 6.8 Caudales de crecida con intervalo de confianza $\alpha = 95\%$ .....	74
FIGURA 6.9 Caudales de crecida con intervalo de confianza $\alpha = 95\%$ .....	76
FIGURA 6.10 Caudales de crecida con intervalo de confianza $\alpha = 95\%$ .....	77

FIGURA 7.1 Esquema conceptual y ecuaciones del modelo GR2M.....	78
FIGURA 7.2 Información requerida por el modelo GR2M .....	82
FIGURA 7.3 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Alambi (1981-1985).....	84
FIGURA 7.4 Correlación lineal de valores observados y simulados de las láminas de escurrimiento - Cuenca Alambi (1981-1985).....	85
FIGURA 7.5 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Alambi (1995-2000).....	85
FIGURA 7.6 Evolución del nivel “S” del reservorio de producción - Cuenca Alambi (1980-2000).....	86
FIGURA 7.7 Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia - Cuenca Alambi (1980-2000).....	87
FIGURA 7.8 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Intag (1981-1985).....	88
FIGURA 7.9 Correlación lineal de valores observados y simulados de las láminas de escurrimiento – Cuenca Intag (1981-1985).....	89
FIGURA 7.10 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Intag (1995-2000). .....	89
FIGURA 7.11 Evolución del nivel “S” del reservorio de producción - Cuenca Intag (1980-2000).....	90
FIGURA 7.12 Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia - Cuenca Intag (1980-2000).....	91
FIGURA 7.13 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Quijos (1981-1985). .....	92
FIGURA 7.14 Correlación lineal de valores observados y simulados de las láminas de escurrimiento - Cuenca Quijos (1981-1985). .....	93
FIGURA 7.15 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Quijos (1995-2000). .....	94
FIGURA 7.16 Evolución del nivel “S” del reservorio de producción periodo - Cuenca Quijos (1980-2000). .....	94

FIGURA 7.17 Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia - Cuenca Quijos (1980-2000). .....	95
FIGURA 8.1 Integración de la cuenca del río Alambi .....	97
FIGURA 8.2 Integración de la cuenca del río Intag .....	98
FIGURA 8.3 Integración de la cuenca del río Quijos en Baeza.....	99
FIGURA 8.4 Hidrograma unitario triangular SCS-US.....	100
FIGURA 8.5 Curvas Profundidad – Área cuenca de las cuencas Alambi e Intag .....	103
FIGURA 8.6 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia - Cuenca del río Alambi .....	104
FIGURA 8.7 Hietograma de intensidades máximas (TR=5) - Cuenca del río Alambi. ....	105
FIGURA 8.8 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia - Cuenca del río Intag	107
FIGURA 8.9 Hietograma de intensidades máximas Intag (TR=5).....	107
FIGURA 8.10 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia- Cuenca del río Quijos .....	110
FIGURA 8.11 Hietograma de intensidades máximas Quijos (TR=5).....	110
FIGURA 8.12 Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de cauce. ....	115
FIGURA 8.13 Hidrograma anual 1988 de la estación hidrométrica Alambi en Churupamba. ....	118
FIGURA 8.14 Hidrograma anual 1998 de la estación hidrométrica Intag D.J Pamplona.....	119
FIGURA 8.15 Hidrograma anual 2003 de la estación hidrométrica Quijos en Baeza.....	120
FIGURA 8.16 Comparación de caudales de máxima crecida en estación río Alambi en Churupamba.....	122
FIGURA 8.17 Hidrogramas de crecida para la cuenca Alambi - Uso de suelo 1980.....	122
FIGURA 8.18 Hidrogramas generados para la cuenca del río Alambi (Tr = 5 años), uso del suelo del año 1980. ....	123

FIGURA 8.19 Hidrograma generado a la salida de la subcuenca A1 (Alambi)	123
FIGURA 8.20 Hidrograma generado a la salida de la subcuenca A2 (Alambi)	123
FIGURA 8.21 Hidrograma generado en el Tramo A-B (Alambi)	124
FIGURA 8.22 Hidrograma generado en la sección de interés (Alambi)	124
FIGURA 8.23 Comparación de caudales de máxima crecida en estación Intag D.J Pamplona	126
FIGURA 8.24 Hidrogramas de crecida para la cuenca Intag - Uso de suelo 1980.	126
FIGURA 8.25 Comparación de caudales de máxima crecida en estación Quijos en Baeza	128
FIGURA 8.26 Hidrogramas de crecida para la cuenca Quijos - Uso de suelo 1979.	129
FIGURA 9.1 Variación de caudales medios mensuales – Cuenca del río Intag	135

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 CATEGORÍAS Y SUPERFICIE (HA) DE USOS DEL SUELO ENCONTRADOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUEHUETÁN EN LOS DOS AÑOS DE ANÁLISIS.....	13
TABLA 2.2 USO ACTUAL DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA .....	14
TABLA 2.3 USO NATURAL DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA .....	15
TABLA 2.4 SITUACIÓN FUTURA DEL SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA .....	15
TABLA 3.1 ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE INTERÉS.....	18
TABLA 3.2 ESTACIONES HIDROLÓGICAS DE INTERÉS .....	20
TABLA 3.3 ECUACIONES DE RELLENO DE INFORMACIÓN .....	22
TABLA 4.1 TABLA DE APOYO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA DE LA CUENCA DEL RÍO INTAG. ....	32
TABLA 4.2 TABLA DE APOYO PARA EL CÁLCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CORRIENTE DEL RÍO INTAG. ....	34
TABLA 4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS EN ESTUDIO. .....	34
TABLA 4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS DE DRENAJE DEL RÍO ALAMBI.....	36
TABLA 4.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS DE DRENAJE DEL RÍO INTAG .....	37
TABLA 4.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS DE DRENAJE DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA .....	37
TABLA 4.7 USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO ALAMBI (AÑO 1980). .....	40
TABLA 4.8 USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO ALAMBI (AÑO 2000). .....	41



TABLA 4.9 CAMBIO DEL USO DE SUELO - CUENCA DEL RÍO ALAMBI .....	42
TABLA 4.10 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO ALAMBI (KM <sup>2</sup> ).....	42
TABLA 4.11 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO ALAMBI (%) .....	42
TABLA 4.12 USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO INTAG (AÑO 1980). .....	43
TABLA 4.13 USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO INTAG (AÑO 2000). .....	44
TABLA 4.14 CAMBIO DEL USO DE SUELO – CUENCA DEL RÍO INTAG.....	45
TABLA 4.15 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO INTAG (KM <sup>2</sup> ).....	45
TABLA 4.16 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO INTAG (%).....	45
TABLA 4.17 USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA (AÑO 1979).....	47
TABLA 4.18 USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA (AÑO 2000).....	48
TABLA 4.19 CAMBIO DEL USO DEL SUELO - CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA .....	48
TABLA 4.20 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA (KM <sup>2</sup> ).....	48
TABLA 4.21 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO - SUBCUENCAS DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA (%).....	49
TABLA 4.22 CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELOS.....	50
TABLA 4.23 TIPOS DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO ALAMBI .....	51
TABLA 4.24 TIPOS DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO INTAG.....	52
TABLA 4.25 TIPOS DE SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA .....	53
TABLA 5.1 ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS .....	55

TABLA 5.2 PRECIPITACIONES CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO ALAMBI EN CRURUPAMBA (1980-2008) .....	58
TABLA 5.3 PRECIPITACIONES CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO INTAG (1980-2008) .....	60
TABLA 5.4 PRECIPITACIONES CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA (1980-2005) .....	62
TABLA 6.1 CAUDALES MÍNIMOS EN LAS SECCIONES DE INTERÉS .....	66
TABLA 6.2 CAUDALES MENSUALES (M <sup>3</sup> /S) CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA RÍO ALAMBI EN CHURUPAMBA (1971-2005) .....	67
TABLA 6.3 CAUDALES MENSUALES (M <sup>3</sup> /S) CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA RÍO INTAG D.J PAMPLONA (1971-2005) .....	68
TABLA 6.4 CAUDALES MENSUALES (M <sup>3</sup> /S) CON PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA RÍO QUIJOS EN BAEZA (1971-2005) .....	69
TABLA 6.5 CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LAS SERIES DE CAUDALES MÁXIMOS .....	71
TABLA 6.6 CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS Y CAUDALES MÁXIMOS MEDIOS DIARIOS REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN RÍO ALAMBI EN CHURUPAMBA .....	73
TABLA 6.7 CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LAS SERIES DE CAUDALES MÁXIMOS EN ESTACIÓN RÍO ALAMBI EN CHRUPAMBA.	73
TABLA 6.8 CAUDALES DE CRECIDA – ESTACIÓN RIÓ ALAMBI EN CHURUPAMBA .....	74
TABLA 6.9 CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LAS SERIES DE CAUDALES MÁXIMOS EN ESTACIÓN INTAG D.J PAMPLONA .....	74
TABLA 6.10 CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS REGISTRADOS EN LA ESTACIÓN INTAG D.J PAMPLONA .....	75
TABLA 6.11 CAUDALES DE CRECIDA – ESTACIÓN INTAG D.J PAMPLONA .....	75
TABLA 6.12 CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LAS SERIES DE CAUDALES MÁXIMOS EN ESTACIÓN QUIJOS EN BAEZA .....	76
TABLA 6.13 CAUDALES DE CRECIDA – ESTACIÓN QUIJOS EN BAEZA ...	77

TABLA 8.1 ZONIFICACIÓN, INTENSIDADES MÁXIMAS DIARIAS Y ECUACIONES PARA LA CUENCA DEL RÍO ALAMBI.....	103
TABLA 8.2 RELACIONES INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA CUENCA RÍO ALAMBI.....	104
TABLA 8.3 INTENSIDADES MÁXIMAS – CUENCA DEL RÍO ALAMBI (TR = 5 AÑOS).....	105
TABLA 8.4 ZONIFICACIÓN, INTENSIDADES MÁXIMAS DIARIAS Y ECUACIONES PARA LA CUENCA INTAG .....	106
TABLA 8.5 RELACIONES INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA - CUENCA RÍO INTAG.....	106
TABLA 8.6 INTENSIDADES MÁXIMAS – CUENCA DEL RÍO INTAG (TR = 5 AÑOS).....	108
TABLA 8.7 CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS EN ESTACIÓN PAPALLACTA (M188).....	108
TABLA 8.8 INTENSIDADES MÁXIMAS DIARIAS CUENCA QUIJOS .....	109
TABLA 8.9 ZONIFICACIÓN Y ECUACIONES CUENCA RÍO QUIJOS.....	109
TABLA 8.10 RELACIONES INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA CUENCA RÍO INTAG.....	109
TABLA 8.11 INTENSIDADES MÁXIMAS – CUENCA DEL RÍO QUIJOS (TR = 5 AÑOS).....	111
TABLA 8.12 NÚMEROS DE CURVA (CN) (CONDICIÓN II) PARA LAS CUENCAS DE ESTUDIO.....	114
TABLA 8.13 PARÁMETROS PARA TRAMOS DE TRÁNSITO DE CAUDALES. ....	118
TABLA 8.14 DISTRIBUCIÓN DEL CAUDAL BASE - SUBCUENCAS DEL RÍO ALAMBI.....	119
TABLA 8.15 DISTRIBUCIÓN DEL CAUDAL BASE - SUBCUENCAS DEL RÍO INTAG. ....	119
TABLA 8.16 DISTRIBUCIÓN DEL CAUDAL BASE - SUBCUENCAS DEL RÍO QUIJOS.....	120

TABLA 8.17 CAUDALES DE MÁXIMA CRECIDA PARA PERIODOS DE RETORNO – ESTACIÓN RÍO ALAMBI EN CHRUPAMBA.....	121
TABLA 8.18 CAMBIOS EN CAUDALES DE CRECIDA-ALAMBI (1980-200)	122
TABLA 8.19 CAUDALES DE MÁXIMA CRECIDA PARA PERIODOS DE RETORNO – ESTACIÓN INTAG D.J PAMPLONA.....	125
TABLA 8.20 CAMBIOS EN CAUDALES DE CRECIDA-INTAG (1980-200)...	127
TABLA 8.21 CAUDALES DE MÁXIMA CRECIDA PARA PERIODOS DE RETORNO – ESTACIÓN QUIJOS EN BAEZA .....	127
TABLA 8.22 ..... CAMBIOS EN CAUDALES DE CRECIDA-QUIJOS EN BAEZA (1979-2000).....	129

## RESUMEN

El objetivo del Proyecto de Titulación es analizar el efecto del cambio del uso del suelo en los caudales de los ríos del Ecuador, tomando como base las siguientes cuencas: 1) Cuenca del río Alambi en Churupamba (542.45 Km<sup>2</sup>), ubicada al noroccidente de la provincia de Pichincha, parroquia Nanegal; 2) Cuenca del río Intag (1040.50 Km<sup>2</sup>), ubicada al suroccidente de la provincia de Imbabura; 3) Cuenca del río Quijos en Baeza (876.27 Km<sup>2</sup>), ubicada al nororiente del Ecuador, en la provincia de Napo. Los escenarios para uso del suelo usados son: años 1980 y 2000 para la cuenca del río Alambi en Churupamba y para la cuenca del río Intag; y uso del suelo para los años 1979 y 2000 para la cuenca del río Quijos en Baeza.

Como escenario base se establece el uso del suelo del año 1980 para las cuencas de los ríos Alambi e Intag, y el año 1979 para la cuenca del río Quijos. El segundo escenario considerando el uso de suelo es el año 2000 para las tres cuencas.

El análisis del cambio de uso del suelo se llevó a cabo mediante información disponible en instituciones públicas como el MAGAP (SIGAGRO) e INIAP. Para todos los casos se utilizó información a escala 1: 250 000, excepto para el uso del suelo de la cuenca del río Quijos del año 1979 que se utilizó escala 1:50 000. La información disponible se encuentra en formato shp\*, para la cual se usó el Sistema de Información Geográfica ArcGis 9.3, el cual también fue de gran utilidad para determinar parámetros hidrológicos necesarios para construir los modelos para los escenarios.

Se usaron dos tipos de modelos para determinar la diferencia en la respuesta hidrológica de las cuencas debido al cambio en el uso del suelo. El primer tipo a nivel mensual empleando el modelo precipitación-escorrentía GR2M (Mouelhi et al., 2006) para evaluar los caudales medios y mínimos y el segundo

a nivel horario con el modelo HEC-HMS (U.S Army Corps of Engineers, 2010) para caudales de crecida.

Los modelos de calibración para el modelo GR2M (Mouelhi et al., 2006) se los realizó para el año base, es decir, 1980 para Alambi e Intag y 1979 para Quijos. Los caudales obtenidos a nivel mensual con el modelo GR2M se los comparó con los caudales mensuales históricos registrado en dichas cuencas.

Para los caudales de crecida se partió de información de lluvias intensas y se empleó el modelo HEC-HMS 3.5. Los periodos de recurrencia para la intensidad de lluvia fueron de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Para el proceso de calibración se manejó el caudal máximo del hidrograma de crecida en la sección de interés de cada cuenca utilizando el mapa de uso del suelo del año base y con una intensidad de lluvia actuante para un periodo de retorno de 5 años. El caudal obtenido en el modelo HEC-HMS se lo comparó con el caudal obtenido mediante el método estadístico-probabilístico para el periodo de retorno de 5 años.

Los principales cambios en el uso del suelo que se han analizado para la cuenca del río Alambi en Churupamba en el periodo 1980-2000 (20 años) son: (1) pérdida de vegetación natural (bosques y matorrales) del 63% al 37.7%; (2) aumento de pastos del 31.3% al 37%; (3) aumento de cultivos del 3.9% al 20%; (4) aumento de vegetación natural asociada (con cultivos o pasto) del 0% al 3.8%.

De manera similar, para la cuenca del río Intag los cambios en el uso del suelo son: (1) pérdida de vegetación natural del 51.7% al 25.2%; (2) aumento de pastos del 11.9% al 17.3%; (3) aumento de cultivos del 15.5% al 25.3%; (4) aumento de vegetación natural asociada del 3.4% al 16.7%.

Para la cuenca del río Quijos en Baeza los cambios en el uso del suelo son: (1) pérdida de vegetación natural del 33.3% al 12.7%; (2) aumento de pastos del 7.5% al 11%; (3) aumento de vegetación natural asociada del 5.9% al 23.6%.

Los porcentajes de diferencia de caudales de crecida obtenidos para el año base con los dos métodos, para un período de retorno de 5 años son: Cuenca del río Alambi en Churupamba = 0.89%, cuenca del río Intag = 4.80% y cuenca del río Quijos en Baeza = 9.98%.

Debido a la notable pérdida de vegetación natural (bosques y matorrales), se evidencia irregularidad en la ocurrencia de los caudales medios y mínimos, e incrementos en los caudales de crecidas. En relación al año base, los incrementos de caudales de crecida para el uso de suelo del año 2000 y un periodo de retorno de 5 años son de: 44.35% cuenca del río Alambi, 37.50% cuenca del río Intag, 37.30% cuenca del río Quijos.

De esta forma los resultados obtenidos muestran claramente la gran influencia del cambio del uso del suelo en los caudales.

## PRESENTACIÓN

El objetivo principal es evaluar la incidencia del cambio del uso del suelo en el régimen hidrológico de los ríos del Ecuador, tomando en consideración tres cuencas piloto como son: Cuenca del río Alambi en Chrupamba, cuenca del río Intag y la cuenca del río Quijos en Baeza.

Se analizan los caudales medios y mínimos mensuales tanto en términos de la curva de duración general y de la curva de variación estacional, y con la ayuda del modelo hidrológico GR2M. Los caudales obtenidos a nivel mensual con este modelo se los comparó con los caudales mensuales históricos registrados en las cuencas en diferentes periodos (1980-1985 y 1995-2000), para evaluar su variabilidad en el tiempo.

También se analizan los caudales de crecida para diferentes periodos de retorno (5,10, 25, 50 y 100 años) con datos históricos registrados aplicando un método estadístico-probabilístico y luego se generaron hidrogramas de crecida a nivel horario con el modelo HEC-HMS para los diferentes usos de suelo. Los caudales así generados por el modelo con uso del suelo del año base se calibraron con los caudales obtenidos por el método estadístico-probabilístico para un periodo de retorno de 5 años. Luego, bajo los mismos parámetros, se modelan los caudales para el uso del suelo del año 2000 y se evaluaron sus diferencias al ser comparados con el escenario base.

A continuación se detalla la metodología y capítulos presentados en el presente estudio:

Capítulo 1: se presenta la introducción, conceptos básicos y objetivos del estudio.

Capítulo 2: se presentan los antecedentes y estudios relacionados con el tema.



Capítulo 3: se detalla la información hidrometeorológica disponible y el relleno de datos faltantes en las series.

Capítulo 4: se describen cada una de las cuencas, sus características físicas y subcuencas incluidas, los cambios en el uso del suelo y el tipo de suelo de cada cuenca.

Capítulo 5: se analiza la variabilidad estacional e interanual de la temperatura y precipitación para cada cuenca.

Capítulo 6: se analizan los caudales medios y mínimos mensuales registrados en base a las curvas de duración general y curvas de variación estacional. Además, en base a las series de caudales máximos instantáneos y caudales medios diarios anuales de las estaciones, se generaron caudales máximos de crecida asociados a periodos de retorno (método estadístico-probabilístico).

Capítulo 7: aplicando el modelo hidrológico tipo precipitación-escorrentamiento a nivel mensual (GR2M), para cada cuenca se generan caudales mensuales para el uso del suelo del año base, los que se comparan con los registros históricos en diferentes periodos.

Capítulo 8: se determinan los caudales de crecida con períodos de retorno asociados mediante el uso del modelo precipitación-escorrentamiento (hidrograma unitario) con el HEC-HMS 3.5. El modelo se calibra utilizando los caudales máximos para 5 años de período de retorno obtenidos mediante el método estadístico – probabilístico.

Capítulo 9: se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el estudio.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

### 1.1 INTRODUCCIÓN

La tasa, magnitud y extensión de las alteraciones humanas al sistema terrestre no tienen precedente (Lambin et al., 2001). Como señalan Vitousek et al. (1997), “El uso de la tierra para proveer bienes y servicios representa la principal alteración humana al sistema Tierra.” Los cambios de cobertura y uso del suelo amenazan la diversidad biológica (Sala et al., 2000), contribuyen al cambio climático local, regional y global (Houghton et al., 1999), degradan el suelo (Tolba et al., 1992) y alteran el funcionamiento y los servicios de los ecosistemas, así como la vulnerabilidad de éstos y de la población humana frente a los cambios climáticos y las perturbaciones naturales y humanas (Everham y Brokaw, 1996; Kasperson et al., 1995; Vitousek et al., 1997).

Caracterizar la cobertura terrestre, el uso del suelo de un área, así como sus cambios espacio-temporales en relación con las actividades humanas, es fundamental para entender y predecir la dinámica de los componentes del paisaje. Además, proporciona un marco de referencia para el estudio de la sucesión y la dinámica de los ecosistemas, así como para el diseño de políticas y estrategias de planificación, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales (Ojima et al., 1994).

Cuando existe una capa de vegetación, como el caso de los bosques, las gotas de lluvia se estrellarán primero contra las ramas de los árboles, antes de alcanzar la superficie; de esa manera podrán disminuir la velocidad y la fuerza del impacto. Sin embargo, a los pocos instantes de comenzar a llover, el goteo sobre el piso del bosque será inevitable, pero ya el impacto de las gotas no tendrá la misma fuerza, de no ser por la previa amortiguación ejercida por las ramas y troncos de

las plantas. Adicionalmente, el impacto de dichas gotas se hará casi nulo, a causa de la existencia de una especie de alfombra representada por el mantillo de hojarasca (conjunto de hojas que han caído de los árboles). Además, el poder de arrastre o socavación de las aguas se reduce notablemente a causa de los innumerables obstáculos representados por las raíces, los tallos de los árboles y el mismo mantillo de hojarasca. Bajo estas condiciones, aumenta la infiltración, la pérdida de suelo y la escorrentía se hacen mínimas, evitando grandes crecidas e inundaciones. Es de recalcar que, en los suelos ricos en arcilla la escorrentía es mayor que la infiltración y, por lo tanto, se estima que el desgaste o la pérdida de materiales son superiores en relación a aquellos suelos de texturas arenosas, sobre los cuales la infiltración supera a la escorrentía. De la misma manera, el grado de inclinación de las vertientes influye en la mayor o menor velocidad del agua; por lo tanto, la escorrentía superficial será mayor así como el desgaste de los suelos será superior en los lugares más empinados.

Por efecto de la pérdida de la cubierta del bosque, el agua fluye rápidamente hacia los arroyos, elevando los niveles de los ríos más rápidamente y dejando expuestas a las poblaciones cercanas y campos agrícolas en producción, ante las inundaciones, obviamente con mayor frecuencia en la época de lluvias. En época de sequía, las corrientes son susceptibles a los periodos largos de sequía, perjudicando las actividades productivas que se desarrollan con la utilización del recurso hídrico. Además, el bosque aumenta la humedad local a través de la transpiración (proceso mediante el cual las plantas liberan agua a través de las hojas), lo que contribuye con la precipitación local. Por ejemplo, entre el 50 y 80 por ciento de humedad en la Amazonia central y occidental permanece dentro del ciclo del agua del ecosistema. En este ciclo, la humedad se transpira y evapora en la atmósfera, lo que da como resultado la formación de nubes de lluvia antes de que el agua se precipite como lluvia de vuelta al bosque. Cuando los bosques son talados, se evapotranspira una cantidad menor de humedad en la atmósfera, lo que trae como consecuencia una menor formación de nubes de lluvia. La precipitación disminuye y el área queda expuesta a la sequía (Flores, I., 2010).

Estos cambios en el uso del suelo reflejado en mapas, permite conocer la magnitud de este cambio en el tiempo. Y como se ha visto, los procesos que son parte del ciclo hidrológico, como son la infiltración, almacenamiento subsuperficial y la evapotranspiración, dependen en alto grado del tipo de la cubierta vegetal, y pueden ser evaluados mediante modelación matemática.

Existen muchos factores que inciden en los caudales, para lo cual es necesario conocer algunos conceptos básicos que ayuden a entender mejor los procesos hidrológicos, los mismos que se presentan a continuación.

## 1.2 CONCEPTOS BÁSICOS

**Cuenca hidrográfica:** es un área delimitada por la línea de cumbres o divisoria, drenada por un curso de agua o por un sistema interconectado de cauces naturales, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple y común (MONSALVE, 1990).

**Caudal:** se denomina caudal o gasto a la cantidad de agua que se mueve en un cauce y que generalmente se concibe como:

- La relación entre el volumen de agua que atraviesa una sección, y el tiempo que tarda en hacerlo.
- El producto de la velocidad del agua al atravesar una sección del cauce, por el área de dicha sección transversal.

**El suelo:** es un recurso natural semi-renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra; es la fuente de vida de las plantas, los animales y la especie humana.

**La cobertura del suelo:** son aquellos cuerpos naturales Y artificiales que cubren la superficie del suelo, por lo tanto pueden originarse de ambientes naturales como resultado de la evolución ecológica (bosques, sabanas, lagunas, etc.) o a partir de ambientes artificiales creados y mantenidos por el hombre (cultivos, represas, ciudades, etc.)

**El ciclo hidrológico:** se denomina así a la circulación o movimiento del agua en la tierra, que incluye los almacenamientos de agua en la atmósfera, en la

superficie terrestre, en los subsuelos y en los océanos y mares, y los procesos que permiten el intercambio o el flujo del agua entre ellos.

El ciclo hidrológico se puede modelar a través de variables que se relacionan entre sí por la interacción de varios procesos climáticos e hidrológicos, siendo estos procesos condicionados por factores físicos geográficos que intervienen principalmente en el movimiento del agua. (Ver FIGURA 1.1)

**FIGURA 1.1 El ciclo del agua**



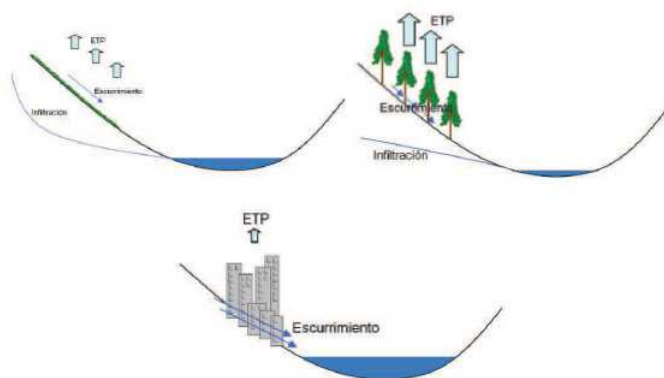
FUENTE: mosingenieros.blogspot.com

***Escorrentamiento superficial:*** Es la porción de la precipitación que no se infiltra ni se acumula en la superficie del suelo, pero que influye aguas abajo como flujo laminar o concentrado (Chow et al., 1988). El escurrimiento superficial está directamente ligado con la cobertura del suelo.

Por ejemplo, como se muestra en la FIGURA 1.2, un suelo cubierto de pasto tendrá un escurrimiento bajo, una infiltración y una evapotranspiración relativamente bajas, aunque puede darse el caso de que se construyan cerramientos en los pastizales que alteran el escurrimiento. En general, se tienen caudales de carácter regular durante un periodo de tiempo debido al efecto

combinado de la infiltración, escurrimiento y evapotranspiración. En el caso de tener una zona cubierta de árboles, se tendrá mayor evapotranspiración, el escurrimiento se verá frenado por los árboles y habrá más infiltración, lo que provocará caudales bajos pero regularizados, sin crecidas bruscas. También se puede presentar el caso donde se presente una región urbana, en donde el escurrimiento es importante, la evapotranspiración es mínima y la infiltración es prácticamente nula, esto provoca caudales muy irregulares y crecidas muy bruscas. (Serrano, J., 2010).

**FIGURA 1.2 Diferentes escenarios de cobertura del suelo**



FUENTE: (Serrano, J., 2010)

**Evapotranspiración:** es la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración de las plantas. (FAO, 1990).

**Evaporación:** La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua y se retira de la superficie evaporante. Para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante. A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura gradualmente y el proceso se vuelve cada vez más lento hasta detenerse completamente si el aire mojado circundante no se transfiere a la atmósfera o en otras palabras no se

retira de alrededor de la hoja. El reemplazo del aire saturado por un aire más seco depende grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación.

Cuando la superficie evaporante es la superficie del suelo, el grado de cobertura del suelo por parte del cultivo y la cantidad de agua disponibles en la superficie evaporante son otros factores que afectan el proceso de la evaporación. Lluvias frecuentes, el riego y el ascenso capilar en un suelo con manto freático poco profundo, mantienen mojada la superficie del suelo (FAO, 1990).

**Transpiración:** La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales.

La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce y las prácticas de cultivo (FAO, 1990).

**Evapotranspiración potencial (ETP):** Máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones, y en el supuesto caso de no existir limitaciones en la disponibilidad de agua.

Thornthwaite en 1948 definió el concepto de evapotranspiración potencial como el máximo de evapotranspiración que depende únicamente del clima. Según Thornthwaite no hay ninguna restricción de agua en el suelo y su magnitud

depende exclusivamente del clima. Penman (1956) define la evapotranspiración potencial como la cantidad de agua transpirada por un cultivo corto de césped que cubre el suelo en su totalidad y sin ninguna falta de agua. Papadakis (1980) define la evapotranspiración potencial como la cantidad de agua que se necesita para obtener una vegetación o un rendimiento cercano al óptimo.

***Evapotranspiración real (ET<sub>real</sub>):*** La evapotranspiración real es la cantidad de agua, expresada en mm/día, que es efectivamente evaporada desde la superficie del suelo y transpirada por la cubierta vegetal.

La evapotranspiración potencial sólo se lleva a cabo cuando el suelo dispone de bastante agua para suplirla, de modo que en los períodos sin humedad en el suelo el valor de la pérdida de humedad puede ser menor que el calculado, es lo que se conoce como evapotranspiración real. Solo cuando el valor anterior supera a la evaporación potencial, puede satisfacerse ésta y, en este caso, coincide con la real, el exceso de agua permanece como reserva del suelo. En los períodos más húmedos, dicho exceso, puede superar a la capacidad de reserva y existirá una evacuación del sobrante por drenaje o escorrentía superficial si la permeabilidad del suelo es inferior a la intensidad de la precipitación (FAO, 1990).

***Tiempo de concentración de la cuenca, T<sub>c</sub>:*** es el tiempo que tarda una gota de agua en trasladarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta la salida.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo principal es evaluar la incidencia del cambio del uso del suelo en el régimen hidrológico de los ríos del Ecuador, tomando en consideración tres cuencas piloto como son: Cuenca del río Alambi en Chrupamba, cuenca del río Intag y la cuenca del río Quijos en Baeza.



## 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la variación temporal del cambio del uso del suelo en las cuencas, tomando un período representativo en años.
- Establecer dos escenarios para el uso del suelo de cada cuenca.
- Determinar los caudales medios y mínimos en valores mensuales en base a métodos estadísticos-probabilísticos.
- Analizar el efecto del cambio del uso del suelo en los caudales medios y mínimos, mediante la aplicación del modelo GR2M y su comparación con caudales medios mensuales registrados en las cuencas para diferentes periodos.
- Establecer los caudales máximos en base a la información de gastos máximos instantáneos históricos, considerando la probabilidad de excedencia y el período de retorno.
- Determinar los caudales e hidrogramas de crecidas con el modelo HEC-HMS para los escenarios establecidos, tomando como referencia para su calibración los caudales máximos determinados para diferentes períodos de retorno en base a información de gastos máximos instantáneos históricos.

## CAPÍTULO 2

### ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE EN EL TEMA

La modelación juega un papel importante en el estudio del sistema terrestre: resuelve preguntas específicas, sirve como potente herramienta de diagnóstico, sugiere mediciones de campo, evalúa el comportamiento de un sistema ante posibles escenarios y es útil para la predicción de condiciones futuras y toma de decisiones.

Por otro lado, es importante evaluar las diferentes coberturas vegetales y su relación con la transpiración, mecanismo por el cual la vegetación regula la cantidad de agua que se transfiere a la atmósfera y la presente en los suelos, influyendo en la variabilidad espacio-temporal de la humedad del suelo y la precipitación<sup>1</sup>.

En la actualidad, Madagascar es un gran desierto de color rojo, que carece de árboles debido a que ha estado expuesto a varias generaciones de severa deforestación. El flujo de los ríos ha disminuido y una menor cantidad de agua llega a las ciudades y a los campos agrícolas. La disminución de la precipitación en los países del interior de África occidental se le ha atribuido a la tala extensiva de los bosques lluviosos de la costa. De modo similar, una nueva investigación en Australia sugiere que de no ser por la influencia humana —en especial por los incendios agrícolas— el interior seco de la isla podría ser un lugar más húmedo y hospitalario de lo que es en la actualidad. El efecto del cambio en la vegetación de los bosques, que favorece la precipitación en los pastizales y arbustos, puede tener un impacto en los patrones de precipitación. Colombia, que se encontraba en segundo lugar a nivel mundial, en cuanto a reservas de agua dulce, cayó al

---

<sup>1</sup> Vélez, J., Poveda, G., Mesa, O., Hoyos, C., Salazar, L., y Fredy Mejía. Modelo de Interacción suelo-atmósfera para la estimación de caudales medios mensuales en Colombia.

lugar 24 debido a la deforestación extensiva de los últimos 30 años. La tala en los alrededores de Kuala Lumpur, capital de Malasia, combinada con las condiciones de secas creadas por El Niño, provocó el estricto racionamiento de agua en 1998, y por primera vez la ciudad tuvo que importar agua.

Esta situación provoca una gran preocupación, por cuanto considera que debido a la deforestación en diferentes zonas, se podría conducir a una disminución significativa en la precipitación, además de las consecuencias en las zonas aledañas, provocando la desecación de la cubierta boscosa circundante; con la respectiva reducción de reservas de la humedad del lugar, este comportamiento en función de su tamaño, puede llegar a afectar importantes zonas agrícolas, centros poblados, etc.

En la Conferencia sobre Cambio Climático de Buenos Aires, Bretaña, citando un estudio de impacto realizado por el Instituto de Ecología de Edinburgo, sugirió que el bosque lluvioso del Amazonas podría perderse en 50 años debido a los cambios en los patrones de precipitación, inducidos por el calentamiento global y el cambio de uso de suelo.<sup>2</sup>

A continuación se refieren algunos estudios sobre el tema de la deforestación y su efecto en la precipitación pluvial y caudales de los ríos.

Andreassian (2004), en una exhaustiva revisión histórica de la literatura científica referida al impacto de los bosques en los caudales, concluye que la tala de árboles genera en una primera etapa un incremento en la producción de agua, lo que va seguido de una segunda etapa de disminución en ella. Esta primera etapa, de mayor escorrentía superficial, concuerda con experiencias realizadas en el centro sur de Chile, donde se estima que cuencas con diferente uso de suelo

---

<sup>2</sup> Flores, I., (2010), La deforestación y su influencia en los caudales. Escuela Militar de Ingeniería – U.A. Santa Cruz – Ing. Ambiental 2010.

aumentaron su caudal de verano en condición de menor cobertura vegetal (Iroumé et al. 2005). Por su parte, en situación pos-tala, el caudal anual creció más del doble, y en un tercio los caudales máximos (Iroumé et al. 2006). La segunda etapa de disminución en los caudales mencionada por Andreassian (2004), se atribuye al establecimiento y crecimiento del nuevo bosque, produciéndose una mayor intercepción de las precipitaciones en el dosel y un mayor consumo producto de la evapotranspiración. Además, se reconoce esta etapa como de duración muy variable, debido principalmente a las condiciones de clima, suelo y tipo de bosque en cada caso particular (Brown et al. 2005). Por ejemplo, un estudio realizado en Australia muestra la existencia de un claro efecto de reducción en los caudales (31-44%), luego de sustituir praderas y matorrales con plantaciones de pino y eucalipto (Farley et al. 2005). De igual forma, en Chile se ha encontrado que dichas plantaciones de especies exóticas provocan una importante reducción del agua disponible en el suelo (Huber et al. 1998, Huber y Trecaman 2004)<sup>3</sup>

En cuanto al análisis y modelación del escurrimiento debido al cambio del uso del suelo se pueden mencionar:

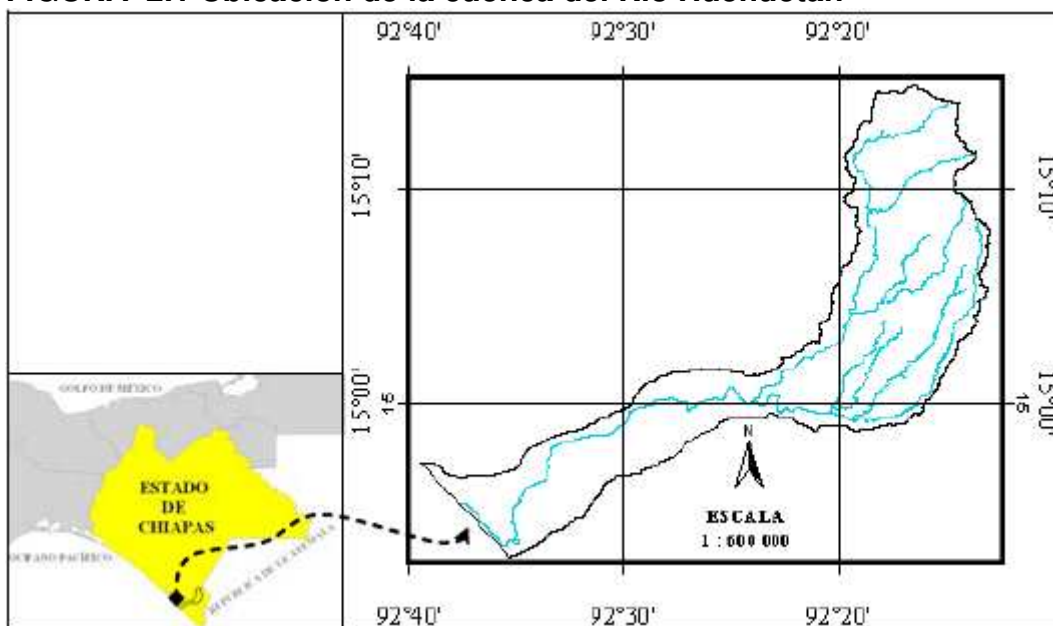
#### **USO DEL SUELO Y SU EFECTO SOBRE LOS ESCURRIMIENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO HUEHUETÁN<sup>4</sup>**

En este trabajo se realizó un análisis de cambio de uso del suelo bajo dos escenarios: 1990 y 2005. El objetivo fue analizar su efecto en los escurrimientos de la cuenca del Río Huehuetán, localizada en la Costa de Chiapas, México, utilizando en ambos casos el mismo evento de lluvia histórico del huracán Stan y empleando el modelo HEC-HMS.

---

<sup>3</sup> Flores, I., (2010), La deforestación y su influencia en los caudales. Escuela Militar de Ingeniería – U.A. Santa Cruz – Ing. Ambiental 2010.

<sup>4</sup> Juárez, J.; Ibáñez, L.; Pérez, S.; Arellano, J., (2010), Uso del suelo y su efecto sobre los escurrimientos en la cuenca del río Huehuetán.

**FIGURA 2.1 Ubicación de la cuenca del Río Huehuetán**

FUENTE: Juárez, M., (2010)

El análisis del cambio de uso del suelo se llevó a cabo mediante técnicas de interpretación de imágenes de satélite LANDSAT TM para 1990 y SPOT 5 para 2005 y mediante sobreposición cartográfica en el Sistema de Información Geográfica ArcView GIS 3.2. Con la extensión GeoHMS para ArcView se delimitaron un total de 25 subcuencas y se determinaron los parámetros hidrológicos necesarios para construir los modelos de los dos escenarios (1990 y 2005), los cuales fueron realizados en HEC-HMS 2.2.2 bajo el esquema del hidrograma unitario sintético del Soil Conservation Service (SCS) y con el evento de lluvia correspondiente al paso del huracán STAN en octubre del 2005. Los resultados encontrados muestran que no existieron diferencias significativas en los escurrimientos máximos en los dos escenarios; en 1990 fue 2,566.4 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> y en 2005 de 2,544.0 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> con una disminución de 0.87 %. De esta forma los resultados obtenidos son un reflejo de un buen estado de conservación de los recursos naturales de la cuenca.

En la TABLA 2.1 se presentan las categorías y superficie (ha) de usos del suelo encontrados en la cuenca del Río Huehuetán en los dos años de análisis.

**TABLA 2.1 Categorías y superficie (ha) de usos del suelo encontrados en la cuenca del Río Huehuetán en los dos años de análisis.**

Clave	Descripción	1990	2005	Tendencia
BP	Bosque de pino	626	622	Permanecer
BPQ	Bosque de pino-encino	1,353	2,072	Aumentar
BQP	Bosque de encino-pino	4,065	2,875	Disminuir
SMSC/VS	Selva mediana subcaducifolia	12,092	9,164	Disminuir
PAST-RAS	Pastizal rasante	2,648	6,853	Aumentar
S-DESN	Suelos en descanso	1,073	61	Disminuir
UA-CP	Uso agrícola-cultivos permanentes	7,492	7,419	Permanecer
AU y POB	Áreas urbanas y pobladas	131	643	Aumentar

FUENTE: Juárez, M., (2010)

## **MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE CRECIDAS EN LA CUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA EN LA CIUDAD DE QUITO<sup>5</sup>**

El estudio tiene como objetivo principal la obtención de mapas de inundación del río Machángara, para diferentes escenarios de uso del suelo y de ocurrencia de lluvias intensas. Para cumplir el objetivo se modeló la cuenca con el programa HEC-HMS para el proceso hidrológico. Además, para modelar la propagación de la crecida en el tramo El Recreo - El Trébol se utilizó el programa HEC-RAS para el proceso hidráulico.

En el estudio se consideran tres factores importantes para la generación de los diferentes escenarios a modelar de la cuenca del río Machángara:

Condición 1:

La intensidad de lluvia con periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.

Condición 2:

El cambio en el uso del suelo:

- Situación natural (sin área urbana)
- Situación actual

---

<sup>5</sup> Aguilar, A., (2010), Modelación hidrológica de crecidas en la cuenca del río Machángara en la ciudad de Quito. Quito: EPN

- Situación futura (año 2050).

Condición 3:

- Estructuras de paso en el río Machángara, en el tramo de El Recreo-El Trébol como embaulados o túneles.
- Cauce sin obras de paso.

En la TABLA 2.2, 2.3 y 2.4 se muestran los diferentes usos de suelo para la cuenca del río Machángara.

**TABLA 2.2 Uso actual del suelo de la cuenca del río Machángara**

SUBCUENCA	ÁREA	USO ACTUAL (%)					
	Km <sup>2</sup>	U	BR	BP	AE	P	VA
Qda. Caupicho	30,75	92,3	3,1	3,6	0,5	0,4	
Qda. Ortega	30,04	56,9	1,2	34,9	0,5	4,8	1,8
Río Grande	29,82	35,9	5,3	58,8			
Qda. Caupicho A.J. Río Grande	0,64	100,0	-	-	-	-	-
Río Machángara desde río Grande hasta El Recreo	11,17	80,4	7,6	12,0	-	-	-
Río Machángara desde El Recreo hasta El Trébol	20,98	66,3	7,0	26,7	-	-	-
Río Machángara desde El Trébol hasta Qda. Cuscungo	14,79	67,1	6,7	25,6	-	-	-
Qda. Rumipamba	29,33	20,2	2,8	77,0	-	-	-
Río Machángara desde Qda. Rumipamba hasta Qda. El Batán	47,25	81,4	9,2	9,6	-	-	-
Río Machángara desde Qda El Batán A.J. Río San Pedro	12,63	51,2	15,0	23,5	7,4	-	2,3

ELABORACIÓN: Alexis Aguilar

**TABLA 2.3 Uso natural del suelo de la cuenca del río Machángara**

SUBCUENCA	ÁREA	USO NATURAL (%)					
	Km <sup>2</sup>	U	BR	BP	AE	P	VA
Q. Caupicho	30,75		95,4	3,6	0,5	0,4	
Q. Ortega	30,04		58,1	34,9	0,5	4,8	1,7
Río Grande	29,82		41,2	58,8			
Q. Caupicho A.J. Río Grande	0,64		100,0	0,0			
Río Machángara desde río Grande hasta El Recreo	11,17		88,0	12,0			
Río Machángara desde El Recreo hasta El Trébol	20,98		73,3	26,7			
Río Machángara desde El Trébol hasta Qda. Cuscungo	14,79		73,8	25,6			
Qda. Rumipamba	29,33		23,0	77,0			
Río Machángara desde Qda. Rumipamba hasta Qda. El Batán	47,25		90,6	9,6			
Río Machángara desde Qda El Batán A.J. Río San Pedro	12,63		66,2	23,5	7,4		1,0

ELABORACIÓN: Alexis Aguilar

**TABLA 2.4 Situación Futura del suelo de la cuenca del río Machángara**

SUBCUENCA	ÁREA	USO FUTURO (%)					
	Km <sup>2</sup>	U	BR	BP	AE	P	VA
Qda. Caupicho	30,75	92,3	3,1	3,6	0,5	0,4	
Qda. Ortega	30,04	56,9	1,2	34,9	0,5	4,8	1,8
Río Grande	29,82	35,9	5,3	58,8			
Qda. Caupicho A.J. Río Grande	0,64	100,0	-	-	-	-	-
Río Machángara desde río Grande hasta El Recreo	11,17	80,4	7,6	12,0	-	-	-
Río Machángara desde El Recreo hasta El Trébol	20,98	66,3	7,0	26,7	-	-	-
Río Machángara desde El Trébol hasta Qda. Cuscungo	14,79	67,1	6,7	25,6	-	-	-
Qda. Rumipamba	29,33	20,2	2,8	77,0	-	-	-
Río Machángara desde Qda. Rumipamba hasta Qda. El Batán	47,25	81,4	9,2	9,6	-	-	-
Río Machángara desde Qda El Batán A.J. Río San Pedro	12,63	51,2	15,0	23,5	7,4	-	2,3

ELABORACIÓN: Alexis Aguilar



El caudal máximo obtenido para los escenarios 1-2, 3-4 y 5-6, en el punto de interés fueron  $209.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $243.6 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $280 \text{ m}^3/\text{s}$  respectivamente que corresponden a un uso del suelo actual. Mientras que para los escenarios 7-8, 9-10 y 11-12 fueron  $123.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $145.8 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $169.7 \text{ m}^3/\text{s}$  respectivamente que corresponden a un uso del suelo natural (sin zona urbana). Indicando una clara diferencia entre caudales de crecida con uso actual y uso natural del suelo.

## CAPÍTULO 3

### INFORMACIÓN BÁSICA DISPONIBLE DE LAS CUENCAS

#### 3.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

La información hidrometeorológica recopilada para el presente estudio se sustenta en las siguientes fuentes:

- Anuarios Hidrológicos (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología);
- Anuarios Meteorológicos (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología);
- Estudio de Prefactibilidad de la Central Hidroeléctrica Nanegal (ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2008);
- Anexos de Informe Hidrológico Villadora, ETAPA 2;
- Estudio de prefactibilidad de la Central hidroeléctrica Chanchán (ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2008);
- Incidencia de la Variabilidad Climática en los Caudales Mínimos del Ecuador (Luis Ríos, EPN 2010); y,
- Proyecto Hidroeléctrico Quijos-Fase II - Diseño de Licitación - Informe General - Anexo D - Meteorología, Hidrología, Sedimentología. (ASOCIACIÓN ASTEC-INTEGRAL).

Se conformaron series de registros históricos de al menos 20 años de precipitaciones mensuales; caudales medios diarios y mensuales; y temperaturas medias mensuales.

La información cartográfica disponible y que corresponde a las cuencas de estudio consiste en:

- ✓ Topografía de escala 1:250.000;
- ✓ Mapa de Tipo de suelos de escala 1: 250.000;
- ✓ Mapa de Uso del suelo de escala 1: 250.000 y 1: 5.000;
- ✓ Mapa de Cuencas de escala 1:250.000; y

- ✓ Mapa de Microcuencas de escala 1:250.000.

Para definir los usos y tipos de suelos de las cuencas, se utilizaron mapas en formato \*.shp. Para la ejecución del trabajo se revisaron estudios básicos e información existente de instituciones públicas.

A continuación se indica de manera general las instituciones públicas y estudios con los cuales se conformó la información complementaria para el presente estudio:

- INIAP, 2008. GEOPOLÍTICA Y TRANSFORMACIONES AGRARIAS. El Valle del Quijos en la Amazonía Ecuatoriana;
- Instituto Geográfico Militar (I.G.M); y
- Sistema de Información Geográfica Agropecuaria (SIGAGRO).

### 3.2 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Las variables consideradas son: temperatura media mensual (periodo 1971-2005) y precipitaciones mensuales (periodo 1980-2008).

Las estaciones fueron seleccionadas de acuerdo a su ubicación con respecto a cada cuenca en estudio, procurando seleccionar al menos tres estaciones para evaluar la variabilidad espacial y temporal de las variables a considerar. Las estaciones meteorológicas dispuestas para el análisis se muestran en la TABLA 3.1.

**TABLA 3.1 Estaciones meteorológicas de interés**

Cód.	Estación	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (m s.n.m)	Institución
<b>CUENCA RÍO ALAMBI EN CHURUPAMBA</b>						
M339	NANEGALITO	PG	00°03'41"N	78°40'44"W	1615	INAMHI
M358	CALACALI INAMHI	PV	00°00'05"N	78°30'45"W	2810	INAMHI
M361	NONO	PV	00°03'41"S	78°34'31"W	2730	INAMHI
M213	LA PERLA	CP	00°11'34"N	78°40'10"W	1410	INECEL
<b>CUENCA RÍO INTAG</b>						
M318	APUELA-INTAG	PV	00°21'34"N	78°30'41"W	1620	INAMHI
M325	GARCÍA MORENO	PV	00°14'02"N	78°37'37"W	1950	INAMHI
M326	SELVA ALEGRE-IMBABURA	PV	00°15'04"N	78°34'24"W	1800	INAMHI
<b>CUENCA RÍO QUIJOS EN BAEZA</b>						
M215	BAEZA	CP	00° 37' 34" S	77° 51' 57" W	1960	INECEL
M188	PAPALLACTA	CO	00° 21' 54" S	78° 08' 41" W	3150	INAHMI
M490	SARDINAS	PV	00° 22' 16" S	77° 48' 06" W	1615	INAHMI

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

De acuerdo a la clasificación del INAMHI, el tipo de estaciones corresponde:

CP – climatológica principal;

CO – climatológica ordinaria;

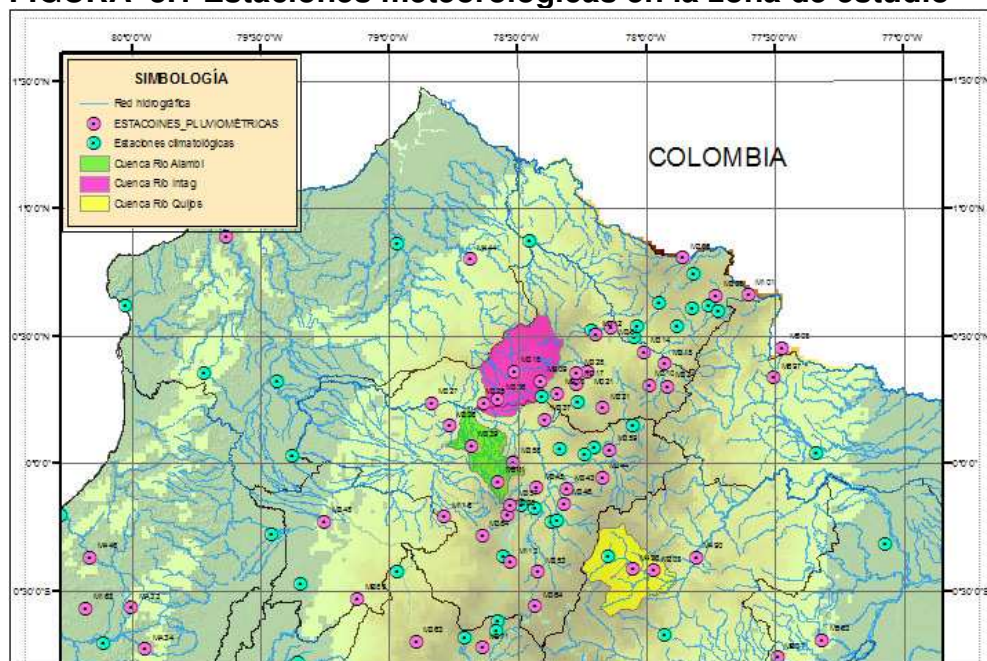
PG – pluviográfica;

PV – pluviométrica;

AR – aeronáutica.

En la FIGURA 3.1 se muestran las estaciones meteorológicas en la zona de estudio. En el Anexo No 1 se presentan los mapas de las estaciones para una mejor visualización y las series mensuales constan en el Anexo No 2.

**FIGURA 3.1 Estaciones meteorológicas en la zona de estudio**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 3.3 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

El análisis de información hidrológica se realizó con caudales medios diarios y medios mensuales. Para el tema de caudales máximos se recopiló información disponible de caudales máximos instantáneos.

En la TABLA 3.2 se muestran las estaciones hidrológicas utilizadas para cada cuenca. Las series mensuales se presentan en el Anexo No 2 y las series de caudales máximos en el Anexo No 3.

**TABLA 3.2 Estaciones hidrológicas de interés**

ESTACIÓN	COORDENADAS		ELEVACIÓN	CÓDIGO	TIPO	INSTITUCIÓN	PERIODO
	LATITUD	LONGITUD	m s.n.m				
INTAG D.J. PAMPLONA	00°13'20" N	78°37'25" W	1000	H150	LG	INECEL	1971-2005
ALAMBI EN CHURUPAMBA	00°09'00" N	78°40'50" W	920	H136	LG	INECEL	1963-2005
QUIJOS EN BAEZA	00°27'16"S	77°53'11"W	1770	H718	LG	INAMHI	1971-2005

FUENTE: INAMHI

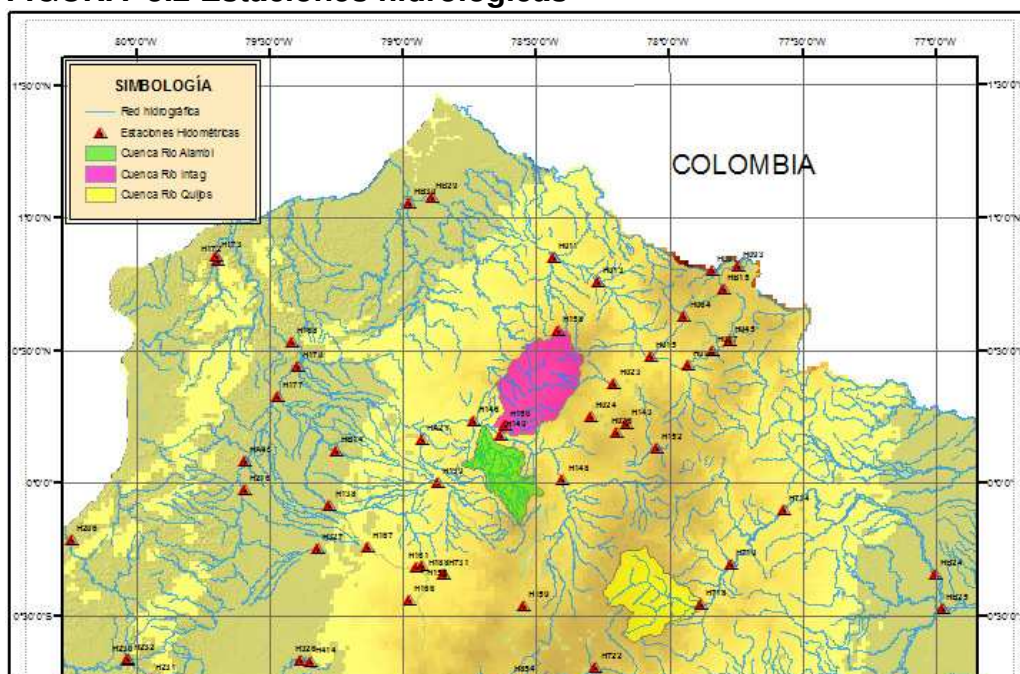
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En donde:

LG= Linigráfica.

En FIGURA 3.2 se muestran las estaciones hidrológicas en la zona de estudio y en el Anexo No 1 se presenta el mapa de las estaciones a mayor escala.

**FIGURA 3.2 Estaciones hidrológicas**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 3.4 RELLENO DE DATOS FALTANTES

Se aplicó métodos estadísticos con estaciones seleccionadas por pertenencia a las cuencas de drenaje, tenencia de características análogas y cercanía geográfica.

Los registros hidrométricos de caudales medios mensuales que se presentan incompletos fueron también completados mediante modelos de regresión de mínimos cuadrados, a partir de registros de precipitaciones mensuales.

En general, se adopta el modelo de correlación si la regresión por mínimos cuadrados presenta coeficientes (R) mayores a 0.7.

La ecuación lineal de correlación es de la forma:

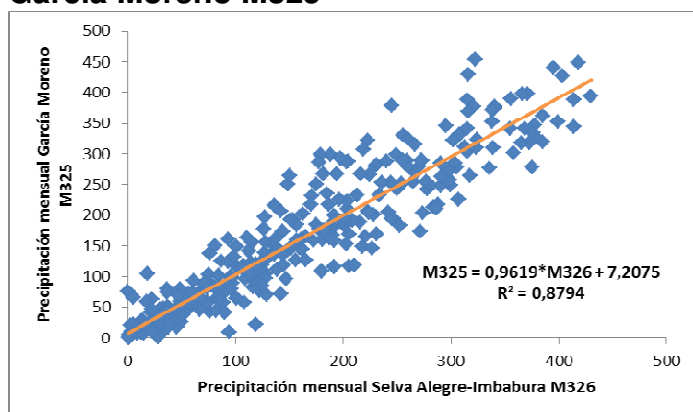
$$Estación_Y = A(Estación_X) + B \quad (3.1)$$

Donde:

A y B: Coeficientes de tendencia lineal

En la FIGURA 3.3 se presenta un ejemplo de la correlación lineal de precipitaciones mensuales (1980-2008) entre las estaciones Selva Alegre Imbabura y García Moreno, que corresponden a la cuenca del río Intag

**FIGURA 3.3 Correlación lineal Estación Selva Alegre Imbabura M326 – García Moreno M325**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la TABLA 3.3 se muestra las ecuaciones de correlación con las que se rellenaron las series meteorológicas e hidrométricas.

**TABLA 3.3 Ecuaciones de relleno de información**

Estación Y	Estación X	A	B	R
García Moreno	Selva Alegre-Imbabura	0,9619	7,2075	0,94
Apuela Intag	Selva Alegre-Imbabura	0,8506	6,8531	0,87
Nono	Nanegalito	0,4079	-8,0694	0,78
La Perla	El Chaco	0,4974	10,352	0,71
Quijos en Baeza	Baeza	0,266	-5,8683	0,78

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

Donde:

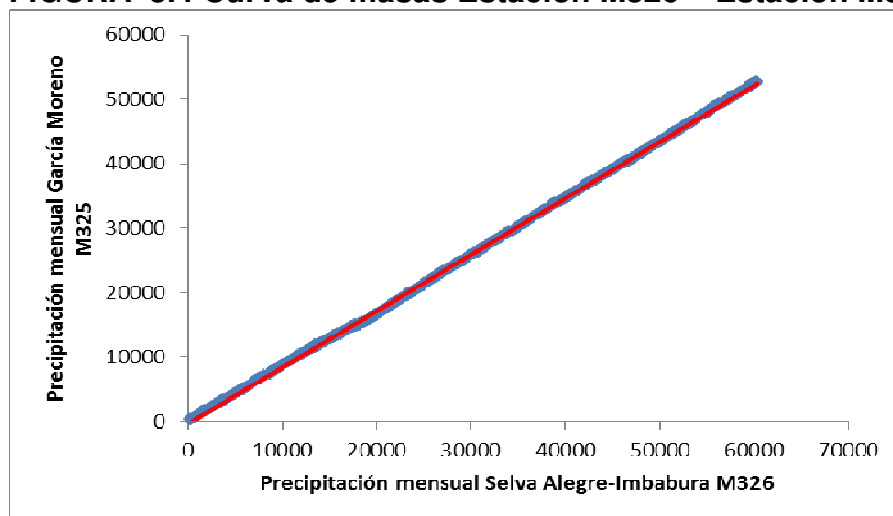
A y B: Coeficientes de tendencia lineal;

R: Coeficiente de regresión lineal por mínimos cuadrados.

Para definir la validez de las series climáticas e hidrológicas se realizó un análisis de las curvas de doble masa, asumiendo su homogeneidad cuando se presenta una tendencia lineal con pendiente constante.

Como ejemplo, en la figura 3.4 se muestra la curva de masas para la estación Selva Alegre Imbabura (M326) con la estación García Moreno (M325), para precipitaciones mensuales.

**FIGURA 3.4 Curva de masas Estación M326 – Estación M325**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## CAPÍTULO 4

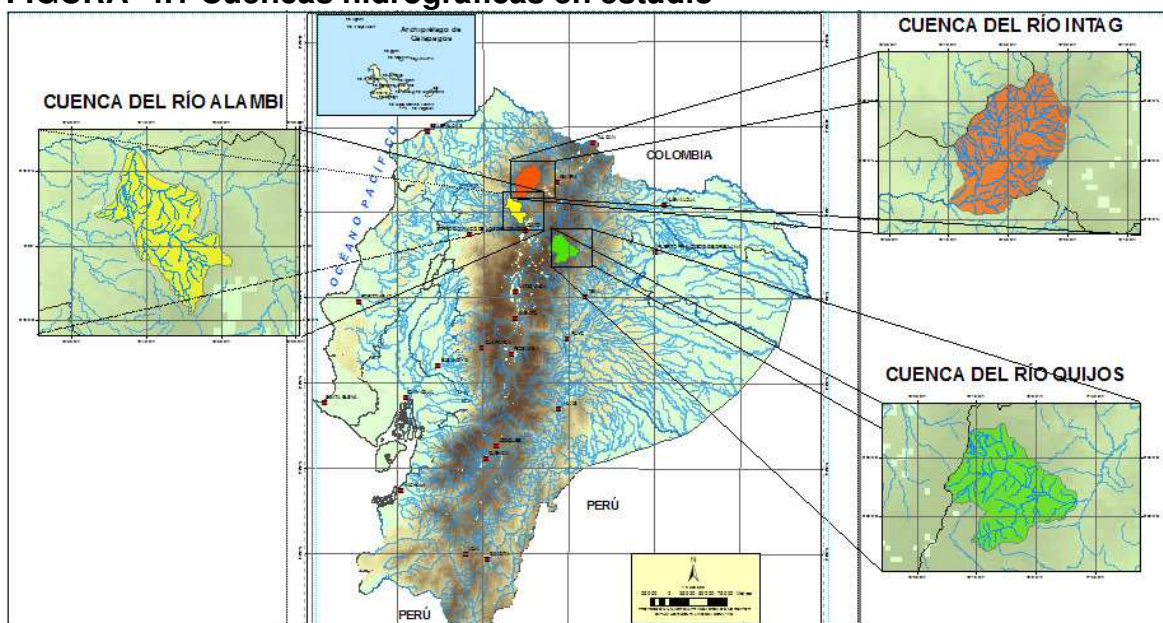
### CARACTERIZACIÓN FÍSICO – GEOGRÁFICA DE LAS CUENCAS Y CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO

#### 4.1 CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN ESTUDIO

Es reconocida la influencia directa que tiene la geomorfología y la localización geográfica en el clima y en el movimiento en la superficie terrestre. Esta interacción tiene gran complejidad ya que son múltiples los factores que inciden en el escurrimiento superficial, afectando la entrada, acumulación y salida del agua en la cuenca (Alameida, M., 2010).

El estudio se realiza para tres cuencas hidrográficas del País de tamaño medio, como son las de los ríos Alambi e Intag, localizadas en las laderas occidentales del país, y la del río Quijos, ubicada en la ladera oriental de la cordillera central (ver FIGURA 4.1).

**FIGURA 4.1 Cuencas hidrográficas en estudio**



FUENTE: IGM

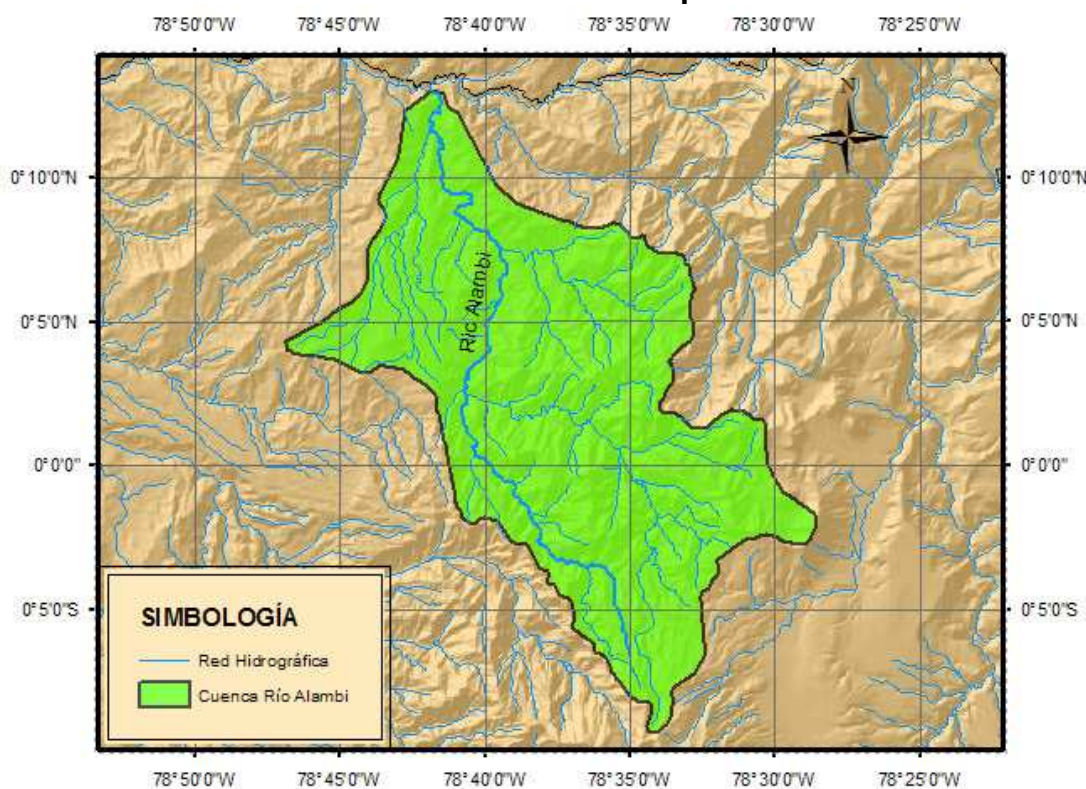
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.



#### 4.1.1 CUENCA DE DRENAJE DEL RÍO ALAMBI EN CHURUPAMBA

Ubicada al noroccidente de la provincia de Pichincha, parroquia Nanegal y pertenece al sistema hidrográfico del río Esmeraldas. El río Alambi posee un alto potencial para generación hidroeléctrica. Posee un área de drenaje de 542.45 Km<sup>2</sup>, perímetro de 130.34 Km y la longitud del cauce principal es de 53.54 Km. En la FIGURA 4.2 se muestra la cuenca del río Intag en Churupamba y en el ANEXO No 1 se presentan los mapas de las cuencas en estudio para una mejor visualización.

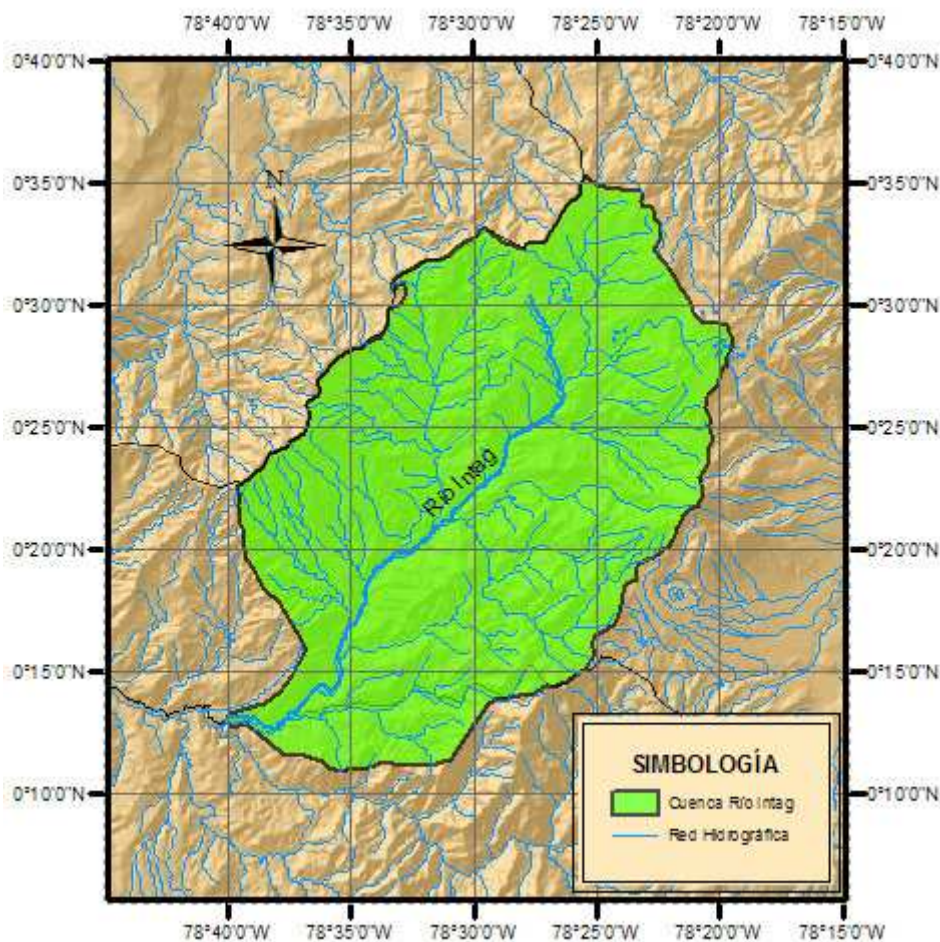
**FIGURA 4.2 Cuenca del río Alambi en Churupamba**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### 4.1.2 CUENCA DE DRENAJE DEL RÍO INTAG

Ubicada al suroccidente de la provincia de Imbabura, pertenece al sistema hidrográfico del río Esmeraldas. Posee un área de drenaje de 1040.50 Km<sup>2</sup>, un perímetro de 145.58 Km y la longitud del cauce principal es de 52.93 Km. En la FIGURA 4.3 se muestra la cuenca del río Intag.

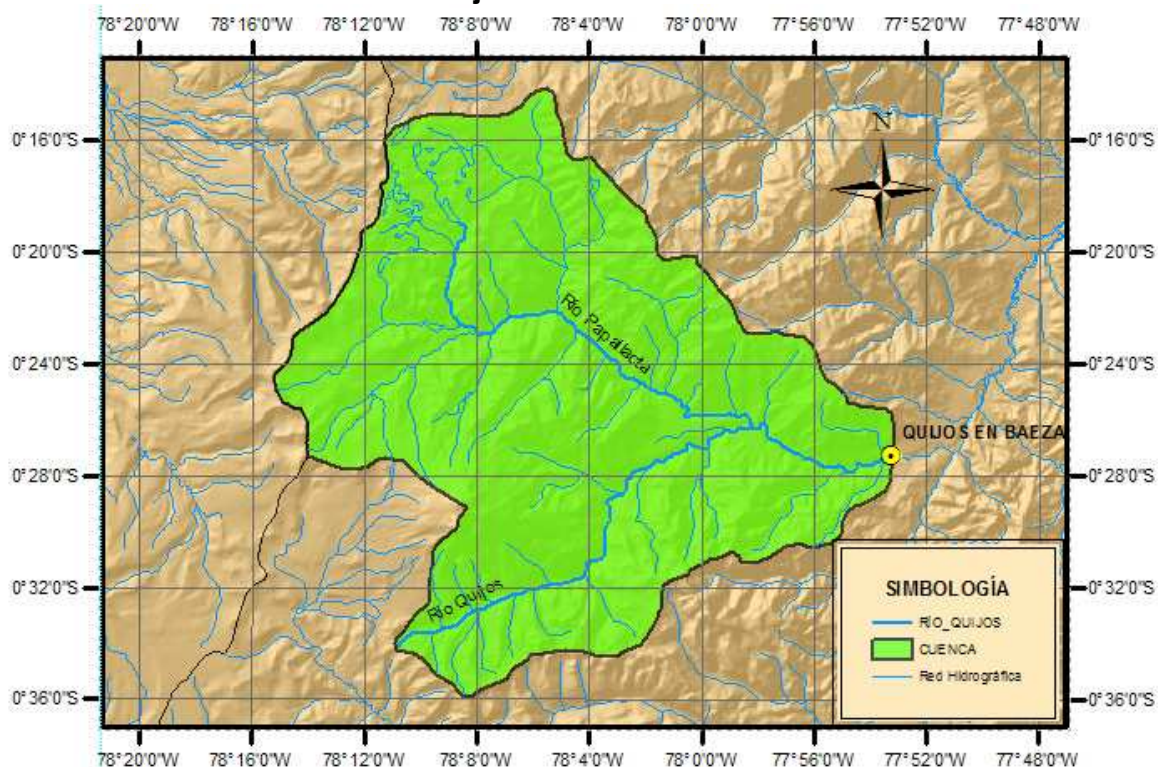
**FIGURA 4.3 Cuenca del río Intag**

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### 4.1.3 CUENCA DE DRENAJE DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA

La cuenca del río Quijos en Baeza (ver FIGURA 4.4) se encuentra ubicada al nororiente del Ecuador, en la provincia de Napo. Forma parte de la cuenca hidrográfica del río Napo que es importante por su potencial navegabilidad. La cuenca del río Quijos se extiende desde la cordillera de los Andes hacia el oriente ecuatoriano. La cuenca se encuentra rodeada de páramos, matorrales y bosques e innumerables lagunas que forman parte de áreas protegidas. El área de drenaje es de 876.27 Km<sup>2</sup>, su perímetro de 141.32 Km y la longitud del cauce principal es de 44.30 Km.

**FIGURA 4.4 Cuenca del río Quijos en Baeza**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS DE DRENAJE

Para determinar las características físicas de las cuencas se ha utilizado las recomendaciones de la tesis de grado realizada en la EPN: Instructivos de procesamiento de información hidrometeorológica (Almeida, M., 2010), como se detalla a continuación:

### Área de drenaje

Es el área plana o proyección horizontal de la cuenca.

### Forma de la cuenca

Se relaciona directamente con el tiempo de concentración de la cuenca.

Para definir características utilizan:

- **Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad ( $K_c$ )**

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. Se define por la ecuación:

$$K_c = 0.282 \frac{P}{A^{1/2}} \quad (4.1)$$

En donde:

$K_c$  = coeficiente de compacidad

$P$  = perímetro de la cuenca (Km)

$A$  = área de drenaje de la cuenca ( $\text{Km}^2$ )

Con este índice se obtiene como conclusiones:

- Mientras más irregular es una cuenca, esta presenta un mayor  $K_c$
- Una cuenca circular, posee un  $K_c$  mínimo, igual a 1

- **Factor de forma ( $K_f$ )**

Es la relación que existe entre el ancho medio, y la longitud axial de la cuenca.

La longitud axial hace referencia a la distancia existente entre la cabecera y desembocadura del curso más largo de agua.

El ancho medio, se obtiene dividiendo el área de la cuenca, para la longitud axial de la misma.

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (4.2)$$

En donde:

$A$  = área de drenaje ( $\text{km}^2$ )

$L$  = longitud axial de la cuenca (km).

### **Densidad de drenaje**

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

Este parámetro se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (4.3)$$

En donde:

L = longitud total de las corrientes de agua (km)

A = área total de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

### **Pendiente media de la cuenca (Sc)**

Esta característica controla en gran medida la velocidad con la que se da la escorrentía superficial, y afecta por ende, el tiempo que tarda el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las cuencas. (Monsalve, 1995)

La ecuación que permite conocer la pendiente media de la cuenca (Monsalve 1990) es:

$$Sc = \frac{D * LL}{A} \quad (4.4)$$

En donde:

D = Diferencia uniforme entre curvas de nivel (Km)

LL = Longitud total de todas las curvas de nivel (Km)

A = Área de drenaje (km<sup>2</sup>)

### **Curva hipsométrica**

Constituye una síntesis del relieve representado por las curvas de nivel, y ponderar los elementos de superficie correspondientes a los diferentes intervalos de altitud mediante una función no lineal de la pendiente media encada intervalo.

### **Cota media de la Cuenca (E)**

Este parámetro se considera importante por la influencia que tiene sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación y transpiración y, consecuentemente, sobre el caudal medio (Monsalve, 1995)

Para hallarlo, se aplica la fórmula:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (Cota.media.intervalo.i * Area.i)}{\sum_{i=1}^n Area.i} \quad (4.5)$$

En donde:

n = número de intervalos de clase.

### **Pendiente de la corriente principal (S)**

La velocidad de escurrimiento de las corrientes de agua depende de la pendiente de sus canales fluviales (Monsalve, 1995). Cuando la pendiente es más pronunciada la velocidad es mayor.

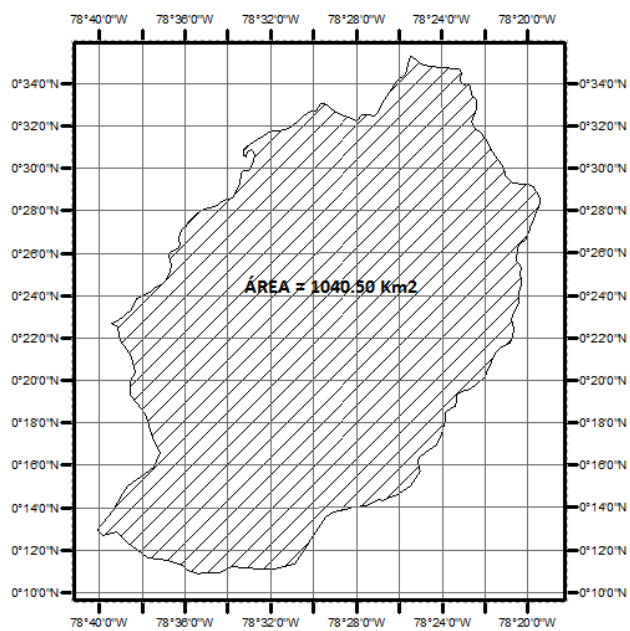
Este índice proporciona una idea sobre el tiempo de recorrido del agua a lo largo del perfil longitudinal del río.

En el acápite 4.2.1 se presenta el procedimiento que se realizó para obtención de las características físicas de las cuencas, tomando en cuenta como ejemplo la cuenca del río Intag.

#### **4.2.1 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCAS – CUENCA DEL RÍO INTAG**

En éste punto se muestra el proceso que se siguió para la obtención de las características físicas de las cuencas de drenaje en estudio y de las subcuencas en que se han dividido éstas para facilidad de aplicación del método hidrológico para obtener los hidrogramas de crecidas.

**FIGURA 4.5 Área de drenaje cuenca del río Intag**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### Área de drenaje

$$A = 1040.50 \text{ Km}^2$$

### Forma de la cuenca

- **Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad ( $K_c$ )**

$$K_c = 0.282 \frac{P}{A^{1/2}}$$

$$K_c = 0.282 \frac{145.58 \text{ Km}}{(1040.50 \text{ Km}^2)^{1/2}} = 1.27$$

- **Factor de forma**

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

$$K_f = \frac{1040.50 \text{ Km}^2}{(52.93 \text{ Km})^2} = 0.37$$

### Densidad de drenaje

$$Dd = \frac{L}{A}$$

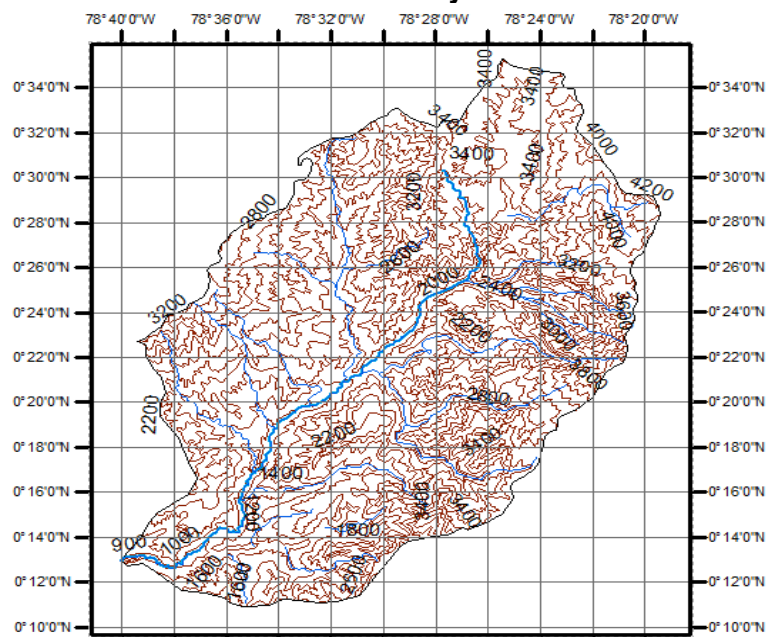
$$Dd = \frac{676.65 \text{ Km}}{1040.50 \text{ Km}^2} = 0.65 \frac{\text{ Km}}{\text{ Km}^2}$$

### Pendiente media de la cuenca

$$Sc = \frac{D * LL}{A}$$

$$Sc = \frac{0.2 \text{ Km} * 2247.49 \text{ Km}}{1040.50 \text{ Km}^2} = 0.43$$

**FIGURA 4.6** Curvas de nivel y cotas de la cuenca del río Intag



FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.



### Curva hipsométrica

**TABLA 4.1** Tabla de apoyo para la construcción de la curva hipsométrica de la cuenca del río Intag.

COTAS (msnm)	COTA MEDIA (msnm)	ÁREA PARCIAL (Km2)	ÁREA ACUMULADA (Km2)	% DE ÁREA	% DE ÁREA ACUMULADA	COTA MEDIA * ÁREA PARCIAL
4200						
	3700	209.48	209.48	20.13	20.13	775067.62
3200						
	3000	167.83	377.31	16.13	36.26	503493.94
2800						
	2400	364.54	741.85	35.03	71.30	874892.37
2000						
	1900	102.64	844.49	9.86	81.16	195018.91
1800						
	1700	82.40	926.89	7.92	89.08	140082.18
1600						
	1500	56.41	983.30	5.42	94.50	84619.21
1400						
	1300	35.84	1019.14	3.44	97.95	46591.45
1200						
	1100	17.19	1036.33	1.65	99.60	18910.06
1000						
	900	4.17	1040.50	0.40	100.00	3749.67
800						
<b>TOTAL</b>		<b>1040.50</b>				<b>2642425.41</b>

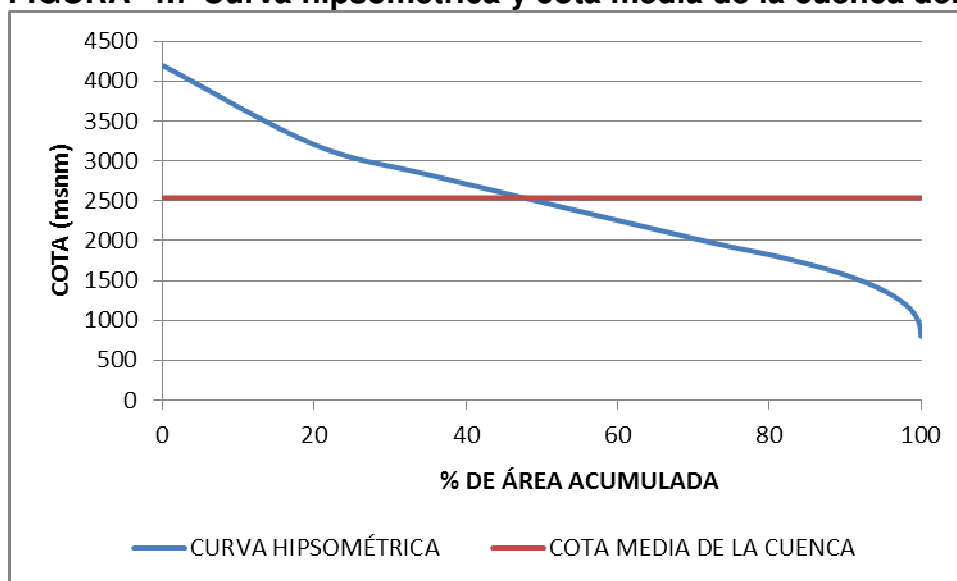
FUENTE: María de la Paz Almeida R.  
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### Cota media de la cuenca

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (Cota.media.intervalo.i * Area.i)}{\sum_{i=1}^n Area.i}$$

$$E = \frac{2642425.41}{1040.50} = 3539.57 msnm$$

**FIGURA 4.7 Curva hipsométrica y cota media de la cuenca del río Intag**

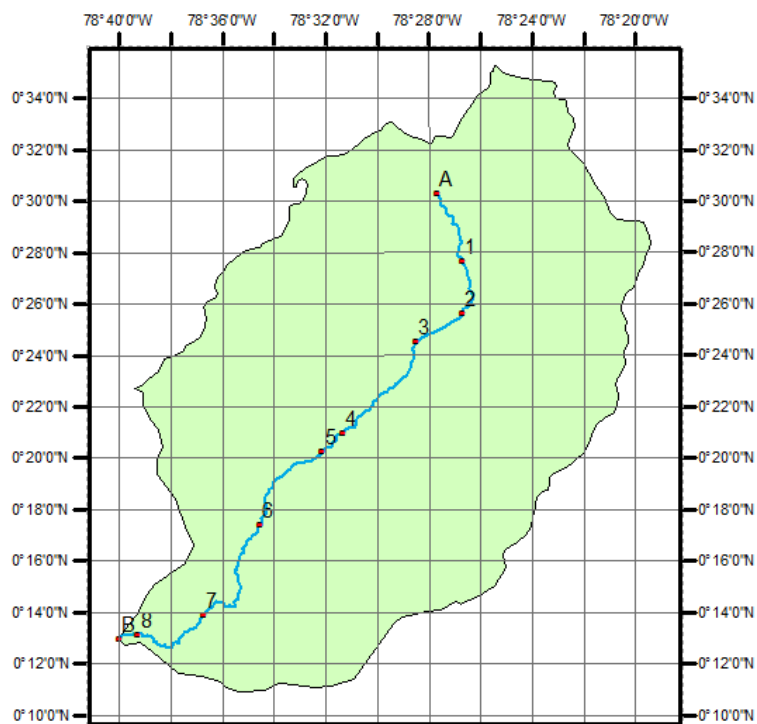


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### Pendiente media de la corriente principal

Se procedió a escoger 8 puntos, que representan los cambios de pendiente más importantes dentro de la cuenca, dividiendo al cauce principal en 9 tramos (ver FIGURA 4.8).

**FIGURA 4.8 Puntos seleccionados dentro del cauce principal**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.2** Tabla de apoyo para el cálculo de la pendiente media de la corriente del río Intag.

PUNTOS	Cotas intervalo de clase (msnm)	Diferencia de cotas (m)	Distancia horizontal entre cotas $li^*$ (m)	Distancia inclinada entre cotas $li^{**}$ (m)	Distancia inclinada acumulada (m)	Pendiente por segmento $Si$	$Si^{1/2}$	$li^{**} / (Si^{1/2})$
A	3200							
1	2800	400	6030.87	6044.12	6044.12	0.07	0.26	23468.91
2	2000	800	4365.72	4438.41	10482.53	0.18	0.43	10368.37
3	1800	200	3997.72	4002.72	14485.26	0.05	0.22	17895.63
4	1600	200	9201.45	9203.62	23688.87	0.02	0.15	62426.89
5	1400	200	2354.79	2363.27	26052.14	0.08	0.29	8109.11
6	1200	200	7882.55	7885.08	33937.22	0.03	0.16	49502.22
7	1000	200	10300.69	10302.63	44239.86	0.02	0.14	73937.76
8	900	100	7306.12	7306.81	51546.66	0.01	0.12	62455.56
B	800	100	1490.10	1493.45	53040.11	0.07	0.26	5764.97
<b>TOTAL</b>			<b>52930</b>	<b>53040.11</b>				<b>313929.42</b>

FUENTE: María de la Paz Almeida R.

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

$$Scauce = \left[ \frac{\sum li^{**}}{\sum \left( \frac{li^{**}}{Si^{1/2}} \right)} \right]^2$$

$$Scauce = \left[ \frac{53040.11}{313929.42} \right]^2 = 0.029$$

En la TABLA 4.3 se muestran las características físicas obtenidas para las tres cuencas en estudio.

**TABLA 4.3** Características físicas de las cuencas en estudio.

CUENCA HIDROGRÁFICA	A (Km <sup>2</sup> )	P (Km)	Lc (Km)	Lcauces (Km)	Kc	Kf	Dd (Km/Km <sup>2</sup> )	Sc (%)	E (msnm)	S (%)
RÍO ALAMBI	542.45	130.34	53.54	355.01	1.58	0.19	0.65	46.80	2193.46	3.45
RÍO INTAG	1040.50	145.58	52.93	676.65	1.27	0.37	0.65	43.20	2539.57	2.85
RÍO QUIJOS EN BAEZA	876.27	141.32	44.30	424.51	1.35	0.45	0.48	37.82	3531.46	3.93

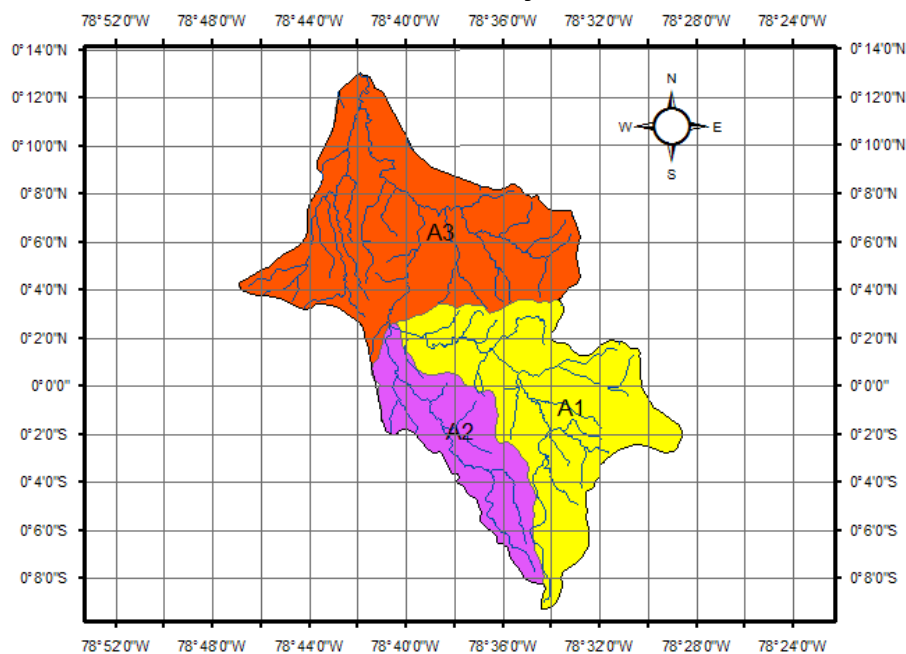
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En donde:

- A = área de la cuenca hidrográfica;  
 P = perímetro de la cuenca de drenaje;  
 Lc = longitud del cauce principal;  
 Lcauces = longitud total de cauces;  
 Kc = índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad;  
 Kf = factor de forma;  
 Dd = densidad de drenaje;  
 Sc = pendiente media de la cuenca;  
 E = cota media de la cuenca;  
 S = pendiente media del cauce principal

En la FIGURA 4.9 se muestran las subcuencas generadas para la cuenca del río Alambi y en la TABLA 4.4 se incluyen sus características físicas, ya que serán utilizadas en la modelación de caudales máximos.

**FIGURA 4.9 Subcuencas de drenaje en la cuenca del río Alambi**



FUENTE: SIGAGRO, 2000

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

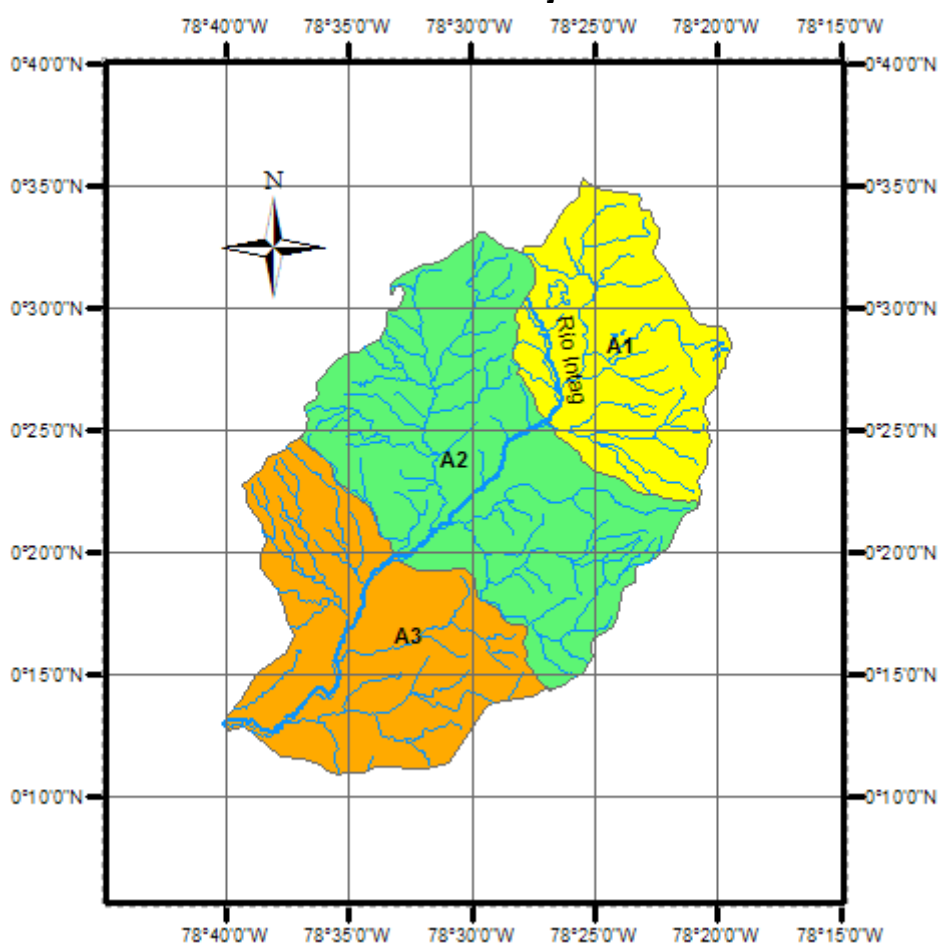
**TABLA 4.4 Características físicas de las subcuencas de drenaje del río Alambi**

CÓDIGO SUBCUENCA	Lc (Km)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA ACUMULADA (Km <sup>2</sup> )	P (Km)	Kc	Kf	Sc (%)	S (%)
A1	37.35	193.96	193.96	82.84	1.68	0.14	50.69	5.88
A2	25.09	92.83	286.79	55.78	1.63	0.15	64.20	5.84
A3	27.17	255.66	542.45	82.05	1.45	0.35	37.52	2.43

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 4.10 se muestran las subcuencas generadas para la cuenca del río Intag y en la TABLA 4.5 se incluyen sus características físicas, ya que serán utilizadas en la modelación de caudales máximos.

**FIGURA 4.10 Subcuencas de drenaje en la cuenca del río Alambi**



FUENTE: SIGAGRO, 2000

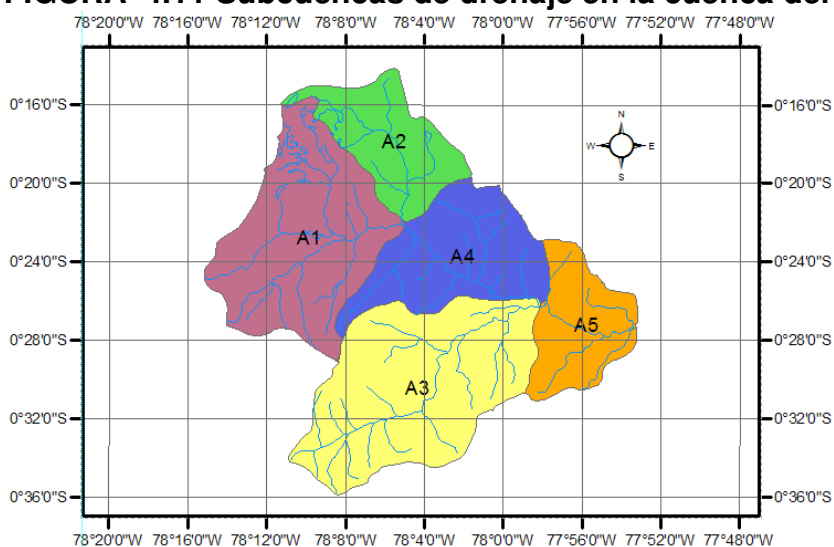
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.5 Características físicas de las subcuencas de drenaje del río Intag**

CÓDIGO SUBCUENCA	Lc (Km)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA ACUMULADA (Km <sup>2</sup> )	P (Km)	Kc	Kf	Sc (%)	S (%)
A1	22.31	253.10	253.10	69.31	1.23	0.51	41.08	3.71
A2	28.41	455.54	708.64	107.85	1.42	0.56	44.35	4.72
A3	25.66	331.84	1040.50	88.69	1.37	0.50	43.22	2.03

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 4.11 se muestran las subcuencas generadas para la cuenca del río Quijos en Baeza y en la TABLA 4.6 se incluyen sus características físicas, ya que serán utilizadas en la modelación de caudales máximos.

**FIGURA 4.11 Subcuencas de drenaje en la cuenca del río Quijos en Baeza**

FUENTE: SIGAGRO, 2000

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.6 Características físicas de las subcuencas de drenaje del río Quijos en Baeza**

CÓDIGO SUBCUENCA	Lc (Km)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	ÁREA ACUMULADA (Km <sup>2</sup> )	P (Km)	Kc	Kf	Sc (%)	S (%)
A1	15.52	240.41	240.41	71.62	1.30	1.00	30.67	4.47
A2	14.87	108.95	349.36	52.99	1.43	0.49	31.45	6.84
A3	30.52	276.25	625.60	73.61	1.25	0.30	41.58	5.83
A4	15.94	152.53	778.14	60.89	1.39	0.60	41.58	4.27
A5	11.32	98.13	876.27	44.83	1.28	0.77	46.68	2.66

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En donde:

- P =           perímetro de la cuenca de drenaje;  
Lc =           longitud del cauce principal;  
Kc =           índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad;  
Kf =           factor de forma;  
Sc =           pendiente media de la cuenca;  
S =           pendiente media del cauce principal

### **4.3 CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO**

#### **4.3.1 INTRODUCCIÓN**

La conversión humana de los hábitats naturales es la causa más grande de diversidad biológica, cambios en las funciones ecológicas, así como de alteraciones del ciclo hidrológico. El balance entre hábitat natural y el paisaje humano podría determinar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta. Por lo tanto es importante mapear y cuantificar el grado de conversión humana del hábitat natural al perturbado o dominado por el hombre (Lee, et al., 1995).

El uso del suelo resulta de las actividades productivas y asentamientos humanos que se desarrollan sobre la cobertura del suelo para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales. Las características del uso son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos. La importancia de realizar este estudio es que la información obtenida pueda ser un instrumento que apoye a la toma de decisiones y muestre la incidencia de éste factor en los caudales.

### 4.3.2 USO DEL SUELO

Para definir los usos de suelos de las cuencas de estudio, se utilizaron mapas en formato \*.shp disponibles en instituciones públicas (SIGAGRO e INIAP). Como escenario base se establece el uso del suelo del año 1980 que corresponde a las cuencas del río Alambi e Intag; mientras que para la cuenca del río Quijos en Baeza se ha tomado como escenario base el año 1979 que corresponde a un estudio realizado por el INIAP en el Valle del Quijos en el año 2008. Como segundo escenario se ha tomado el uso del suelo en el año 2000 para las tres cuencas en estudio.

Debido a la información de mapas disponible, se ha clasificado el uso del suelo para el análisis en “vegetación natural” que corresponde a bosques y matorrales naturales, y “vegetación natural asociada” que corresponde a bosques o matorrales naturales (entre 50% y 70%) asociados con pastos o cultivos (entre 50% y 30%).

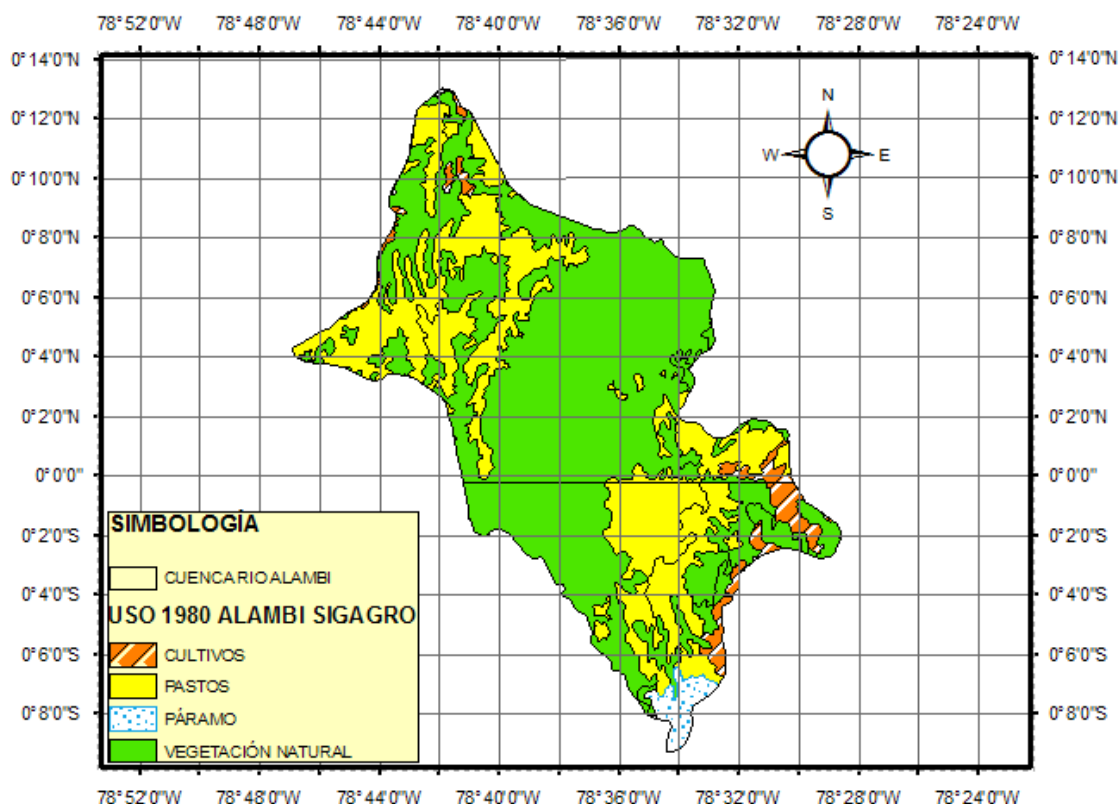
#### 4.3.2.1 Uso del suelo en la cuenca del río Alambi

##### 4.3.2.1.1 Uso del suelo de la cuenca del río Alambi (año 1980)

En la FIGURA 4.12 se puede apreciar la predominancia de vegetación natural en este año, seguido de pastos naturales y pocos cultivos. En la TABLA 4.7 se muestran los porcentajes de uso para cada subcuenca de drenaje.



**FIGURA 4.12** Uso del suelo - Cuenca del río Alambi (año 1980).



FUENTE: SIGAGRO  
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

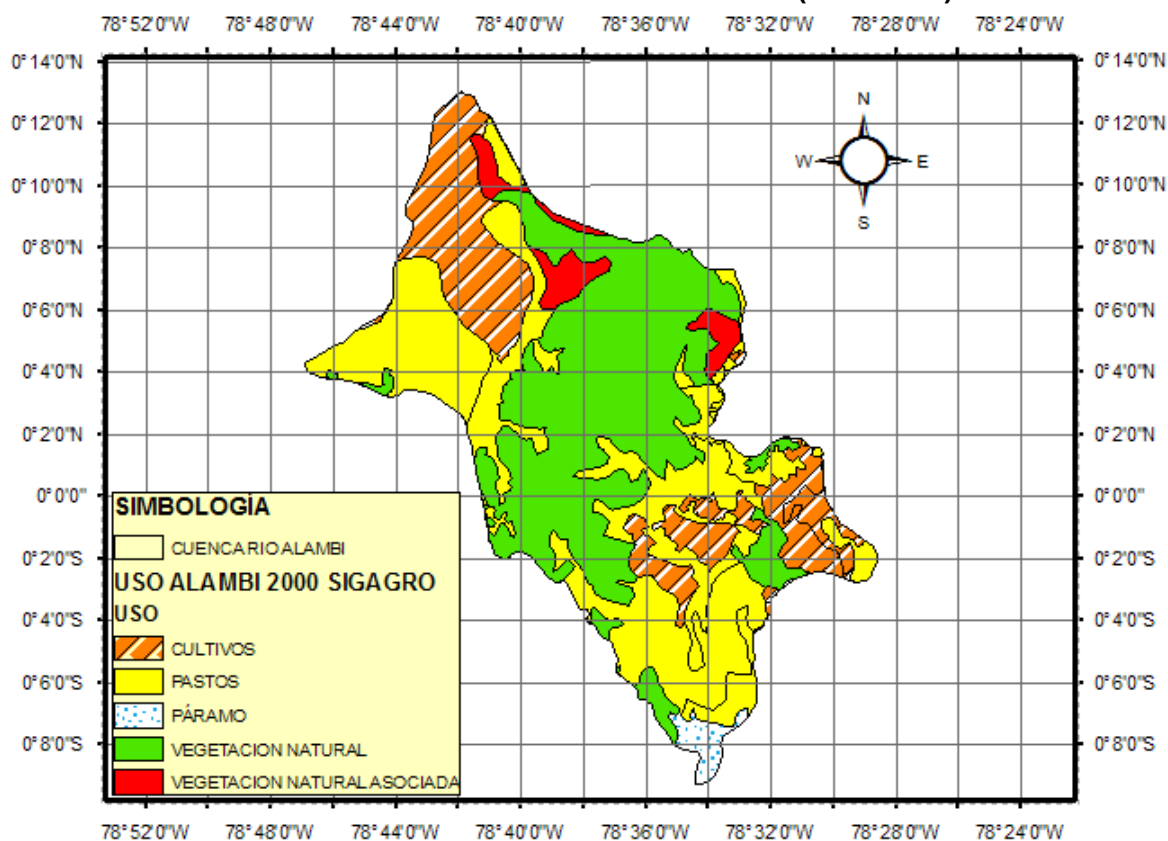
**TABLA 4.7** Uso del suelo - Subcuencas del río Alambi (año 1980).

SUBCUENCA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	USO 1980 (%)			
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO
A1	193.96	52.19%	34.93%	8.78%	4.10%
A2	92.50	81.27%	16.88%	0.00%	1.85%
A3	255.65	64.62%	33.83%	1.55%	0.00%

FUENTE: SIGAGRO  
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### ***4.3.2.1.2*** Uso del suelo de la cuenca del río Alambi (año 2000)

En la FIGURA 4.13 se aprecia un aumento considerable de pastos y cultivos con respecto al año 1980. En la TABLA 4.8 se muestran los porcentajes de uso para cada subcuenca de drenaje del año 2000.

**FIGURA 4.13** Uso del suelo - Cuenca del río Alambi (año 2000).

FUENTE: SIGAGRO  
 ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.8** Uso del suelo - Subcuencas del río Alambi (año 2000).

SUBCUENCA	ÁREA (Km2)	USO 2000 (%)				VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	
A1	193.96	30.23%	43.47%	23.25%	3.05%	0.00%
A2	92.50	54.62%	39.89%	2.82%	2.68%	0.00%
A3	255.65	37.21%	31.00%	23.77%	0.00%	8.03%

FUENTE: SIGAGRO  
 ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### 4.3.2.1.3 *Cambios en el uso del suelo de la cuenca del río Alambi*

En la TABLA 4.9 se muestran los cambios de uso del suelo que ha sufrido la cuenca del río Alambi en 20 años; mientras que en las TABLAS 4.10 Y 4.11 se

indican los cambios de cada una de las subcuencas en kilómetros cuadrados y en porcentajes respectivamente.

**TABLA 4.9 Cambio del uso de suelo - Cuenca del río Alambi**

AÑO	CUENCA	USO DEL SUELO (Km <sup>2</sup> )					ÁREA TOTAL
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA	
1980	Alambi	341,9	169,8	21,0	9,7	0,0	542,5
2000		204,5	200,6	108,5	8,4	20,5	542,5
		USO DEL SUELO (%)					
1980	Alambi	63,0	31,3	3,9	1,8	0,0	100,0
2000		37,7	37,0	20,0	1,5	3,8	100,0
<b>Cambio 1980-2000 (%)</b>		-25,3	5,7	16,1	-0,2	3,8	

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.10 Cambios en el uso del suelo - Subcuencas del río Alambi (Km<sup>2</sup>)**

SUBCUENCA	ÁREA (Km2)	CAMBIO (Km <sup>2</sup> )				
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA
A1	193.96	-42.59	16.56	28.08	-2.05	0.00
A2	92.50	-24.65	21.28	2.61	0.76	0.00
A3	255.65	-70.08	-7.23	56.79	0.00	20.53

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.11 Cambios en el uso del suelo - Subcuencas del río Alambi (%)**

SUBCUENCA	ÁREA (Km2)	CAMBIO (%)				
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA
A1	193.96	-21.96%	8.54%	14.48%	-1.06%	0.00%
A2	92.50	-26.65%	23.01%	2.82%	0.82%	0.00%
A3	255.65	-27.41%	-2.83%	22.22%	0.00%	8.03%

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En donde:

El signo (-) significa que disminuye.

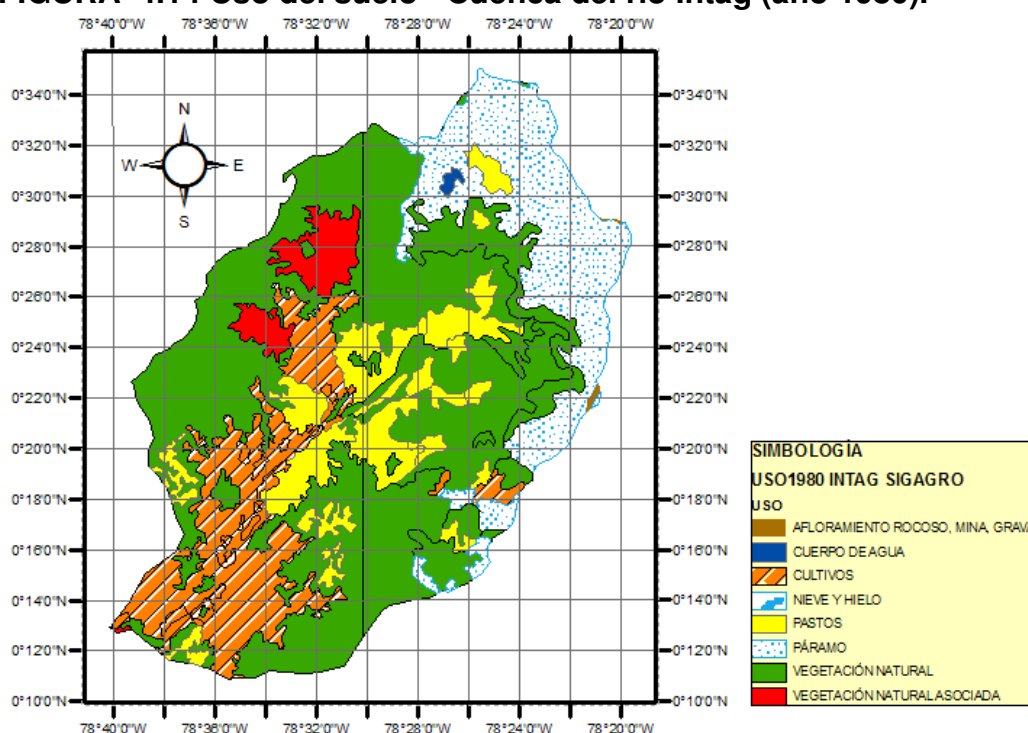
Es evidente que esta cuenca en los 20 años ha sufrido un gran aumento en cuanto a cultivos y pastos lo que ha provocado una pérdida de vegetación natural alrededor del 25%.

### 4.3.2.2 Uso del suelo en la cuenca del río Intag

#### 4.3.2.2.1 Uso del suelo de la cuenca del río Intag (año 1980)

En la FIGURA 4.14 se aprecia la variedad del uso del suelo siendo predominante la vegetación natural y gran área de páramo. En la TABLA 4.12 se muestran los porcentajes de uso para cada subcuenca de drenaje.

**FIGURA 4.14** Uso del suelo - Cuenca del río Intag (año 1980).



FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.12** Uso del suelo - Subcuencas del río Intag (año 1980).

SUBCUENCA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	USO 1980 (%)				VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	
A1	240.76	32.94%	7.73%	0.00%	59.33%	0.00%
A2	449.62	56.68%	18.53%	9.08%	8.03%	7.68%
A3	331.10	54.71%	8.33%	36.19%	0.65%	0.12%

FUENTE: SIGAGRO

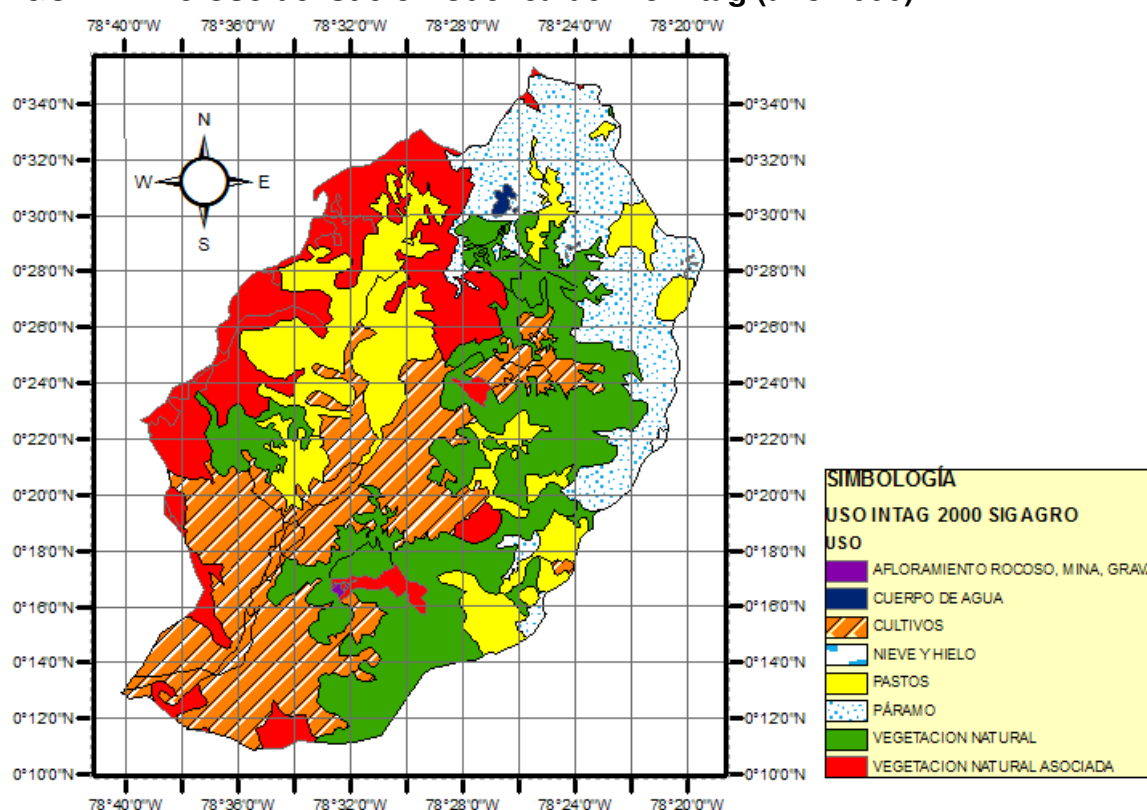
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### 4.3.2.2.2 Uso del suelo de la cuenca del río Intag (año 2000)

En la FIGURA 4.15 se puede apreciar una distribución variada de uso del suelo en el área. Es notable que la vegetación natural haya dejado de ser predominante por la intervención en cuanto a cultivos y pastos.

En la TABLA 4.13 se muestran los porcentajes de uso del suelo para cada subcuenca de drenaje.

**FIGURA 4.15** Uso del suelo - Cuenca del río Intag (año 2000).



FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.13** Uso del suelo - Subcuencas del río Intag (año 2000).

SUBCUENCA	ÁREA (Km2)	USO 2000 (%)				
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA
A1	240.76	28.19%	9.44%	6.67%	55.56%	4.09%
A2	449.62	19.41%	32.69%	18.88%	5.85%	23.79%
A3	331.10	32.05%	2.84%	48.76%	0.65%	16.38%

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### 4.3.2.2.3 Cambios en el uso del suelo de la cuenca del río Intag

En la TABLA 4.14 se indica la pérdida del 26.5% de vegetación natural representando alrededor de 260 Km<sup>2</sup> de cambio, el aumentando de 5.4% en pastos y alrededor del 10% en cultivos.

**TABLA 4.14 Cambio del uso de suelo – Cuenca del río Intag**

AÑO	CUENCA	USO DEL SUELO (Km <sup>2</sup> )					ÁREA TOTAL
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA	
1980	Intag	536,3	123,5	160,7	181,1	34,9	1036,5
2000		261,3	179,1	262,4	160,1	173,6	1036,5
		USO DEL SUELO (%)					
1980	Intag	51,7	11,9	15,5	17,5	3,4	100,0
2000		25,2	17,3	25,3	15,4	16,7	100,0
<b>Cambio 1980-2000 (%)</b>		-26,5	5,4	9,8	-2,0	13,4	

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En las TABLAS 4.15 Y 4.16 se indica los cambios de cada una de las subcuencas del río Intag en kilómetros cuadrados y en porcentajes respectivamente.

**TABLA 4.15 Cambios en el uso del suelo - Subcuencas del río Intag (Km<sup>2</sup>).**

SUBCUENCA	ÁREA (Km2)	CAMBIO (Km <sup>2</sup> )				
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA
A1	193.96	-11.42	4.12	16.06	-9.07	9.85
A2	92.50	-167.56	63.69	44.06	-9.79	72.45
A3	255.65	-75.02	-18.17	41.61	0.00	53.84

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.16 Cambios en el uso del suelo - Subcuencas del río Intag (%).**

SUBCUENCA	ÁREA (Km2)	CAMBIO (%)				
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA
A1	193.96	-4.74%	1.71%	6.67%	-3.77%	4.09%
A2	92.50	-37.27%	14.17%	9.80%	-2.18%	16.11%
A3	255.65	-22.66%	-5.49%	12.57%	0.00%	16.26%

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

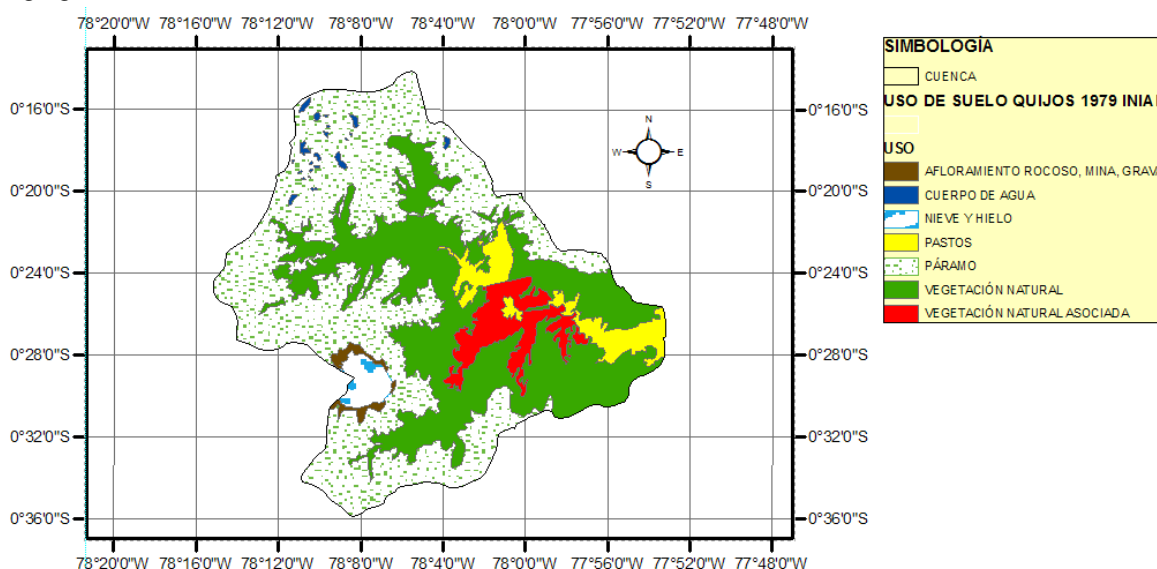
### 4.3.2.3 Uso del suelo en la cuenca del río Quijos en Baeza

#### 4.3.2.3.1 Uso del suelo de la cuenca del río Quijos en Baeza (año 1979)

El uso y cobertura del suelo en la cuenca, está en relación con la altitud. En la parte más alta, se encuentran las nieves perpetuas del volcán Antisana, a medida que se desciende están los eriales, tales como: suelos, arenas y rocas, luego se ubican los páramos los cuales se caracterizan por una vegetación herbácea densa y los matorrales de altura. En las zonas de mayor pendiente que abarcan los valles y los páramos, se sitúan los bosques y matorrales con una vegetación arbórea y arbustiva.<sup>6</sup>

La FIGURA 4.16 de uso y cobertura vegetal del suelo del río Quijos en Baeza del año 1979, presenta una clara predominancia de páramo y vegetación natural compuesta de bosque y matorral; además que muestra una tendencia de monocultivo de pastos.

**FIGURA 4.16** Uso y cobertura del suelo cuenca del río Quijos en Baeza, año 1979



FUENTE: INIAP, 2008

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

<sup>6</sup> INIAP, 2008. GEOPOLÍTICA Y TRANSFORMACIONES AGRARIAS. El Valle del Quijos en la Amazonía Ecuatoriana.

**TABLA 4.17 Uso del suelo - Subcuencas del río Quijos en Baeza (año 1979).**

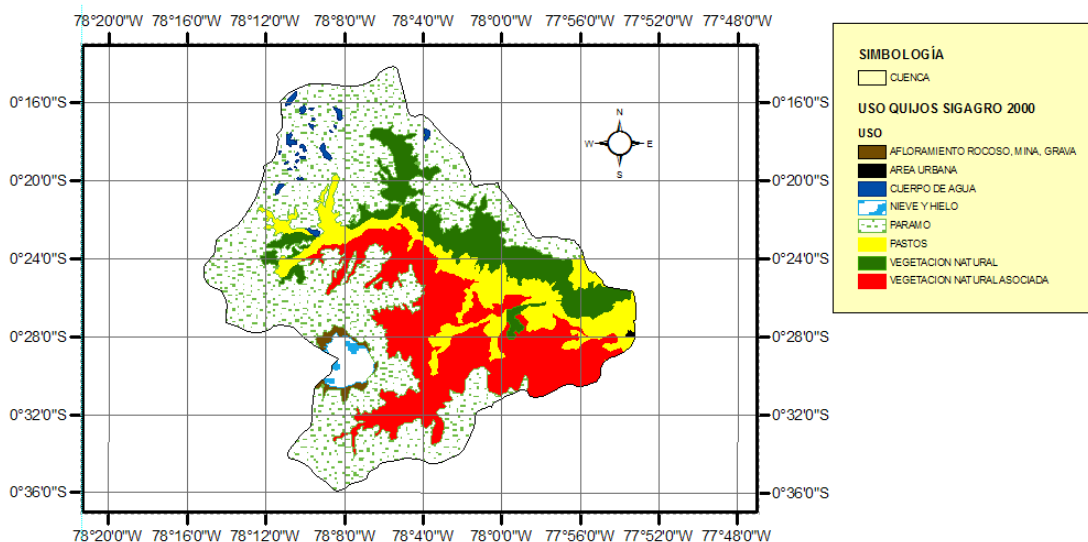
SUBCUENCA	USO 1979 (%)					
	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA
A1	246.23	21.60%	3.79%	0.00%	74.61%	0.00%
A2	109.21	21.58%	0.24%	0.00%	78.18%	0.00%
A3	265.78	38.94%	3.24%	0.00%	46.16%	11.66%
A4	156.49	42.09%	15.18%	0.00%	33.52%	9.20%
A5	99.25	66.69%	21.85%	0.00%	6.57%	4.89%

FUENTE: INIAP, 2008

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**4.3.2.3.2 Uso del suelo de la cuenca del río Quijos en Baeza (año 2000)**

El perfil de ocupación de la cuenca en este año está marcado por la superioridad de páramo, el cual no ha sufrido variaciones, más bien en el año 1993 se declararon como área protegida los páramos que hoy forman parte de la Reserva Ecológica Antisana. Lo que más se distingue en el uso del suelo, es la consolidación de los pastos naturales y cultivados a lo largo y ancho del valle de los ríos Papallacta y Quijos. La marcada tendencia de monocultivo de pastos define el paisaje característico de la zona en estudio.<sup>7</sup>

**FIGURA 4.17 Uso y cobertura del suelo cuenca de río Quijos en Baeza, año 2000**

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

<sup>7</sup> INIAP, 2008. GEOPOLÍTICA Y TRANSFORMACIONES AGRARIAS. El Valle del Quijos en la Amazonía Ecuatoriana.



**TABLA 4.18 Uso del suelo - Subcuencas del río Quijos en Baeza (año 2000).**

SUBCUENCA	USO 2000 (%)						
	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA	URBANO
A1	246.23	9.93%	9.44%	0.00%	74.61%	6.02%	0.00%
A2	109.21	21.58%	0.24%	0.00%	78.18%	0.00%	0.00%
A3	265.78	4.70%	6.10%	0.00%	46.16%	43.04%	0.00%
A4	156.49	27.75%	14.88%	0.00%	33.52%	23.85%	0.00%
A5	99.25	23.37%	30.70%	0.00%	6.57%	39.05%	0.30%

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**4.3.2.3.3 Cambios en el uso del suelo de la cuenca del río Quijos en Baeza**

En la TABLA 4.19 se muestran los usos del suelo para los años 1979 y 2000 y los cambios que se han producido. En las TABLAS 4.20 y 4.21 se indican los cambios presentes en cada una de las subcuencas en kilómetros cuadrados y en porcentajes respectivamente.

**TABLA 4.19 Cambio del uso del suelo - Cuenca del río Quijos en Baeza**

AÑO	CUENCA	USO DEL SUELO (Km <sup>2</sup> )					
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA	ÁREA TOTAL
1979	Quijos	282,4	63,7	0,0	450,5	50,3	846,8
2000		107,6	93,5	0,0	445,7	200,0	846,8
		USO DEL SUELO (%)					
1979	Quijos	33,3	7,5	0,0	53,2	5,9	100,0
2000		12,7	11,0	0,0	52,6	23,6	100,0
<b>Cambio 1979-2000 (%)</b>		-20,6	3,5	0,0	-0,6	17,7	

**TABLA 4.20 Cambios en el uso del suelo - Subcuencas del río Quijos en Baeza (Km<sup>2</sup>).**

SUBCUENCA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	CAMBIO (Km <sup>2</sup> )					
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA	URBANO
A1	246.23	-28.74	13.90	0.00	0.00	14.83	0.00
A2	109.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A3	265.78	-91.01	7.62	0.00	0.00	83.39	0.00
A4	156.49	-22.44	-0.48	0.00	0.00	22.93	0.00
A5	99.25	-42.99	8.78	0.00	0.00	33.90	0.29

FUENTE: SIGAGRO, INIAP

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 4.21 Cambios en el uso del suelo - Subcuencas del río Quijos en Baeza (%).**

SUBCUENCA	ÁREA (Km2)	CAMBIO (%)					
		VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVOS	PÁRAMO	VEGETACIÓN NATURAL ASOCIADA	URBANO
A1	246.23	-11.67%	5.65%	0.00%	0.00%	6.02%	0.00%
A2	109.21	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
A3	265.78	-34.24%	2.87%	0.00%	0.00%	31.37%	0.00%
A4	156.49	-14.34%	-0.31%	0.00%	0.00%	14.65%	0.00%
A5	99.25	-43.32%	8.85%	0.00%	0.00%	34.16%	0.30%

FUENTE: SIGAGRO, INIAP

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

Lo que más se distingue en el cambio del uso de suelo, es la consolidación de los pastos cultivados a lo largo y ancho del valle de los ríos Papallacta y Quijos. El gran aumento de vegetación natural asociada que en su mayoría corresponde a pasto cultivado se debe a su ampliación de la frontera agrícola.<sup>8</sup>

#### 4.4 MORFOLOGÍA Y TIPOS DE SUELO

El Potencial de Escorrentía (PE) de los Grupos Hidrológicos de Suelos (GHS) está en función de la distribución espacial en las subcuencas hidrográficas como unidades de análisis de factores como la textura, de la tasa de infiltración de los suelos, de la profundidad efectiva, del drenaje de los suelos y del movimiento del agua en el suelo. (Almeida, M., 2010).

---

<sup>8</sup> INIAP, 2008. GEOPOLÍTICA Y TRANSFORMACIONES AGRARIAS. El Valle del Quijos en la Amazonía Ecuatoriana.

**TABLA 4.22 Características de los grupos hidrológicos de suelos.**

GRUPO	CLASE TEXTURAL	TASA DE INFILTRACIÓN (mm/hora)	PROF. EFECTIVA DEL SUELO cm / Denominación	DRENAJE DE LOS SUELOS	MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO	
A	Arenoso	12	160	Muy profundos	Muy Exc. drenados	Muy rápido
	Areno franco	11	145		Excesivamente drenados	
	Franco arenoso	10	130	Profundos	Algo exc. drenados	Rápido
B	Franco	9	115		Moderadamente profundos	Mod. bien drenados
	Franco limoso	8	100			
C	Limoso	7	85	Superficiales	Bien drenados	Optimo
	Franco arcillo arenoso	6	70			
	Franco arcilloso	5	55	Muy superficiales	Mod. bien drenados	Moderado
Franco arcillo limoso	4	40	Ext. superficiales		Imperfectamente drenados	Lento
D	Arcillo arenoso	3		25	Ext. superficiales	Escasamente drenados
	Arcillo limoso	2	10			
	Arcilloso	1	0		Muy esc. drenados	

FUENTE: Engineering Field Manual (SCS, 1982)

ELABORACION: María de la Paz Almeida R.

Para definir los grupos hidrológicos de suelos de las cuencas de estudio, se utilizaron mapas en formato \*.shp. a escala 1:250000.

#### 4.4.1 TIPOS DE SUELO - CUENCA DEL RÍO ALAMBI

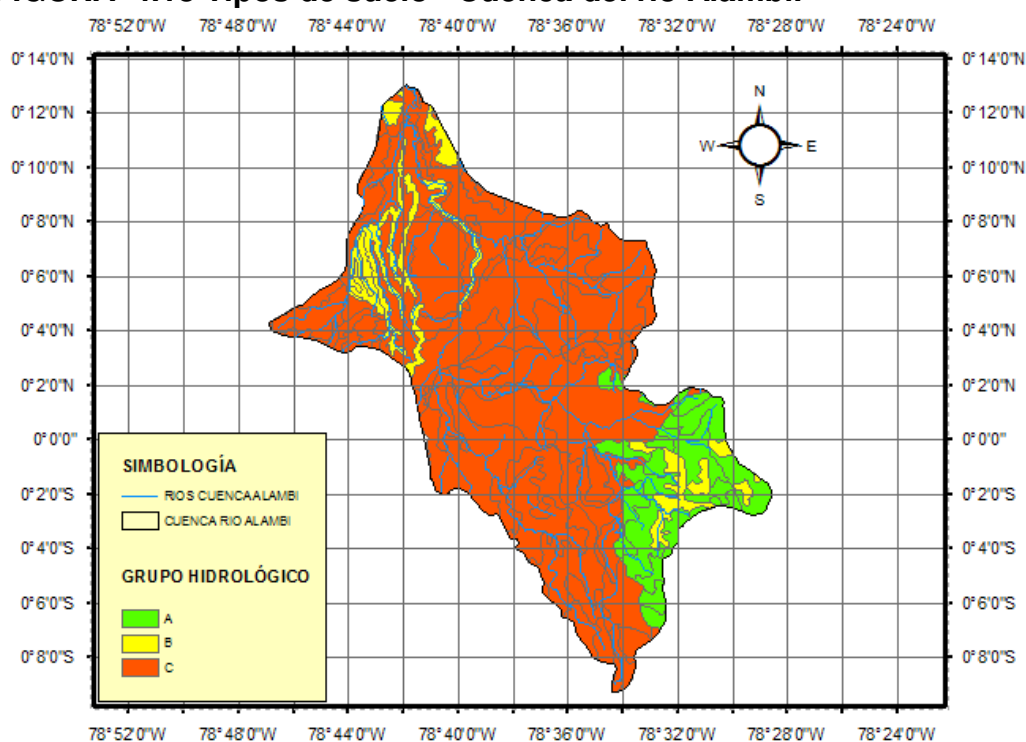
Los suelos predominantes corresponden al grupo C, que son suelos de texturas: franco - arcillo - arenosos, franco - arcillosos y franco - arcillo - limosos, superficiales o moderadamente profundos. La tasa de infiltración de este tipo de suelo cuando están muy húmedos varía entre 4 y 6 mm/h. El drenaje natural de estos suelos puede variar de bien drenados a moderadamente bien drenados e imperfectamente drenados y la movilidad del agua en el suelo varía de óptima a moderadamente lenta o lenta.

**TABLA 4.23 Tipos de suelo en la cuenca del río Alambi**

No	SUBCUENCA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	GRUPO HIDROLOGICO DE SUELOS (GHS)				GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO
			A	B	C	D	
			ÁREA (Km <sup>2</sup> )				
1	A1	193.96	65.59	13.38	114.98		GRUPO C
2	A2	92.50			92.50		GRUPO C
3	A3	255.65		33.19	222.45		GRUPO C
<b>ÁREA TOTAL=</b>		<b>542.11</b>	<b>65.59</b>	<b>46.58</b>	<b>429.93</b>	<b>0.00</b>	

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 4.18 Tipos de suelo - Cuenca del río Alambi.**

FUENTE: SIGAGRO, 2000

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### 4.4.2 TIPOS DE SUELO - CUENCA DEL RÍO INTAG

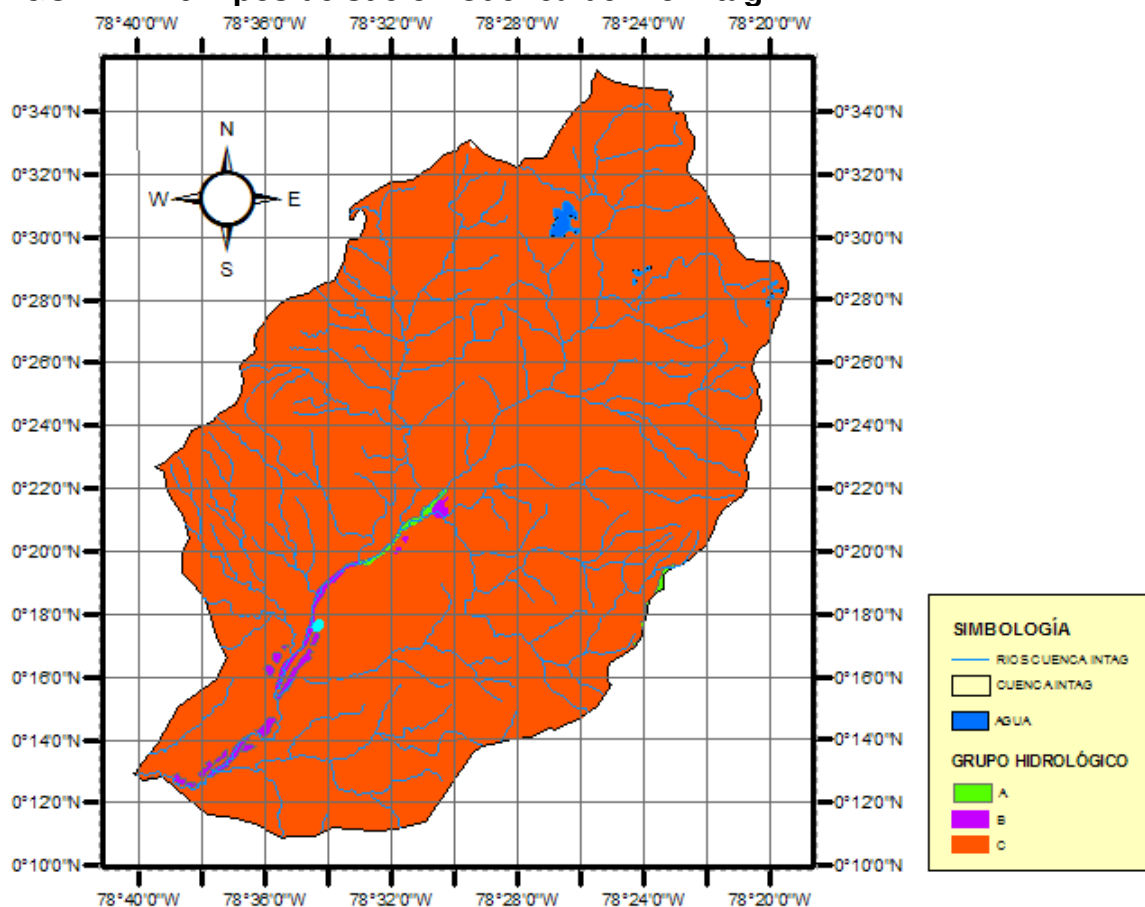
En la cuenca del río Intag los suelos predominantes corresponden al grupo hidrológico C.

**TABLA 4.24 Tipos de suelo en la cuenca del río Intag**

No	SUBCUENCA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	GRUPO HIDROLOGICO DE SUELOS (GHS)				GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO
			A	B	C	D	
			ÁREA (Km <sup>2</sup> )				
1	A1	253.10			253.10		GRUPO C
2	A2	455.43	2.80	1.06	451.57		GRUPO C
3	A3	331.84		8.34	323.51		GRUPO C
<b>ÁREA TOTAL=</b>		<b>1040.38</b>	<b>2.80</b>	<b>9.40</b>	<b>1028.18</b>	<b>0.00</b>	

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 4.19 Tipos de suelo - Cuenca del río Intag.**

FUENTE: SIGAGRO, 2000

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### 4.4.3 TIPOS DE SUELO CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA

Los suelos predominantes corresponden al grupo B, que constituyen suelos de textura franco, franco - arenosa y limosa, moderadamente profundos o profundos; la tasa de infiltración varía entre 7 y 9 mm/h, cuando están muy húmedos. El drenaje natural de estos suelos puede variar de excesivamente drenados a

moderados o bien drenados, la movilidad del agua en el suelo varía de rápida a moderadamente rápida u óptima.

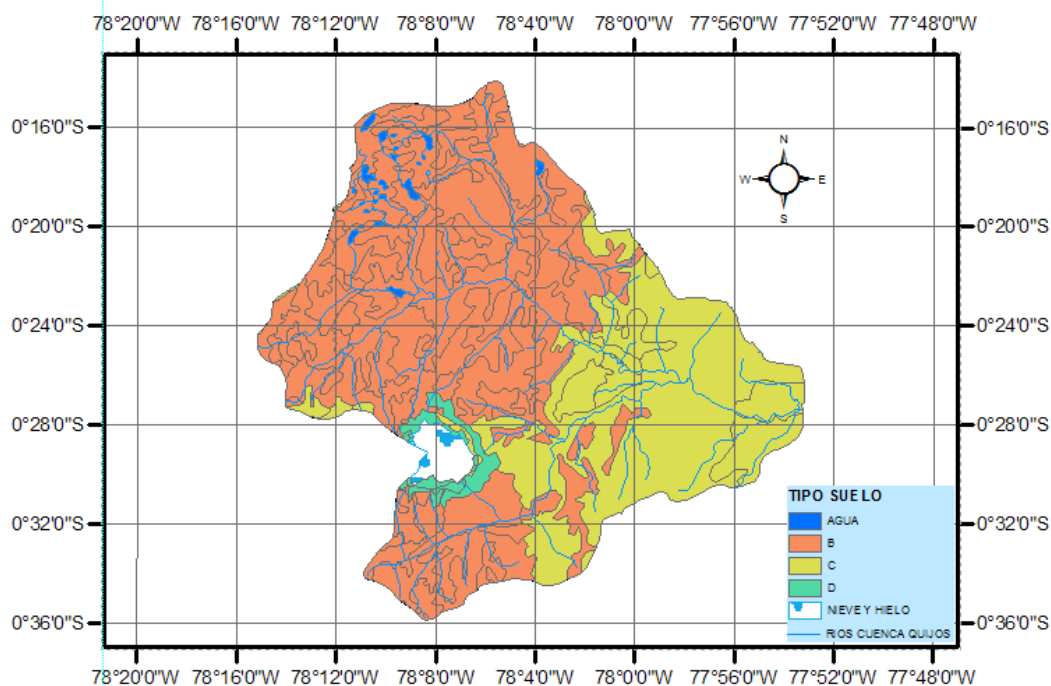
**TABLA 4.25 Tipos de suelo en la cuenca del río Quijos en Baeza**

No	SUBCUENCA	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELOS (GHS)				GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO
			A	B	C	D	
		ÁREA (Km <sup>2</sup> )					
1	A1	240.41		226.39	5.92	2.30	GRUPO B
2	A2	108.95		106.84	0.57		GRUPO B
3	A3	276.25		128.45	120.55	14.35	GRUPO C
4	A4	152.53		88.53	62.38	1.62	GRUPO C
5	A5	98.12			99.23		GRUPO C
<b>ÁREA TOTAL=</b>		<b>876.26</b>	<b>0.00</b>	<b>550.21</b>	<b>288.66</b>	<b>18.27</b>	

FUENTE: SIGAGRO

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 4.20 Tipos de suelo - Cuenca del río Quijos en Baeza.**



FUENTE: SIGAGRO, 2000

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## **CAPÍTULO 5**

### **VARIABILIDAD ESTACIONAL E INTERANUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN**

#### **5.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE**

Las variables climáticas consideradas son: precipitación mensual y temperatura media mensual, las cuales se obtuvieron de las siguientes fuentes de información:

- Anuarios Meteorológicos (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología);
- Estudio de Prefactibilidad de la Central Hidroeléctrica Nanegal (ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2008);
- Estudio de Prefactibilidad de la Central Hidroeléctrica Chanchán (ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2008); e
- Incidencia de la Variabilidad Climática en los Caudales Mínimos del Ecuador (Luis Ríos, ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2010).

#### **5.2 VARIABILIDAD ESTACIONAL DE LA TEMPERATURA**

La variación estacional de la temperatura para las cuencas de los ríos Alambi e Intag se analiza principalmente en base a la información histórica de la estación La Perla; mientras que para la cuenca de drenaje del río Quijos en Baeza se analiza con la estación Baeza.

En la TABLA 5.1 se muestran las estaciones climatológicas consideradas y las series mensuales se presentan en el ANEXO No 2.

**TABLA 5.1 Estaciones climatológicas**

Cuenca	Cód.	Nombre	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (m s.n.m)	Institución	Periodo
Alambi en Churupamba	M213	LA PERLA	CO	00° 11' 34"N	78° 40' 10"W	1410	INAMHI	1971-2005
Intag	M213	LA PERLA	CO	00° 11' 34"N	78° 40' 10"W	1410	INAMHI	1971-2005
Quijos en Baeza	M215	BAEZA	CP	00° 37' 34"S	77° 51' 57"W	1960	INAMHI	1971-2005

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

De acuerdo a la clasificación del INAMHI, el tipo de estaciones corresponde:

CP – climatológica principal

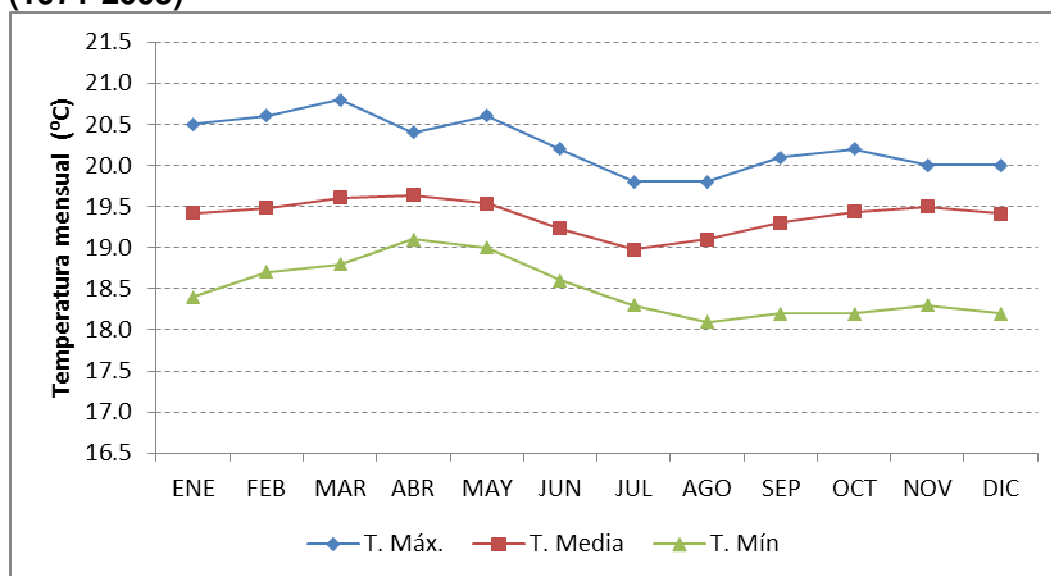
AR – aeronáutica

CO – climatológica ordinaria

PV – pluviométrica

PG - pluviográfica

En la FIGURA 5.1 se muestran las distribuciones de las temperaturas mensuales. En la estación La Perla, la temperatura media anual es de 19.4 °C, en tanto que la temperatura máxima alcanza los 20.8°C y la mínima desciende hasta 18.1°C. Se evidencia que no existe gran dispersión de temperatura entre valores medios y extremos.

**FIGURA 5.1 Variación estacional de la temperatura - Estación La Perla (1971-2005)**

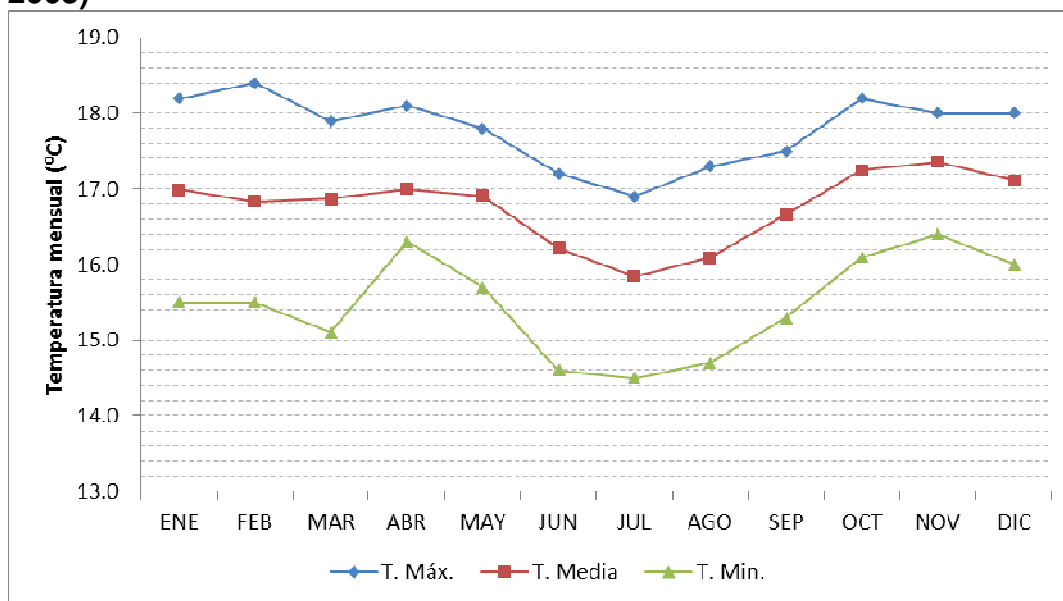
FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.



La variabilidad estacional de la temperatura en la estación Baeza (ver FIGURA 5.2) muestra dispersiones no mayores a 5°C en valores medios y extremos; la temperatura media mensual es de 16.8°C, la temperatura máxima alcanza los 18.4°C y la mínima los 14.5 °C, siendo julio el mes con temperatura extrema inferior.

**FIGURA 5.2 Variación estacional de la temperatura - Estación Baeza (1971-2005)**



FUENTE: INAMHI

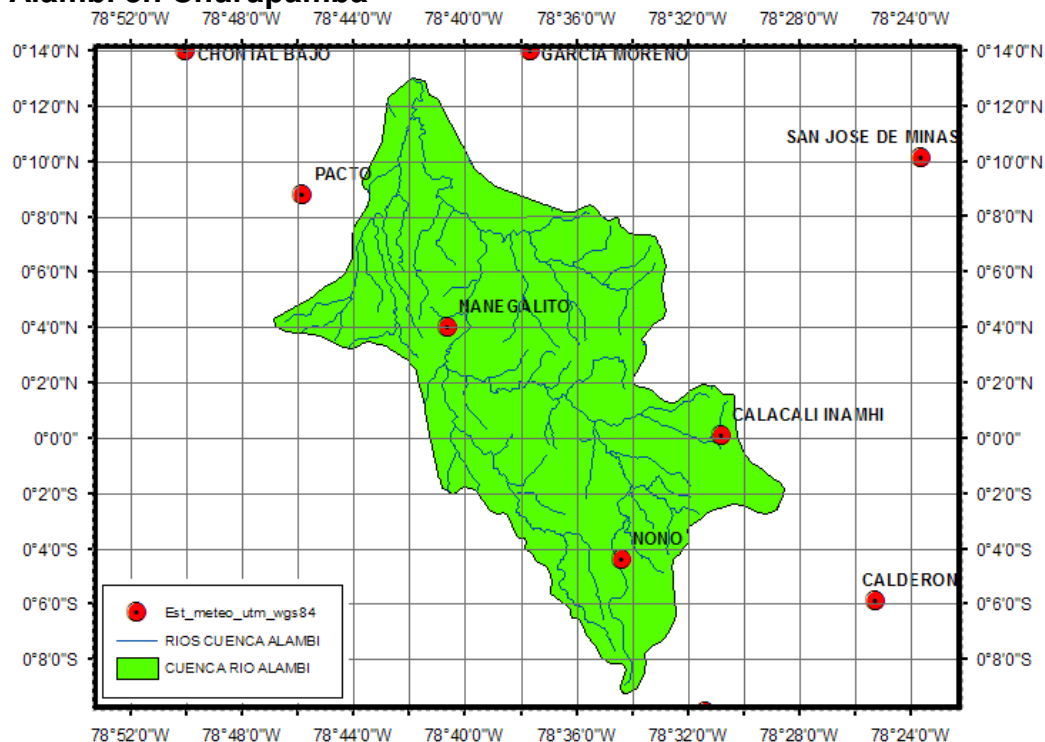
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 5.3 VARIABILIDAD ESTACIONAL E INTERANUAL DE LAS PRECIPITACIONES

#### Cuenca del río Alambi en Churupamba

En la FIGURA 5.3 se presentan las estaciones de interés para la cuenca de drenaje, de las cuales se utilizó Nanegalito, Nono y Calacalí INAMHI. Para su análisis se utilizaron datos del período 1980-2008 y las series mensuales rellenas se presentan en el ANEXO No 2.

**FIGURA 5.3 Estaciones meteorológicas en la zona de la cuenca del río Alambi en Churupamba**



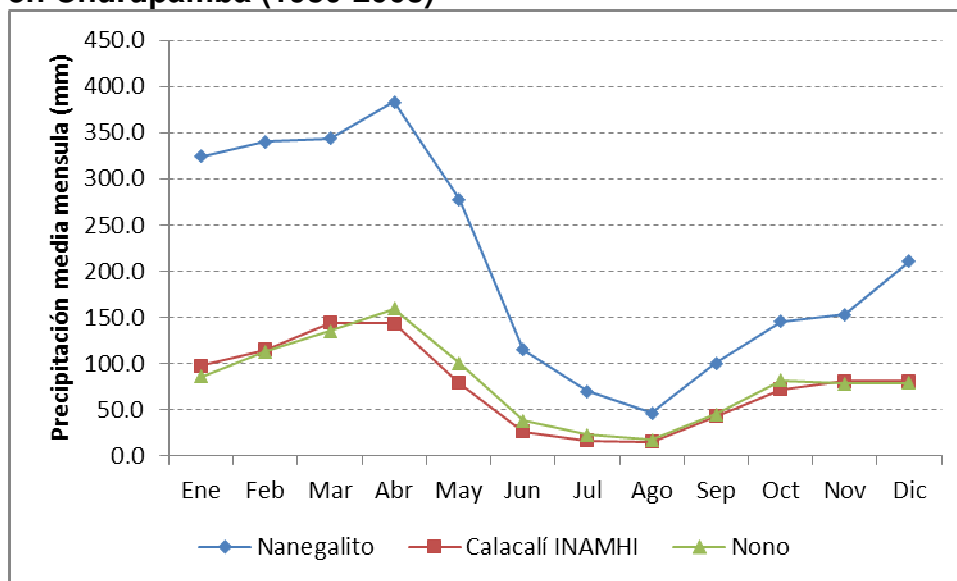
FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 5.4 se aprecia la variación de la precipitación media mensual de las 3 estaciones climáticas representativas. La distribución de las lluvias estacionales tiene similar comportamiento en las estaciones Nono que se encuentra a 2730 m.s.n.m y Calacalí INAMHI a 2810 m.s.n.m; mientras que para la estación Nanegalito ubicada a 1615 m.s.n.m la distribución es mayor, lo cual indica que en ésta zona a menor altura y hacia el oriente la precipitación aumenta.

La pluviosidad mínima de la cuenca corresponde a la estación Calacalí INAMHI con precipitaciones mensuales medias menores a 150 mm, destacando que en ciertos años la precipitación mensual es 0 mm.

**FIGURA 5.4 Variación estacional de la precipitación - Cuenca del río Alambi en Churupamba (1980-2008)**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

Las precipitaciones mensuales y anuales de las estaciones se muestran en la TABLA 5.2.

**TABLA 5.2 Precipitaciones características de las estaciones de la cuenca del río Alambi en Crurupamba (1980-2008)**

Código	Estación	Precipitaciones mensuales (mm)			Precipitaciones anuales (mm)		
		Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
M339	NANEGALITO	209.24	0.30	651.10	2510.82	1689.70	3345.20
M358	CALACALI INAMHI	76.11	0.00	388.00	913.33	548.00	1359.80
M361	NONO	79.64	0.00	571.40	955.73	559.30	1436.80

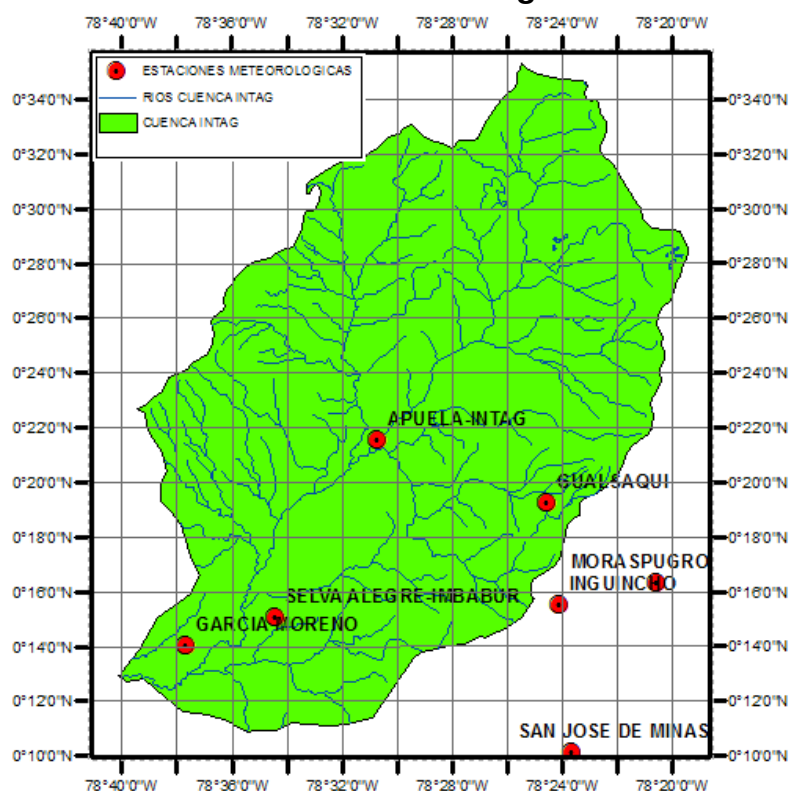
FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### Cuenca del río Intag

En la FIGURA 5.5 se presentan las estaciones de interés para la cuenca de drenaje, de las cuales se utilizó las tres siguientes: Apuela-Intag, Selva Alegre-Imbabura, García Moreno. Para su análisis se utilizaron datos del período 1980-2008.

**FIGURA 5.5 Estaciones meteorológicas en la zona de la cuenca del río Intag**



FUENTE: INAMHI

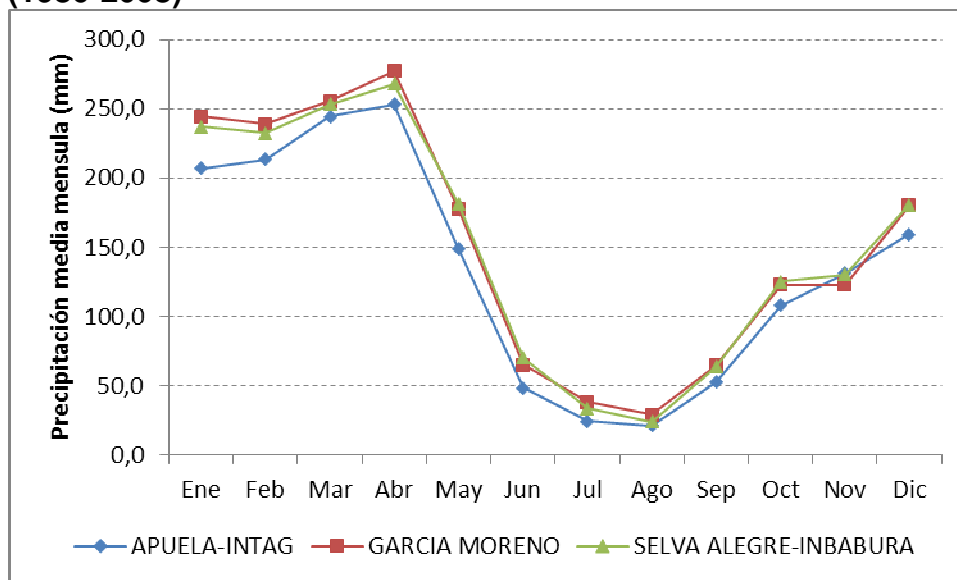
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 5.6 se aprecia la variación de la precipitación media mensual de las 3 estaciones climáticas representativas, distribuidas en la cuenca del río Intag. Las estaciones presentan valores similares de precipitación tanto a nivel mensual como a nivel anual. La distribución de las lluvias estacionales tiene similar comportamiento para las tres estaciones.

Las máximas precipitaciones mensuales medias corresponden a los meses de marzo y abril, con valores del orden de 260 mm; mientras que las mínimas

corresponden a los meses de julio y agosto. Las precipitaciones mensuales y anuales de las estaciones se muestran en la TABLA 5.3.

**FIGURA 5.6 Variación estacional de la precipitación - Cuenca del río Intag (1980-2008)**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 5.3 Precipitaciones características de las estaciones de la cuenca del río Intag (1980-2008)**

Código	Estación	Precipitaciones mensuales (mm)			Precipitaciones anuales (mm)		
		Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
M318	APUELA-INTAG	134,39	1,60	530,30	1612,66	977,85	2673,10
M325	GARCÍA MORENO	151,34	0,70	454,10	1816,05	1262,80	2723,33
M326	SELVA ALEGRE-IMBABURA	149,94	0,20	430,00	1799,29	1128,63	2904,05

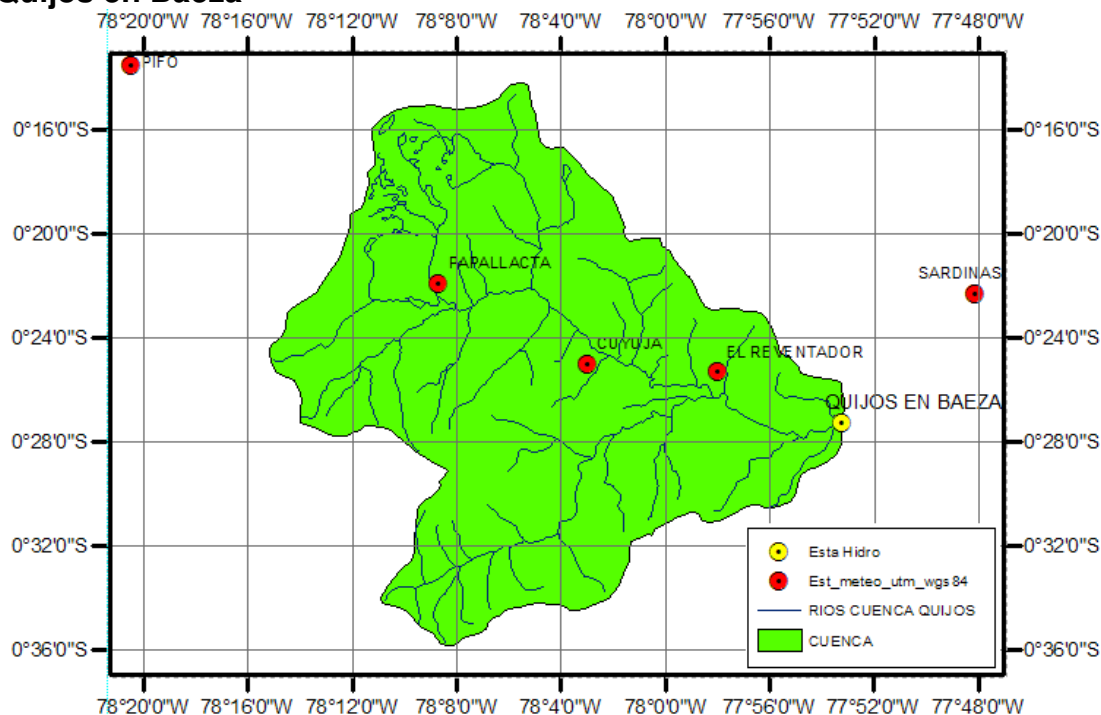
FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### **Cuenca del río Quijos en Baeza**

En la FIGURA 5.7 se presentan las estaciones de interés para la cuenca de drenaje, de las cuales se utilizó las tres siguientes: Papallacta, Baeza y Sardinias. Para su análisis se utilizaron datos del período 1980-2005.

**FIGURA 5.7 Estaciones meteorológicas en la zona de la cuenca del río Quijos en Baeza**

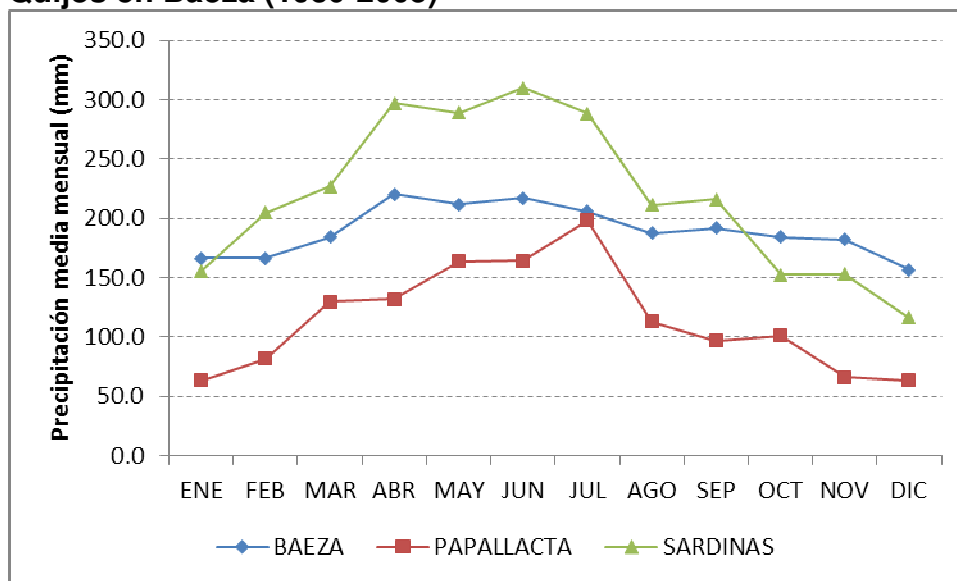


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 5.8 se aprecia la variación de la precipitación media mensual de las 3 estaciones climáticas representativas en la cuenca del río Quijos en Baeza. La distribución de las lluvias estacionales tiene un variado comportamiento en las estaciones. La mayor altura de precipitación multi-anual es de 3870 mm que presenta la estación Sardinias ubicada al oriente de la cuenca, siendo su valor medio mensual igual a 218.45 mm. Los valores medios mínimos presentan la estación Papallacta con valores medios mensuales menores a 200mm.

Los valores característicos mensuales y anuales de las estaciones se muestran en la TABLA 5.4

**FIGURA 5.8 Variación estacional de la precipitación en la cuenca del río Quijos en Baeza (1980-2005)**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 5.4 Precipitaciones características de las estaciones de la cuenca del río Quijos en Baeza (1980-2005)**

Código	Estación	Precipitaciones mensuales			Precipitaciones anuales		
		(mm)			(mm)		
		Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima
M215	BAEZA	189.60	48.50	421.40	2275.19	2023.60	2542.50
M188	PAPALLACTA	114.51	8.40	743.00	1374.12	877.80	2541.50
M490	SARDINAS	218.45	7.60	812.99	2621.43	1584.00	3870.80

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## **CAPÍTULO 6**

### **CAUDALES MEDIOS, MÍNIMOS Y MÁXIMOS HISTÓRICOS**

#### **6.1 CAUDALES MEDIOS Y MÍNIMOS MENSUALES**

Se utilizan los caudales medios y mínimos registrados mensuales, a más de los caudales históricos, se utilizó el modelo hidrológico precipitación - escurrimiento a nivel mensual GR2M. La modelación, estructura y requerimientos del modelo GR2M se presentan en el Capítulo 7 de este estudio.

Si bien existen diferentes metodologías para evaluar los caudales mínimos (ANDRADE, L., 1992), en el presente estudio el análisis se presenta tanto en términos de la curva de duración general en valores mensuales (rango de probabilidades de excedencia mayores al 70 %) y a través de la curva de variación estacional (con probabilidades de excedencia de 70, 80 y 90 %), como se muestra en el numeral 6.1.1 y 6.1.2 de este capítulo.

El periodo considerado para evaluar los caudales medios y mínimos históricos es de 35 años (1971-2005). Las estaciones hidrológicas consideradas se detallaron en la TABLA 3.2 del Capítulo 3 y las series de caudales medios mensuales se presentan en el ANEXO No 2.

##### **6.1.1 CURVA DE DURACIÓN GENERAL (CDG)**

La Curva de Duración General (CDG), llamada también curva de permanencia o persistencia de caudales es una metodología estadística probabilística que consiste en una distribución de frecuencias acumuladas, que permiten evaluar los caudales medios y mínimos.

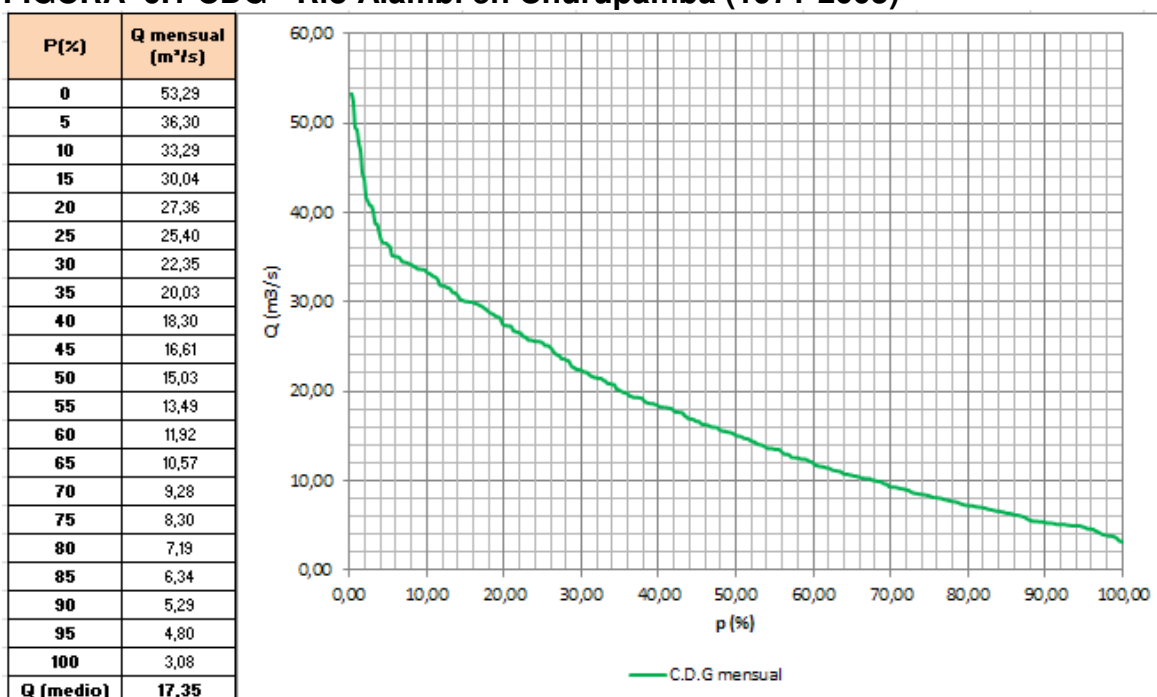


La CDG es muy útil para conocer la distribución de caudales en el tiempo, y pueden ser generadas en base a caudales medios diarios y caudales medios mensuales históricos; constituyendo una base para diseños de obras hidráulicas. Los caudales mínimos utilizados de manera general en el diseño de obras corresponden a probabilidades de excedencia mayores a 70% (Ríos, L., 2010).

La determinación de los caudales medios y mínimos para cada sitio de interés comprende en la obtención de las curvas de duración general de caudales medios mensuales, con probabilidades específicas de excedencia.

En la FIGURA 6.1 se presentan los caudales mensuales con probabilidad de excedencia del río Alambi en Churupamba y la forma gráfica respectiva.

**FIGURA 6.1 CDG - Río Alambi en Churupamba (1971-2005)**

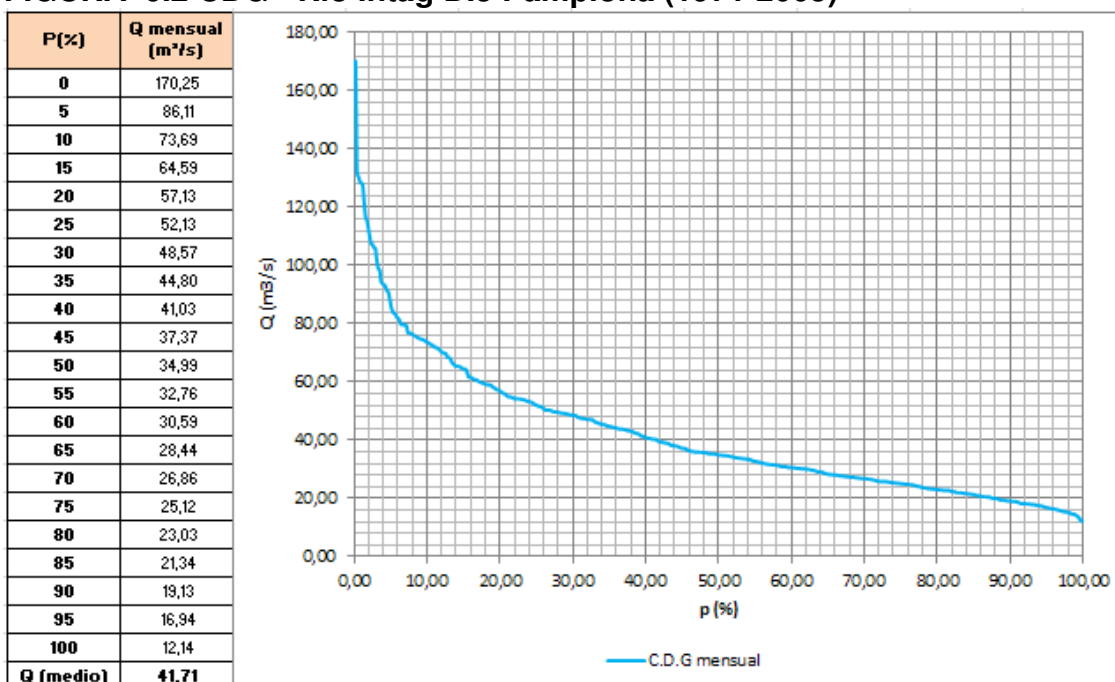


FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

De manera similar, en la FIGURA 6.2 se presentan los caudales mensuales con probabilidad de excedencia del río Intag D.J. Pamplona y la forma gráfica respectiva.

**FIGURA 6.2 CDG - Río Intag D.J Pamplona (1971-2005)**

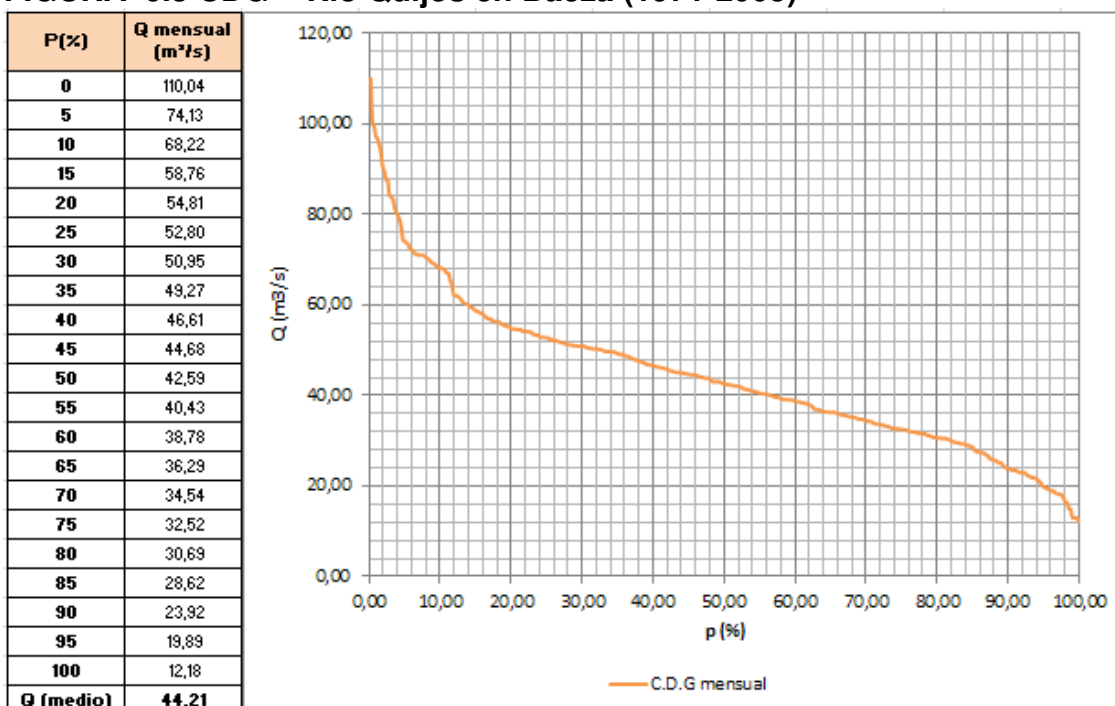


FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 6.3 se presentan los caudales mensuales con probabilidad de excedencia del río Quijos en Baeza y la forma gráfica respectiva.

**FIGURA 6.3 CDG - Río Quijos en Baeza (1971-2005)**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la TABLA 6.1 se muestran los caudales mínimos mensuales y sus respectivos caudales específicos (aportaciones por km<sup>2</sup> de las cuencas) para las secciones de interés de las cuencas en estudio, tomados de la curva de duración general, con probabilidades de excedencia del 80 y 90 % de excedencia.

**TABLA 6.1 Caudales mínimos en las secciones de interés**

Cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Probabilidad de excedencia 80%		Probabilidad de excedencia 90%	
		Q mensual (m <sup>3</sup> /s)	Q específico (ls/Km <sup>2</sup> )	Q mensual (m <sup>3</sup> /s)	Q específico (ls/Km <sup>2</sup> )
Alambi en Churupamba	542.45	7.19	13.26	5.29	9.75
Intag D.J Pamplona	1040.5	23.03	22.13	19.13	18.39
Quijos en Baeza	876.27	30.69	35.02	23.92	27.30

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 6.1.2 CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL (CVE)

La curva de variación estacional se genera a partir de caudales medios mensuales e indica la probabilidad de que los caudales puedan ser excedidos o superados.

Un aspecto importante en este análisis es la adopción del tipo de distribución de probabilidades, a partir del coeficiente de asimetría (Cs) de la serie de caudales medios mensuales, bajo los siguientes criterios:

- Si el coeficiente de asimetría Cs está en el rango entre -0,5 y 0,5, entonces se adopta la distribución normal de probabilidades;
- Si el Cs es cercano a 1,14, entonces se asume la distribución de valores extremos tipo 1 (Gumbel); y,
- En otros casos se trabaja con la serie modificada a través de logaritmos naturales, es decir:  $Y_i = \ln(Q_{med})$
- Al final el valor  $Q_{Tr}$  se determina a partir de la relación:  $Q_{Tr} = \exp(Y_{Tr})$

En la TABLA 6.2 se incluye la variabilidad estacional para la estación río Alambi en Churupamba y en la FIGURA 6.4, las curvas correspondientes.

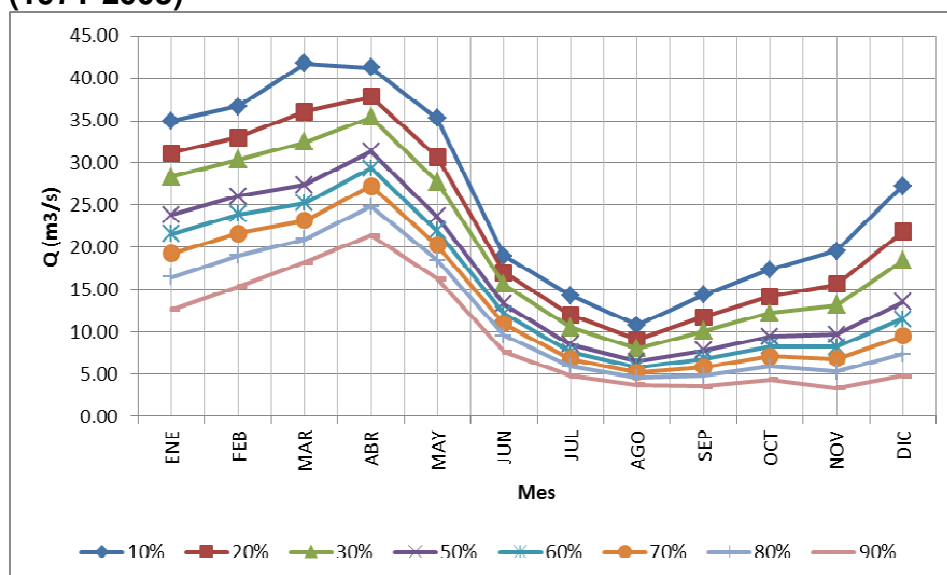
**TABLA 6.2 Caudales mensuales ( $m^3/s$ ) con probabilidad de excedencia Río Alambi en Churupamba (1971-2005)**

P(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10	35.00	36.69	41.75	41.26	35.30	18.99	14.33	10.81	14.41	17.36	19.56	27.31
20	31.17	33.03	36.04	37.86	30.68	17.03	12.01	9.10	11.77	14.21	15.64	21.83
30	28.40	30.40	32.47	35.40	27.79	15.62	10.56	8.03	10.13	12.23	13.19	18.40
40	26.04	28.14	29.74	33.30	25.57	14.42	9.45	7.21	8.87	10.72	11.31	15.78
50	23.83	26.04	27.41	31.34	23.69	13.29	8.51	6.51	7.80	9.44	9.71	13.55
60	21.63	23.93	25.29	29.38	21.97	12.17	7.65	5.87	6.82	8.27	8.25	11.52
70	19.26	21.68	23.21	27.28	20.29	10.97	6.80	5.25	5.86	7.12	6.83	9.52
80	16.50	19.04	21.00	24.82	18.50	9.56	5.91	4.59	4.84	5.90	5.31	7.40
90	12.67	15.38	18.27	21.42	16.29	7.60	4.80	3.77	3.59	4.39	3.44	4.79
MED	23.83	26.04	28.78	31.34	24.80	13.29	9.06	6.92	8.43	10.19	10.65	14.86

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 6.4 Curvas de Variación Estacional Río Alambi en Churupamba (1971-2005)**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la TABLA 6.3 se incluye la variabilidad estacional para la estación río Intag D.J Pamplona y en la FIGURA 6.5, las curvas correspondientes.

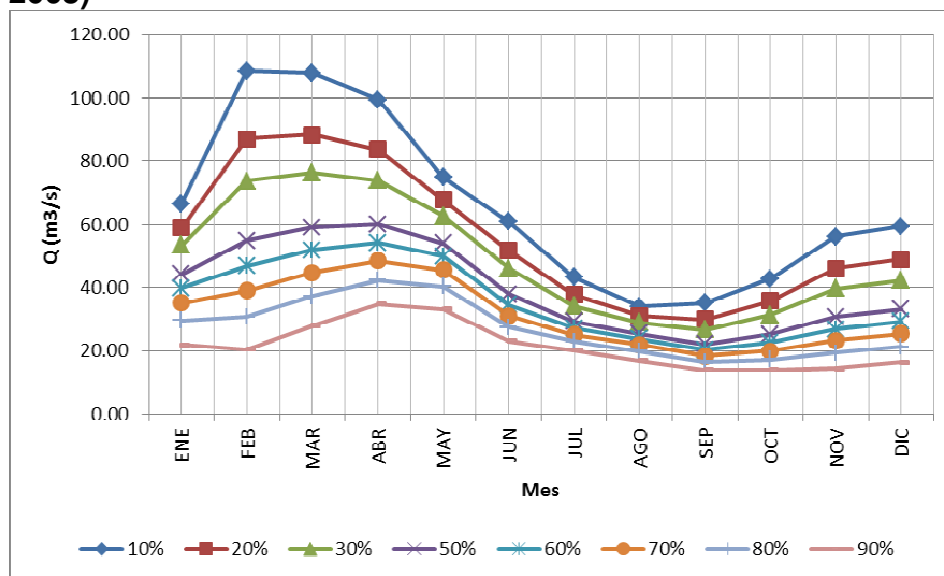
**TABLA 6.3 Caudales mensuales ( $m^3/s$ ) con probabilidad de excedencia Río Intag D.J Pamplona (1971-2005)**

P(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10	66.54	108.60	107.88	99.43	74.93	60.89	43.32	34.05	35.06	42.81	56.15	59.37
20	58.87	87.15	88.44	83.72	67.76	51.71	37.70	31.09	29.92	35.78	46.00	48.91
30	53.35	73.75	76.29	73.90	62.59	45.97	34.19	28.96	26.71	31.38	39.66	42.37
40	48.62	63.49	66.98	66.37	58.18	41.57	31.50	27.14	24.26	28.02	34.80	37.36
50	44.21	54.77	59.08	59.98	54.05	37.84	29.21	25.44	22.17	25.16	30.67	33.11
60	39.79	46.79	51.85	54.14	49.92	34.43	27.12	23.73	20.26	22.54	26.90	29.21
70	35.07	38.99	44.78	48.42	45.50	31.08	25.07	21.91	18.39	19.98	23.21	25.41
80	29.54	30.69	37.26	42.34	40.34	27.53	22.90	19.78	16.40	17.27	19.28	21.36
90	21.88	20.46	27.98	34.84	33.17	23.15	20.21	16.83	13.95	13.91	14.44	16.37
MED	44.21	59.89	63.72	63.74	54.05	40.03	30.55	25.44	23.39	26.84	33.10	35.60

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 6.5 Curvas de Variación Estacional Río Intag D.J Pamplona (1971-2005)**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la TABLA 6.4 se incluye la variabilidad estacional para la estación río Quijos en Baeza y en la FIGURA 6.6, las curvas correspondientes.

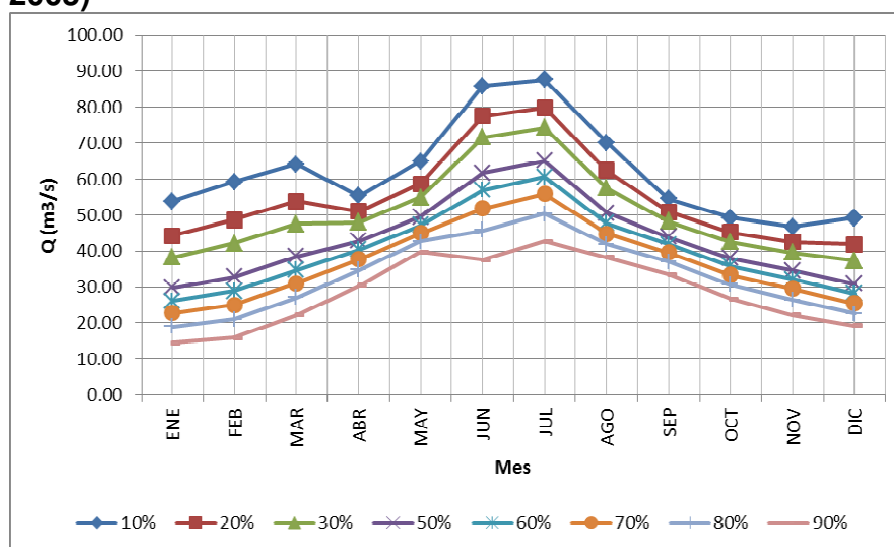
**TABLA 6.4 Caudales mensuales ( $m^3/s$ ) con probabilidad de excedencia Río Quijos en Baeza (1971-2005)**

P(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10	53.88	59.24	64.09	55.32	64.91	85.86	87.58	70.10	54.47	49.18	46.83	49.18
20	44.29	48.70	53.90	51.04	58.78	77.56	79.87	62.34	50.86	45.33	42.61	41.88
30	38.29	42.11	47.54	47.96	54.96	71.57	74.31	57.49	48.25	42.56	39.57	37.32
40	33.70	37.06	42.66	45.32	52.02	66.46	69.55	53.78	46.03	40.18	36.96	33.82
50	29.80	32.77	38.52	42.86	49.53	61.68	65.11	50.62	43.95	37.96	34.53	30.85
60	26.23	28.85	34.73	40.39	47.26	56.90	60.67	47.74	41.87	35.75	32.10	28.14
70	22.74	25.02	31.02	37.76	45.03	51.78	55.92	44.91	39.64	33.37	29.50	25.48
80	19.02	20.94	27.08	34.67	42.66	45.80	50.36	41.91	37.04	30.60	26.45	22.66
90	14.45	15.91	22.22	30.39	39.74	37.50	42.65	38.21	33.43	26.75	22.23	19.18
MED	32.1	35.3	40.9	42.9	51.0	61.7	65.1	52.5	43.9	38.0	34.5	32.6

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 6.6 Curvas de Variación Estacional Río Quijos en Baeza (1971-2005)**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## **6.2 CAUDALES MÁXIMOS**

En base a las series de caudales máximos instantáneos, se generaron caudales máximos de crecida asociados a periodos de retorno.

En este estudio se incorpora el concepto “intervalo de confianza” para la determinación de los caudales máximos, que se sustenta en conceptos estadístico – probabilísticos.

### **6.2.1 METODOLOGÍA PARA LA CONFORMACIÓN DE LAS SERIES DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ANUALES**

La determinación de los caudales de crecida con períodos de retorno dados se basa en los caudales máximos instantáneos anuales registrados en las estaciones hidrométricas. Estos valores se obtienen de registros continuos de niveles de agua (lecturas limnimétricas diarias) y de curvas de descarga válidas para el período y para el rango de niveles, correspondientes. Las series de caudales máximos instantáneos se incluyen en el ANEXO No 3.

Los anuarios hidrológicos del INAMHI incluyen la información antes referida, pero no para todos los años. Por tanto se requiere introducir el procedimiento que se describe a continuación con el propósito de incorporar también los caudales máximos medios diarios anuales, los cuales se asocian con los caudales máximos instantáneos anuales correspondientes, mediante técnicas de correlación y regresión.

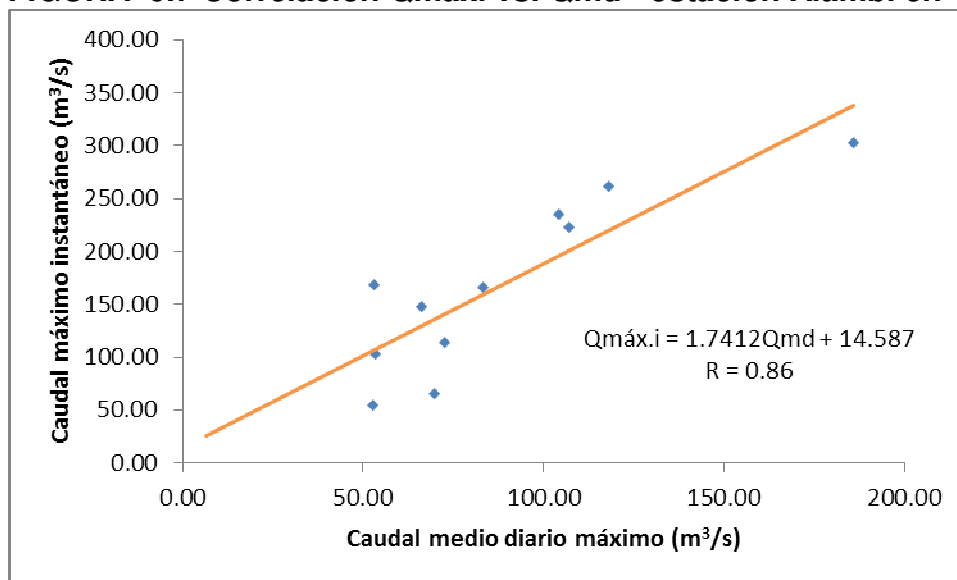
El procedimiento consiste entonces en:

- Conformar series con valores anuales de caudales máximos instantáneos ( $Q_{\text{máx.i}}$ ) y de caudales máximos medios diarios ( $Q_{\text{md}}$ ), para las estaciones hidrométricas de interés.
- Generar ecuaciones de regresión entre caudales máximos instantáneos y caudales máximos medios diarios, para transformar los valores medios

diarios en máximos instantáneos, siempre y cuando el coeficiente de correlación sea significativo ( $R > 0,7$ ).

En la FIGURA 6.7 se muestran para la estación Alambi en Churupamba, la correspondiente ecuación y coeficiente de correlación.

**FIGURA 6.7 Correlación  $Q_{maxi}$  vs.  $Q_{md}$  - estación Alambi en Churupamba**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## 6.2.2 CAUDALES MÁXIMOS CON PERIODO DE RETORNO

### 6.2.2.1 Método Estadístico Probabilístico

Una vez que se dispone de las series de caudales máximos instantáneos anuales para las estaciones hidrométricas se obtienen las características estadísticas correspondientes que se incluyen en la TABLA 6.8.

**TABLA 6.5 Características estadísticas de las series de caudales máximos**

Cuenca	$\overline{Q_{maxi}}$	MAX	MIN	n	S	Cs	Cv

Donde:

$\overline{Q_{maxi}}$  - media aritmética de la serie, ( $m^3/s$ ).



MAX - valor máximo de la serie, (m<sup>3</sup>/s).

MIN - valor mínimo de la serie, (m<sup>3</sup>/s).

N - número de registros,

S - desviación estándar, (m<sup>3</sup>/s).

Cv - coeficiente de variación,

Cs - coeficiente de asimetría.

Se aplicó a continuación el análisis de frecuencias hidrológicas para la determinación de los caudales máximos, con períodos de retorno asignados; para el efecto se utilizó la relación de V. T. Chow:

$$Q_{Tr} = S * K_{Tr} + \overline{Q_{maxi}}$$

Donde:

$Q_{Tr}$  – Caudal máximo instantáneo anual con periodo de retorno dado, (m<sup>3</sup>/s).

$\overline{Q_{maxi}}$  – Valor medio de los caudales máximos instantáneos anuales, (m<sup>3</sup>/s).

S – desviación estándar de los caudales máximos instantáneos anuales, (m<sup>3</sup>/s).

$K_{Tr}$  – factor de frecuencia, propio de cada distribución de probabilidad.

Un aspecto importante en este análisis es la adopción del tipo de distribución de probabilidades, a partir del coeficiente de asimetría (Cs) de la serie de caudales máximos instantáneos anuales, bajo los siguientes criterios:

- Si el coeficiente de asimetría Cs está en el rango entre -0,5 y 0,5, entonces se adopta la distribución normal de probabilidades;
- Si el Cs es cercano a 1,14, entonces se asume la distribución de valores extremos tipo 1 (Gumbel); y,
- En otros casos se trabaja con la serie modificada a través de logaritmos naturales, es decir:  $Yi=ln(Qmed)$
- Al final el valor  $Q_{Tr}$  se determina a partir de la relación:  $Q_{Tr}=exp(Y_{Tr})$

El análisis de frecuencias incluye también la determinación del intervalo de confianza con garantía del 95 % para los caudales máximos con probabilidad asociada; para el efecto se aplicó el software Minitab versión 14. En consecuencia, los caudales máximos definidos como caudal máximo superior en las tablas que se muestran a continuación, tienen una probabilidad de que sean excedidos de 2,5 %.

### Estación Río Alambi en Churupamba

La serie de caudales máximos anuales que se presentan la TABLA 6.6, se compone de 11 elementos, con un valor medio de 181,51 m<sup>3</sup>/s, desviación estándar de 71,38 m<sup>3</sup>/s, y coeficientes de variación y asimetría de 0,39 y 0,00 (ver TABLA 6.7).

**TABLA 6.6 Caudales máximos instantáneos y caudales máximos medios diarios registrados en la estación río Alambi en Churupamba**

Año	día/mes	Q <sub>máx.i</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>md</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx.i</sub> (m <sup>3</sup> /s)
1977	abr	65,73	69,60	129,03
1978	feb	54,52	52,80	54,52
1979	18-may	113,96	72,60	113,96
1980	28-feb	223,33	106,90	223,33
1981	13-abr	235,51	104,10	235,51
1982	21-nov	261,18	118,20	261,18
1983	30-nov	166,22	83,30	166,22
1984	12-may	303,08	185,80	303,08
1985	26-abr	168,69	53,00	168,69
1986				
1987				
1988	13-abr	147,33	66,20	147,33
1989	mar	102,88	53,50	193,72

Valores rellenados por relación  $Q_{maxi}=k Q_{md}$

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

Donde:

Q<sub>máx.i</sub> = Caudal máximo instantáneo

Q<sub>md</sub> = Caudal máximo medio diario

**TABLA 6.7 Características estadísticas de las series de caudales máximos en estación río Alambi en Chrupamba**

Cuenca	$\overline{Q}_{maxi}$	MAX	MIN	n	S	Cs	Cv
Alambi	181,51	303,08	54,52	11,00	71,38	0,00	0,39

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

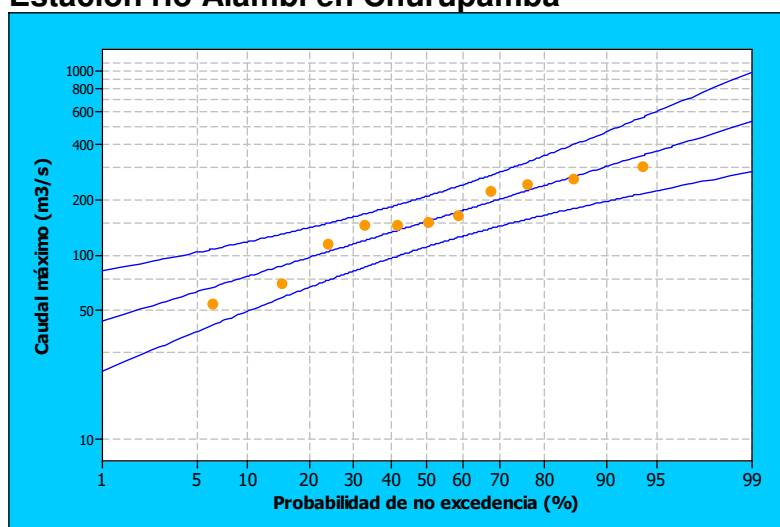
En consideración del coeficiente de asimetría que es 0, se seleccionó la distribución Normal, con lo cual se determinó los caudales máximos con período de retorno dado. En la TABLA 6.8 constan los caudales máximos y en la FIGURA 6.8 la tendencia, con el intervalo correspondiente, para una garantía del 95%.

**TABLA 6.8 Caudales de crecida – estación río Alambi en Churupamba**

Período de retorno (años)	Q. máx. (m <sup>3</sup> /s)	Q. máx. Superior (m <sup>3</sup> /s)
5	247,98	344,94
10	305,68	449,35
25	382,08	603,26
50	441,30	732,92
100	502,38	874,99

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 6.8 Caudales de crecida con intervalo de confianza  $\alpha = 95\%$  Estación río Alambi en Churupamba**

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**Estación Intag D.J Pamplona**

La serie de caudales máximos anuales que se presentan la TABLA 6.10, se compone de 12 elementos, con los siguientes valores de características estadísticas:

**TABLA 6.9 Características estadísticas de las series de caudales máximos en estación Intag D.J Pamplona**

Cuenca	$\overline{Q}_{\max i}$	MAX	n	S	Cs	Cv
Intag	325,97	566,00	12,00	105,27	0,69	0,32

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 6.10 Caudales máximos instantáneos registrados en la estación Intag D.J Pamplona**

Año	día/mes	Qmi (m <sup>3</sup> /s)
1977	mar	194,8
1978	mar	376,2
1979	28-abr	206,6
1980	08-feb	378,0
1981		
1982	15-feb	329,0
1983	16-ene	188,0
1984	17-mar	382,0
1985	25-abr	566,0
1986		
1987		
1988		
1989	01-feb	339,0
1990		
1991		
1992		
1993		
1994		
1995		
1996	15-mar	353,0
1997	ene	260,0
1998	04-may	339,0

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En consideración del coeficiente de asimetría que es 0,69 se seleccionó la distribución de valores extremos Tipo 1 de Gumbel, con lo cual se determinó los caudales máximos con período de retorno dado. En la TABLA 6.11 constan los caudales máximos y en la FIGURA 6.9 la tendencia, con el intervalo correspondiente, para una garantía del 95%.

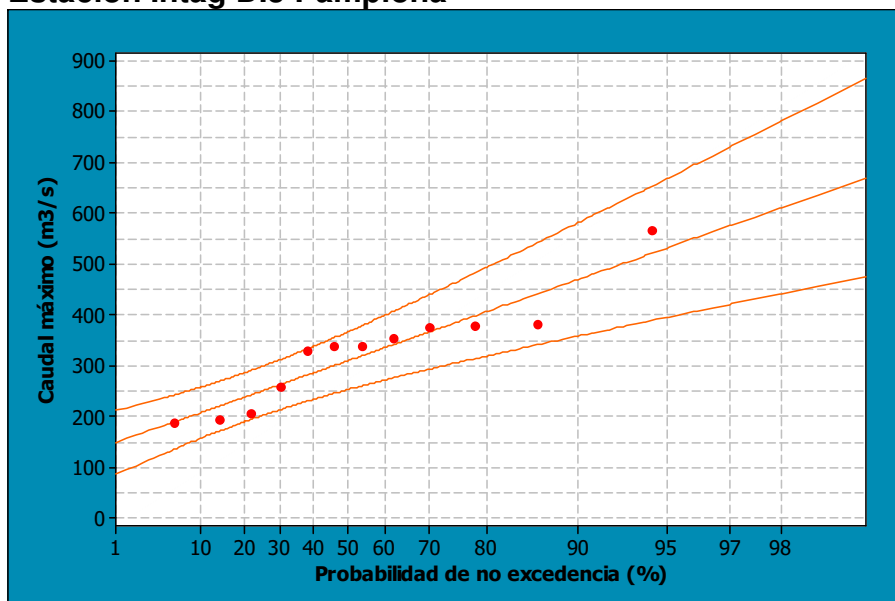
**TABLA 6.11 Caudales de crecida – estación Intag D.J Pamplona**

Período de retorno (años)	Q. máx. (m <sup>3</sup> /s)	Q. máx. Superior (m <sup>3</sup> /s)
5	405,98	493,21
10	469,92	581,68
25	550,7	695,35
50	610,64	780,37
100	670,13	865,096

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 6.9 Caudales de crecida con intervalo de confianza  $\alpha = 95\%$   
Estación Intag D.J Pamplona**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### **Estación Quijos en Baeza**

La serie de caudales máximos anuales se presentan en el ANEXO No 3, se compone de 39 elementos, con un valor medio de 213,13 m<sup>3</sup>/s, desviación estándar de 48,64 m<sup>3</sup>/s, y coeficientes de variación y asimetría de 0,23 y 1,66 respectivamente (ver TABLA 6.12)

**TABLA 6.12 Características estadísticas de las series de caudales máximos en estación Quijos en Baeza**

Cuenca	$\overline{Q}_{\max i}$	MAX	MIN	n	S	Cs	Cv
Quijos en Baeza	213,13	408,00	143,00	39,00	48,64	1,66	0,23

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En consideración del coeficiente de asimetría que es 1,66 se seleccionó la distribución de valores extremos Tipo 1 de Gumbel, con lo cual se determinó los caudales máximos con período de retorno dado. En la TABLA 6.13 constan los caudales máximos y en la FIGURA 6.10 la tendencia, con el intervalo correspondiente, para una garantía del 95%.

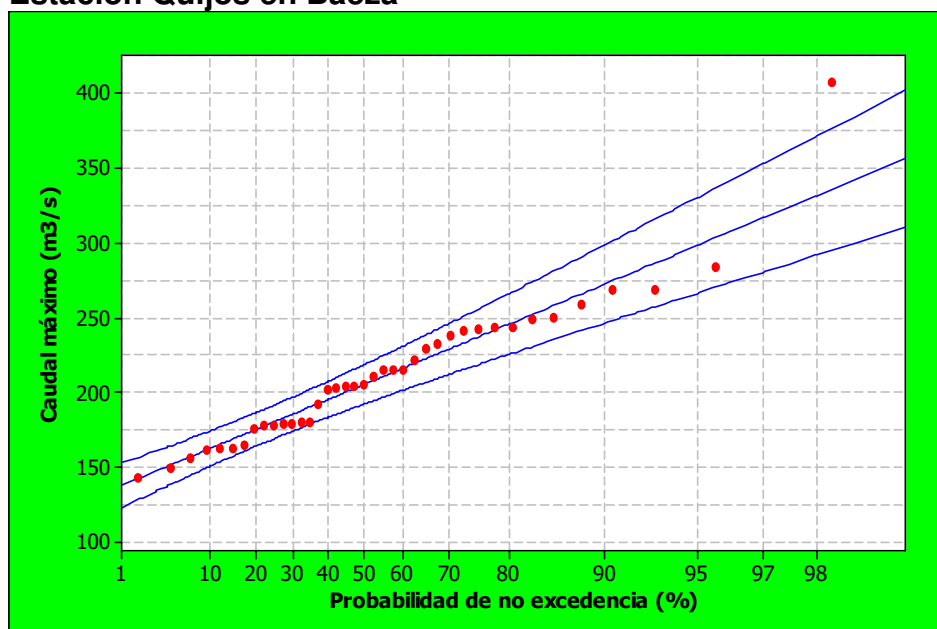
**TABLA 6.13 Caudales de crecida – estación Quijos en Baeza**

Período de retorno (años)	Q. máx. (m <sup>3</sup> /s)	Q. máx. Superior (m <sup>3</sup> /s)
5	245,67	265,92
10	272,40	298,43
25	306,17	339,94
50	331,22	370,91
100	356,09	401,72

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 6.10 Caudales de crecida con intervalo de confianza  $\alpha = 95\%$   
Estación Quijos en Baeza**



FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## CAPÍTULO 7

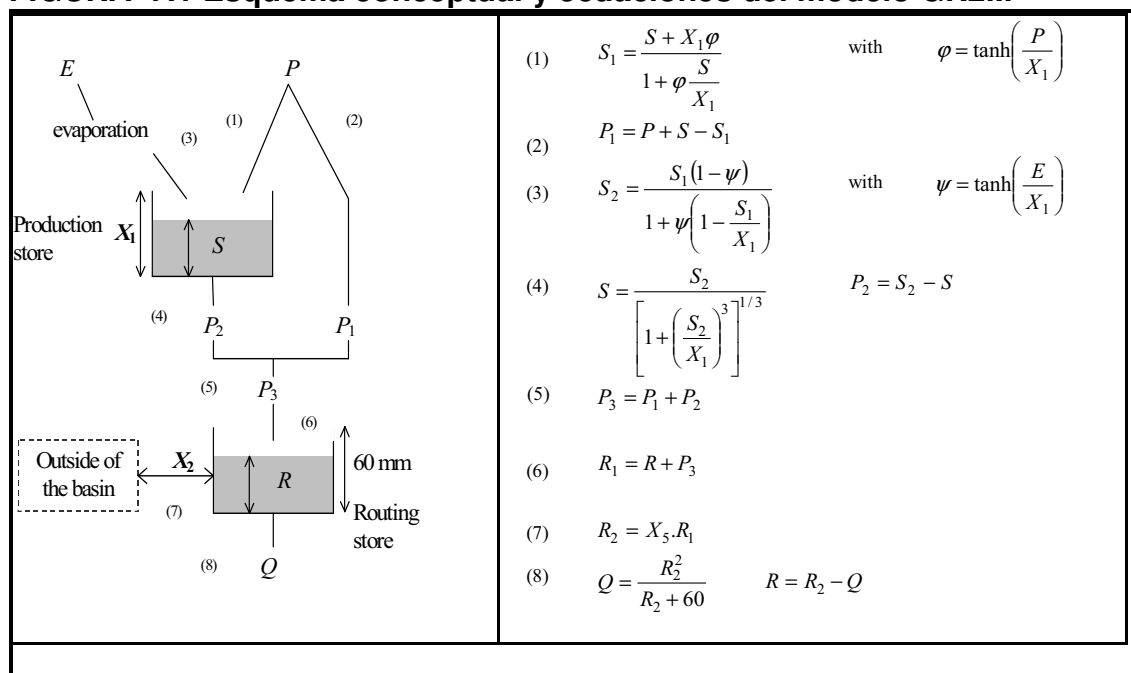
### MODELACIÓN DE CAUDALES MEDIOS Y MÍNIMOS

#### 7.1 MODELO "GR2M"

Por sus siglas en francés es un modelo de tipo global de ingeniería rural de dos parámetros a paso de tiempo mensual. Es un modelo tipo conceptual que fue desarrollado al final de los años 80 por Cemagref, con el objetivo de aplicarlo en el ámbito de los recursos hídricos y estiajes. Este modelo simula la escorrentía de una cuenca basada en el concepto de "Soil Moisture Accounting". Este modelo es conocido en varias versiones desarrolladas por: Kabouya (1990), Kabouya et Michel (1991), Makhlouf (1994), Makhlouf y Michel (1994), Mouelhi (2003) y Mouelhi et al. (2006).

El hoja " GR2M " permite hacer simulaciones de débito al paso del tiempo mensual con la ayuda del modelo GR2M (ver FIGURA 7.1). La versión utilizada aquí es presentada la por Mouelhi (2003) y Mouelhi et al. (2006).

**FIGURA 7.1 Esquema conceptual y ecuaciones del modelo GR2M**



FUENTE: Mouelhi et al., 2006

El reservorio de producción “suelo” se basa en la variación del almacenamiento de la humedad del suelo (S), el cual varía según la precipitación (P), evaporación (E) y percolación (P2). El reservorio de transferencia, cumple con una ley de vaciado cuadrática que da origen al escurrimiento total (Q). (Cemagref, 2009; Bacci J., 1997). Los parámetros del modelo son X1 (máxima capacidad de almacenamiento del reservorio de producción, en mm), y X2 coeficiente de intercambio de aguas subterráneas, no tiene unidades. (Mena, P., 2010).

### 7.1.1 ESTRUCTURA DEL MODELO

El modelo tiene una estructura simple y utiliza solamente un reservorio de producción, esto se debe a que al considerar una escala temporal amplia (mensual), lo que se intenta analizar es el régimen del río y los procesos más relevantes para la generación del escurrimiento, más no los procesos específicos que intervienen en un evento en particular (escala temporal breve) (Buzo, 2008).

- **Reservorio de producción (del suelo)**

Este reservorio tiene una máxima capacidad de almacenamiento, se denomina X1 (ver FIGURA 7.1), es un valor positivo y se expresa en mm. Como se considera que el reservorio no está a su máxima capacidad, existe un nivel menor a X1 que se denomina S, expresado en mm, el cual no es constante pues el reservorio es dinámico y existen entradas (precipitación) y salidas de agua (percolación, ETP). El nivel inicial S para el primer mes de cálculo se denomina en el modelo S0, y se asume un valor equivalente al 50% de la capacidad máxima de retención, para los meses posteriores sigue denominándose S.

El nivel S del mes i pasa a ser S1 en el mes i+1, cuando parte de la precipitación total es usado para llenar el reservorio. El valor S1 es siempre mayor a S, excepto cuando la precipitación es 0, en este caso S1 sería igual a S.

$$S1 = \frac{S + X1\varphi}{1 + \varphi \frac{S}{X1}} \quad (7.1)$$

Donde:  $\varphi = \tanh\left(\frac{P}{X1}\right)$ , P es la precipitación media mensual.



La precipitación en exceso que genera el escurrimiento superficial directo está dado por:

$$P1 = P + S - S1 \quad (7.2)$$

A su vez debido a la ETP hay una sustracción de agua del reservorio del suelo ocasionando que el nivel  $S1$  del mes  $i$  pase a  $S2$  en el mismo mes. El nivel  $S2$  es siempre menor a  $S1$ , exceptuando el caso en que la ETP sea cero, en este caso  $S2 = S1$ .

$$S2 = \frac{S1 + (1 - \psi)}{1 + \psi \left(1 - \frac{S1}{X1}\right)} \quad (7.3)$$

Donde:  $\psi = \tanh\left(\frac{E}{X1}\right)$ ,  $E$  es la evapotranspiración media mensual.

Finalmente al presentarse el fenómeno de percolación,  $S2$  pasa a ser  $S$ , cuando hay una descarga hacia el reservorio de transferencia,  $S$  es siempre menor a  $S2$  y presenta el nivel de agua disponible para el siguiente mes, este nivel permite definir la fracción de precipitación que llegará al reservorio de "tránsito" ( $P2$ ).

$$S = \frac{S2}{\left[1 + \left(\frac{S2}{X1}\right)^3\right]^{1/3}} \quad (7.4)$$

El valor de percolación es siempre menor que  $S2$ , y está definido por:

$$P2 = S2 - S \quad (7.5)$$

- **Reservorio de transferencia**

El reservorio recibe el flujo proveniente de la percolación del reservorio del suelo ( $P2$ ) y del exceso de precipitación que no ingresa al reservorio del suelo ( $P1$ ), conocido en su conjunto como precipitación efectiva ( $P3$ ).

$$P3 = P1 + P2 \quad (7.6)$$

Al igual que en el reservorio del suelo, se parte de un nivel inicial  $R$  que se denomina  $R_0$  para el primer mes de cálculo y es igual al 50% de la capacidad máxima del reservorio, que es 60 mm.

La entrada de agua  $P_3$  ocasiona que el nivel inicial  $R$  en el mes  $i$ , valor positivo expresado en mm, se incremente llegando hasta  $R_1$  en el mes  $i+1$ .

$$R_1 = R + P_3 \quad (7.7)$$

Posteriormente  $R_1$  del mes  $i$  se convierte en  $R_2$  en el mismo mes, debido al intercambio de agua subterránea con cuencas vecinas, este intercambio está definido por el coeficiente  $X_2$ , valor positivo y adimensional, al existir un aporte de aguas vecinas hacia la cuenca,  $R_2 > R_1$ , en caso contrario  $R_1 > R_2$ .

$$R_2 = X_1 R_1 \quad (7.8)$$

Finalmente el reservorio se vacía siguiendo una función cuadrática, basada en el nivel  $R_2$ , el cual regula el caudal de salida, dado por:

$$Q = \frac{R_2^2}{R_2 + 60} \quad (7.9)$$

El nivel inicial  $R$  para los cálculos en los siguientes meses está definido por:

$$R = R_2 - Q \quad (7.10)$$

### 7.1.2 REQUERIMIENTOS DEL MODELO GR2M

El modelo GR2M se presenta en una hoja de cálculo en Excel, en el cual existen celdas de color amarillo donde se debe poner la información requerida para cada cuenca.

En la FIGURA 7.2 se muestra la información que debe ser ingresada en el modelo GR2M y a continuación se detalla cada requerimiento.

**FIGURA 7.2 Información requerida por el modelo GR2M**

<b>Nom du bassin</b>	La Seine à Paris Austerlitz		
<b>Superficie du bassin (km<sup>2</sup>)</b>	542.45		
<b>Paramètres modèle</b>	<b>Transf.</b>	<b>Réels</b>	
x1: Capacité rés. production (mm)	6.00	403.43	
x2: Paramètre d'échange (mm)	1.00	1.00	
<b>Valeurs initiales</b>			
Niveau de remplissage initial S0 (max.: x1 mm)	201.71		
Niveau de remplissage initial R0 (max.: 60 mm)	30		
<b>Période</b>			
Longueur de la période de mise en route (mois)	12		
Durée de la période test (mois)	60		
Date de départ	01/1998		
Date de fin	12/2002		

FUENTE: Mouelhi et al., 2006

- Perrin et al. (2006), recomienda iniciar con  $X1=6$  y  $X2=1$ , estos valores se ingresan en la columna "transformado". Los valores transformados se usan por facilidad en la optimización de parámetros, mientras que los valores reales se usan en el modelo para los cálculos del escurrimiento.
- S0 Y R0 corresponden al 50% del nivel máximo de los reservorios.
- En el periodo de análisis se debe incluir: (1) el periodo de inicialización (recomendable 12 meses) y (2) el periodo de duración de la prueba.
- Las series mensuales de precipitación y de evapotranspiración (en mm) no deben tener datos faltantes.
- Las series mensuales de caudal (en mm) no son datos de entrada del modelo para se utilizan para la calibración y evaluación del modelo. Cuando existan datos faltantes deben ser remplazados con -1 para que sean excluidos de los cálculos de calibración. (Mena, P., 2010).
- La ETP se calculó con el método de Blaney y Criddle modificado por Phelan. Las tablas y procedimiento de cálculo de la ETP se presentan en el ANEXO No 4.

### 7.1.3 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO GR2M

La calibración se realizó en base al Nash-Sutcliffe calculado sobre los valores de las láminas de escurrimiento (mm/mes) observados y simulados.

- **Nash-Sutcliffe**

Corresponde a una medida del rendimiento o eficiencia de un modelo simulado respecto a un modelo perfecto (la realidad). Se puede o no expresar en porcentaje (\*100), toma valores entre  $-\infty$  y 100 %, el 100% representa la calibración perfecta, si es cero el error es del mismo orden de magnitud de la varianza de los valores observados, es decir, la media tendrá una capacidad predictiva igual a la del modelo, valores inferiores a cero implican que la media tiene una capacidad predictiva más alta que el modelo (Sarria et al, 2008b).

#### 7.1.3.1 Cuenca del río Alambi en Churupamba

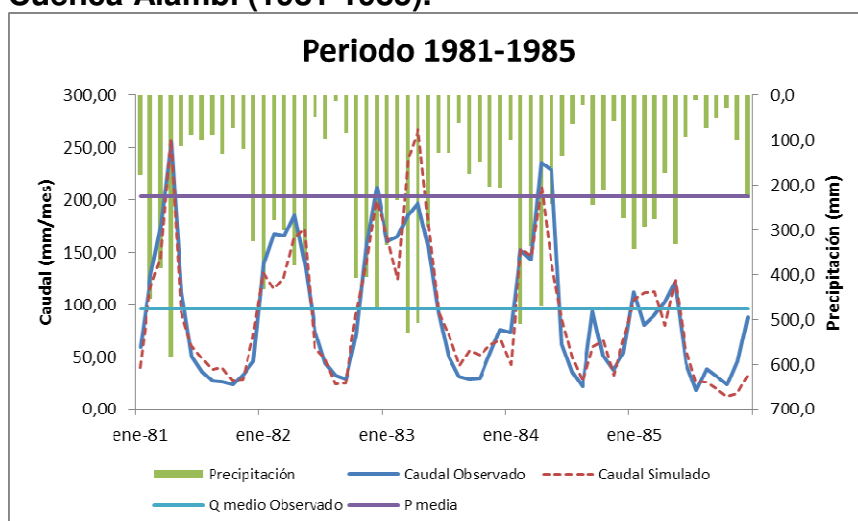
Se consideran los siguientes puntos:

- Se elige la serie de precipitaciones mensuales para la modelación de la cuenca Alambi considerando las estaciones: Nanegalito, Nono y Calacalí-INAMHI; tomando la estación con mayor Nash y coeficiente de correlación entre valores de las láminas de escurrimiento simulados y observados para todo el periodo (1980-2000); es decir incluyendo el periodo de inicialización de 12 meses (año 1980).
- Se escogió los datos de la estación Nanegalito (M339), la cual presentó el mayor Nash (73.3%) y un coeficiente de correlación de 0.87.
- Para la calibración se eligió el periodo 1981-1985 en donde se considera que no existen cambios en el uso del suelo.
- La ETP se calculó para el uso del suelo del año 1980.

- Para los valores de X1 y X2 se consideran los valores dados por la función Solver del Excel.

En la FIGURA 7.3 se muestran los hidrogramas observados y simulados. Los resultados obtenidos en el GR2M son aceptables debido a que la forma del hidrograma en el periodo de calibración (1981-1985) es bastante similar al observado. El Nash para esta calibración es de 83.3%, y el coeficiente de correlación lineal para éste periodo es de 0.92. El valor de X1 = 7.73 y X2 = 0.85. La validación (periodo 1981-2000) tiene un Nash de 71.8%.

**FIGURA 7.3 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Alambi (1981-1985).**

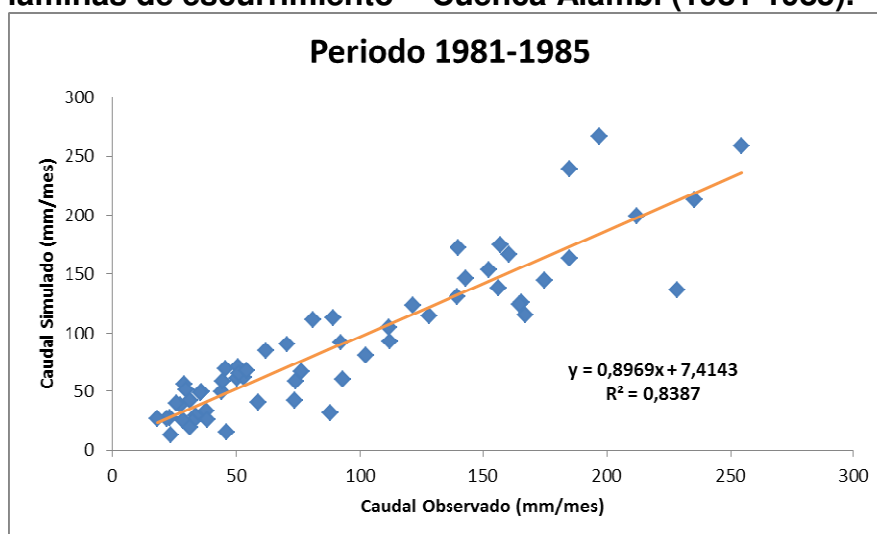


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En el gráfico anterior se observa una buena similitud entre los hidrogramas, la lámina de escurrimiento equivalente media de valores observados es de 96.3 mm/mes; mientras para el simulado es de 91.1 mm/mes. Se observa que los valores pico en la temporada de mayor precipitación están en el orden de 250 mm/mes y los valores mínimos en el orden de 25 mm/mes; la precipitación media mensual es de 225.9 mm.

En la FIGURA 7.4 se presenta la correlación lineal de los valores observados y simulados para el periodo 1981-1985 de la lámina de escurrimiento equivalente, para la cuenca del río Alambi.

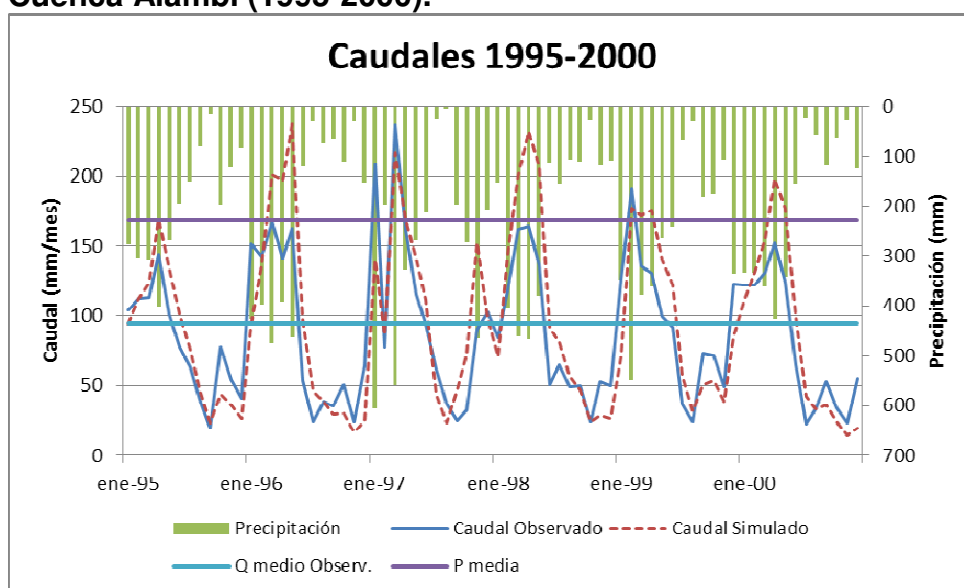
**FIGURA 7.4 Correlación lineal de valores observados y simulados de las láminas de escurrimiento - Cuenca Alambi (1981-1985).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 7.5 se muestran los hidrogramas para el periodo 1995-2000 en donde se presenta mayor irregularidad en los valores que en el periodo 1981-1985. En este periodo se tiene un aumento de la lámina de escurrimiento, siendo el valor medio observado de 103.5 mm/mes, mientras que el valor medio simulado es de 95.3 mm/mes, los cuales van acompañados con aumento de precipitación. La precipitación media mensual es de 229.2 mm.

**FIGURA 7.5 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Alambi (1995-2000).**

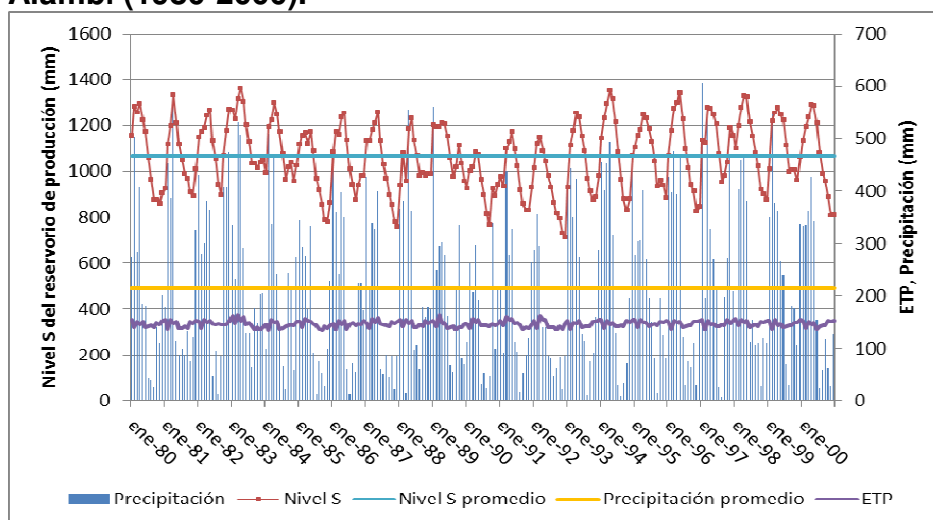


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

Tanto los valores observados como simulados presentan valores mínimos en el mismo orden; aunque los valores pico simulados exceden a los observados.

En la FIGURA 7.6 se presenta la evolución del reservorio del suelo (S) y en la FIGURA 7.7 la evolución del reservorio de transferencia (R) para todo el periodo 1980-2000.

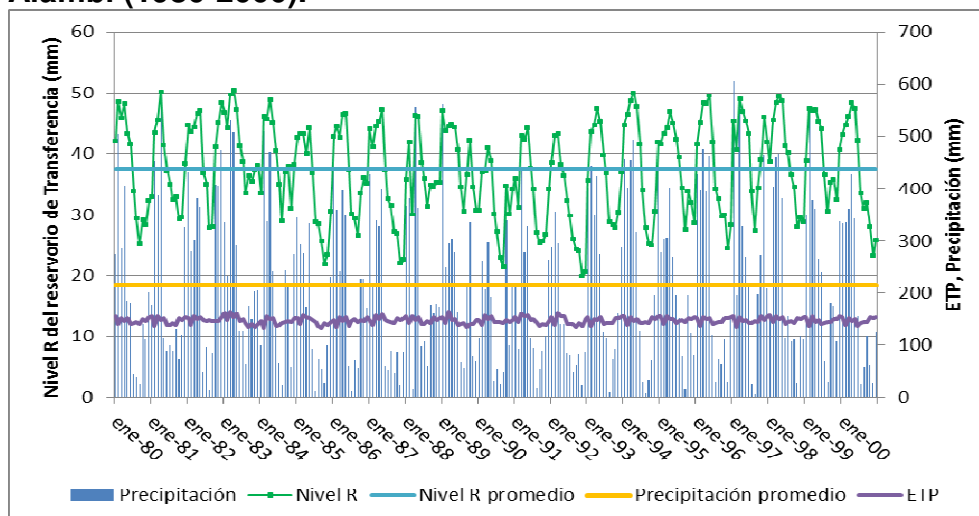
**FIGURA 7.6 Evolución del nivel “S” del reservorio de producción - Cuenca Alambi (1980-2000).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

Los niveles máximo, medio y mínimo del reservorio de producción para todo el periodo son de 1363.64, 1068.3 y 714.92 mm respectivamente; por lo tanto el nivel promedio del suelo es aproximadamente el 47% de la capacidad máxima de almacenamiento. Las variaciones de nivel S, están influenciadas por las variaciones de las precipitaciones, formándose los picos del nivel cuando la precipitación sobrepasa el promedio (214.28 mm).

**FIGURA 7.7 Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia - Cuenca Alambi (1980-2000).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

El nivel R varía entre 19.82 a 50.46 mm, con una media de 37.45 mm, que corresponde al 72% del nivel máximo (60mm). Las variaciones del nivel R están directamente relacionadas con la precipitación; mientras que las variaciones con respecto a la ETP son poco significativas.

### 7.1.3.2 Cuenca del río Intag

Se consideran los siguientes puntos:

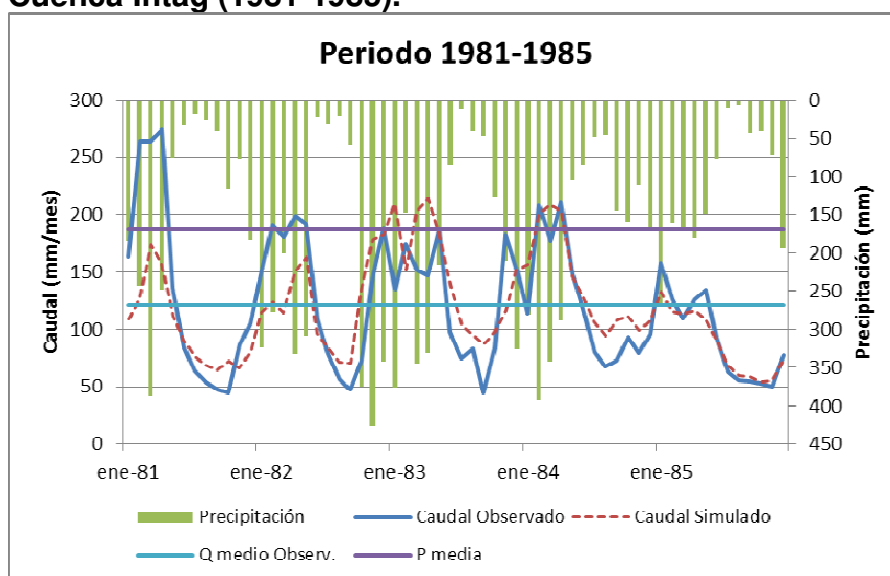
- Se elige la serie de precipitaciones mensuales para la modelación de la cuenca Intag considerando las estaciones: Apuela-Intag, Selva Alegre-Imbabura y García Moreno; tomando la estación con mayor Nash y coeficiente de correlación entre los valores de las láminas de escurrimiento simulados y observados para todo el periodo (1980-2000), es decir incluyendo el periodo de inicialización de 12 meses (año 1980).
- Se eligió la serie de datos de la estación García Moreno, la cual presentó el mayor Nash (46.1%) y un coeficiente de correlación de 0.7.
- Para la calibración se eligió el periodo 1981-1985 en donde se considera que no existen cambios en el uso del suelo.



- La ETP se calculó para el uso del suelo del año 1980.
- Para los valores de X1 y X2 se consideran los valores dados por la función Solver del Excel.

En la FIGURA 7.8 se presentan los hidrogramas observados y simulados. Los resultados obtenidos en el GR2M son aceptables debido a que la forma del hidrograma en el periodo de calibración (1981-1985) es bastante similar al observado. El Nash para esta calibración es de 61%, y el coeficiente de correlación lineal para éste periodo es de 0.84. El valor de X1 = 9.0 y X2 = 1.25. La validación (periodo 1981-2000) tiene un Nash de 42.6%.

**FIGURA 7.8 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Intag (1981-1985).**

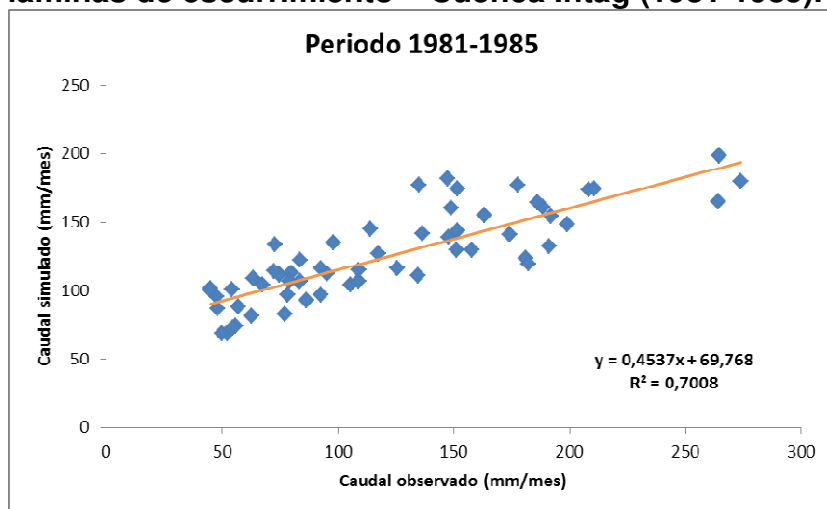


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En el gráfico anterior se observa una buena similitud entre los hidrogramas, el valor medio observado es de 121.3 mm/mes; mientras que el valor medio simulado es de 119.6 mm/mes en cuanto a las láminas de escurrimiento. Se observa los valores pico en la temporada de mayor precipitación, los valores mínimos están en el orden de 48 mm/mes. La precipitación media mensual es de 169.2 mm.

En la FIGURA 7.9 se presenta la correlación lineal de los valores de las láminas de escurrimiento observados y simulados para el periodo de calibración 1981-1985.

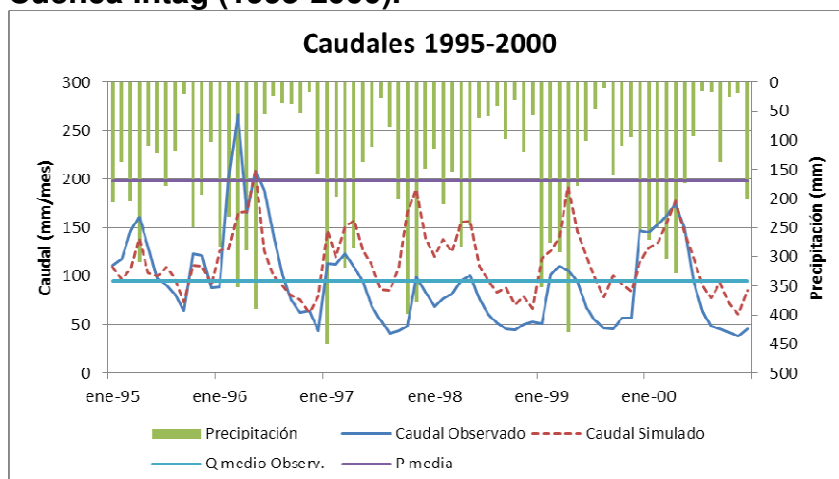
**FIGURA 7.9 Correlación lineal de valores observados y simulados de las láminas de escurrimiento – Cuenca Intag (1981-1985).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 7.10 se muestran los hidrogramas para el periodo 1995-2000 en donde se evidencia mayor irregularidad en los valores observados; además una mayor disminución de los valores observados desde el año 1997, incluso siendo el valor pico medio observado en el mismo orden que el valor mínimo simulado (1997-1999). Se debe hacer énfasis en este periodo ya que los valores observados son datos reales (no rellenados), lo cual da a entender que en el cauce se tiene una disminución del caudal base.

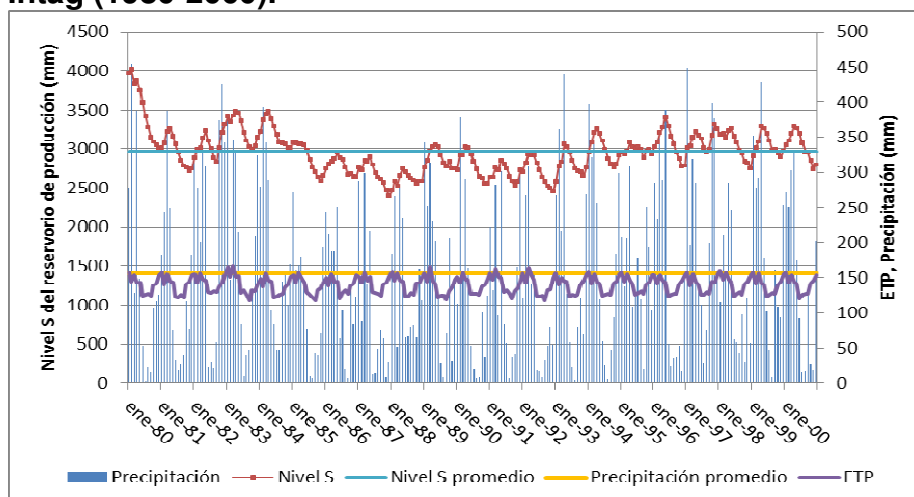
**FIGURA 7.10 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Intag (1995-2000).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 7.11 se presenta la evolución del reservorio del suelo (S) y en la FIGURA 7.12 la evolución del reservorio de transferencia (R) para todo el periodo 1980-2000 en la cuenca del río Intag.

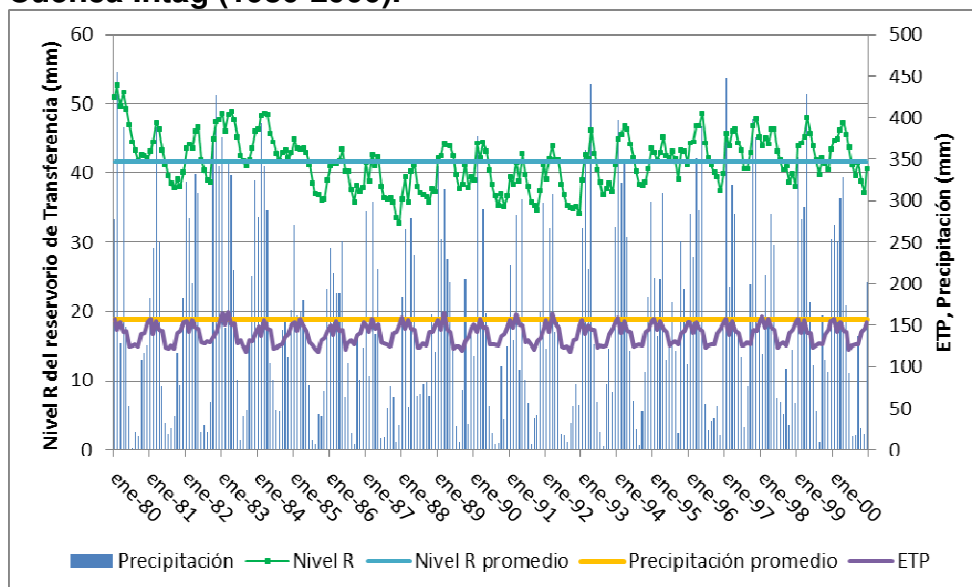
**FIGURA 7.11 Evolución del nivel “S” del reservorio de producción - Cuenca Intag (1980-2000).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

Los niveles máximo, medio y mínimo del reservorio de producción para todo el periodo son de 4013.45, 2961.62 y 2402.84 mm respectivamente; por lo tanto el nivel promedio del suelo es aproximadamente el 37% de la capacidad máxima de almacenamiento. Las variaciones de nivel S, están influenciadas por las variaciones de las precipitaciones, formándose los picos del nivel cuando la precipitación sobrepasa el promedio (156.23 mm). Las variaciones con respecto a la ETP no son significativas.

**FIGURA 7.12 Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia - Cuenca Intag (1980-2000).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

El nivel R varía entre 32.74 a 52.70 mm, con una media de 41.72 mm, que corresponde al 70% del nivel máximo (60mm). Las variaciones del nivel R están directamente relacionadas con la precipitación; mientras que las variaciones con respecto a la ETP no son significativas.

### 7.1.3.3 Cuenca del río Quijos en Baeza

Se considera los siguientes puntos:

- Se elige la serie de precipitaciones mensuales para la modelación de la cuenca Intag considerando las estaciones: Baeza, Papallacta y Sardinas; tomando la estación con mayor Nash y mayor coeficiente de correlación entre los valores de las láminas de escurrimiento simulados y observados para todo el periodo (1980-2000); es decir incluyendo el periodo de inicialización de 12 meses (año 1980).

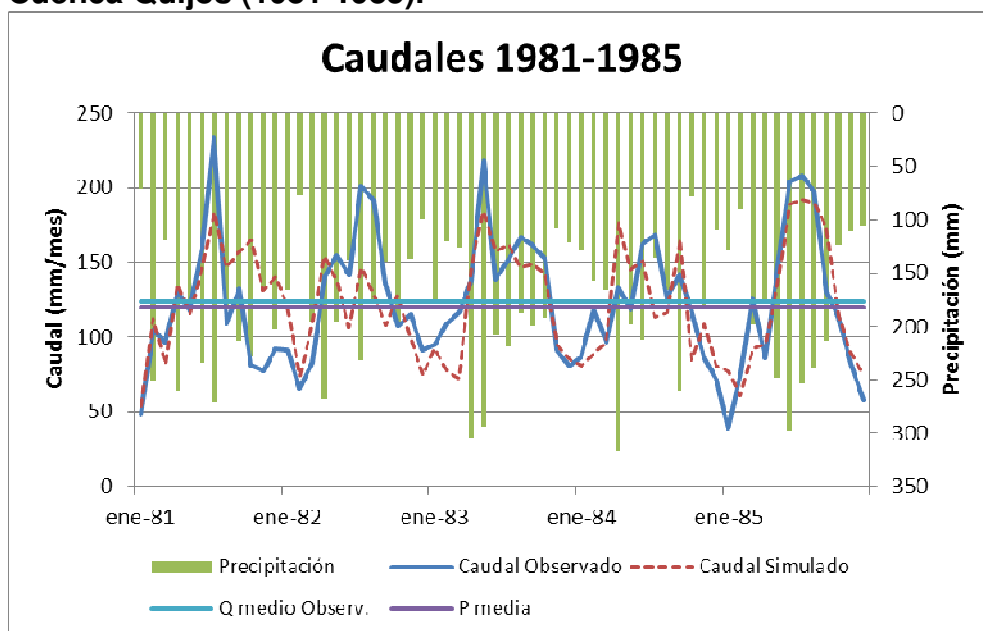
Se escogió la serie de datos de la estación Baeza, la cual presentó el mayor Nash (46.9%) y un coeficiente de correlación de 0.71.

- Para la calibración se eligió el periodo 1981-1985 en donde se considera que no existen cambios en el uso del suelo.
- La ETP se calculó para el uso del suelo del año 1980.

- Para los valores de X1 y X2 se consideran los valores dados por la función Solver del Excel.

En la FIGURA 7.13 se presentan los hidrogramas observados y simulados. Los resultados obtenidos en el GR2M son aceptables debido a que la forma del hidrograma en el periodo de calibración (1981-1985) es bastante similar al observado. El Nash para esta calibración es de 55.5%, y el coeficiente de correlación lineal para éste periodo es de 0.75. El valor de X1 = 7.33 y X2 = 1.26. La validación (periodo 1981-2000) tiene un Nash de 45.1%.

**FIGURA 7.13 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Quijos (1981-1985).**

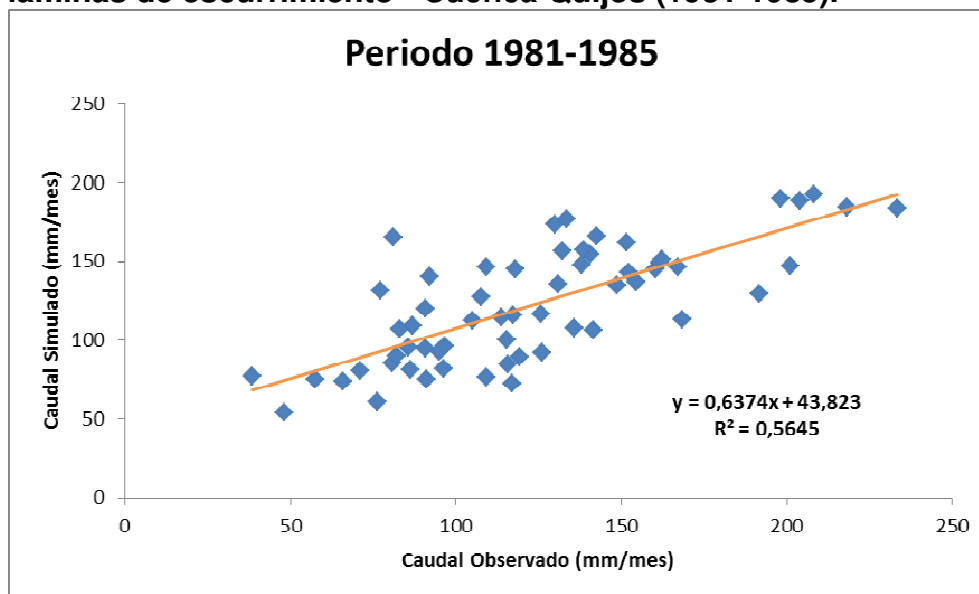


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la figura anterior se observa una buena similitud entre los hidrogramas, el valor medio observado es de 123.6 mm/mes; mientras que el valor medio simulado es de 122.6 mm/mes. Se observa que los valores pico se presentan en la temporada de mayor precipitación, los valores mínimos se encuentran en el orden de 75 mm/mes. La precipitación media mensual es de 182.5 mm.

En la FIGURA 7.14 se muestra la correlación lineal entre los valores observados y simulados de las láminas de escurrimiento para el periodo de calibración 1981-1985.

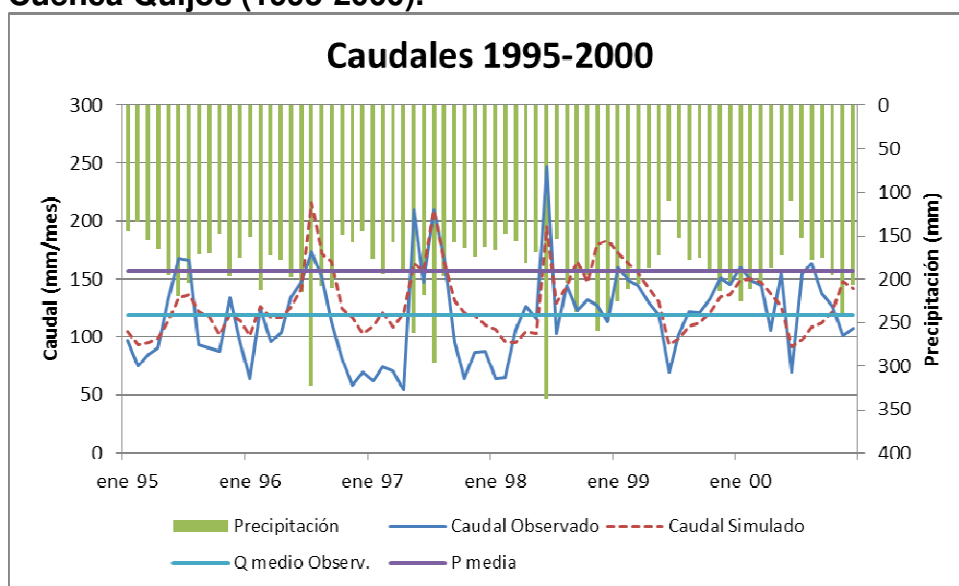
**FIGURA 7.14 Correlación lineal de valores observados y simulados de las láminas de escurrimiento - Cuenca Quijos (1981-1985).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 7.15 se presentan los hidrogramas simulado y observado para el periodo 1995-2000, en donde es evidente que el hidrograma observado es muy irregular, bajando los valores mínimos hasta el orden de 50 mm/mes y valores pico de 250 mm/mes. En este periodo existe mayor precipitación (precipitación media mensual = 190.3 mm), lo que da a entender que el valor simulado concuerda con las precipitaciones, aumentado sus valores mínimos y sin tener crecidas bruscas debido a que la simulación se ha realizado con el uso del suelo del año 1980 el cual se presentó con mayor cobertura vegetal.

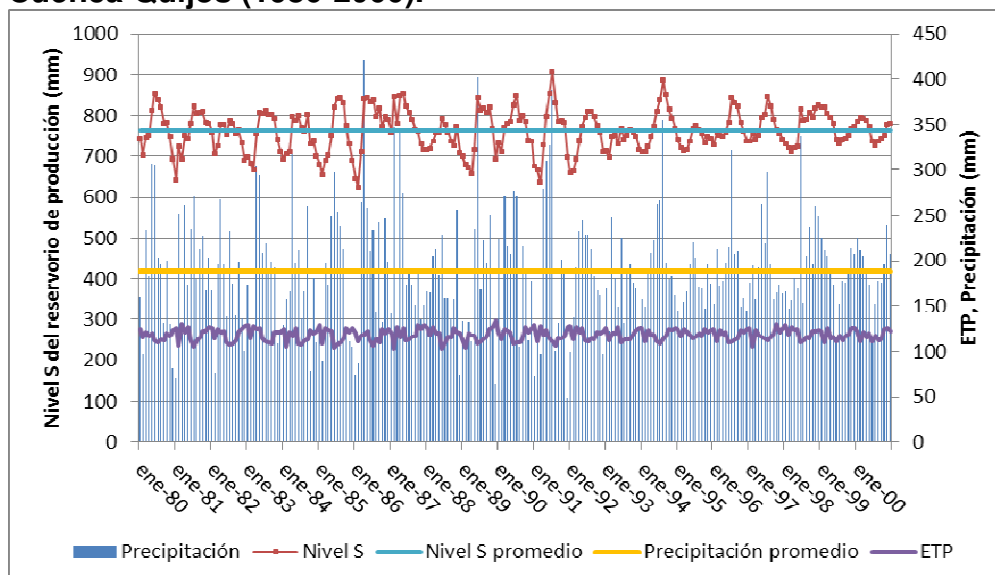
**FIGURA 7.15 Hidrograma observado y simulado por el modelo GR2M - Cuenca Quijos (1995-2000).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 7.16 se presenta la evolución del reservorio del suelo (S) y en la FIGURA 7.17 la evolución del reservorio de transferencia (R) para todo el periodo 1980-2000 en la cuenca del río Quijos en Baeza.

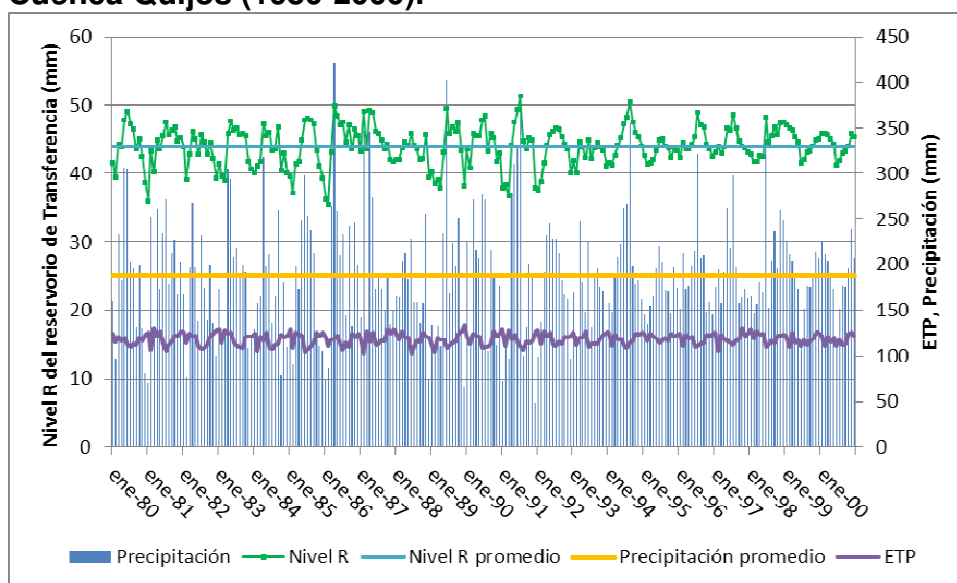
**FIGURA 7.16 Evolución del nivel "S" del reservorio de producción periodo - Cuenca Quijos (1980-2000).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

Los niveles máximo, medio y mínimo del reservorio de producción para todo el periodo son de 907.73, 763.17 y 624.13 mm respectivamente; por lo tanto el nivel promedio del suelo es aproximadamente el 50% de la capacidad máxima de almacenamiento. Las variaciones de nivel S, están influenciadas por las variaciones de las precipitaciones, formándose los picos del nivel cuando la precipitación sobrepasa el promedio (188.4 mm)

**FIGURA 7.17 Evolución del nivel “R” del reservorio de transferencia - Cuenca Quijos (1980-2000).**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

El nivel R varía entre 35.4 a 51.4 mm, con una media de 44 mm, que corresponde al 73% del nivel máximo (60mm). Las variaciones del nivel R están directamente relacionadas con la precipitación; mientras que las variaciones con respecto a la ETP no son significativas.



## CAPÍTULO 8

### MODELACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

#### 8.1 METODOLOGÍA

La determinación de los caudales máximos con período de retorno asociado se realizó con el modelo precipitación-escorrentía (hidrograma unitario) en el HEC-HMS 3.5 y calibrado por medio de los caudales máximos para 5 años de período de retorno obtenidos mediante el método estadístico – probabilístico. Las consideraciones aplicadas para el HEC-HMS son las siguientes:

- Láminas de precipitación correspondientes a las intensidades máximas con períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años;
- Aplicación de factores de reducción de la intensidad máxima en función de toda el área de la cuenca hasta la sección de interés.
- Distribución temporal de la intensidad de lluvia, de acuerdo a la curva de Huff, con probabilidad de excedencia del 30 % del segundo cuartil;
- La precipitación efectiva se determinó con el método del U.S. Soil Conservation Service (U.S. SCS), que utiliza el concepto de número de curva y se considera los mapas de grupos hidrológicos y de Usos del Suelo.
- El tránsito de caudales en el cauce se realiza utilizando el método de Muskingum, en el cual el factor X se define por los pesos relativos dados por los caudales afluente y efluente en los tramos; en tanto que el factor K es razonable compararlo con el tiempo de viaje de la onda de crecida en los tramos (VIESSMAN, LEWIS, & KNAPP, 1989).

Para el análisis de los hidrogramas de crecida en los puntos de interés, se considera necesario generar subcuencas a las cuencas de estudio o de análisis.

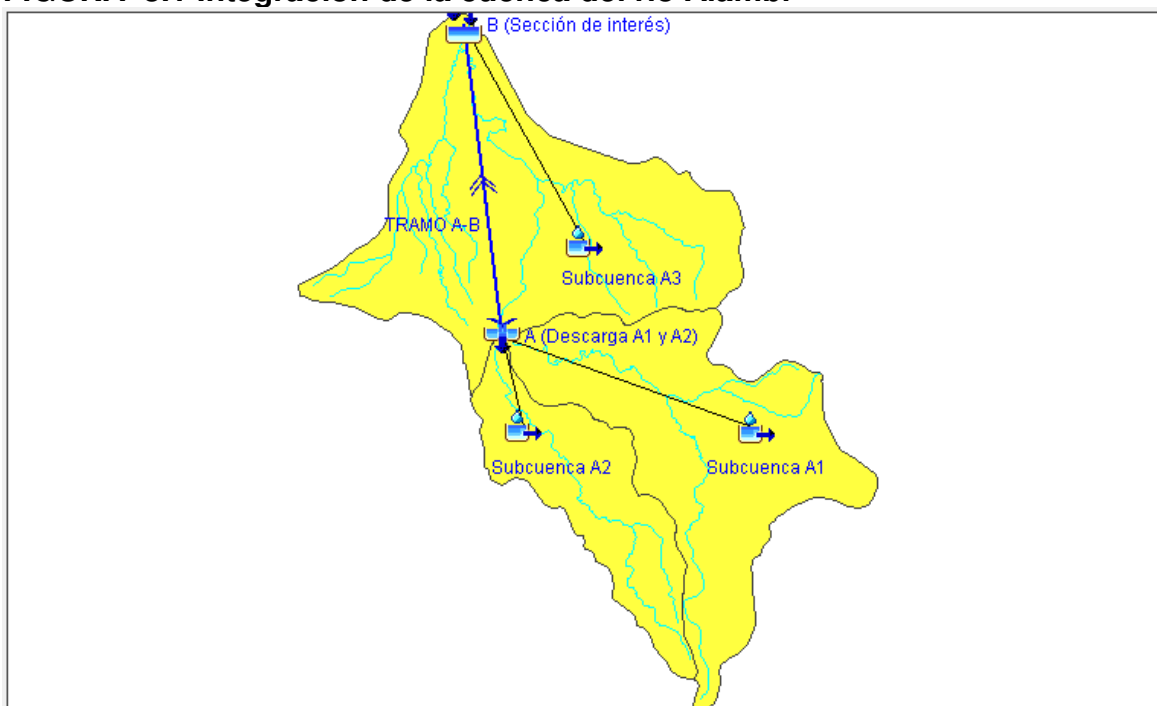
##### 8.1.1 INTEGRACIÓN DE LAS CUENCAS DE ANÁLISIS

Las cuencas de análisis concentran los caudales de las subcuencas que son transportados por los tramos existentes para generar los hidrogramas resultantes en cada uno de los puntos de interés (Aguilar, A., 2010).

### ***Integración de la cuenca del río Alambi***

- Obtener las características físicas de las subcuencas que integran la cuenca.
- Generar un hidrograma de crecida para cada una de las subcuencas con el programa HEC-HMS.
- Los caudales de las subcuencas A1 y A2 se juntan en el punto A, para luego ser transportado por el tramo A-B hasta el punto B (sección de interés), en donde se juntan con el caudal de la subcuenca A3, obteniendo así el hidrograma de crecidas resultante.

**FIGURA 8.1 Integración de la cuenca del río Alambi**



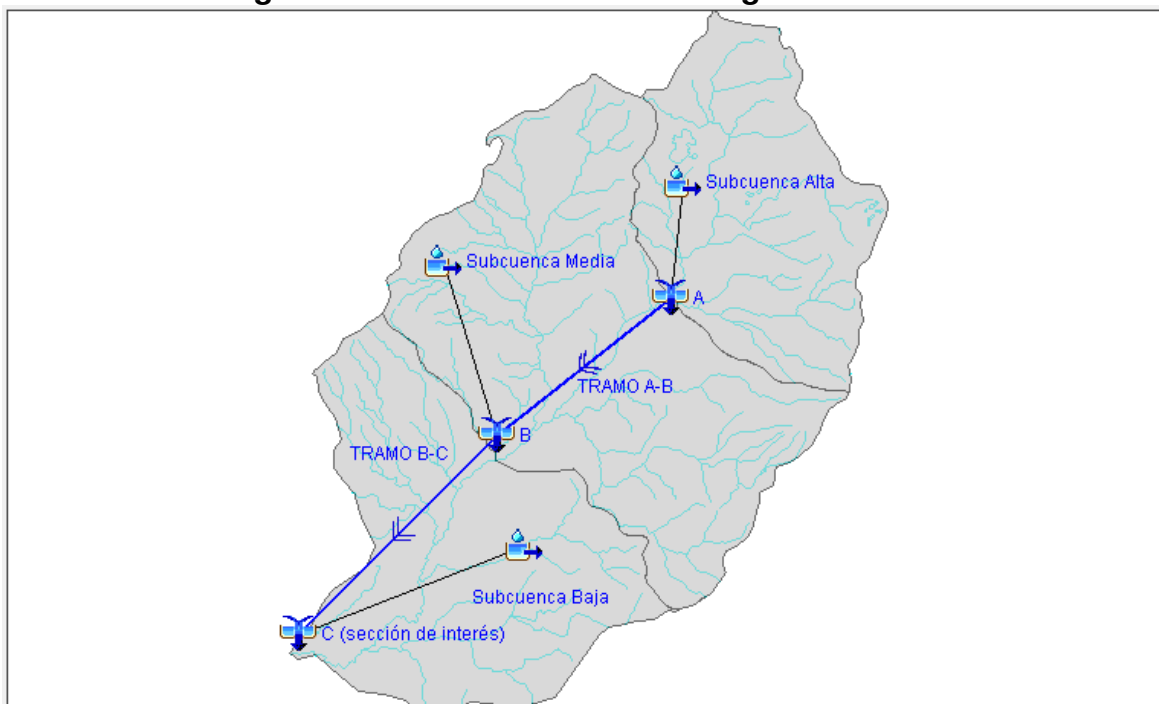
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### ***Integración de la cuenca del río Intag***

- Obtener las características físicas de las subcuencas que integran la cuenca.
- Generar un hidrograma de crecida para cada una de las subcuencas con el programa HEC-HMS.

- El caudal de la subcuenca alta llega al punto A, para luego ser transportado por el tramo A-B hasta el punto B, en donde se une con el caudal de la subcuenca media. Este caudal es transportado por el tramo B-C hasta el punto C (sección de interés), en donde se unen con el caudal de la subcuenca baja generando así el hidrograma de crecidas resultante.

**FIGURA 8.2 Integración de la cuenca del río Intag**

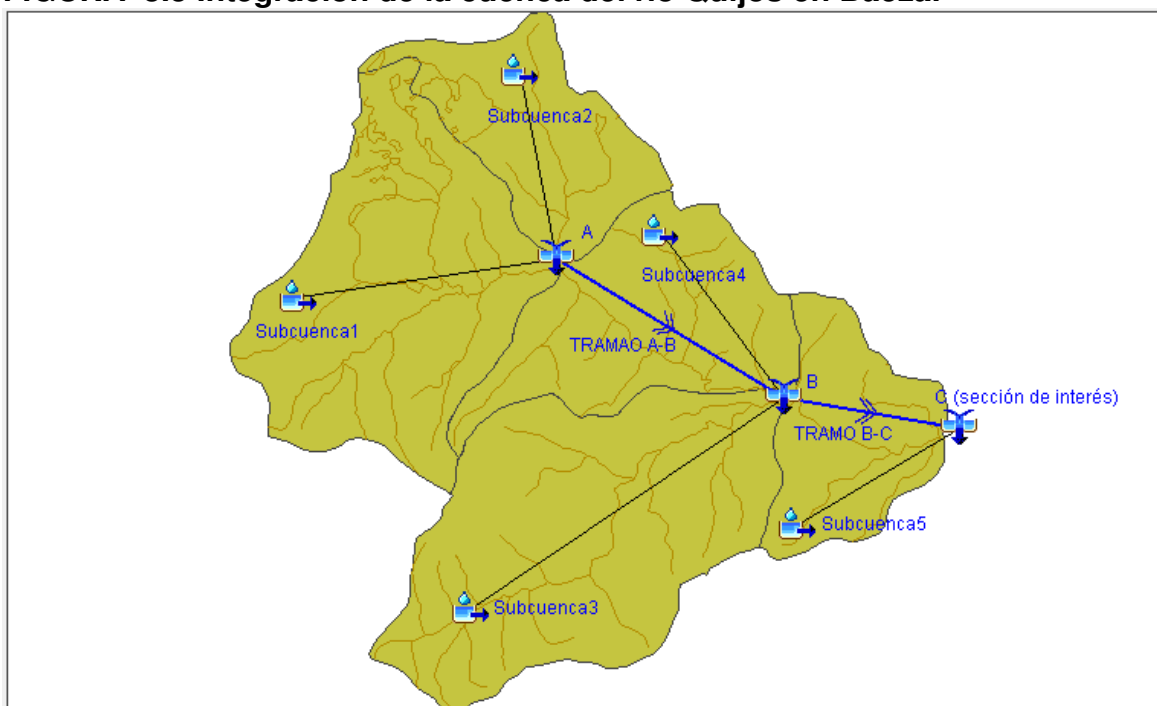


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### ***Integración de la cuenca del río Quijos en Baeza***

- Obtener las características físicas de las subcuencas que integran la cuenca.
- Generar un hidrograma de crecida para cada una de las subcuencas con el programa HEC-HMS.
- Los caudales de las subcuencas 1 y 2 se juntan en el punto A, para luego ser transportado por el tramo A-B hasta el punto B, en donde se juntan con los caudales de las subcuencas 3 y 4. La unión de caudales en el punto B es transportado por el tramo B-C hasta el punto C (sección de interés), en donde se junta con el caudal de la subcuenca 5, generando de esta manera el hidrograma de crecidas resultante para la cuenca.

**FIGURA 8.3 Integración de la cuenca del río Quijos en Baeza.**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## 8.2 MODELACIÓN DE LA RELACIÓN LLUVIA-ESCURRIMIENTO

La generación de datos hidrológicos que se introducirá al programa HEC-HMS para la modelación de cada una de las subcuencas que conforman las cuencas en estudio, se desarrolló con el método precipitación escurrimiento para generar los hidrogramas de crecida, en base a las características de las subcuencas y la precipitación sobre la zona.

### 8.2.1 MÉTODO DE LA RELACIÓN PRECIPITACIÓN-ESCURRIMIENTO

Los principales parámetros que permiten determinar el escurrimiento en una cuenca son:

- Área de la cuenca
- Altura de precipitación
- Características físico geográficas de las cuencas

El método seleccionado será el Hidrograma Unitario.

## HIDROGRAMA UNITARIO

El hidrograma unitario de una cuenca, se define como el hidrograma de escorrentía directa resultante de 1 cm de exceso de lluvia generado uniformemente sobre el área de drenaje a una tasa constante a lo largo de una duración efectiva. (CHOW, 1994)

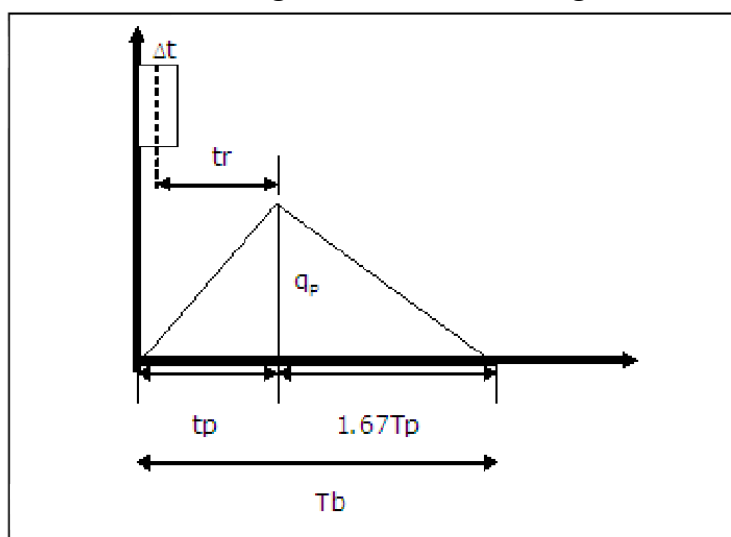
Debido a la falta de estaciones hidrometeorológicas en nuestro país, para medir al menos un hidrograma a la salida de la cuenca; es necesario aplicar métodos sintéticos, los cuales permiten obtener hidrogramas unitarios únicamente con las características físicas de las cuencas.

Para el manejo de los hidrogramas unitarios se utilizará el método del hidrograma unitario triangular SCS.

## MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR S.C.S – US.

El hidrograma adimensional del SCS (Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU.) es un hidrograma unitario sintético en el cual se expresan los caudales en función del caudal pico,  $q_p$  y los tiempos en función del tiempo al pico,  $T_p$ . Los valores de  $q_p$  y  $T_p$  se estiman basándose en el hidrograma unitario triangular del SCS (FIGURA 8.4).

**FIGURA 8.4 Hidrograma unitario triangular SCS-US.**



FUENTE: Aparicio Mijares F.- "Fundamentos de Hidrología".

De acuerdo al U.S. SCS se establece que el caudal pico y el tiempo al pico se relacionan a través de la ecuación:

$$q_p = \frac{2.08A}{T_p} \quad (8.1)$$

En donde:

$q_p$  = Caudal pico, (m<sup>3</sup>/s\*cm)

$A$  = Área de drenaje (km<sup>2</sup>)

$T_p$  = Tiempo pico (h)

El tiempo al pico se obtiene con la relación:

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + T_r \quad (8.2)$$

En donde:

$\Delta t$ : duración de la lluvia, (h)

$T_r$ : tiempo de retardo, (h)

El tiempo de retardo ( $T_r$ ) se relaciona con el tiempo de concentración ( $T_c$ ), mediante la relación:  $T_r = 0,6 * T_c$ .

Para el cálculo del  $T_c$  se utilizó la fórmula de Kirpich-1940.

$$T_c = 3.989 * L^{0.77} * S^{-0.385} \quad (8.3)$$

En donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración (min);

$L$  = Longitud del cauce principal;

$S$  = Pendiente del cauce principal.

Con todos estos parámetros se puede generar el hidrograma unitario triangular de la cuenca. Este hidrograma unitario será característico de cada una de las cuencas.

## 8.2.2 HIETOGRAMAS DE INTENSIDADES

Se realizó en base al método grafo-analítico del INAMHI (1999)<sup>9</sup>, para un período de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. El modelo establece relaciones funcionales entre la intensidad máxima, la duración, el período de retorno y la intensidad de precipitación máxima diaria, a través de la relación siguiente:

$$I_{Tr} = a * t^b I_{d,Tr} \quad (8.2)$$

En donde:

$I_{Tr}$  = Intensidad de precipitación máxima, con período de retorno  $Tr$ , (años);

$a$  = parámetros de la relación, (sin unidades);

$t$  = duración de la precipitación, (min);

$Tr$  = período de retorno, (años); y,

$I_{d, Tr}$  = intensidad diaria de precipitación, (mm/h).

Para la determinación de la distribución temporal de las precipitaciones, se seleccionó los patrones de tormenta correspondientes a distribuciones tipo Huff, segundo cuartil con probabilidad del 30%.

El hietograma de intensidades se elaboró para un tiempo de duración de lluvia igual a  $T_c$ , con  $\Delta t$  cada 15 minutos.

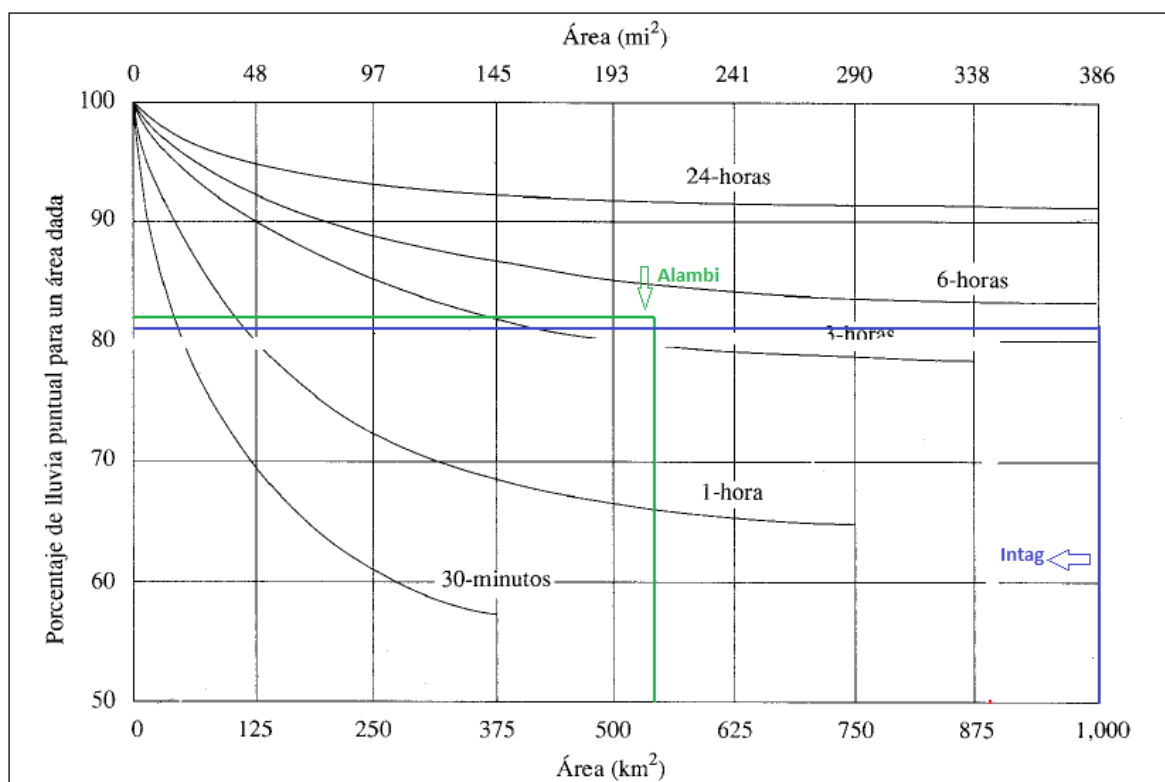
Ante la falta de información sobre la distribución espacial de la precipitación en las cuencas, se utilizó las curvas altura de precipitación - área de drenaje, para transformar la precipitación puntual a precipitación media del área de la cuenca, pues las estaciones meteorológicas son representativas de un área pequeña alrededor de la estación.

En la FIGURA 8.5 se muestran las relaciones de acuerdo al área de la cuenca y tiempo de duración de la lluvia; dando un porcentaje de lluvia para las cuencas Alambi e Intag alrededor del 80% que es el factor que se adoptó para las dos cuencas; mientras que para Quijos se utilizó registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Papallacta (M188).

---

<sup>9</sup> INAMHI, 1999. Estudio de Lluvias Intensas

**FIGURA 8.5** Curvas Profundidad – Área cuenca de las cuencas Alambi e Intag



FUENTE: CHOW V. 1994

### 8.2.2.1 CUENCA DEL RÍO ALAMBI

La cuenca se localiza en la ladera occidental de la Cordillera Occidental, zona 22 definida por el INAMHI para el estudio de las lluvias intensas. Las intensidades máximas diarias ( $I_{d,Tr}$ ) se determinan de los mapas correspondientes, en función del período de retorno (ver TABLA 8.1).

**TABLA 8.1** Zonificación, intensidades máximas diarias y ecuaciones para la cuenca del río Alambi

ZONA	22	Ecuaciones	
TR (años)	$I_{d,Tr}$ (m/h)		
5	3,5	5min ≤ t ≤ 67min	$I_{d,Tr} = 48,772t^{-0.3533} * I_{d,Tr}$
10	4,0		
25	4,2	67min < t ≤ 1440min	$I_{d,Tr} = 266,64t^{-0.7687} * I_{d,Tr}$
50	4,5		
100	5,0		

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.



En la TABLA 8.2 se presentan los valores de las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia para la cuenca del río Alambi y en la FIGURA 8.6 las curvas respectivas.

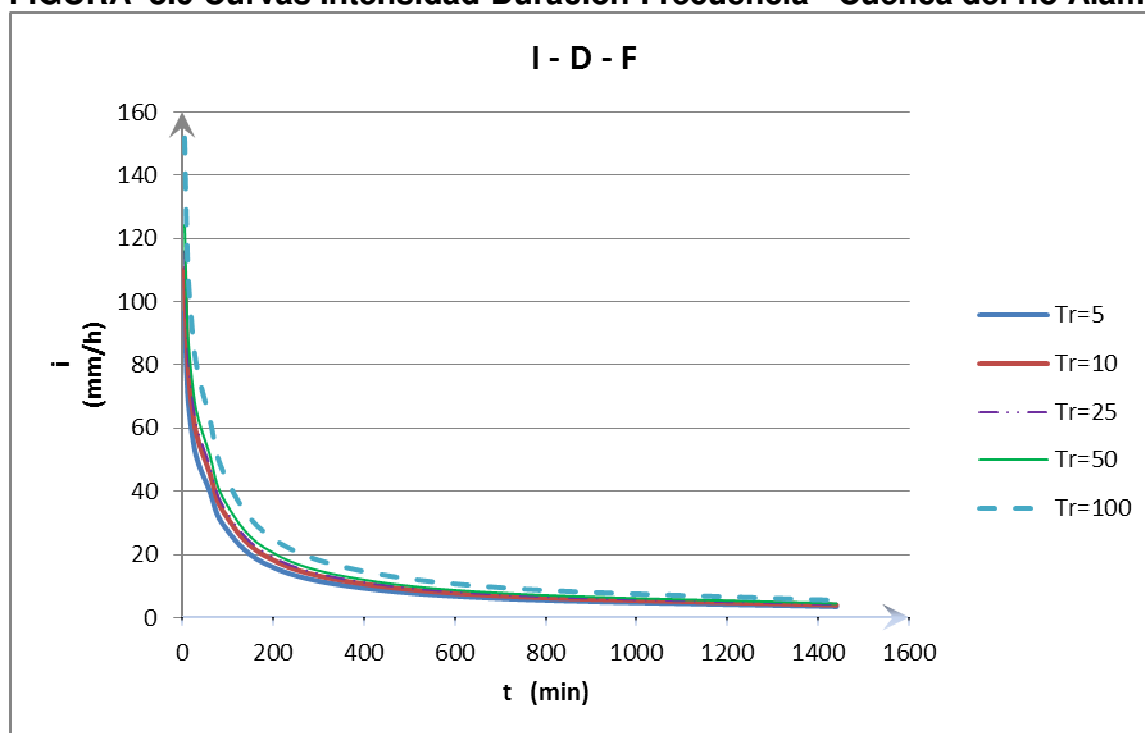
**TABLA 8.2 Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia cuenca río Alambi**

Tr (años)	INTENSIDADES (mm/h)									
	DURACION (min)									
	5	10	15	30	60	90	180	360	720	1440
5	96,67	75,67	65,57	51,33	40,18	29,36	17,23	10,11	5,94	3,48
10	110,48	86,48	74,94	58,66	45,92	33,56	19,70	11,56	6,79	3,98
25	116,00	90,81	78,69	61,60	48,22	35,23	20,68	12,14	7,12	4,18
50	124,29	97,29	84,31	66,00	51,66	37,75	22,16	13,00	7,63	4,48
100	138,10	108,10	93,68	73,33	57,40	41,94	24,62	14,45	8,48	4,98

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.6 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia - Cuenca del río Alambi**

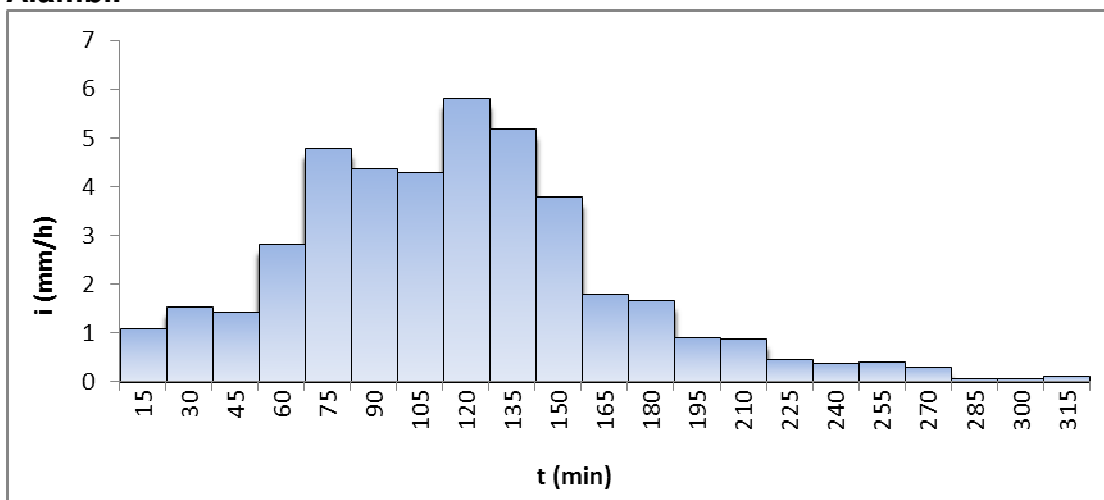


FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 8.7 se muestra el hietograma de intensidades máximas con período de retorno de 5 años para la cuenca del río Alambi y en la TABLA 8.3 se presentan los valores correspondientes.

**FIGURA 8.7** Hietograma de intensidades máximas (TR=5) - Cuenca del río Alambi.



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 8.3** Intensidades máximas – Cuenca del río Alambi (Tr = 5 años).

Tr = 5					
t (%)	t (min)	h <sub>p</sub> (%)	h <sub>p</sub> (mm)	Δh <sub>p</sub> (mm)	i (mm/h)
0	0	0,00	0,00		
5	15	2,62	1,11	1,11	4,44
10	30	6,25	2,65	1,54	6,15
14	45	9,65	4,09	1,44	5,76
19	60	16,32	6,91	2,83	11,30
24	75	27,63	11,71	4,79	19,17
29	90	37,95	16,08	4,37	17,49
33	105	48,13	20,39	4,31	17,25
38	120	61,90	26,23	5,83	23,34
43	135	74,15	31,42	5,19	20,76
48	150	83,10	35,21	3,79	15,17
52	165	87,34	37,01	1,80	7,19
57	180	91,32	38,69	1,69	6,75
62	195	93,45	39,59	0,90	3,61
67	210	95,55	40,48	0,89	3,56
71	225	96,67	40,96	0,47	1,90
76	240	97,60	41,35	0,39	1,58
81	255	98,56	41,76	0,41	1,63
86	270	99,30	42,07	0,31	1,25
90	285	99,50	42,16	0,08	0,34
95	300	99,70	42,24	0,08	0,34
100	315	100	42,37	0,13	0,51

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 8.2.2.2 CUENCA DEL RÍO INTAG

La cuenca se localiza en la zona 11, definida por INAMHI para el estudio de las lluvias intensas. Las intensidades máximas diarias ( $I_{d,Tr}$ ) se determinan de los mapas correspondientes, en función del período de retorno (ver TABLA 8.4).

**TABLA 8.4 Zonificación, intensidades máximas diarias y ecuaciones para la cuenca Intag**

ZONA	11	Ecuaciones	
Tr (años)	$I_{d,Tr}$ (m/h)		
5	2,8	5min $\leq$ t $\leq$ 60min	$I_{d,Tr} = 137,27t^{-0.5153} * I_{d,Tr}$
10	3,0		
25	3,5		
50	3,7	60min < t $\leq$ 1440min	$I_{d,Tr} = 578,56t^{-0.8736} * I_{d,Tr}$
100	4,0		

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

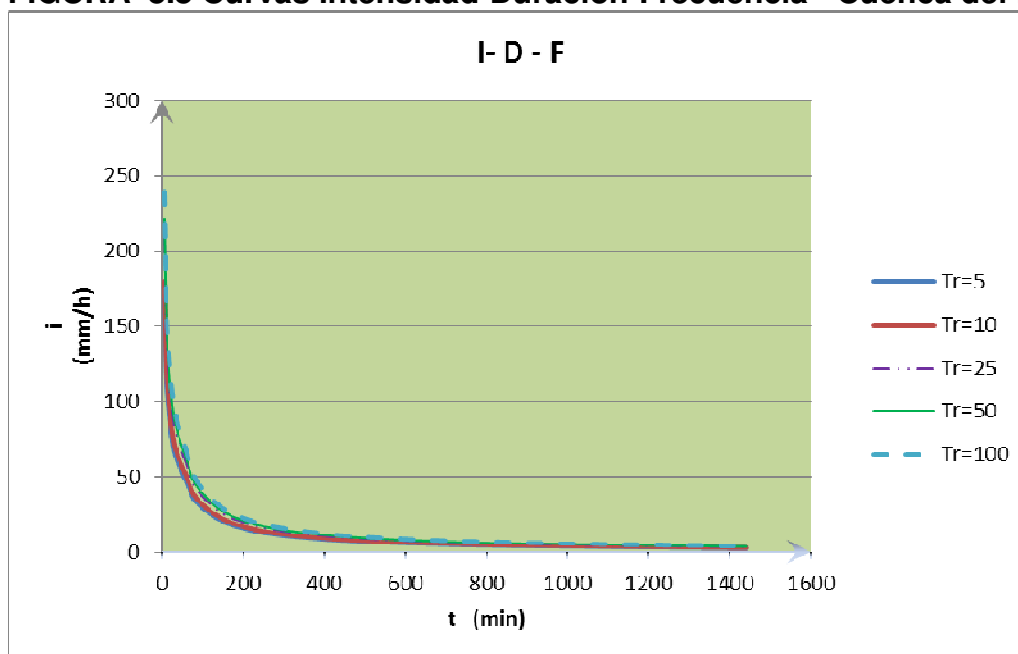
En la TABLA 8.5 se presentan los valores de las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia para la cuenca del río Intag y en la FIGURA 8.8 las curvas respectivas.

**TABLA 8.5 Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia - Cuenca río Intag**

Tr (años)	INTENSIDADES (mm/h)									
	DURACION (min)									
	5	10	15	30	60	90	180	360	720	1440
5	167,71	117,34	95,21	66,62	46,61	31,79	17,35	9,47	5,17	2,82
10	179,69	125,72	102,01	71,37	49,94	34,06	18,59	10,15	5,54	3,02
25	209,64	146,67	119,02	83,27	58,26	39,74	21,69	11,84	6,46	3,53
50	221,61	155,05	125,82	88,03	61,59	42,01	22,93	12,51	6,83	3,73
100	239,58	167,62	136,02	95,16	66,58	45,41	24,79	13,53	7,38	4,03

FUENTE: INAMHI

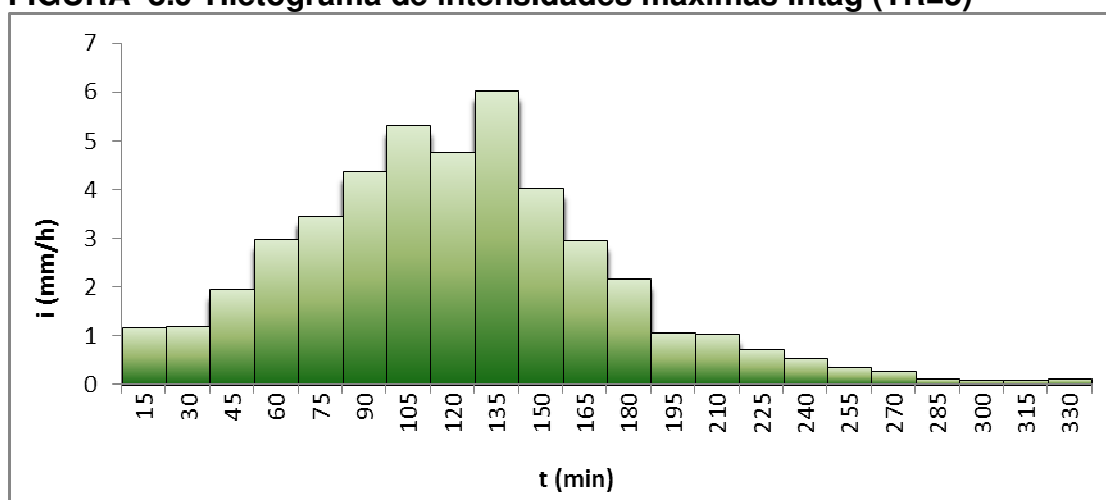
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.8 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia - Cuenca del río Intag**

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 8.9 se muestra el hietograma de intensidades máximas con período de retorno de 5 años para la cuenca del río Intag y en la TABLA 8.6 se presentan los valores correspondientes.

**FIGURA 8.9 Hietograma de intensidades máximas Intag (TR=5)**

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 8.6 Intensidades máximas – Cuenca del río Intag (Tr = 5 años).**

Tr = 5					
t (%)	t (min)	h <sub>p</sub> (%)	h <sub>p</sub> (mm)	Δh <sub>p</sub> (mm)	i (mm/h)
0	0	0,00	0,00		
5	15	2,62	1,18	1,18	4,71
9	30	5,30	2,38	1,20	4,82
14	45	9,65	4,34	1,96	7,82
18	60	16,30	7,33	2,99	11,96
23	75	24,00	10,79	3,46	13,85
27	90	33,73	15,16	4,37	17,50
32	105	45,58	20,49	5,33	21,31
36	120	56,17	25,25	4,76	19,04
41	135	69,57	31,28	6,02	24,10
45	150	78,57	35,32	4,05	16,18
50	165	85,18	38,29	2,97	11,89
55	180	90,00	40,46	2,17	8,67
59	195	92,36	41,52	1,06	4,24
64	210	94,70	42,57	1,05	4,21
68	225	96,35	43,31	0,74	2,97
73	240	97,54	43,85	0,53	2,14
77	255	98,35	44,21	0,36	1,46
82	270	99,00	44,51	0,29	1,17
86	285	99,30	44,64	0,13	0,54
91	300	99,50	44,73	0,09	0,36
95	315	99,70	44,82	0,09	0,36
100	330	100	44,96	0,13	0,54

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 8.2.2.3 CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA

La cuenca se localiza en la provincia de Napo, zona 29 definida por el INAMHI para el estudio de las lluvias intensas.

Las intensidades máximas diarias (Id,Tr) se determinaron en función de 35 registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Papallacta (M188) con el método estadístico-probabilístico en función del período de retorno.

Los registros de precipitaciones máximas en 24 horas para la estación Papallacta (M188) se incluyen en el ANEXO No 3 y las características estadísticas de las series en la TABLA 8.7.

**TABLA 8.7 Características estadísticas de las series de precipitaciones máximas en 24 horas en estación Papallacta (M188)**

ESTACIÓN	$\overline{P}_{\max.24h}$	MAX	MIN	n	S	Cs	Cv
Papallacta	49,97	100,30	27,30	35,00	18,12	1,08	0,36

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En consideración del coeficiente de asimetría que es 1.08 se seleccionó la distribución de valores extremos Tipo 1 de Gumbel, con lo cual se determinó las precipitaciones máximas con período de retorno dado, para luego determinar las intensidades máximas diarias. En la TABLA 8.8 constan los valores obtenidos.

**TABLA 8.8 Intensidades máximas diarias cuenca Quijos**

Período de retorno (años)	P.máx. 24h (mm)	I. máx. 24h (mm/h)
5	61,30	2,55
10	71,04	2,96
25	83,28	3,47
50	92,35	3,85
100	101,35	4,22

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la TABLA 8.9 se muestran las ecuaciones para la zona 29 definida por el INAMHI para el estudio de las lluvias intensas. En la

**TABLA 8.9 Zonificación y ecuaciones cuenca río Quijos**

ZONA	29	Ecuaciones	
Tr (años)	Id <sub>Tr</sub> (m/h)		
5	2,5	5min ≤ t ≤ 120min	Id <sub>Tr</sub> = 75,204t <sup>-0.4828</sup> * Id <sub>Tr</sub>
10	2,9		
25	3,4		
50	3,8	120min < t ≤ 1440min	Id <sub>Tr</sub> = 371,89t <sup>-0.8152</sup> * Id <sub>Tr</sub>
100	4,2		

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

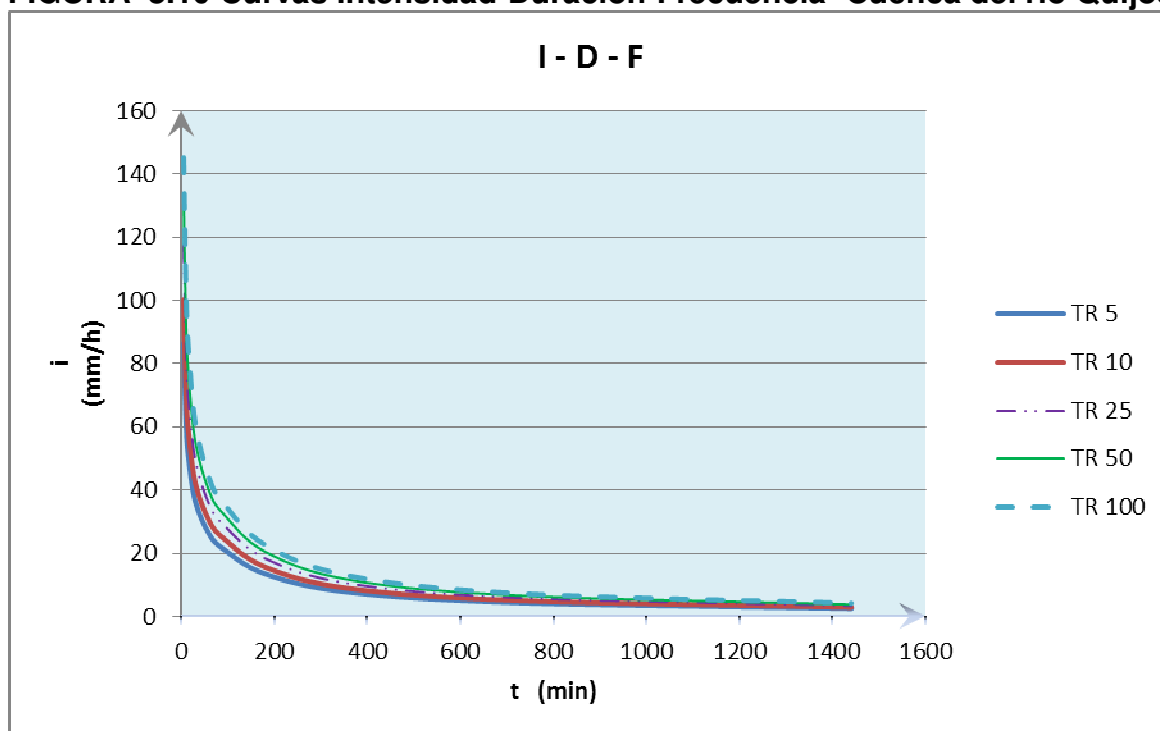
En la TABLA 8.10 se presentan los valores de las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia para la cuenca del río Quijos y en la FIGURA 8.10 las curvas respectivas.

**TABLA 8.10 Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia cuenca río Intag**

Tr (años)	INTENSIDADES (mm/h)									
	DURACION (min)									
	5	10	15	30	60	90	180	360	720	1440
5	86,44	61,86	50,86	36,39	26,04	21,41	13,49	7,66	4,36	2,48
10	100,27	71,75	59,00	42,22	30,21	24,84	15,64	8,89	5,05	2,87
25	117,56	84,12	69,17	49,50	35,42	29,12	18,34	10,42	5,92	3,37
50	131,39	94,02	77,31	55,32	39,59	32,55	20,50	11,65	6,62	3,76
100	145,22	103,92	85,44	61,14	43,75	35,97	22,66	12,88	7,32	4,16

FUENTE: INAMHI

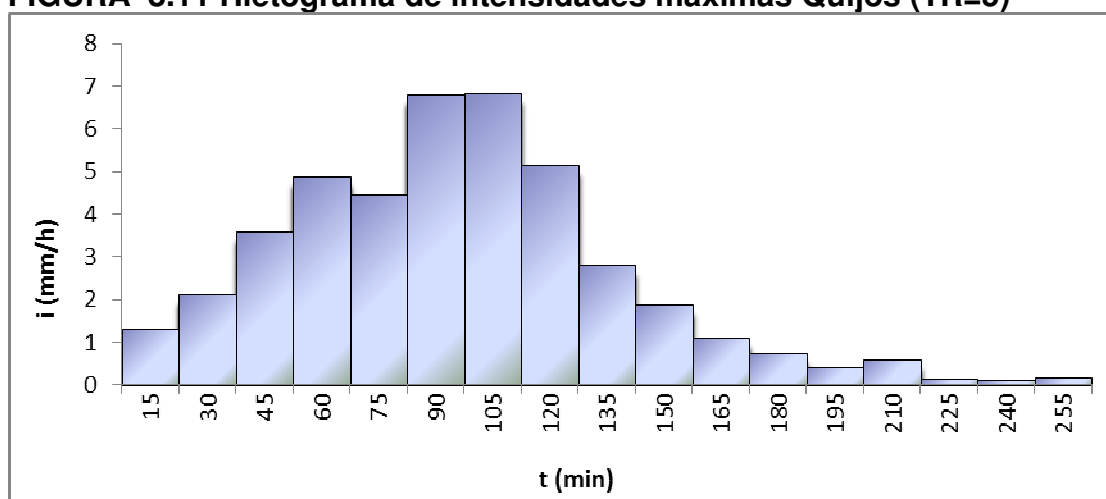
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.10** Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia- Cuenca del río Quijos

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 8.11 se muestra el hietograma de intensidades máximas con período de retorno de 5 años para la cuenca del río Quijos en Baeza y en la TABLA 8.11 se presentan los valores correspondientes.

**FIGURA 8.11** Hietograma de intensidades máximas Quijos (TR=5)

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**TABLA 8.11 Intensidades máximas – Cuenca del río Quijos (Tr = 5 años).**

Tr = 5					
t (%)	t (min)	h <sub>p</sub> (%)	h <sub>p</sub> (mm)	Δh <sub>p</sub> (mm)	i (mm/h)
0	0	0,00	0,00		
6	15	3,06	1,32	1,32	5,28
12	30	8,00	3,45	2,13	8,53
18	45	16,30	7,03	3,58	14,32
24	60	27,63	11,92	4,89	19,55
29	75	37,95	16,37	4,45	17,81
35	90	53,75	23,19	6,82	27,27
41	105	69,57	30,02	6,83	27,30
47	120	81,50	35,16	5,15	20,59
53	135	88,00	37,97	2,80	11,22
59	150	92,36	39,85	1,88	7,52
65	165	94,91	40,95	1,10	4,40
71	180	96,67	41,71	0,76	3,04
76	195	97,60	42,11	0,40	1,60
82	210	99,00	42,71	0,60	2,42
88	225	99,32	42,85	0,14	0,55
94	240	99,60	42,97	0,12	0,48
100	255	100,00	43,15	0,17	0,69

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 8.2.3 PRECIPITACIÓN EFECTIVA

El exceso de precipitación o precipitación efectiva, es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. El hietograma de precipitación efectiva es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia–escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. (CHOW, 1994).

El método que se utilizó para el cálculo de la precipitación efectiva es SCS curve number, ya que toma en cuenta el tipo y uso del suelo, y la precipitación antecedente, a través del concepto número de curva (CN). (Aguilar A., 2010)

Para lo cual se utilizan las siguientes relaciones:

$$Pe = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (8.3)$$

En donde:



$P_e$  = Precipitación efectiva acumulada al tiempo  $t$ , (mm)

$P$  = es la altura de precipitación acumulada al tiempo  $t$ , (mm)

$S$  = Tasa potencial máxima de retención, es decir la capacidad de la cuenca para retener la precipitación, (mm).

$I_a$  = Abstracción Inicial (almacenamiento en la cuenca por depresiones o intercepción), (mm).

De los resultados de experiencias en cuencas pequeñas, el SCS desarrolló una relación empírica entre  $I_a$  y  $S$ .

$$I_a = 0.2S \quad (8.4)$$

Por lo tanto la precipitación efectiva acumulada al tiempo  $t$  es:

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (8.5)$$

Esta última ecuación es válida para  $P > 0.2 S$ . Cuando  $P < 0.2 S$ , entonces se asume  $P_e = 0$ .

La capacidad máxima de retención del suelo  $S$ , y las características físicas de las cuencas se relacionan por medio del factor número de curva (CN) a través de la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (8.6)$$

El factor CN se pondera dentro del área de la cuenca dependiendo del tipo y uso de suelo.

### **NÚMERO DE CURVA (CN) – (SCS)**

El Número de Curva es un indicador que caracteriza las condiciones del tipo y uso del suelo.

El CN representa la fracción de respuesta de la cuenca al impulso de la precipitación y considera la clasificación de más de 2000 suelos en cuatro grupos hidrológicos, que representan en un grado progresivo su potencial de escurrimiento en forma descendente. Permitiendo de este modo, la estimación del escurrimiento directo considerando que la infiltración depende del uso del suelo,

el tratamiento superficial que tiene, la condición hidrológica (erosionado o con cobertura vegetal), y que ese grupo hidrológico puede verse afectado por condiciones de saturación por humedad antecedente. (CHOW, 1994)

El CN varía entre 0 (suelos muy permeables) y 100 (cuerpos de agua), cuya fórmula es:

$$CN = \frac{1000}{10 + \frac{S}{25.4}} \quad (8.7)$$

En donde:

S = retención potencial del suelo en mm

El método S.C.S distingue cuatro grupos hidrológicos de suelos los cuales se presentaron en la TABLA 4.22 del Capítulo 4.

### CONDICIONES DE HUMEDAD<sup>10</sup>

Los números de curva aplicados son para condiciones antecedentes de humedad (AMC, por siglas en inglés) normales (AMC II). Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curvas equivalentes pueden calcularse por:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (8.8)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (8.9)$$

En la TABLA 8.12 se muestra los números de curva para las diferentes subcuencas de las cuencas en estudio para condiciones antecedentes de humedad normales.

En el ANEXO No 4 se incluye un ejemplo de determinación del CN ponderado.

---

<sup>10</sup> VEN TE CHOW, 1994. *Hidrología Aplicada*

**TABLA 8.12 Números de curva (CN) (Condición II) para las cuencas de estudio.**

NÚMERO DE CURVA SUBCUENCAS DEL RÍO ALAMBI			
Nº	SUBCUENCA	CN (1980)	CN (2000)
1	A1	77.3	81.3
2	A2	72.8	77.0
3	A3	75.7	79.7
NÚMERO DE CURVA SUBCUENCAS DEL RÍO INTAG			
Nº	SUBCUENCA	CN (1980)	CN (2000)
1	A1	73.6	74.3
2	A2	75.4	80.9
3	A3	77.9	80.2
NÚMERO DE CURVA SUBCUENCAS DEL RÍO QUIJOS			
Nº	SUBCUENCA	CN (1979)	CN (2000)
1	A1	60.0	63.0
2	A2	60.0	60.0
3	A3	73.0	77.0
4	A4	74.6	75.8
5	A5	74.2	79.0

FUENTE: CHOW V. 1994

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 8.3 TRÁNSITO DE CAUDALES EN EL CAUCE

El análisis de un sistema hidrológico, requiere su división en subcuencas, nudos de conexión y tramos de cauce que hagan efectiva la conectividad entre dichas subcuencas, requiere de la obtención del hidrograma de cada una de las subcuencas que permita su adecuada “suma” en los nudos y su propagación en los distintos tramos de la red fluvial.

Este último componente del análisis hidrológico estima el movimiento de la onda de crecida a través del sistema fluvial, que va modificando su forma y el tiempo de punta debido a los efectos de almacenamiento y fricción.

Existen dos tipologías generales de cálculo de la propagación de hidrogramas en cauces: hidráulicos e hidrológicos (también llamados de tránsito de sistemas distribuidos y agregados, respectivamente). Los métodos hidráulicos resuelven las ecuaciones diferenciales del flujo transitorio en cauces abiertos, en tanto que los métodos hidrológicos, más simples, generalmente emplean la ecuación de

continuidad y las relaciones existentes entre caudal circulante y volumen almacenado.

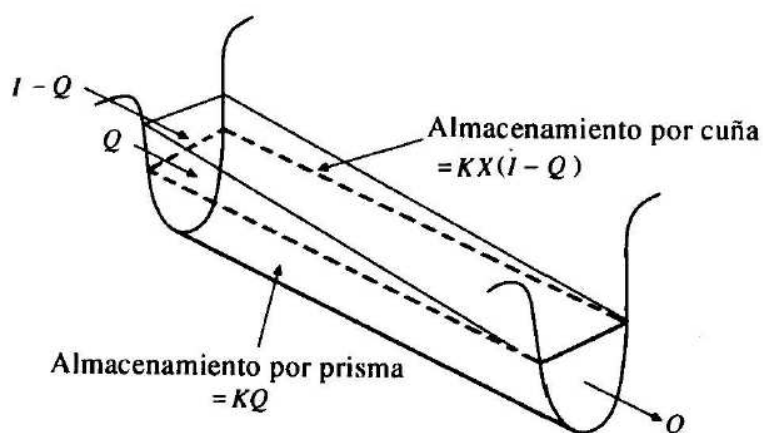
De entre los diferentes métodos de propagación de crecida en cauces que ofrece HEC-HMS, se ha empleado el de Muskingum para todos los tramos de propagación del sistema hidrológico. Los fundamentos de este modelo se presentan en el siguiente punto.

### 8.3.1 MÉTODO DE MUSKINGUM

Este método, el más empleado en hidrología, es un método de tránsito agregado de crecientes en cauces basado en una adaptación de la ecuación de continuidad. El método modela el almacenamiento volumétrico de creciente en un tramo de cauce mediante la combinación de los denominados almacenamientos de cuña y prisma. (FIGURA 8.12).

- Un *almacenamiento prismático*, formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo del cauce prismático.
- Un *almacenamiento en cuña*, formado por la diferencia entre los caudales de entrada y salida, o bien, por la pendiente de la lámina de agua en el tramo considerado.

**FIGURA 8.12 Almacenamientos por prisma y por cuña en un tramo de cauce.**



FUENTE: Aparicio Mijares F.- "Fundamentos de Hidrología".

Durante el avance de la avenida el caudal de entrada es mayor que el de salida y se forma lo que se denomina *cuña positiva* y durante la recesión el caudal de entrada es menor al caudal de salida, formándose una *cuña negativa*.

El volumen de almacenamiento prismático es proporcional al caudal de salida, ya que se supone que el caudal de salida es proporcional al área de la sección del cauce:

$$S_p = KQ$$

El valor de K se considera igual al tiempo de tránsito de la onda de avenida a través del tramo.

El volumen de almacenamiento por cuña es proporcional a la diferencia entre las entradas y las salidas:

$$S_c = KX(I - Q)$$

Donde X es un factor de ponderación tal que puede tomar valores entre 0 y 0,5, en función de la forma de almacenamiento en cuña. Cuando  $X = 0$ , no existe cuña, no hay curva de remanso y el almacenamiento en el cauce será tipo embalse:  $S = KQ$ . En este caso se produciría la máxima atenuación posible. Cuando  $X = 0,5$ ; se dice que la cuña está completamente desarrollada y no existiría atenuación alguna del pico. En cauces naturales muy caudalosos y de baja pendiente, X suele ser próximo a 0 y será más cercano a 0,5 cuanto más pendiente y menos caudal tenga el cauce. Para la modelación se ha tomado un valor medio de 0.25.

El almacenamiento total en el tramo de cauce considerado sería entonces:

$$S = KQ + KX(I - Q)$$

Que puede reordenarse como:

$$S = K[XI + (1 - X)Q]$$

Esta ecuación representa el modelo lineal de almacenamiento para la propagación de avenidas en cauces por el método de Muskingum. Si analizamos el volumen de almacenamiento en dos instantes, 1 y 2, al comienzo y al final de un intervalo de tiempo  $\Delta t$ , éstos pueden determinarse como:

$$S_1 = K[XI_1 + (1 - X)Q_1]$$

$$S_2 = K[XI_2 + (1 - X)Q_2]$$

La variación en el almacenamiento a través del tramo sería la diferencia entre ambos almacenamientos:

$$S_2 - S_1 = K \{ [XI_2 + (1-X)Q_2] - [XI_1 + (1-X)Q_1] \}$$

Utilizando la ecuación de continuidad, la variación en el almacenamiento es igual a:

$$S_2 - S_1 = \frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t$$

Sustituyendo obtenemos:

$$K[X(I_2 - I_1) + (1-X)(Q_2 - Q_1)] = \frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t - \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t$$

y despejando Q2 nos queda:

$$Q_2 = \frac{KX + \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} I_1 + \frac{-KX + \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} I_2 + \frac{K(1-X) - \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}} Q_1$$

o bien:

$$Q_2 = C_1 I_1 + C_2 I_2 + C_3 Q_1$$

donde:

$$C_1 = \frac{KX + \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}}; \quad C_2 = \frac{-KX + \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}}; \quad C_3 = \frac{K(1-X) - \frac{\Delta t}{2}}{K(1-X) + \frac{\Delta t}{2}}$$

Se verifica que la suma de  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$  debe ser igual que 1.

En resumen el modelo HEC-HMS requiere de dos parámetros para modelar el tránsito de caudales en un tramo mediante el método de Muskingum: K y X.

El parámetro X se ha tomado un valor recomendado de 0.25; en tanto que el factor K es razonable compararlo con el tiempo de viaje de la onda de crecida en los tramos (VIESSMAN, LEWIS, & KNAPP, 1989).

Con todo ello, los valores de los parámetros introducidos para cada uno de los tramos de tránsito de cauces considerados en las cuencas, han sido los presentados en la TABLA 8.13.

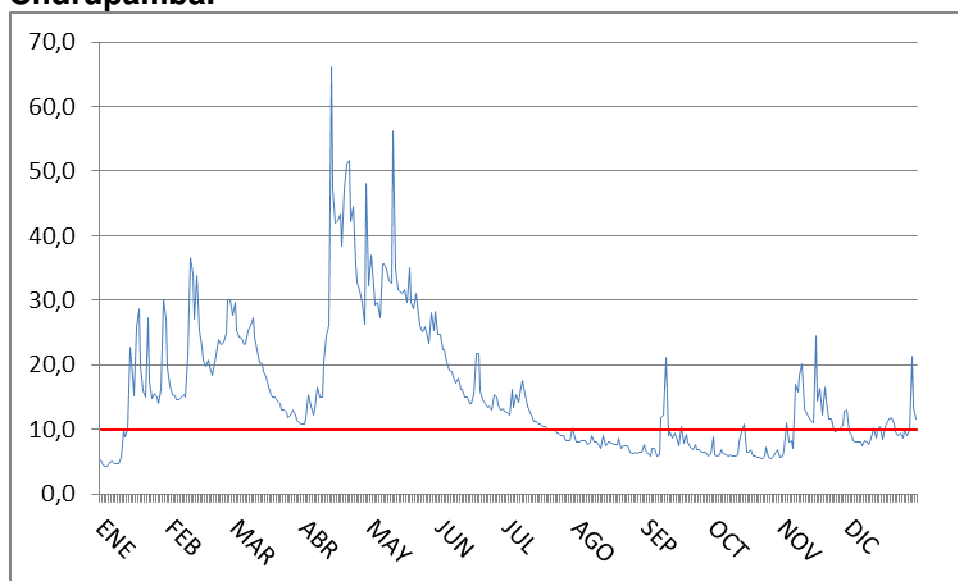
**TABLA 8.13** Parámetros para tramos de tránsito de caudales.

TRAMO	K(h) MUSKINGUM	X MUSKINGUM
<b>ALAMBI</b>		
A-B	1.50	0.25
<b>INTAG</b>		
A-B	1.6	0.25
B-C	1.4	0.25
<b>QUIJOS</b>		
A-B	0.9	0.25
B-C	0.6	0.25

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

#### 8.4 CAUDAL BASE

Para la determinación del caudal se analizaron varios hidrogramas mensuales de cada estación hidrométrica de interés para cada cuenca, donde se determinan los caudales base en el periodo de crecidas para cada cuenca.

**FIGURA 8.13** Hidrograma anual 1988 de la estación hidrométrica Alambi en Churupamba.

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

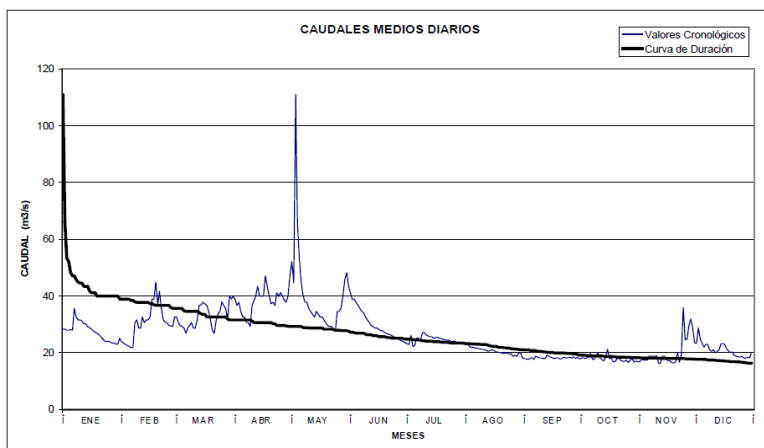
El caudal base se lo distribuyó a cada subcuenca de acuerdo al área de aportación.

**TABLA 8.14 Distribución del caudal base - Subcuencas del río Alambi.**

Cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Caudal base (m <sup>3</sup> /s)
A1	193,96	3,58
A2	92,83	1,71
A3	255,66	4,71
<b>TOTAL</b>	<b>542,45</b>	<b>10,00</b>

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.14 Hidrograma anual 1998 de la estación hidrométrica Intag D.J Pamplona.**

FUENTE: INAMHI

**TABLA 8.15 Distribución del caudal base - Subcuencas del río Intag.**

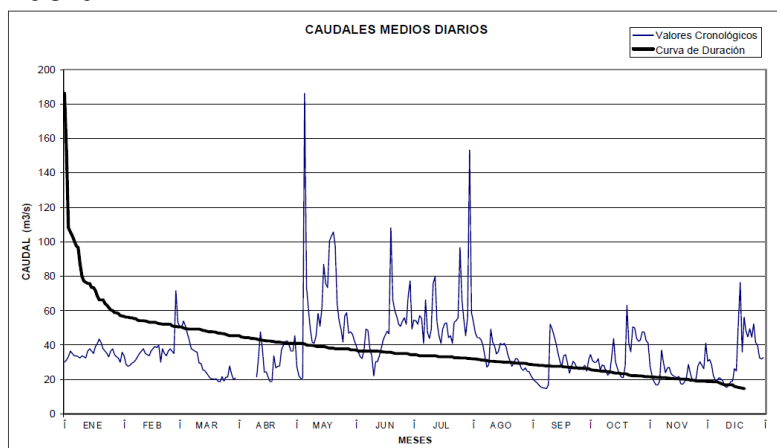
Cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Caudal base (m <sup>3</sup> /s)
A1	253,10	4,87
A2	455,54	8,76
A3	331,84	6,38
<b>TOTAL</b>	<b>1040,48</b>	<b>20,00</b>

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.



**FIGURA 8.15 Hidrograma anual 2003 de la estación hidrométrica Quijos en Baeza.**



FUENTE: INAMHI

**TABLA 8.16 Distribución del caudal base - Subcuencas del río Quijos**

Cuenca	Área (Km <sup>2</sup> )	Caudal base (m <sup>3</sup> /s)
A1	240,41	5,49
A2	108,95	2,49
A3	276,25	6,31
A4	152,53	3,48
A5	98,13	2,24
<b>TOTAL</b>	<b>876,27</b>	<b>20,00</b>

FUENTE: INAMHI

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## 8.5 RESULTADOS OBTENIDOS

### 8.5.1 CUENCA DEL RÍO ALAMBI

En la TABLA 8.17 se presentan los caudales máximos obtenidos con el modelo precipitación-escorrentía (hidrogramas unitarios) con el HEC-HMS 3.5 para la estación hidrométrica del río Alambi en Churupamba. Además se indica el porcentaje de diferencia entre el método estadístico probabilístico Vs el modelo precipitación-escorrentía obtenido en el HEC-HMS para el uso del suelo en el año 1980.

**TABLA 8.17 Caudales de máxima crecida para periodos de retorno – Estación río Alambi en Chrupamba**

Período de retorno (años)	MÉTODO ESTADÍSTICO-PROBABILÍSTICO	CAUDALES MODELADOS (HEC-HMS 3.5) ALAMBI		COMPARACIÓN DE MÉTODOS
	Q. máx. (*) (m <sup>3</sup> /s)	Qmáx. (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 1980)	Qmáx. (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 2000)	Qmax.(*) Vs Qmax. (1980) (%)
5	247,98	250,20	361,20	0,89
10	305,68	355,40	489,40	13,99
25	382,08	401,10	544,00	4,74
50	441,30	473,10	628,90	6,72
100	502,38	601,60	778,20	16,49

Q. máx. (\*): Caudal de crecida calculado con el método estadístico-probabilístico.

Qmax. (1980): Caudal de crecida calculado con el HEC-HMS 3.5 para el uso del suelo del año 1980.

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

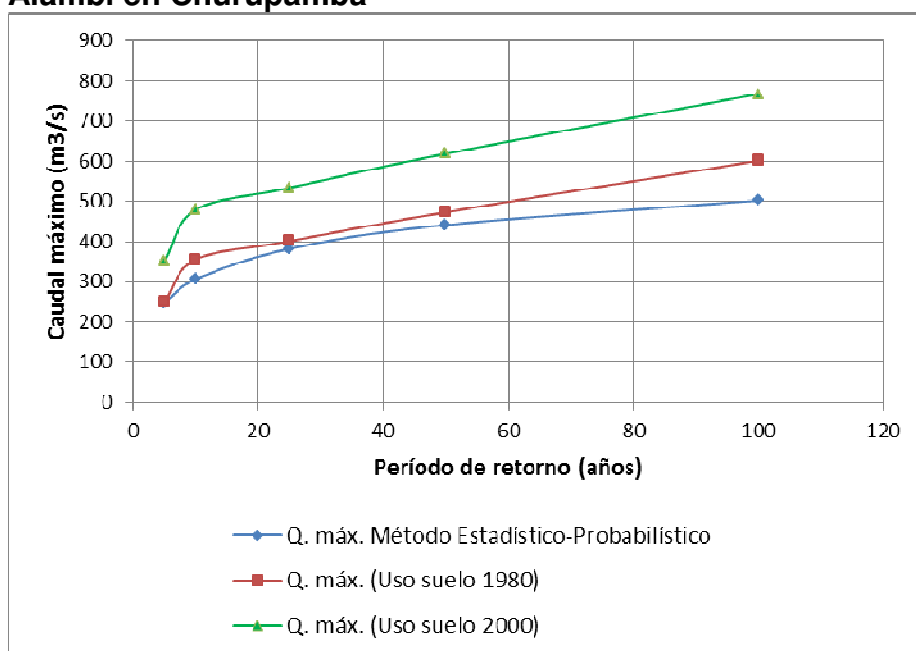
La calibración del modelo se realizó mediante la comparación de los caudales máximos para 5 años de período de retorno, obtenidos mediante el método estadístico – probabilístico (caudal de referencia) y por el modelo precipitación - escurrimiento (hidrograma unitario). La diferencia de valores se ha considerado aceptable cuando no sobrepase el 10% de error.

En la FIGURA 8.16 se muestra la comparación entre los dos métodos. Además se puede apreciar el incremento de caudales instantáneos de crecida que se ha dado debido al cambio en el uso del suelo en el periodo (1980-2000).

En la FIGURA 8.17 se muestran los hidrogramas de crecidas que se obtuvieron con el HEC-HMS para la cuenca del río Alambi con uso del suelo del año 1980.

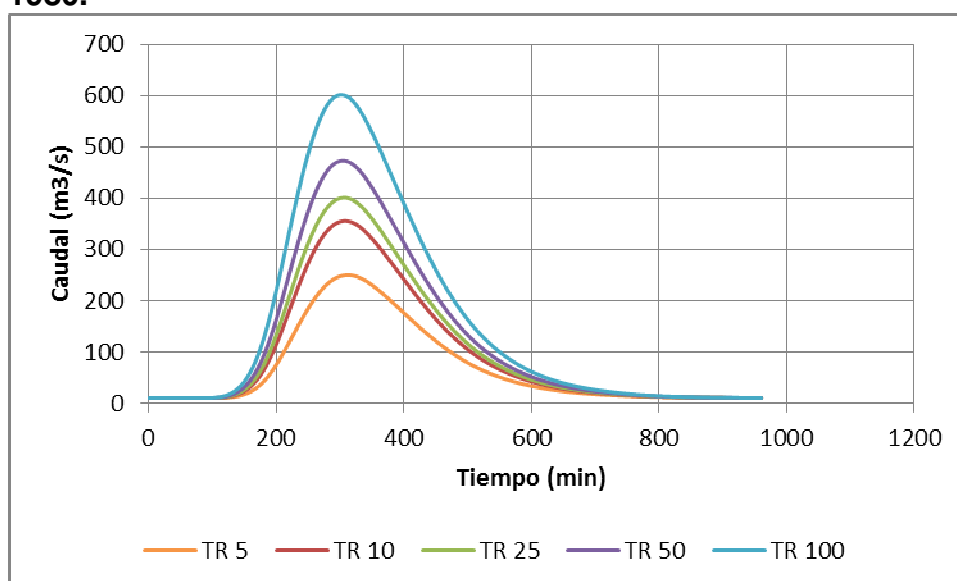
En la TABLA 8.18 se presentan los cambios en los caudales máximos instantáneos obtenidos.

**FIGURA 8.16 Comparación de caudales de máxima crecida en estación río Alambi en Churupamba**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.17 Hidrogramas de crecida para la cuenca Alambi - Uso de suelo 1980.**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

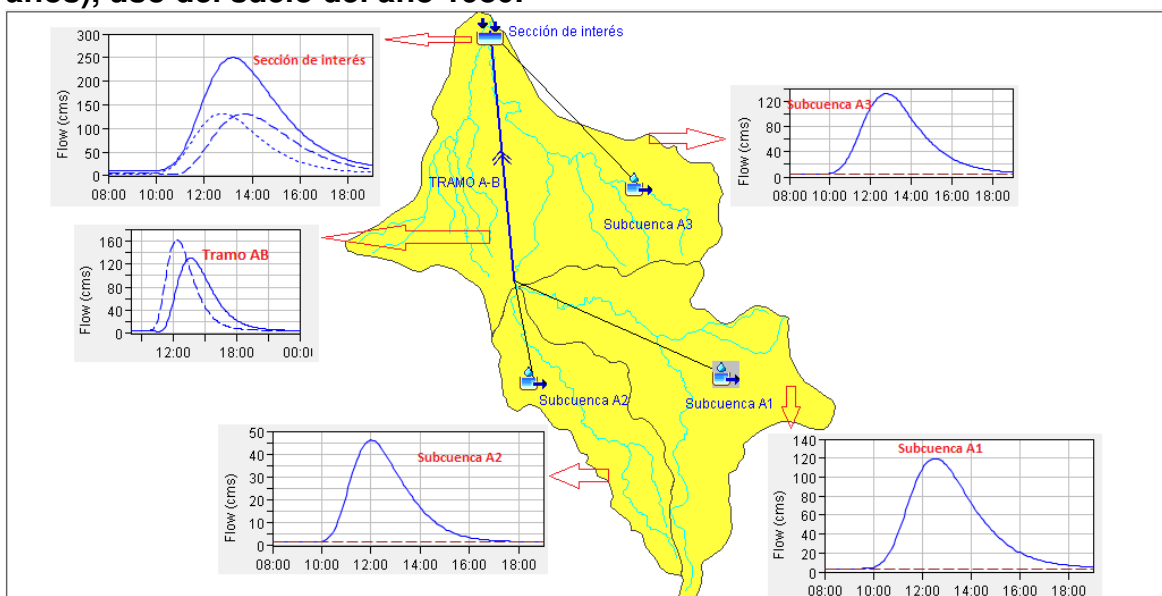
**TABLA 8.18 Cambios en caudales de crecida-Alambi (1980-200)**

Período de retorno (años)	Q <sub>máx.</sub> (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 1980)	Q <sub>máx.</sub> (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 2000)	Diferencia de caudales (m <sup>3</sup> /s)	(%) de incremento de caudal
5	250,20	361,20	111,00	44,36
10	355,40	489,40	134,00	37,70
25	401,10	544,00	142,90	35,63
50	473,10	628,90	155,80	32,93
100	601,60	778,20	176,60	29,36

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

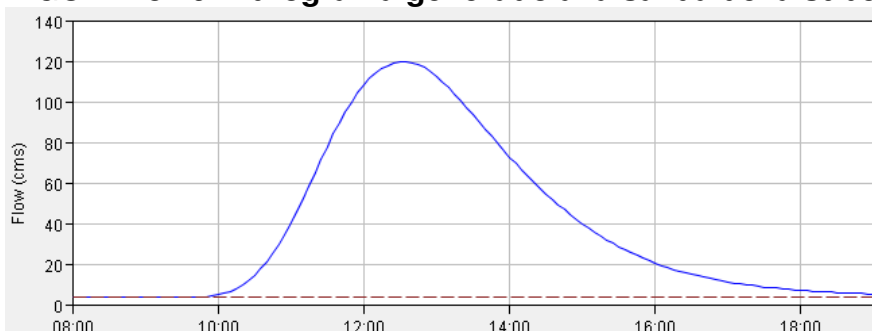
A continuación se muestran los hidrogramas obtenidos mediante el HEC-HMS 3.5 para las subcuencas del río Alambi, para uso del suelo del año 1980, para un período de retorno de 5 años.

**FIGURA 8.18 Hidrogramas generados para la cuenca del río Alambi ( $T_r = 5$  años), uso del suelo del año 1980.**



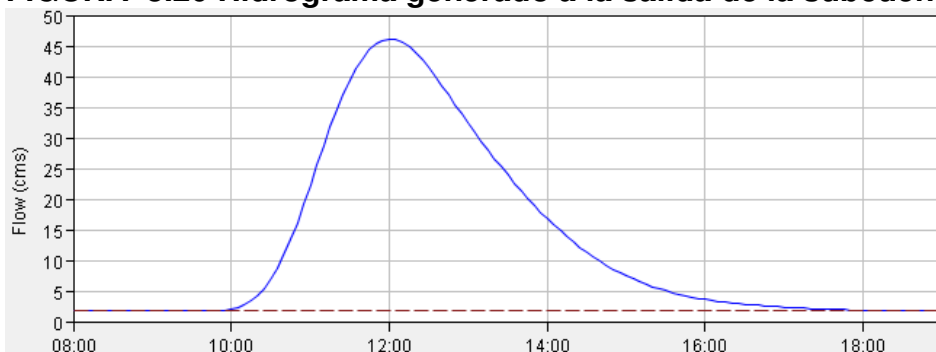
ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.19 Hidrograma generado a la salida de la subcuenca A1 (Alambi)**

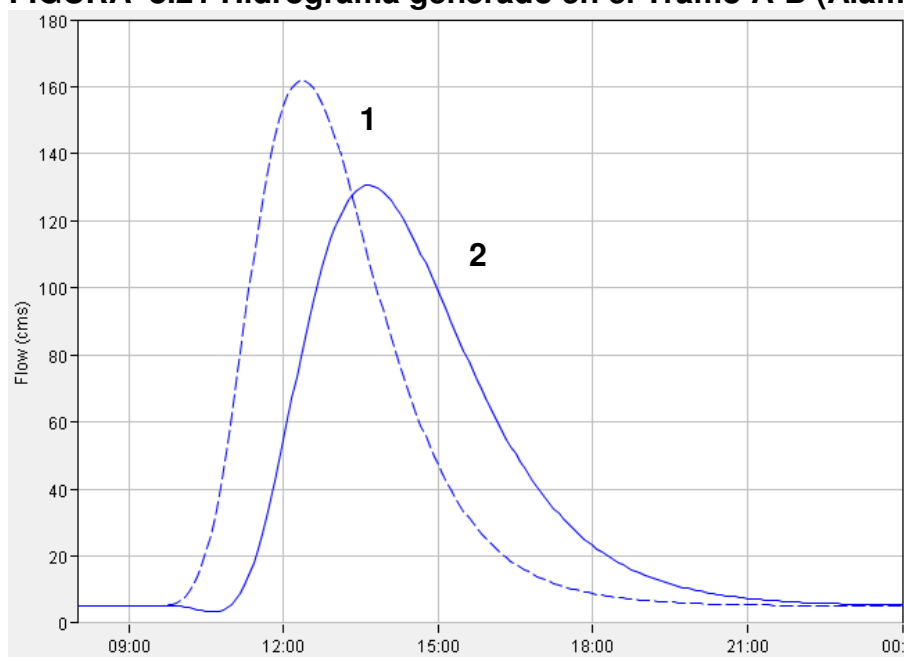


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.20 Hidrograma generado a la salida de la subcuenca A2 (Alambi)**

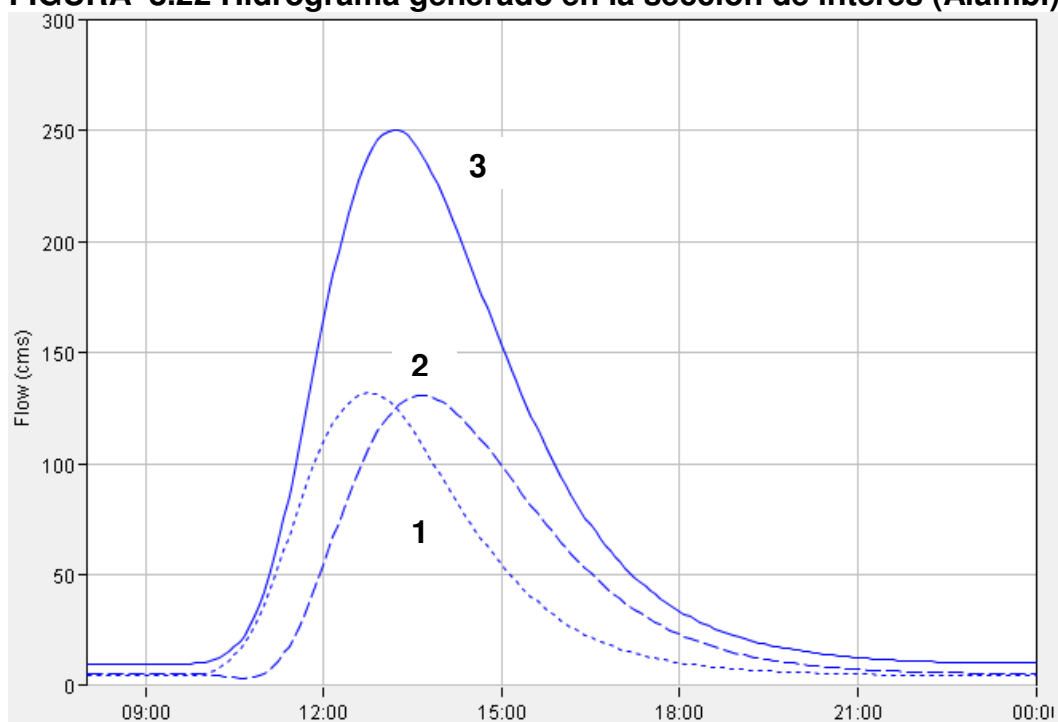


ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.21 Hidrograma generado en el Tramo A-B (Alambi)**

1. Hidrograma procedente de las subcuencas A1 y A2;
2. Hidrograma procedente de las subcuencas A1 y A2, después de transitar por el Tramo A-B.

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

**FIGURA 8.22 Hidrograma generado en la sección de interés (Alambi)**

1. Hidrograma procedente de la subcuencas A3;
2. Hidrograma procedente de las subcuencas A1 y A2, después de transitar por el Tramo A-B;
3. Hidrograma generado en la sección de interés.

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En el ANEXO No 6 se presentan los hidrogramas generados para las cuencas del río Intag y río Quijos en Baeza, para el uso del suelo del año 1980 y un periodo de retorno de 5 años.

### 8.5.2 CUENCA DEL RÍO INTAG

En la TABLA 8.19 se presentan los caudales máximos obtenidos con el modelo precipitación-escurrencimiento (hidrogramas unitarios) con el HEC-HMS 3.5 para la estación hidrométrica Intag D.J. Pamplona. Además se indica el porcentaje de diferencia entre el método estadístico probabilístico Vs el modelo precipitación-escurrencimiento obtenido en el HEC-HMS para el uso del suelo en el año 1980.

**TABLA 8.19 Caudales de máxima crecida para periodos de retorno – Estación Intag D.J Pamplona**

Período de retorno (años)	MÉTODO ESTADÍSTICO-PROBABILÍSTICO	CAUDALES MODELADOS (HEC-HMS 3.5) INTAG		COMPARACIÓN DE MÉTODOS
	Q. máx. (*) (m <sup>3</sup> /s)	Qmáx. (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 1980)	Qmáx. (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 2000)	Q.max.(*) Vs Qmax. (1980) (%)
5	493,21	518,10	712,40	4,80
10	581,68	617,00	829,70	5,72
25	695,35	889,50	1145,80	21,83
50	780,37	1007,60	1280,10	22,55
100	865,10	1193,10	1488,90	27,49

Q. máx. (\*): Caudal de crecida calculado con el método estadístico-probabilístico.

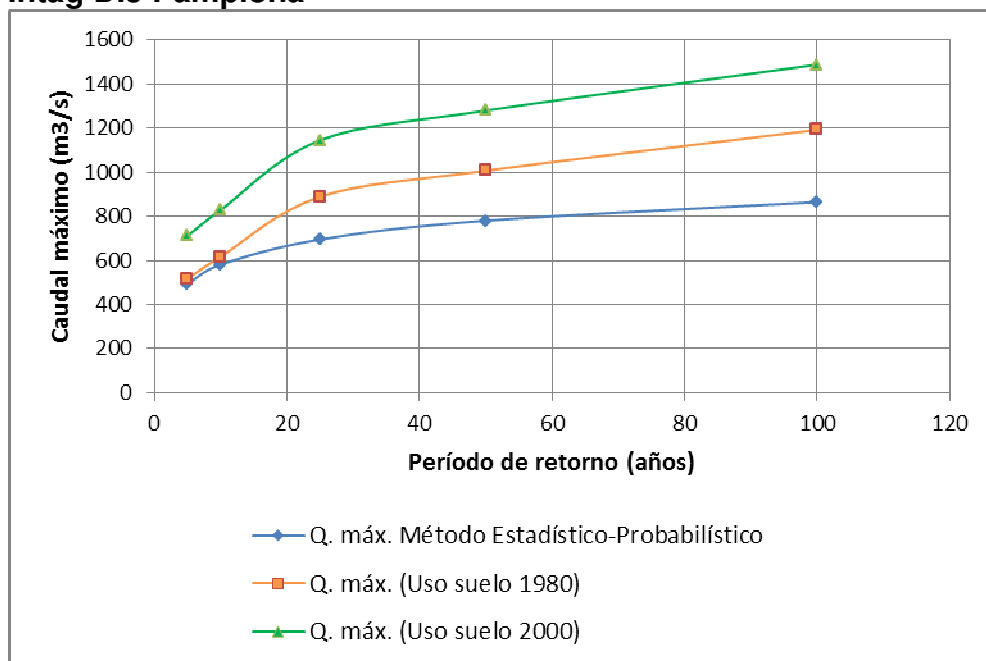
Qmax. (1980): Caudal de crecida calculado con el HEC-HMS 3.5 para el uso del suelo de año 1980.

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

La calibración del modelo se realizó mediante la comparación de los caudales máximos para 5 años de período de retorno, obtenidos mediante el método estadístico – probabilístico y por el modelo precipitación - escurrencimiento (hidrograma unitario). El error obtenido es de 4.80%.

En la FIGURA 8.23 se muestra la comparación entre los dos métodos. Además se puede apreciar el incremento de caudales instantáneos de crecida que se ha dado debido al cambio en el uso del suelo en 20 años (1980-2000).

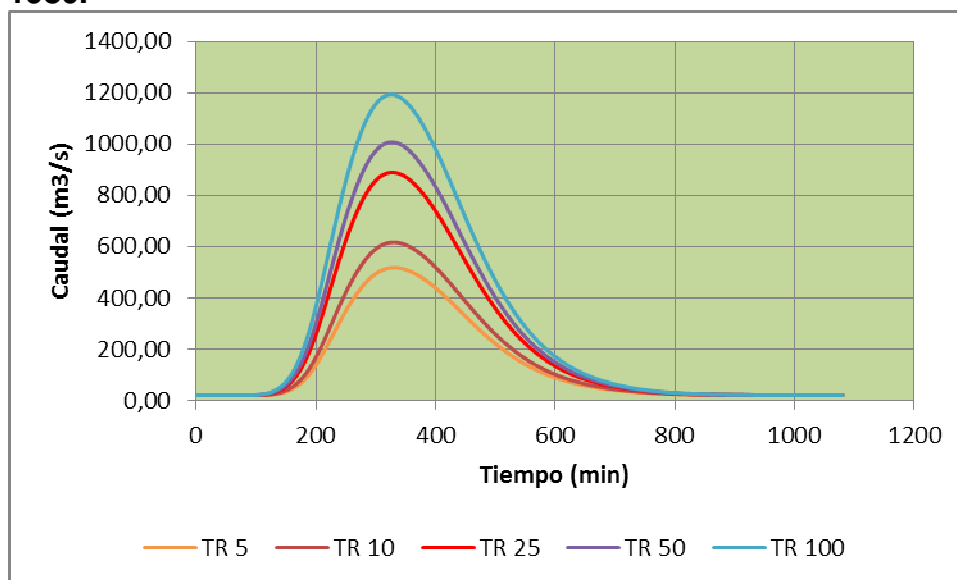
**FIGURA 8.23 Comparación de caudales de máxima crecida en estación Intag D.J Pamplona**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 8.24 se muestran los hidrogramas de crecidas que se obtuvieron con el HEC-HMS para la cuenca del río Intag con uso de suelo del año 1980.

**FIGURA 8.24 Hidrogramas de crecida para la cuenca Intag - Uso de suelo 1980.**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la TABLA 8.20 se presentan los cambios en los caudales máximos instantáneos obtenidos.

**TABLA 8.20 Cambios en caudales de crecida-Intag (1980-200)**

Periodo de retorno (años)	Q <sub>máx.</sub> (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 1980)	Q <sub>máx.</sub> (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 2000)	Diferencia de caudales (m <sup>3</sup> /s)	(%) de incremento de caudal
5	518,10	712,40	194,30	37,50
10	617,00	829,70	212,70	34,47
25	889,50	1145,80	256,30	28,81
50	1007,60	1280,10	272,50	27,04
100	1193,10	1488,90	295,80	24,79

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

### 8.5.3 CUENCA RÍO QUIJOS EN BAEZA

En la TABLA 8.21 se presentan los caudales máximos obtenidos con el modelo precipitación-escorrimento (hidrogramas unitarios) con el HEC-HMS 3.5 para la estación hidrométrica Quijos en Baeza. Además se indica el porcentaje de diferencia entre el método estadístico probabilístico Vs el modelo precipitación-escorrimento obtenido en el HEC-HMS para el uso del suelo en el año 1979.

Para este caso en el método estadístico probabilístico se ha tomado el caudal máximo superior (Q. máx. Superior) que corresponde a una garantía del 97.5%.

**TABLA 8.21 Caudales de máxima crecida para periodos de retorno – Estación Quijos en Baeza**

Período de retorno (años)	MÉTODO ESTADÍSTICO-PROBABILÍSTICO	CAUDALES MODELADOS (HEC-HMS 3.5) ALAMBI		COMPARACIÓN DE MÉTODOS
	Q. máx. (*) (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>máx.</sub> (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 1979)	Q <sub>máx.</sub> (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 2000)	Q <sub>max. Superior Vs Q<sub>max.</sub> (1979) (%)</sub>
5	265,92	295,40	409,70	9,98
10	298,43	464,50	609,50	35,75
25	339,94	720,50	906,20	52,82
50	370,91	958,20	1175,30	61,29
100	401,72	1220,80	1468,30	67,09

Q. máx. (\*): Caudal de crecida calculado con el método estadístico-probabilístico.

Q<sub>max.</sub> (1979): Caudal de crecida calculado con el HEC-HMS 3.5 para el uso del suelo de año 1979.

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

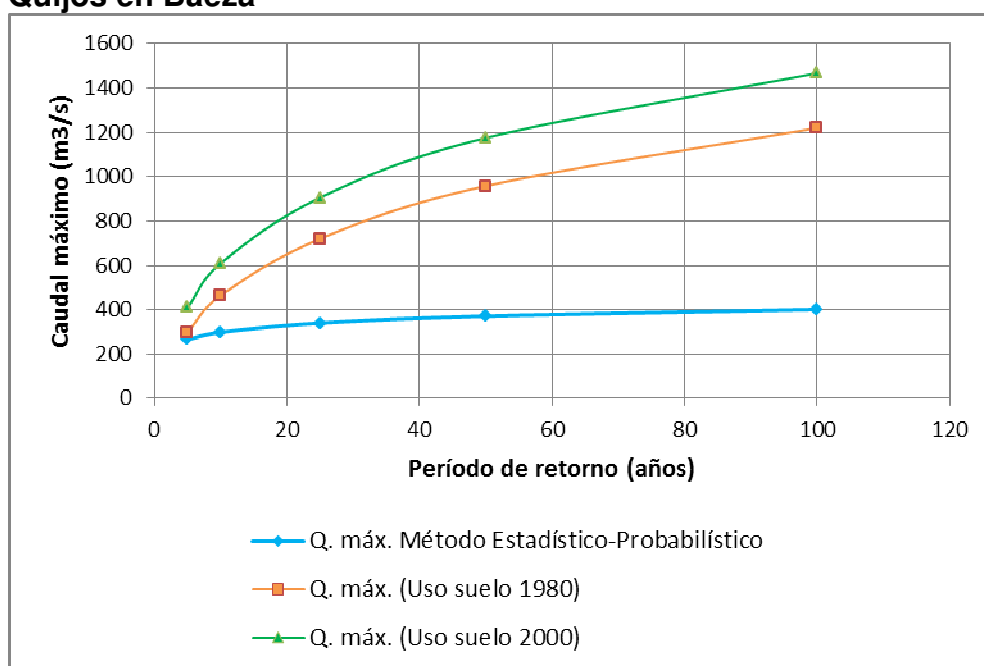
La calibración del modelo se realizó mediante la comparación de los caudales máximos para 5 años de período de retorno, obtenidos mediante el método estadístico – probabilístico y por el modelo precipitación - escorrimento (hidrograma unitario). Además para la calibración, se obtuvieron las intensidades



máximas diarias con registros de precipitaciones máximas diarias de la estación Papallacta (M188) con el método estadístico-probabilístico asociados a un período de retorno. El error obtenido es de 9.98%.

En la FIGURA 8.25 se muestra la comparación entre los dos métodos. Además se puede apreciar el incremento de caudales instantáneos de crecida que se ha dado debido al cambio en el uso del suelo en el periodo (1979-2000).

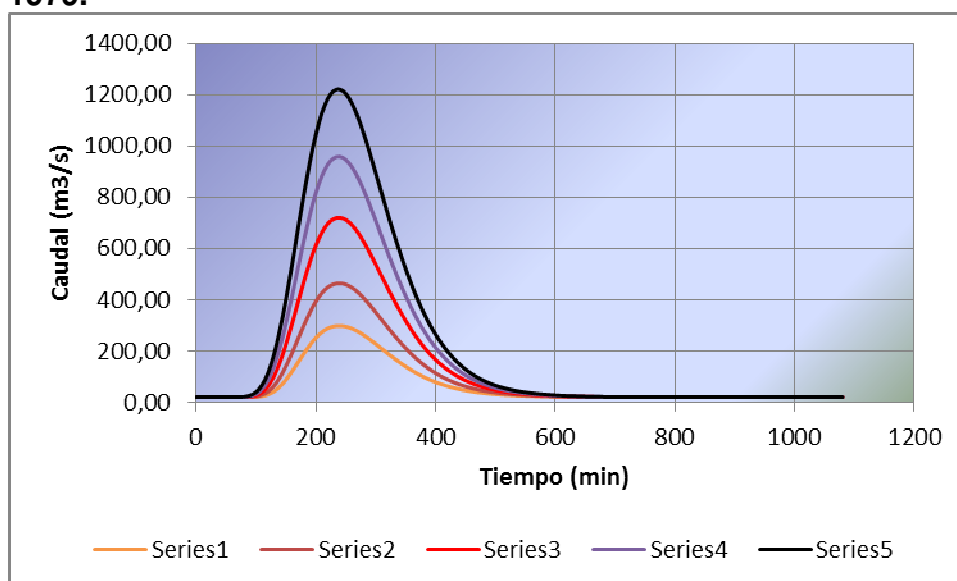
**FIGURA 8.25 Comparación de caudales de máxima crecida en estación Quijos en Baeza**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la FIGURA 8.26 se presentan los hidrogramas de crecidas que se obtuvieron con el HEC-HMS para la cuenca del río Quijos con uso del suelo para el año 1979.

**FIGURA 8.26 Hidrogramas de crecida para la cuenca Quijos - Uso de suelo 1979.**



ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

En la TABLA 8.22 se presentan las diferencias en los caudales máximos instantáneos obtenidos, debido al cambio de uso del suelo en el periodo 1979-2000 para los diferentes periodos de retorno.

**TABLA 8.22 Cambios en caudales de crecida-Quijos en Baeza (1979-2000)**

Período de retorno (años)	Q <sub>máx.</sub> (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 1979)	Q <sub>máx.</sub> (m <sup>3</sup> /s) (Uso del suelo 2000)	Diferencia de caudales (m <sup>3</sup> /s)	(%) de incremento de caudal
5	295,40	409,70	111,30	37,30
10	464,50	609,50	145,00	31,22
25	720,50	906,20	185,70	25,77
50	958,20	1175,30	217,10	22,66
100	1220,80	1468,30	247,50	20,27

ELABORACIÓN: Pablo Valdivieso R.

## CAPÍTULO 9

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 9.1 CONCLUSIONES

##### **Información Disponible:**

- La calidad de información hidrometeorológica en el Ecuador es escasa; sin embargo la validez de las series rellenadas para obtener datos continuos pueden ser comprobadas como en este caso con las curvas de doble masa.
- La información de uso del suelo reflejado en mapas, ha permitido conocer la magnitud de este cambio en el tiempo.

##### **Cambios en el uso del suelo en las cuencas:**

- Los cambios en el uso del suelo para la cuenca del río Alambi en Churupamba en el periodo 1980-2000 (20 años) son: (1) pérdida de vegetación natural del 63% a 37.7%; (2) aumento de pastos del 31.3% a 37%; (3) aumento de cultivos del 3.9% a 20%; (4) aumento de vegetación natural asociada (con cultivos o pasto) de 0% a 3.8%.
- Para la cuenca del río Intag los cambios en el uso del suelo son: (1) pérdida de vegetación natural del 51.7% a 25.2%; (2) aumento de pastos del 11.9% a 17.3%; (3) aumento de cultivos del 15.5% a 25.3%; (4) aumento de vegetación natural asociada (con cultivos o pasto) de 3.4% a 16.7%.
- Para la cuenca del río Quijos en Baeza los cambios en el uso del suelo son: (1) pérdida de vegetación natural del 33.3% a 12.7%; (2) aumento de

pastos del 7.5% a 11%; (3) aumento de vegetación natural asociada de 5.9% a 23.6%. La cuenca presenta una tendencia de monocultivo de pastos.

- Los procesos que son parte del ciclo hidrológico, como son la infiltración, almacenamiento subsuperficial y la evapotranspiración, dependen en alto grado del tipo de la cubierta vegetal, y pueden ser evaluados mediante modelación matemática.

### **Variabilidad de temperatura:**

- En la estación La Perla se evidencia que no existe gran dispersión de temperatura entre valores medios y extremos. La temperatura media anual es de 19.4 °C, en tanto que la temperatura máxima alcanza los 20.8°C y la mínima desciende hasta 18.1 °C.
- La variabilidad estacional de la temperatura en la estación Baeza muestra dispersiones no mayores a 5°C en valores medios y extremos; la temperatura media mensual es de 16.8°C, la temperatura máxima alcanza los 18.4°C y la mínima los 14.5 °C.

### **Variabilidad de precipitación:**

- Para la cuenca del río Alambi la distribución de las lluvias estacionales tienen similar comportamiento en las estaciones Nono y Calacalí INAMHI, ubicadas a similar altura, sin embargo existen grandes diferencias con respecto a la estación Nanegalito la cual presenta mayor pluviosidad. La mayor pluviosidad anual media es de 2510.82 mm en la estación Nanegalito; mientras que la menor lámina de precipitación es de 913.33 mm en la estación Calacalí-INAMHI.
- La distribución de las lluvias estacionales para la cuenca del río Intag tienen similar comportamiento. La mayor precipitación media anual es de

1816.05 mm. Las máximas precipitaciones mensuales medias corresponden a los meses de marzo y abril, con valores del orden de 260 mm; mientras que las mínimas corresponden a los meses de julio y agosto.

- En la cuenca del río Quijos la distribución de lluvias estacionales difiere su comportamiento para cada estación. La mayor pluviosidad media anual es de 2621.43 mm presente en la estación Sardinias que se encuentra al oriente de la cuenca; mientras que la menor pluviosidad media anual es de 1374.12 mm en la estación Papallacta.

### **Caudales medios, mínimos y máximos históricos:**

- Para el periodo 1971-2005, los caudales mensuales con probabilidad de excedencia del 80% para las cuencas de los ríos Alambi, Intag y Quijos son 7.19 m<sup>3</sup>/s, 23.03 m<sup>3</sup>/s y 30.69 m<sup>3</sup>/s respectivamente; y los caudales con probabilidad de excedencia del 90% son 5.29 m<sup>3</sup>/s, 19.13 m<sup>3</sup>/s y 23.19 m<sup>3</sup>/s respectivamente.
- Los caudales medios mensuales en el periodo 1971-2005, para las cuencas son: 17.35 m<sup>3</sup>/s (Alambi), 41.71 m<sup>3</sup>/s (Intag) y 44.21 m<sup>3</sup>/s (Quijos).
- En base a las series de caudales máximos instantáneos, se generaron caudales máximos de crecida asociados a periodos de retorno (5, 10, 25, 50 y 100 años) a través del método estadístico probabilístico.
- Los caudales crecida asociados a períodos de retorno obtenidos con el método estadístico-probabilístico son generados en base a datos históricos de caudales máximos instantáneos disponibles cuyos valores se presentan en su mayor parte en el periodo 1970-1985, por lo que es coherente compararlos con los caudales de crecida obtenidos por el modelo precipitación - escurrimiento (hidrograma unitario) modelado en el HEC-HMS para el uso del suelo del escenario base (1980 para Alambi e Intag y 1979 para Quijos)

### **Modelación de caudales medios y mínimos mensuales**

- En el periodo 1995-2000 se presentan mayores dispersiones en los caudales observados y simulados por lo que es notable la incidencia del uso de suelo en los caudales.
- En la cuenca del río Quijos en el periodo 1995-2000 se presentan menores caudales mínimos que los observados en el periodo 1981-1985 pese a que la precipitación es mayor en el periodo 1995-2000. Esto da a entender que existe pérdida de caudal base y mayor irregularidad en los caudales ya que los caudales pico observados se muestran en el mismo orden que los simulados con el GR2M.
- El modelo GR2M simula de forma muy aproximada el comportamiento hidrológico de los escurrimientos a nivel mensual, y aunque los valores del Nash de validación bajan; los valores de correlación lineal de caudales observados y simulados son altos (mayores a 0.7)
- Los valores del Nash para esta calibración en el modelo GR2M son de 83.3%, 61% y 55.5% para las cuencas Alambi, Intag y Quijos respectivamente; mientras que los valores del Nash de validación son de 71.8%, 42.6 % y 45.1%.
- En el análisis los valores de reservorio del suelo (S) y de transferencia (R) muestran que tienen estrecha relación con las variaciones de la precipitación más que a las de la ETP.

### **Modelación de caudales máximos**

- Los porcentajes de diferencia de caudales obtenidos con el método estadístico probabilístico y el modelo precipitación - escurrimiento (hidrograma unitario) para un período de retorno de 5 años son: Cuenca

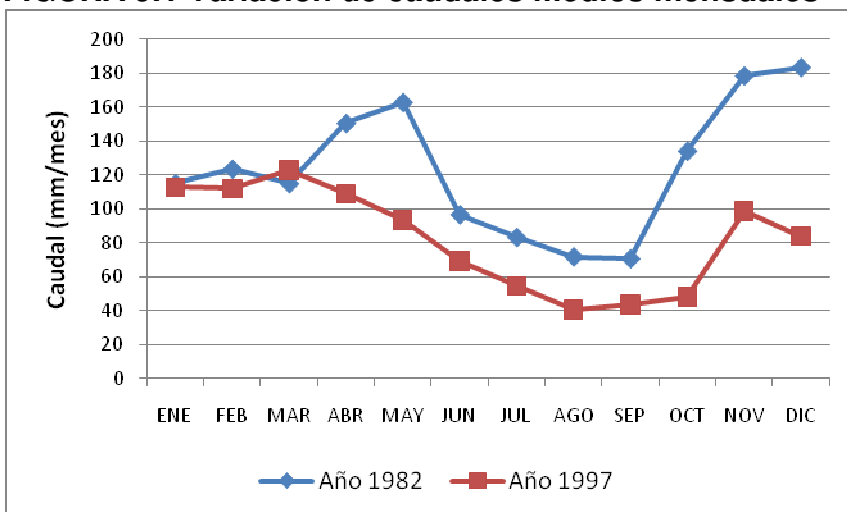
del río Alambi en Churupamba = 0.89%, cuenca del río Intag = 4.80% y cuenca del río Quijos en Baeza = 9.98%; valores que se consideran aceptables.

- Para la modelación de los caudales de crecida del año 2000 se consideraron los mismos parámetros que para el año base, variando solamente el valor del CN que se obtiene para cada uso del suelo. Los incrementos de caudales de crecida para el uso de suelo del año 2000 respecto al escenario base y considerando un periodo de retorno de 5 años son de: 44.35% cuenca del río Alambi, 37.50% cuenca del río Intag, 37.30% cuenca del río Quijos.
- Debido a la pérdida de cobertura vegetal y el aumento de pastos y cultivos en las cuencas, es evidente el aumento del escurrimiento superficial y disminución de capacidad de infiltración; produciendo mayores caudales de crecidas y mayor irregularidad de caudales en los cauces.
- Ante la falta de información sobre la distribución espacial de la precipitación en las cuencas, se utiliza las curvas altura de precipitación - área de drenaje, para transformar la precipitación puntual a precipitación media del área de la cuenca, pues las estaciones meteorológicas son representativas de un área pequeña alrededor de la estación.
- La cuenca del río Quijos en Baeza presenta registros de caudales máximos instantáneos relativamente bajos con respecto a las áreas de las otras cuencas analizadas (Anexo No3), lo cual concuerda con el tipo y uso del suelo y con el valor de CN obtenido para la cuenca.
- Para la cuenca del río Quijos en Baeza se utiliza registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Papallacta (M188) que se encuentra dentro de la cuenca de drenaje, lo cual nos da resultados de caudales más aceptables a la realidad que utilizando el método gráfico-analítico del INAMHI.

### Incidencia del cambio en el uso del suelo en los caudales

- Los cambios en el uso del suelo en las cuencas analizadas en relación con los resultados obtenidos, muestran una notable incidencia de éste en los caudales, sobre todo cuando la intervención se efectúa en un área boscosa.
- En el análisis de caudales medios y mínimos en relación con los caudales simulados sin cambio en el uso del suelo, se observa que en el período intervenido en el uso del suelo (1995-2000), existe mayor irregularidad en los caudales, en donde se aprecia un amplio rango de variación de caudales observados, y sobre todo una disminución en los caudales base. En la Figura 9.1 se presenta la variación de caudales medios mensuales en la cuenca del río Intag, en donde la altura de precipitación para el año 1982 es 2717 mm, mientras que para el año 1997 es de 2723 mm.

**FIGURA 9.1 Variación de caudales medios mensuales – Cuenca del río Intag**



- La pérdida de la cobertura natural (bosques y matorrales naturales) está en el orden del 20 al 26%, lo cual ha sido reemplazado por cultivos y pastos en dependencia de cada cuenca, dando como resultado posibles incrementos en los caudales máximos de crecida del 37 al 44% tomando en cuenta el periodo de retorno de 5 años.



## 9.2 RECOMENDACIONES

- Es muy importante la escala de los mapas en la que se trabaja ya que a una mayor escala los resultados serían más precisos y confiables como es en el caso de uso y tipo de suelo y las características físicas de las cuencas.
- Es fundamental contar con series hidrometeorológicas continuas y que se tenga una mejor distribución de estaciones en las cuencas, lo cual permitiría realizar estudios más precisos.
- Se recomienda realizar estudios futuros incluyendo en el análisis los usos del agua.
- Se recomienda analizar para otras cuencas el modelo GR2M.

## CAPÍTULO 10

### BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. (2010). Modelación hidrológica de crecidas en la cuenca del río Machángara en la ciudad de Quito. Quito: EPN
- Almeida, M. (2010). Instructivos de procesamiento de información hidrometeorológica. Quito: EPN
- ANDRADE, L. (1992). El proyecto hidroeléctrico Paute y su problema hidrometeorológico. POLITÉCNICA. Revista de información técnico-científica. Vol 17.
- APARICIO, F. (2001). Fundamentos de hidrología de superficies.
- Cemagref. 2009. GR: Modèles Hydrologiques du Génie Rural. <http://www.cemagref.fr/webgr/Historiquegb.htm>
- COMUNIDAD ANDINA. (2009). Taller subregional - dinámicas de cambio de uso y cobertura del suelo en los andes del norte y centro 2009.
- Erazo, L., y Carlos Tapia. (2010). Caracterización del sistema de riego Jiménez Cevallos de la provincia de Cotopaxi. Quito: EPN
- ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. (2008). Estudio de Prefactibilidad Central Hidroeléctrica "Nanegal". Quito.
- FAO, 2000. Evapotranspiración del Cultivo, FIAT PANIS, Italia.
- Flores, I., (2010). La deforestación y su influencia en los caudales <http://www.emi.edu.bo/documentos/revistas/Flores.pdf>

- GUROVICH, L, 1985. Fundamentos y Diseño de Sistemas de Riego, IICA, Costa Rica.
- INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuarios Hidrológicos
- INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuarios Meteorológicos
- INIAP. (2008). GEOPOLÍTICA Y TRANSFORMACIONES AGRARIAS. El Valle del Quijos en la Amazonía Ecuatoriana. Quito.
- Mena, P., (2010). Evolución de la dinámica de los escurrimientos en zonas de alta montaña: Caso del volcán Antisana. Quito: EPN
- Monsalve, G. (1990). Hidrología en la Ingeniería.
- Programa computacional HEC-HMS versión 3.1.0. Manual del Usuario. <http://web.usal.es/~javisan/hidro/Complementos/Hec-hms3.pdf>
- Proyecto Hidroeléctrico Quijos-Fase II-Diseño de Licitación-Informe General-Anexo D-Meteorología, Hidrología, Sedimentología. (ASOCIACIÓN ASTEC-INTEGRAL).
- Ríos, L. (2010). Incidencia de la variabilidad climática en los caudales mínimos del Ecuador. Quito: EPN
- Sarria F. y J. Palazón. (2008). Modelización de sistemas ambientales. Capítulo 6: Estimación de parámetros, validación de modelos y análisis de sensibilidad. Universidad de Murcia – España. <http://ocw.um.es/ciencias/modelización-de-sistemas-ambientales>.

- Serrano, J. (2010). Regionalización espacial de series climáticas mensuales caso de estudio: Cuenca del río Guayllabamba. Quito: EPN.
- Vélez, J., Poveda, G., Mesa, O., Hoyos, C., Salazar, L., y Fredy Mejía. Modelo de Interacción suelo-atmósfera para la estimación de caudales medios mensuales en Colombia.
- VEN TE CHOW. Hidrología Aplicada.
- VIESSMAN. Introduction to hydrology.
- VILLACÍS, O., & ANDRADE, L. (1985). Instructivo detallado de cálculos hidrológicos. Quito: EPN.

# CAPÍTULO 11

## ANEXOS

### 1. MAPAS

- ✚ Estaciones Climatológicas
- ✚ Estaciones Pluviográficas y Pluviométricas
- ✚ Estaciones Hidrológicas
- ✚ Cuenca del río Alambi en Churupamba
- ✚ Cuenca del río Intag
- ✚ Cuenca del río Quijos en Baeza
- ✚ Uso del suelo cuenca del río Alambi en Churupamba año 1980
- ✚ Uso del suelo cuenca del río Intag año 1980
- ✚ Uso del suelo cuenca del río Quijos en Baeza año 1979
- ✚ Uso del suelo cuenca del río Alambi en Churupamba año 2000
- ✚ Uso del suelo cuenca del río Intag año 2000
- ✚ Uso del suelo cuenca del río Quijos en Baeza año 2000
- ✚ Tipo del suelo cuenca del río Alambi en Churupamba
- ✚ Tipo del suelo cuenca del río Intag
- ✚ Tipo del suelo cuenca del río Quijos en Baeza

### 2. SERIES HIDROMETEOROLÓGICAS MENSUALES

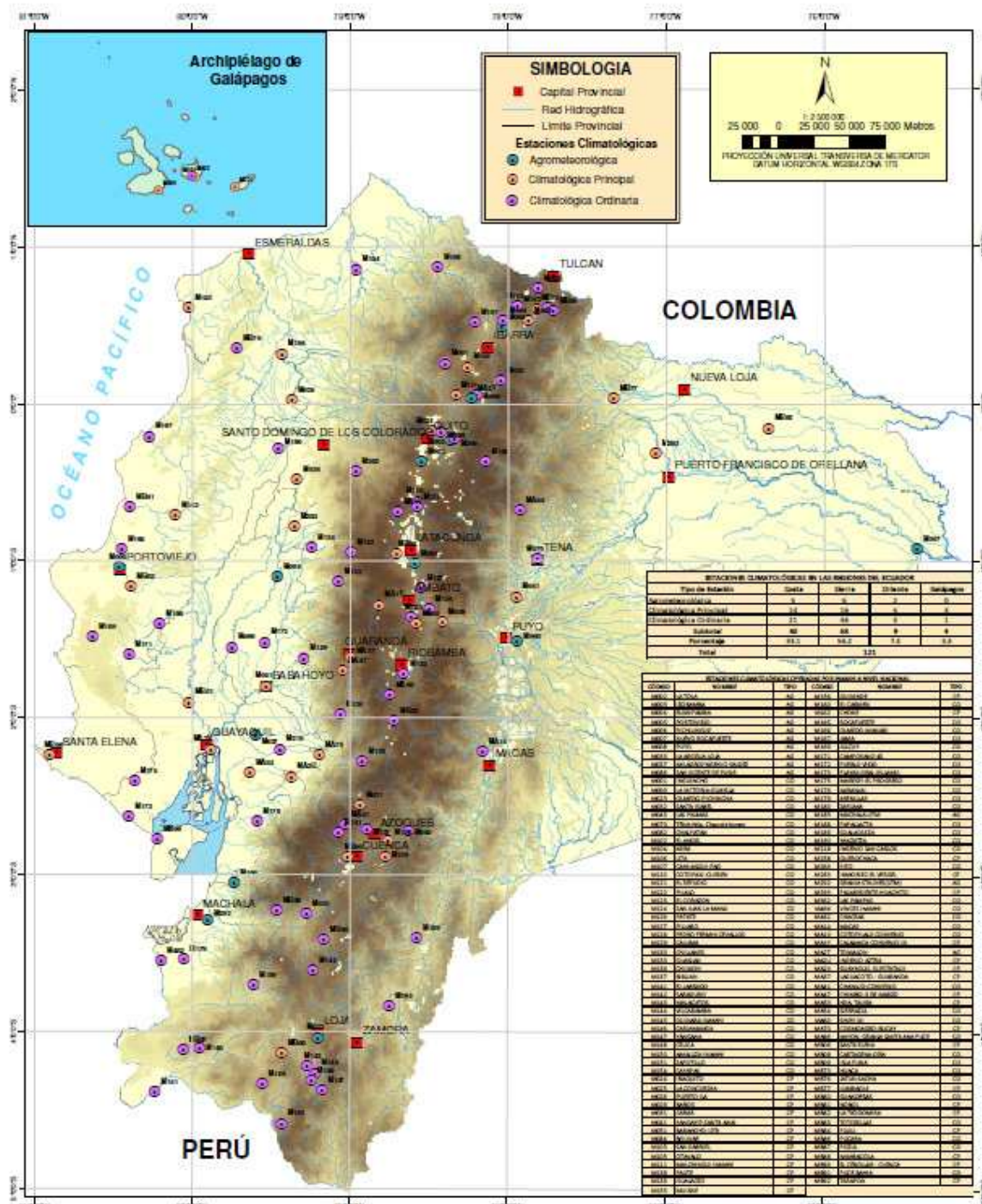
### 3. SERIES DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS Y CAUDALES MÁXIMOS REGISTRADOS

### 4. EJEMPLO DE CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA (CN)

### 5. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y SERIES MENSUALES OBTENIDAS

## **6. HIDROGRAMAS GENERADOS CON EL MODELO HEC-HMS 3.5 (PARA TR=5AÑOS)**

**ANEXO No 1**  
**MAPAS**



ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS EN LAS ANCHAS DEL ECUADOR					
Tipo de Estación	El Oro	Sucumbios	El Guano	El Cajas	El Cajas
Agrometeorológica	3	3	7	0	0
Estación Principal	13	13	3	0	0
Estación Ordinaria	25	25	0	0	0
<b>Subtotal</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>33.3</b>	<b>33.3</b>	<b>8.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>Total</b>	<b>121</b>				

ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS EN LAS ANCHAS DEL ECUADOR					
CÓDIGO	PROV.	CÓDIGO	PROV.	CÓDIGO	PROV.
0001	El Oro	0001	El Oro	0001	El Oro
0002	El Oro	0002	El Oro	0002	El Oro
0003	El Oro	0003	El Oro	0003	El Oro
0004	El Oro	0004	El Oro	0004	El Oro
0005	El Oro	0005	El Oro	0005	El Oro
0006	El Oro	0006	El Oro	0006	El Oro
0007	El Oro	0007	El Oro	0007	El Oro
0008	El Oro	0008	El Oro	0008	El Oro
0009	El Oro	0009	El Oro	0009	El Oro
0010	El Oro	0010	El Oro	0010	El Oro
0011	El Oro	0011	El Oro	0011	El Oro
0012	El Oro	0012	El Oro	0012	El Oro
0013	El Oro	0013	El Oro	0013	El Oro
0014	El Oro	0014	El Oro	0014	El Oro
0015	El Oro	0015	El Oro	0015	El Oro
0016	El Oro	0016	El Oro	0016	El Oro
0017	El Oro	0017	El Oro	0017	El Oro
0018	El Oro	0018	El Oro	0018	El Oro
0019	El Oro	0019	El Oro	0019	El Oro
0020	El Oro	0020	El Oro	0020	El Oro
0021	El Oro	0021	El Oro	0021	El Oro
0022	El Oro	0022	El Oro	0022	El Oro
0023	El Oro	0023	El Oro	0023	El Oro
0024	El Oro	0024	El Oro	0024	El Oro
0025	El Oro	0025	El Oro	0025	El Oro
0026	El Oro	0026	El Oro	0026	El Oro
0027	El Oro	0027	El Oro	0027	El Oro
0028	El Oro	0028	El Oro	0028	El Oro
0029	El Oro	0029	El Oro	0029	El Oro
0030	El Oro	0030	El Oro	0030	El Oro
0031	El Oro	0031	El Oro	0031	El Oro
0032	El Oro	0032	El Oro	0032	El Oro
0033	El Oro	0033	El Oro	0033	El Oro
0034	El Oro	0034	El Oro	0034	El Oro
0035	El Oro	0035	El Oro	0035	El Oro
0036	El Oro	0036	El Oro	0036	El Oro
0037	El Oro	0037	El Oro	0037	El Oro
0038	El Oro	0038	El Oro	0038	El Oro
0039	El Oro	0039	El Oro	0039	El Oro
0040	El Oro	0040	El Oro	0040	El Oro
0041	El Oro	0041	El Oro	0041	El Oro
0042	El Oro	0042	El Oro	0042	El Oro
0043	El Oro	0043	El Oro	0043	El Oro
0044	El Oro	0044	El Oro	0044	El Oro
0045	El Oro	0045	El Oro	0045	El Oro
0046	El Oro	0046	El Oro	0046	El Oro
0047	El Oro	0047	El Oro	0047	El Oro
0048	El Oro	0048	El Oro	0048	El Oro
0049	El Oro	0049	El Oro	0049	El Oro
0050	El Oro	0050	El Oro	0050	El Oro
0051	El Oro	0051	El Oro	0051	El Oro
0052	El Oro	0052	El Oro	0052	El Oro
0053	El Oro	0053	El Oro	0053	El Oro
0054	El Oro	0054	El Oro	0054	El Oro
0055	El Oro	0055	El Oro	0055	El Oro
0056	El Oro	0056	El Oro	0056	El Oro
0057	El Oro	0057	El Oro	0057	El Oro
0058	El Oro	0058	El Oro	0058	El Oro
0059	El Oro	0059	El Oro	0059	El Oro
0060	El Oro	0060	El Oro	0060	El Oro
0061	El Oro	0061	El Oro	0061	El Oro
0062	El Oro	0062	El Oro	0062	El Oro
0063	El Oro	0063	El Oro	0063	El Oro
0064	El Oro	0064	El Oro	0064	El Oro
0065	El Oro	0065	El Oro	0065	El Oro
0066	El Oro	0066	El Oro	0066	El Oro
0067	El Oro	0067	El Oro	0067	El Oro
0068	El Oro	0068	El Oro	0068	El Oro
0069	El Oro	0069	El Oro	0069	El Oro
0070	El Oro	0070	El Oro	0070	El Oro
0071	El Oro	0071	El Oro	0071	El Oro
0072	El Oro	0072	El Oro	0072	El Oro
0073	El Oro	0073	El Oro	0073	El Oro
0074	El Oro	0074	El Oro	0074	El Oro
0075	El Oro	0075	El Oro	0075	El Oro
0076	El Oro	0076	El Oro	0076	El Oro
0077	El Oro	0077	El Oro	0077	El Oro
0078	El Oro	0078	El Oro	0078	El Oro
0079	El Oro	0079	El Oro	0079	El Oro
0080	El Oro	0080	El Oro	0080	El Oro
0081	El Oro	0081	El Oro	0081	El Oro
0082	El Oro	0082	El Oro	0082	El Oro
0083	El Oro	0083	El Oro	0083	El Oro
0084	El Oro	0084	El Oro	0084	El Oro
0085	El Oro	0085	El Oro	0085	El Oro
0086	El Oro	0086	El Oro	0086	El Oro
0087	El Oro	0087	El Oro	0087	El Oro
0088	El Oro	0088	El Oro	0088	El Oro
0089	El Oro	0089	El Oro	0089	El Oro
0090	El Oro	0090	El Oro	0090	El Oro
0091	El Oro	0091	El Oro	0091	El Oro
0092	El Oro	0092	El Oro	0092	El Oro
0093	El Oro	0093	El Oro	0093	El Oro
0094	El Oro	0094	El Oro	0094	El Oro
0095	El Oro	0095	El Oro	0095	El Oro
0096	El Oro	0096	El Oro	0096	El Oro
0097	El Oro	0097	El Oro	0097	El Oro
0098	El Oro	0098	El Oro	0098	El Oro
0099	El Oro	0099	El Oro	0099	El Oro
0100	El Oro	0100	El Oro	0100	El Oro

**CONTENIDO:**  
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

**DESCRIPCIÓN**  
Estaciones Climatológicas Operadas por el INAMHI

**FUENTE:**  
- Instituto Geográfico Militar, 2000, Base Nacional escala 1: 250 000  
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambí, Imagu y Quijos"

**DIRECTOR:**  
Dr. Ing. Laureano Andrade

**REVISÓ:**  
Pablo Valderrama R.

**DIBUJÓ:**  
Pablo Valderrama R.

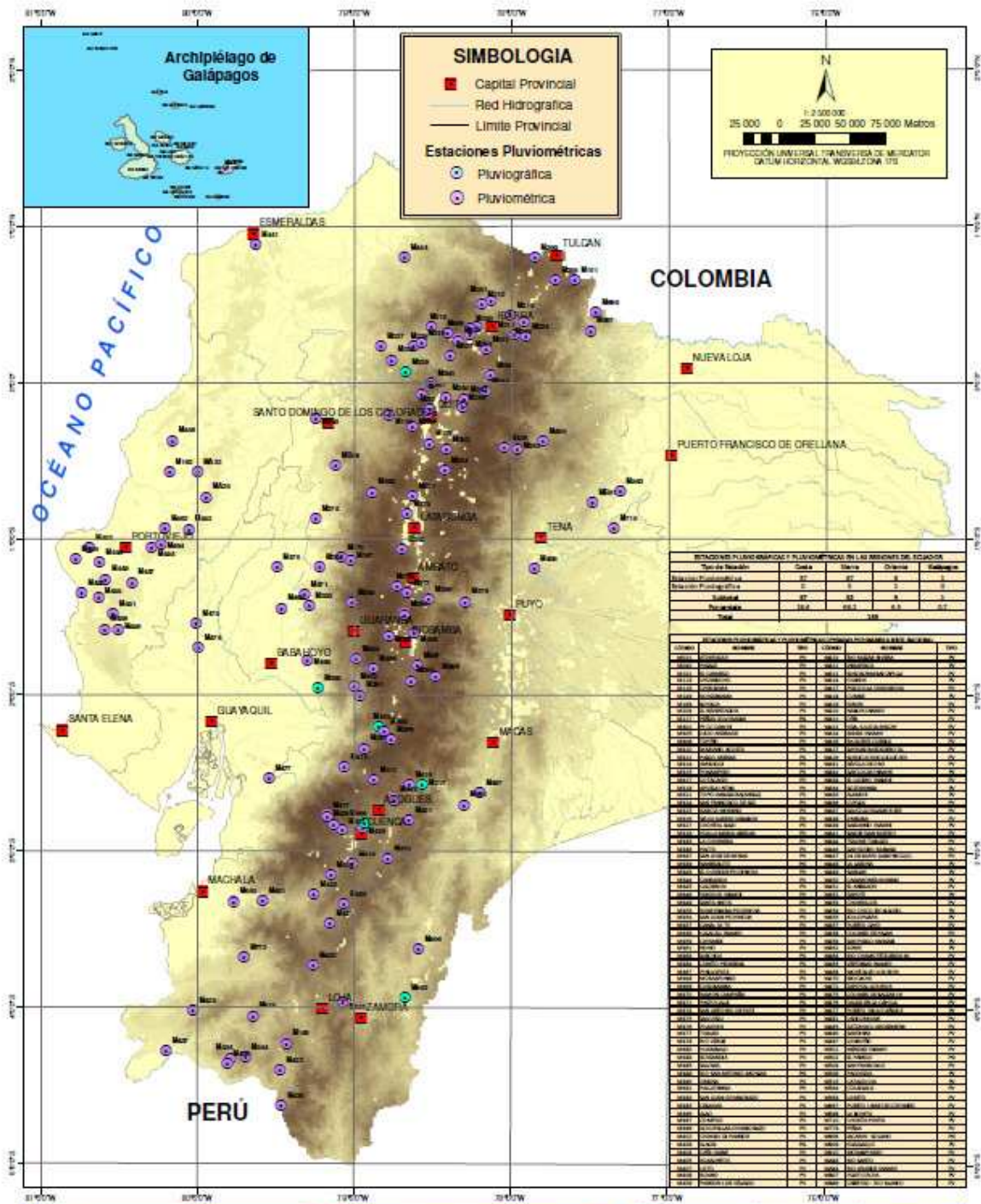
**ESCALA DE TRABAJO:**  
1: 250 000

**ESCALA DE IMAGEN:**  
1: 2 500 000

**FECHA:**  
Julio 2011

**NÚMERO:**  
1 / 1





**CONTENIDO:**  
ESTACIONES PLUVIOGRÁFICAS Y PLUVIOMÉTRICAS

**DESCRIPCIÓN**  
Ubicación de las Estaciones Pluviométricas y Pluviográficas Operadas por INAMHI a Nivel Nacional

**FUENTE:**  
- Instituto Geográfico Militar, 2005, Base Nacional escala 1: 250 000  
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Albambí, Intag y Oujos"

**DIRECTOR:**  
Dr. Ing. Laureano Andrade

**REVISÓ:**  
Pablo Valdiviazo R.

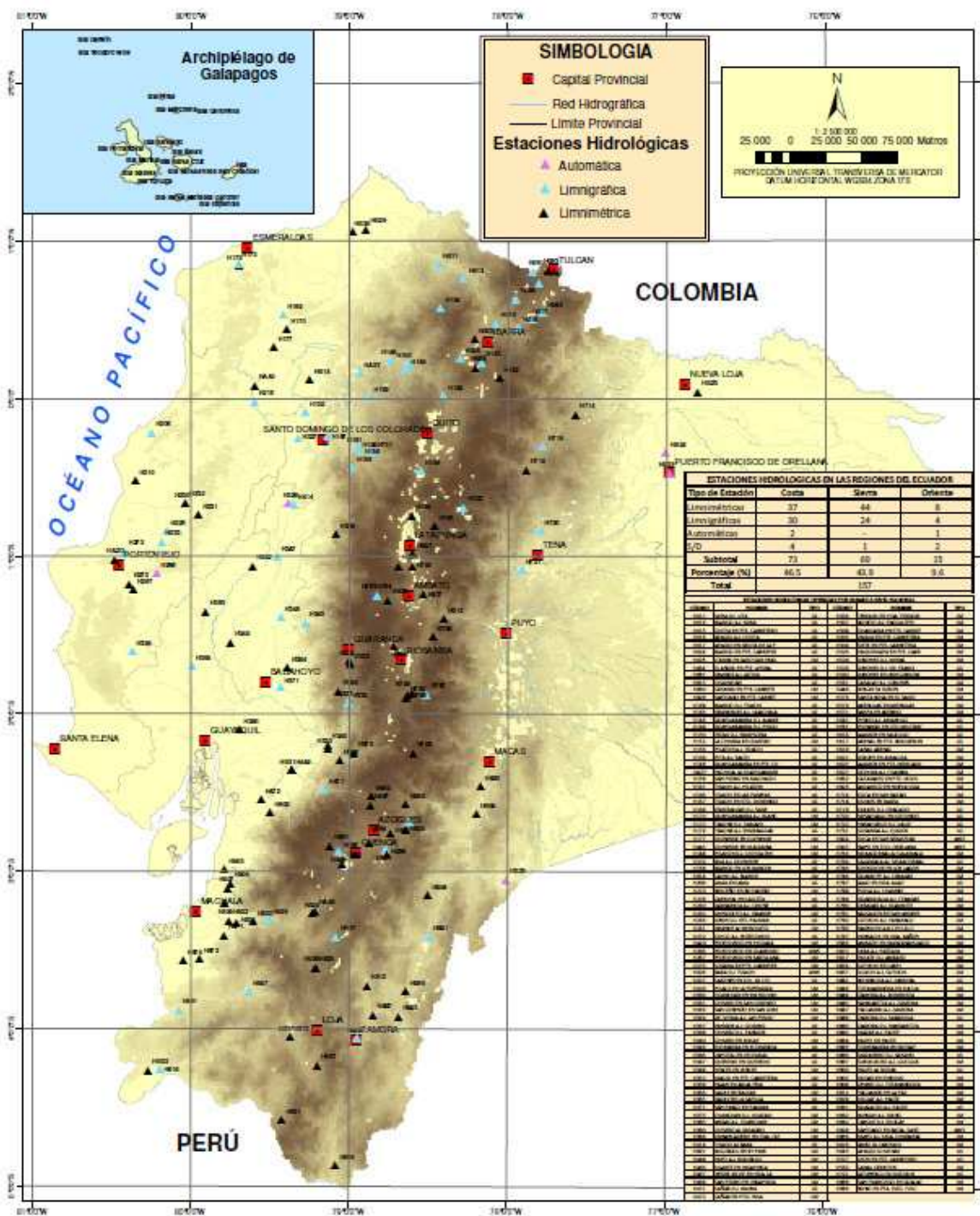
**DISUJO:**  
Pablo Valdiviazo R.

**ESCALA DE TRAZADO:**  
1: 250 000

**ESCALA DE IMPRESIÓN:**  
1: 2 500 000

**FECHA:**  
Julio 2011

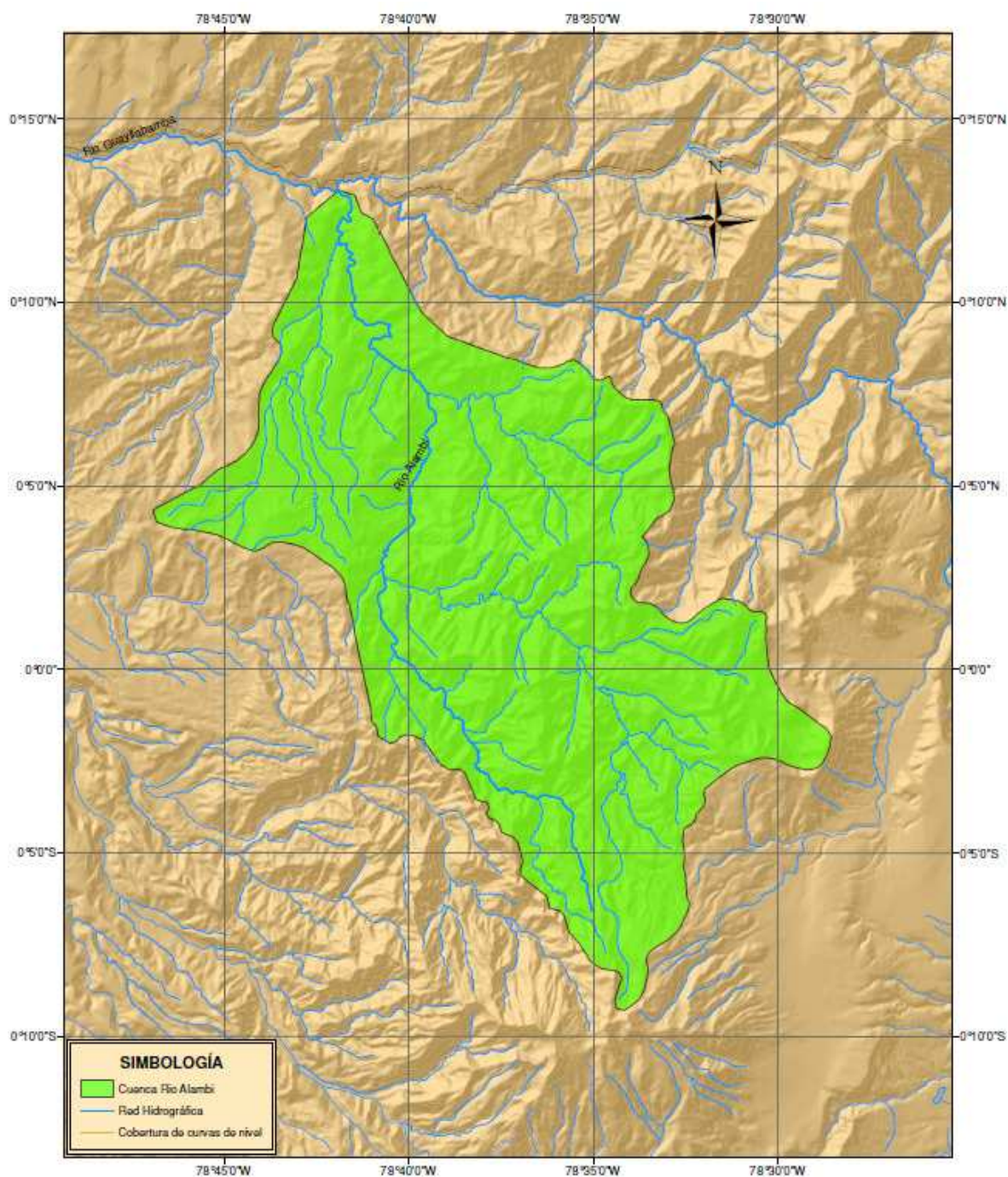
**NÚMERO:**  
1 / 1



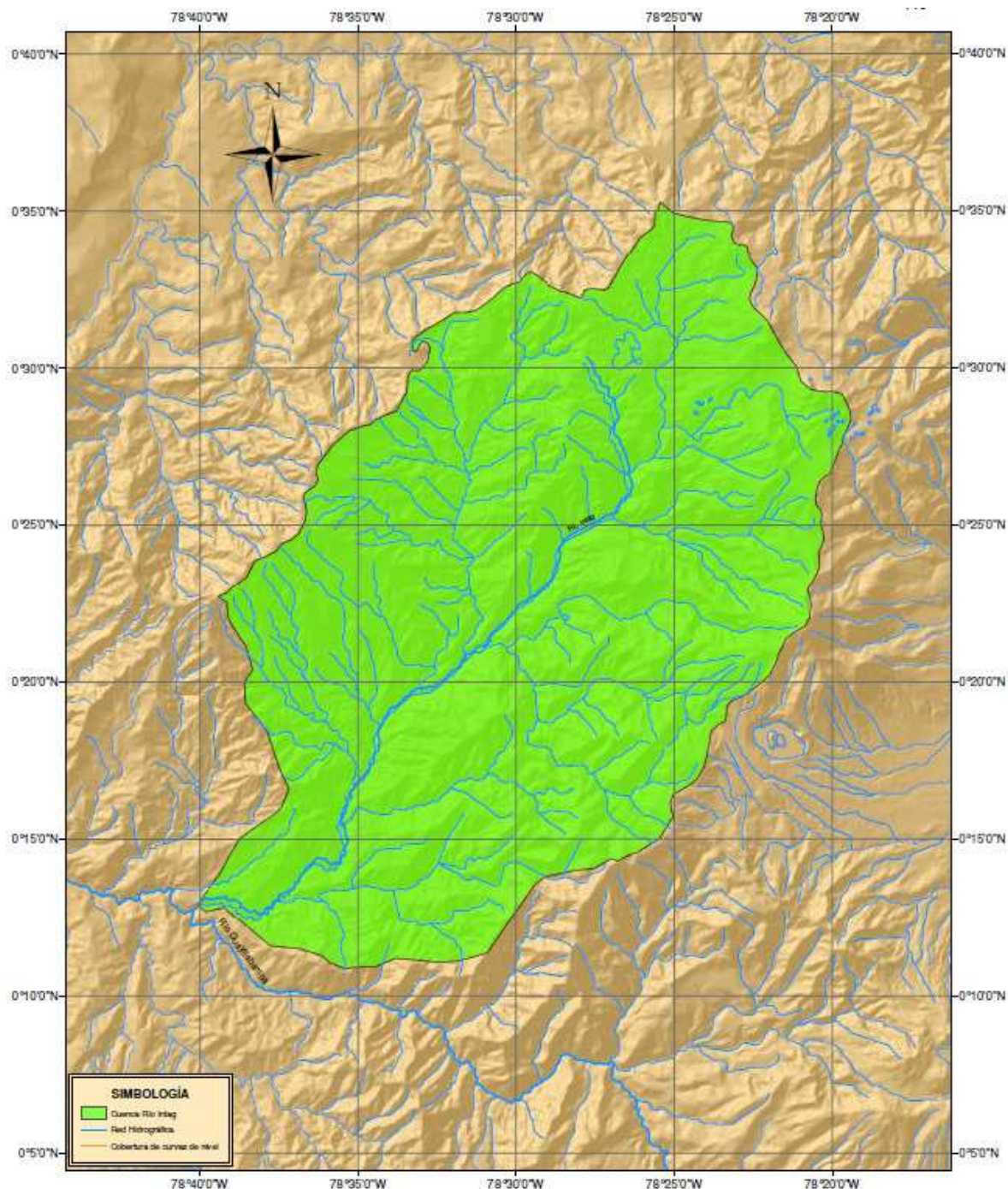
Tipo de Estación	Costa	Sierra	Oriente
Limnimétricas	37	64	6
Limnigráficas	30	24	4
Automáticas	2	-	1
<b>SUB</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Porcentaje (%)	66.5	43.8	9.6
<b>Total</b>	<b>157</b>		

Código	Nombre	Coordenadas	Altitud	Provincia	Región
001	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
002	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
003	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
004	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
005	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
006	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
007	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
008	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
009	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
010	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
011	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
012	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
013	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
014	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
015	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
016	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
017	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
018	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
019	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
020	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
021	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
022	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
023	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
024	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
025	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
026	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
027	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
028	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
029	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
030	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
031	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
032	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
033	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
034	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
035	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
036	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
037	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
038	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
039	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
040	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
041	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
042	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
043	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
044	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
045	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
046	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
047	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
048	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
049	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
050	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
051	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
052	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
053	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
054	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
055	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
056	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
057	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
058	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
059	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
060	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
061	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
062	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
063	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
064	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
065	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
066	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
067	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
068	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
069	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
070	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
071	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
072	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
073	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
074	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
075	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
076	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
077	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
078	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
079	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
080	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
081	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
082	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
083	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
084	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
085	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
086	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
087	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
088	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
089	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
090	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
091	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
092	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
093	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
094	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
095	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
096	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
097	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
098	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
099	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa
100	Alto de la Cruz	00° 15' S 78° 15' W	2500	Esmeraldas	Costa

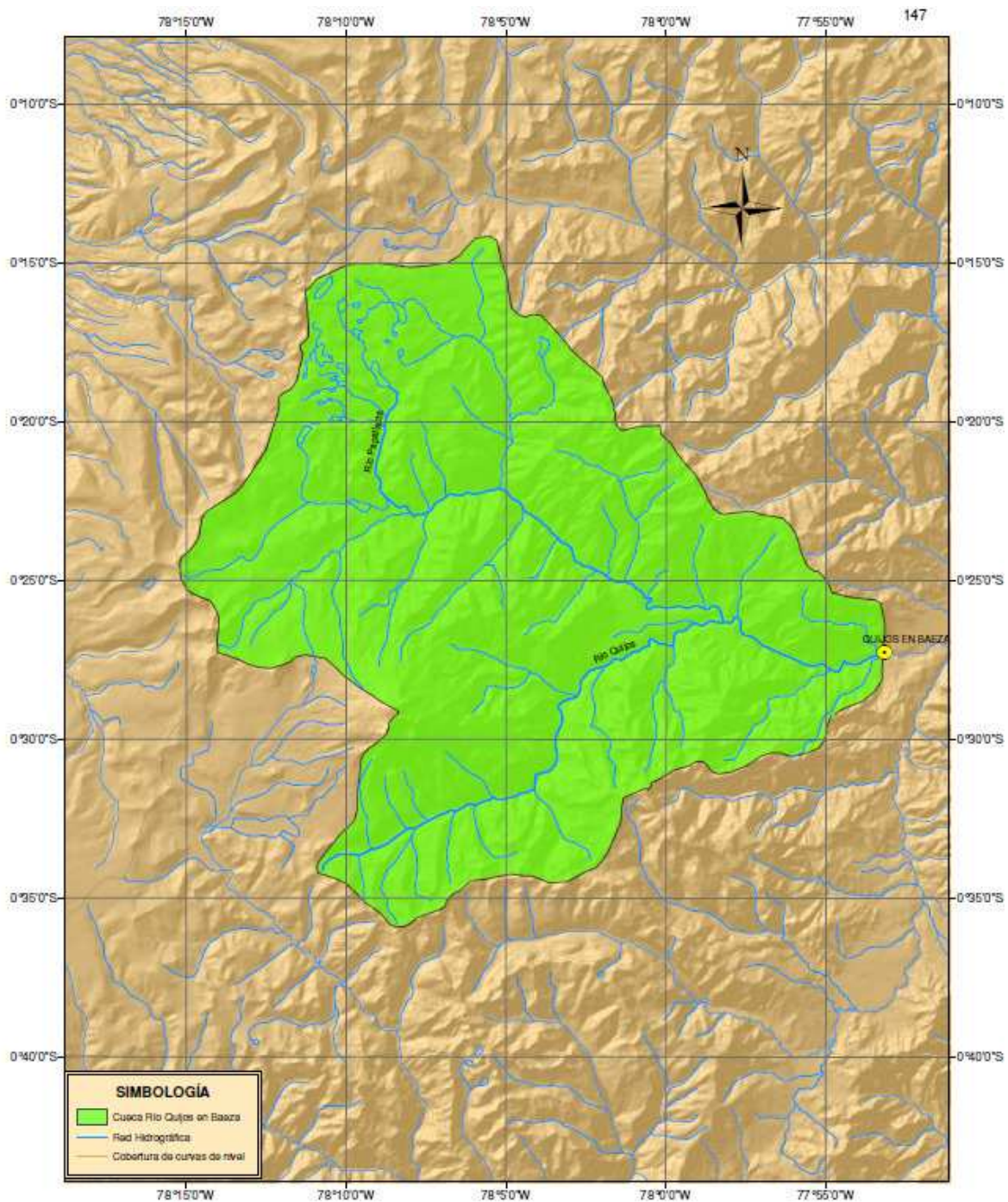
<b>CONTENIDO:</b> ESTACIONES HIDROLÓGICAS  <b>DESCRIPCIÓN</b> Ubicación de las Estaciones Hidrológicas Operadas por INAMHI a Nivel Nacional  <b>FUENTE:</b> Instituto Geográfico Militar, 2008, Base Nacional escala 1: 250 000 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI	<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  "Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambí, Intag y Otjos"	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Luis Alberto Andrade	<b>ESCALA DE TRABAJO:</b> 1: 250 000
		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valderrama R.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1: 2 500 000
		<b>DESUJÓ:</b> Pablo Valderrama R.	<b>FECHA:</b> Julio 2011  <b>NÚMERO:</b> 1 / 1



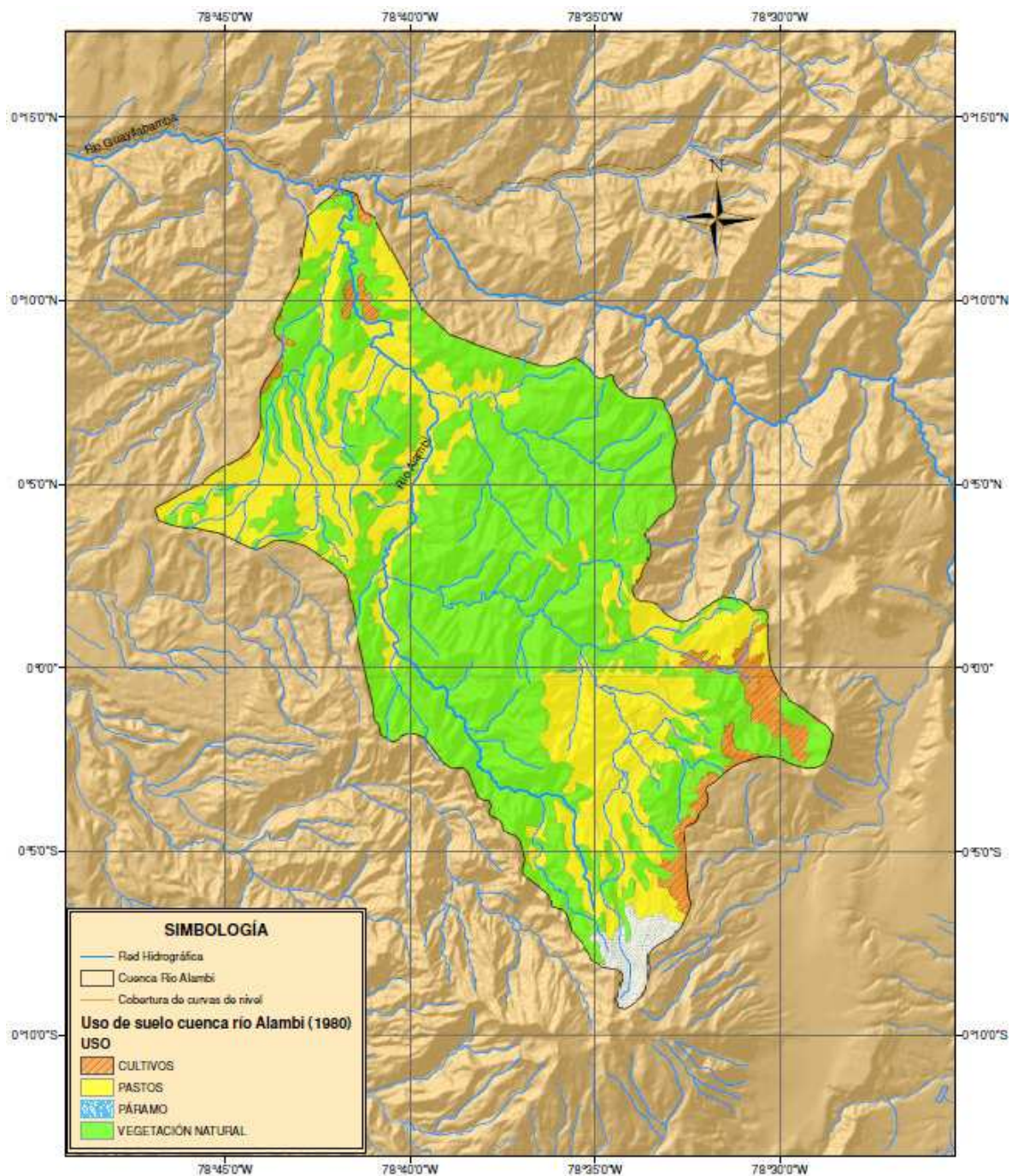
<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RIO ALAMBI EN CHURUPAMBA	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CÁRTERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Laureano Andrade	<b>ESCALA DE TRAZADO:</b> 1: 250 000
<b>DESCRIPCIÓN</b> Cuenca de Drenaje e Hidrografía		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1: 170 000
<b>FUENTE:</b> - Instituto Geográfico Militar, 2000, Base Nacional escala 1: 250 000 - Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)	"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuenca de los Ríos: Alambi, Intag y Quijos"	<b>DEBUCÓ:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>FECHA:</b> Julio 2011
			<b>Nº:</b> 1 / 1



<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RÍO INTAG	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Luisano Andrade	<b>ESCALA DE TIRAJA:</b> 1:250 000
<b>DESCRIPCIÓN</b> Cuenca de Drenaje e Hidrografía		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valdivieso T.	<b>COORDINACIONES:</b> ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:200 000
<b>FUENTE:</b> - Instituto Geográfico Militar, 2000, Base Nacional escala 1:250 000 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)		<b>DISEÑO:</b> Pablo Valdivieso T.	<b>FECHA:</b> Julio 2011 <b>NÚM.</b> 1 / 1

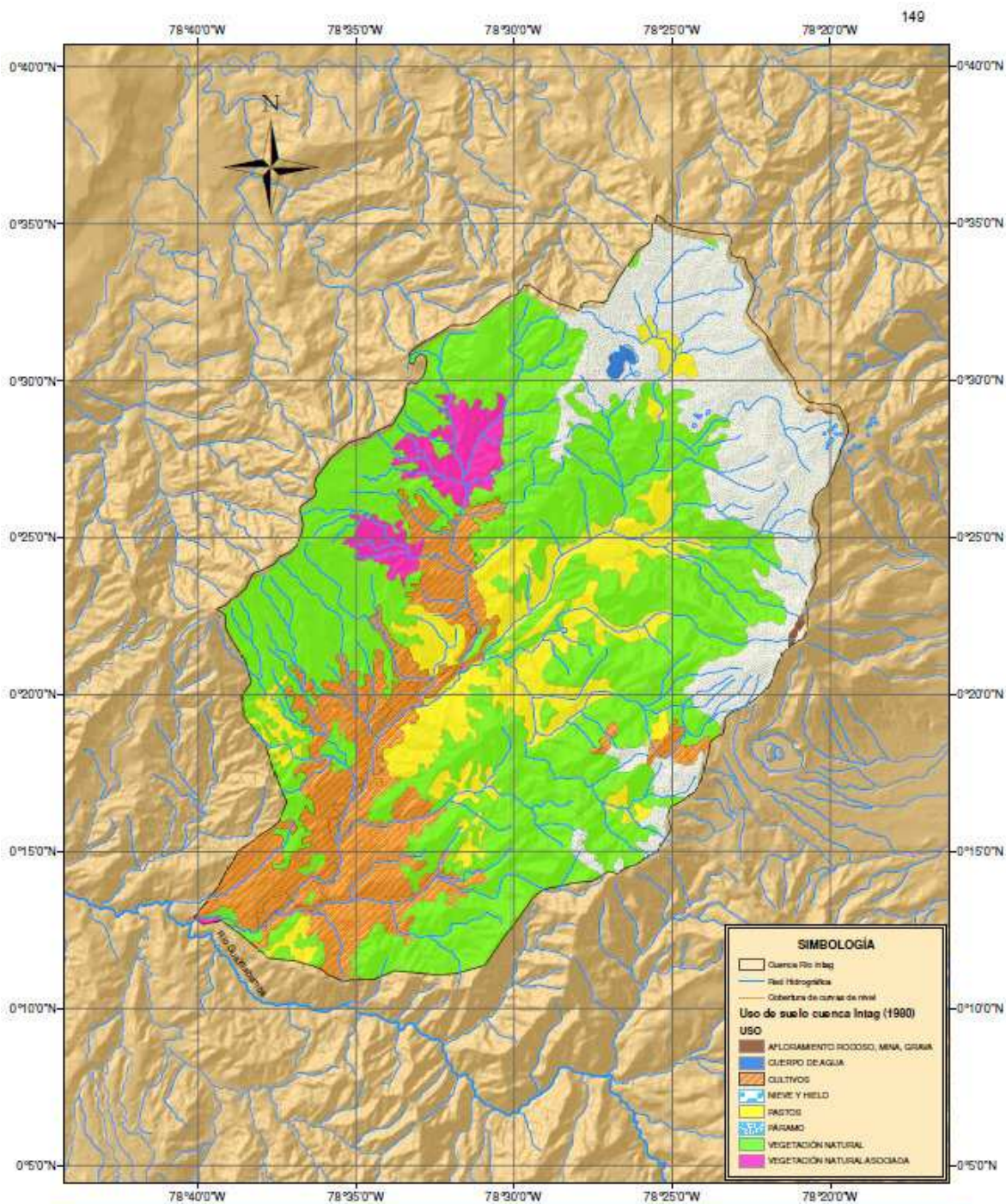


<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RÍO QUIJOS EN BAEZA	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARREERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Laureano Anbrak	<b>ESCALA DE TRAZADO:</b> 1: 250 000
<b>DESCRIPCIÓN</b> Cuenca Hidrográfica e Hidrográfica		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1: 200 000
<b>FUENTE:</b> Instituto Geográfico Militar, 2005, Base Nacional escala 1: 250 000 Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO)		"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales: Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambi, Intag y Quijos"	<b>DIBUJÓ:</b> Pablo Valdivieso R.



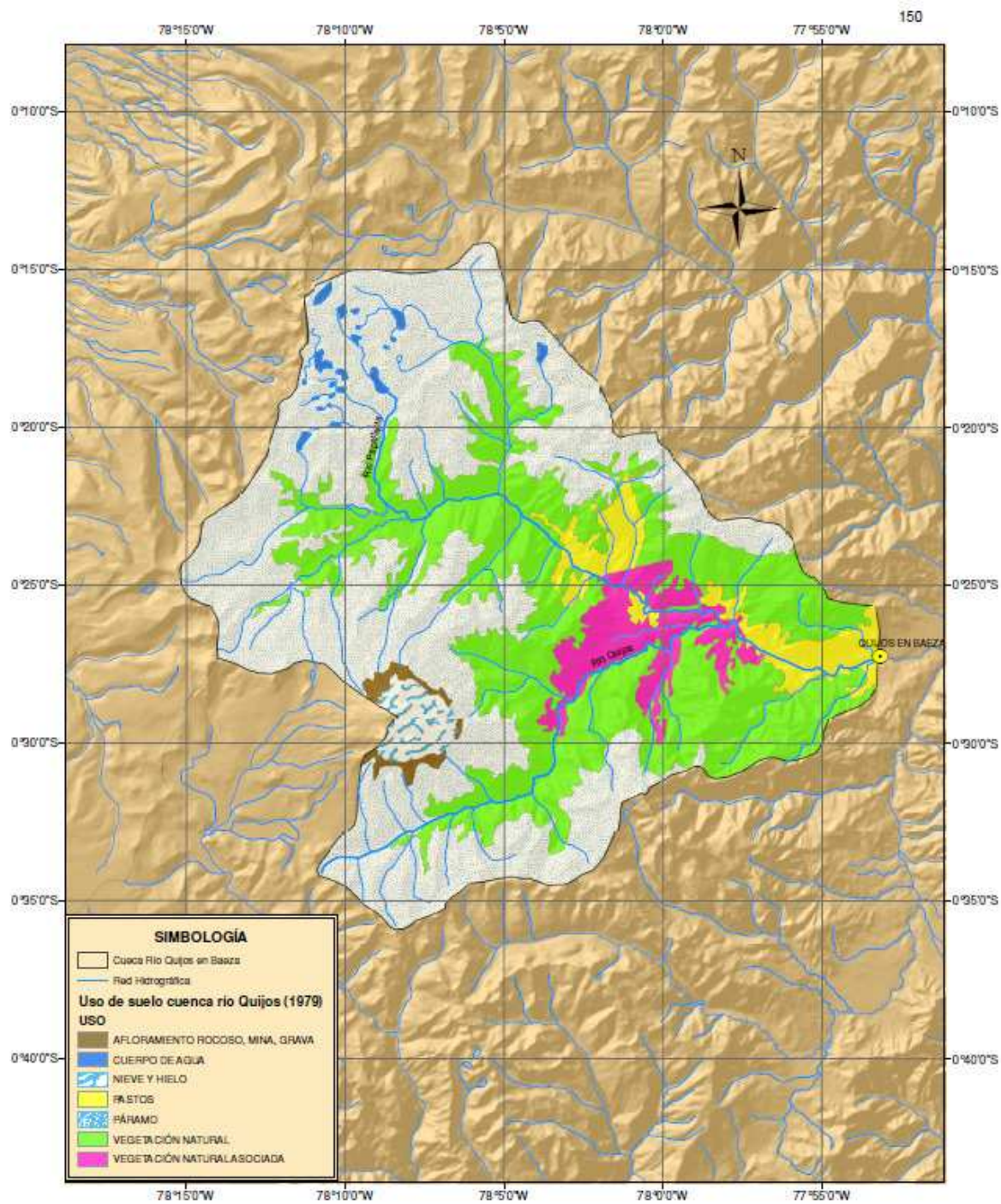
<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RIO ALAMBI EN CHURUMBAMBA	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Laureano Arambulo	<b>ESCALA DE TRABAJO:</b> 1:250 000	
<b>DESCRIPCIÓN</b> Uso del suelo año 1980		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>REVISIONES:</b>	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:170 000
<b>FUENTE:</b> - Instituto Geográfico Militar, 2000, Dato Nacional escala 1:250 000 - Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGA-GAPC)		<b>DEBUIÓ:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>FECHA:</b> Julio 2011	<b>MAPA:</b> 1 / 1

"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambi, Intag y Quijos"



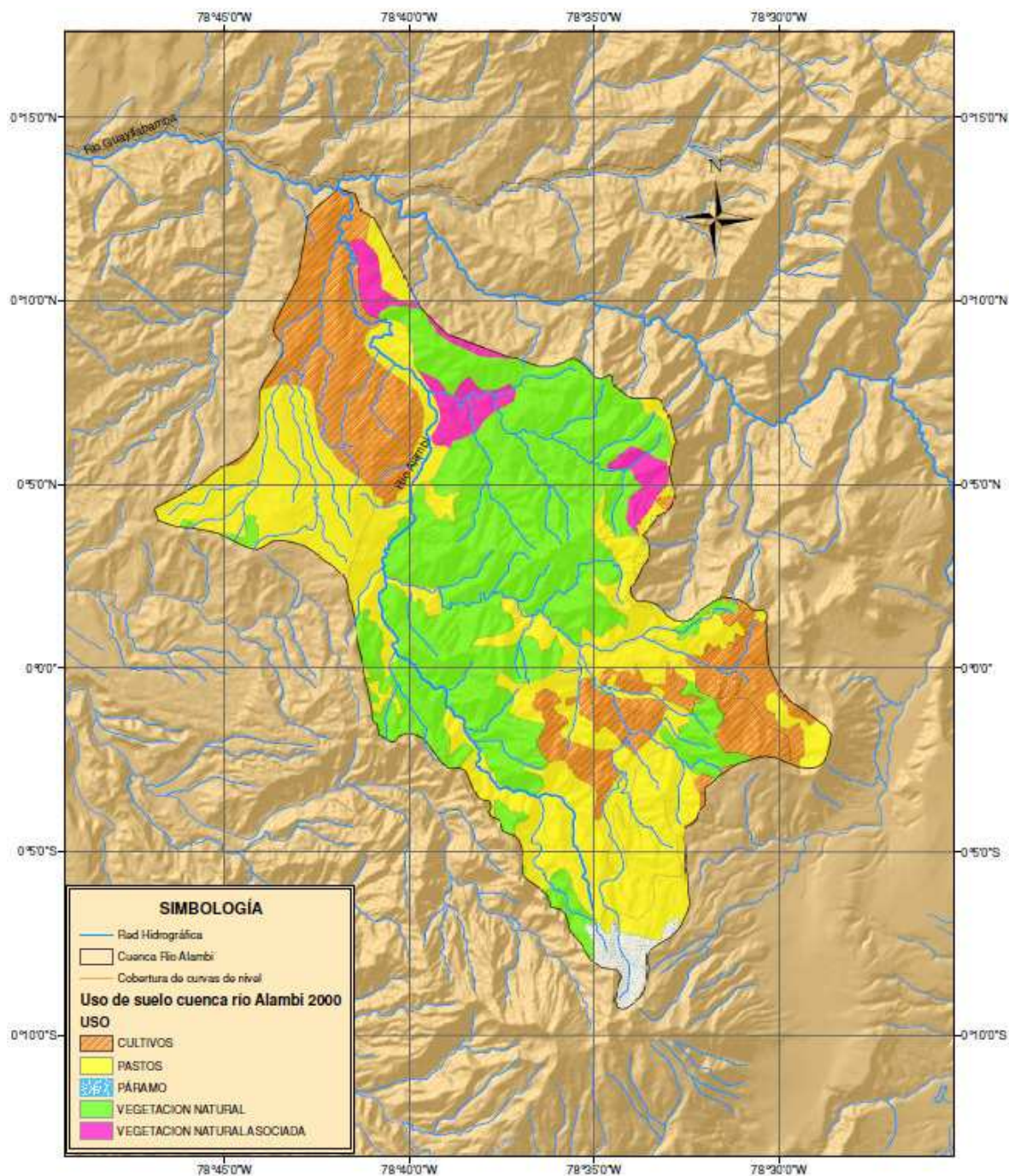
<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RÍO INTAG	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Laureano Andrade	<b>ESCALA DE TRABAJO:</b> 1:250 000
<b>DESCRIPCIÓN:</b> Uso del suelo año 1990		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valdiviazo R.	<b>ESCALA DE REPRESENTACIÓN:</b> 1:200 000
<b>FUENTE:</b> Instituto Geográfico Militar, 2005, Serie Nacional escala 1:250 000 Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO)		<b>DIBUJÓ:</b> Pablo Valdiviazo R.	<b>FECHA:</b> Julio 2011 <b>MIS:</b> 1 / 1

"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambi, Intag y Quijos"

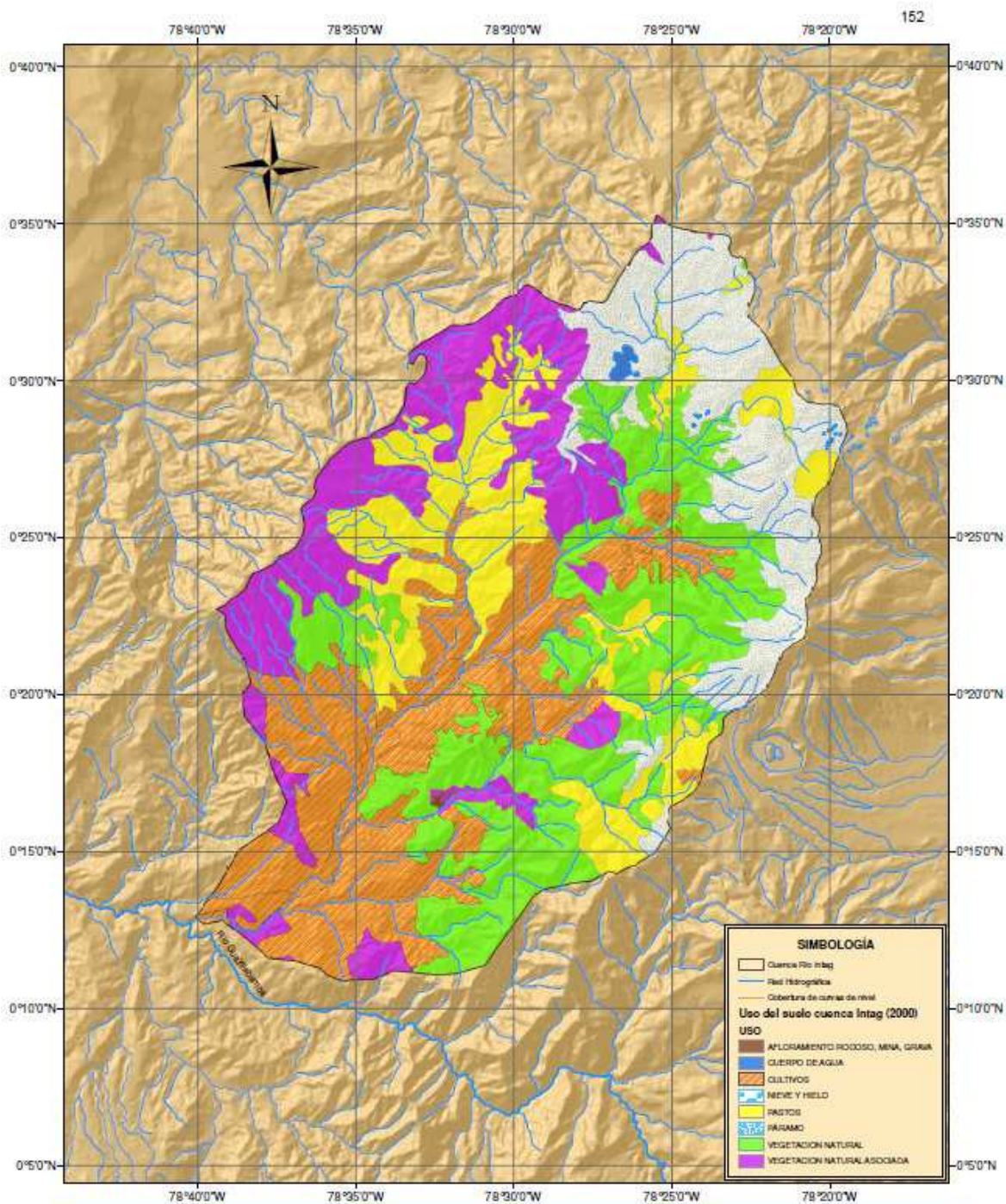


<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RIO QUIJOS EN BAEZA	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Laureano Andrade	<b>ESCALA DE TRAZADO:</b> 1:50 000	
<b>DESCRIPCIÓN</b> Uso de suelo año 1979		<b>REVISÓ:</b> Pablo Velásquez R.	<b>COORDINACIONES:</b>	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:200 000
<b>FUENTE:</b> Instituto Geográfico Militar, 2000, Escala Nacional escala 1:250 000 Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INAP)		<b>DIBUJÓ:</b> Pablo Velásquez R.	<b>FECHA:</b> Julio 2011	<b>MATS:</b> 1 / 1
<b>"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambú, Intag y Quijos"</b>				





<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RÍO ALAMBI EN CHIRIQUÍ	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Leonardo Andrade	<b>ESCALA DE TRABAJO:</b> 1: 250 000	
<b>DESCRIPCIÓN</b>  Uso del suelo año 2000		<b>REVISÓ:</b>  Pablo Valderrama R.	<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1: 170 000
<b>FUENTE:</b> Instituto Geográfico Militar, 2006, Plano Nacional escala 1: 250 000 Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGA/GPIC)		"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambi, Intag y Quijos"	<b>DEBUIÓ:</b>  Pablo Valderrama R.	<b>FECHA:</b> Julio 2011
				<b>NÚMERO:</b> <b>1 / 1</b>

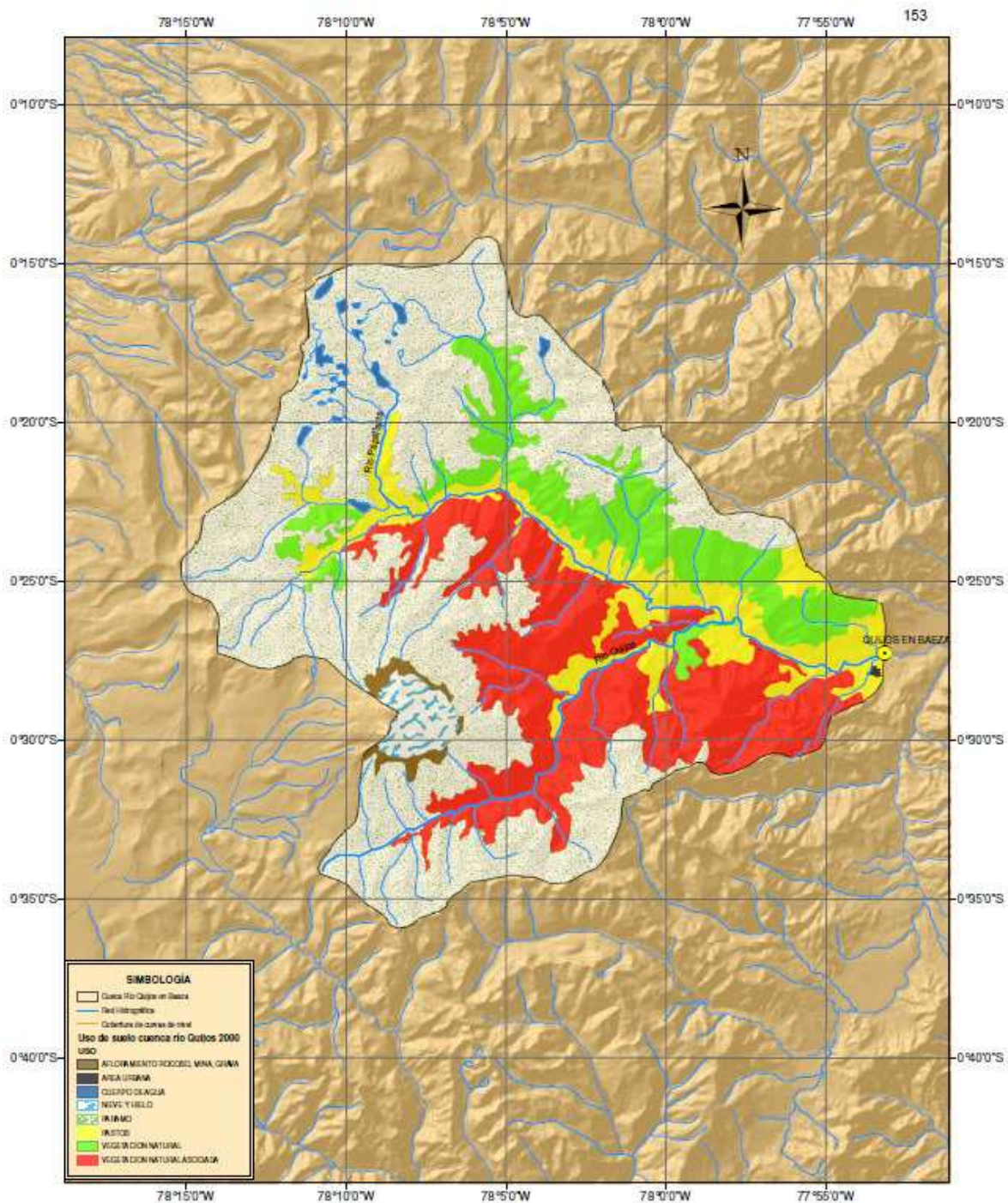


<b>CONTENIDO:</b>	CUENCA DEL RIO INTAG
<b>DESCRIPCION</b>	Uso del suelo año 2000
<b>FUENTE:</b>	Instituto Geográfico Militar, 2005, Base Nacional escala 1: 250 000 Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRIC)

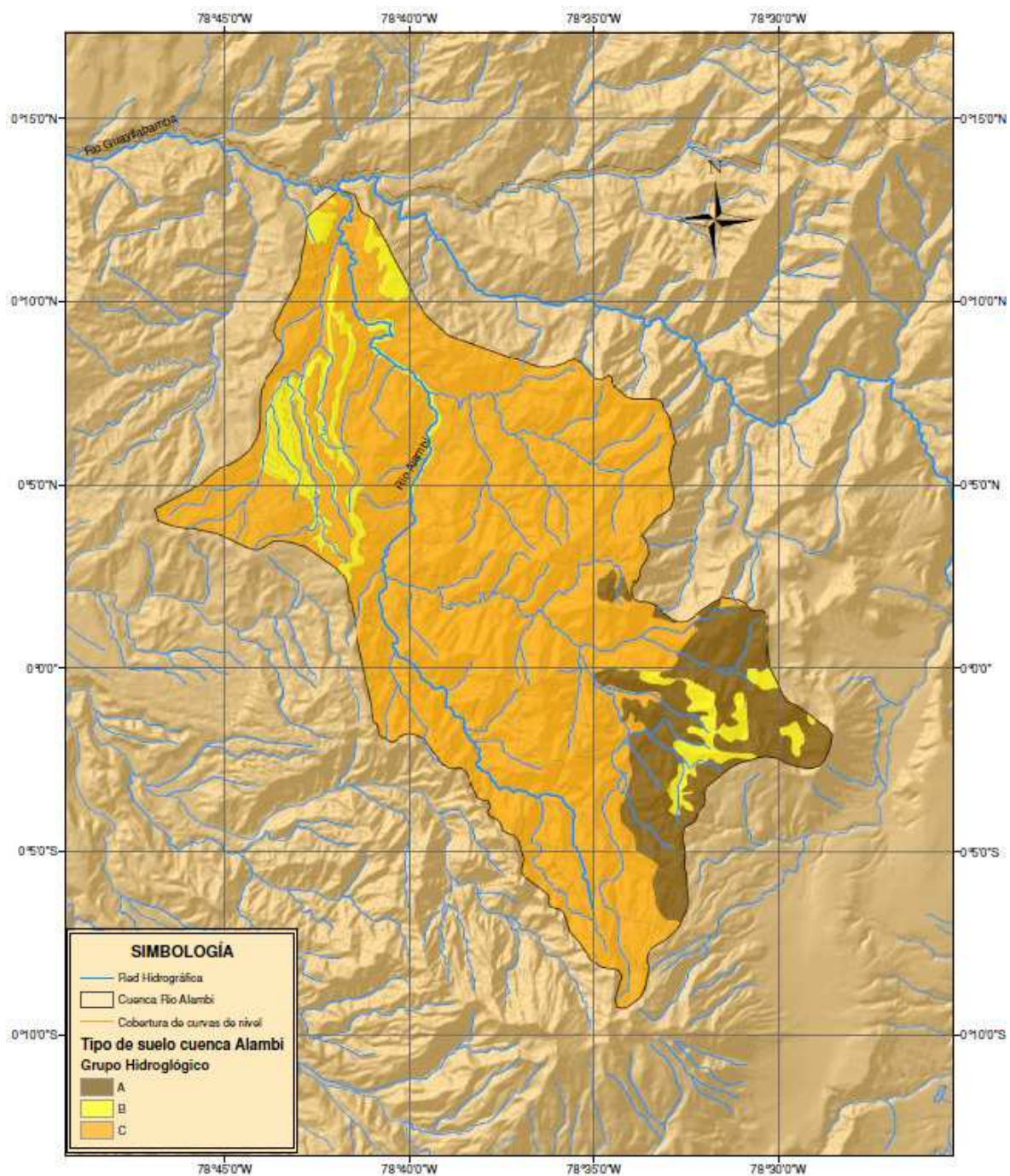
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambi, Intag y Quijos"

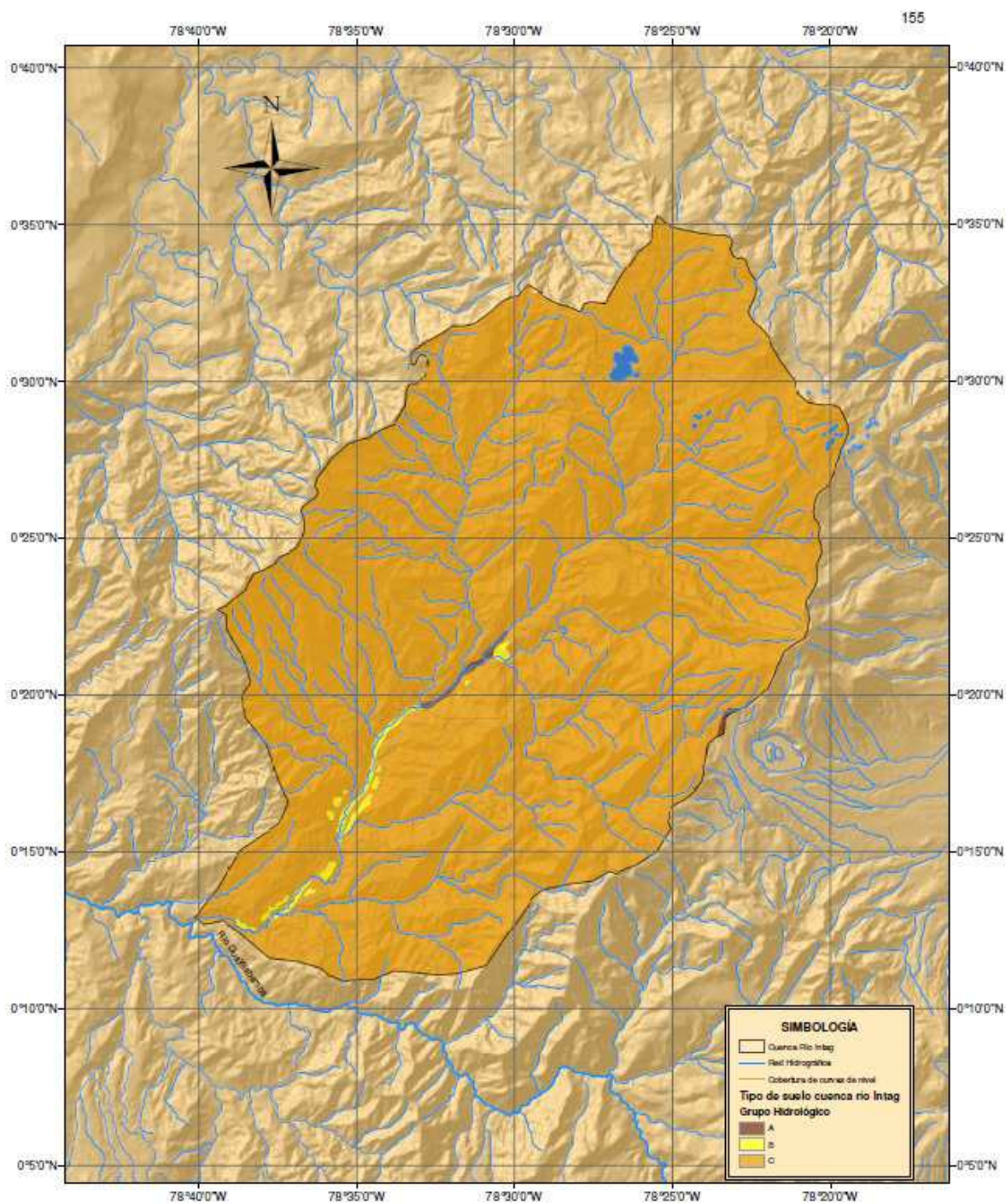
<b>DIRECTOR:</b>	Dr. Ing. Laureano Andrade	<b>ESCALA DE TIRADO:</b>	1: 250 000
<b>REVISOR:</b>	Pablo Valderrama R.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b>	1: 200 000
<b>DESBUJO:</b>	Pablo Valderrama R.	<b>FECHA:</b>	Julio 2011
		<b>NÚMERO:</b>	1 / 1



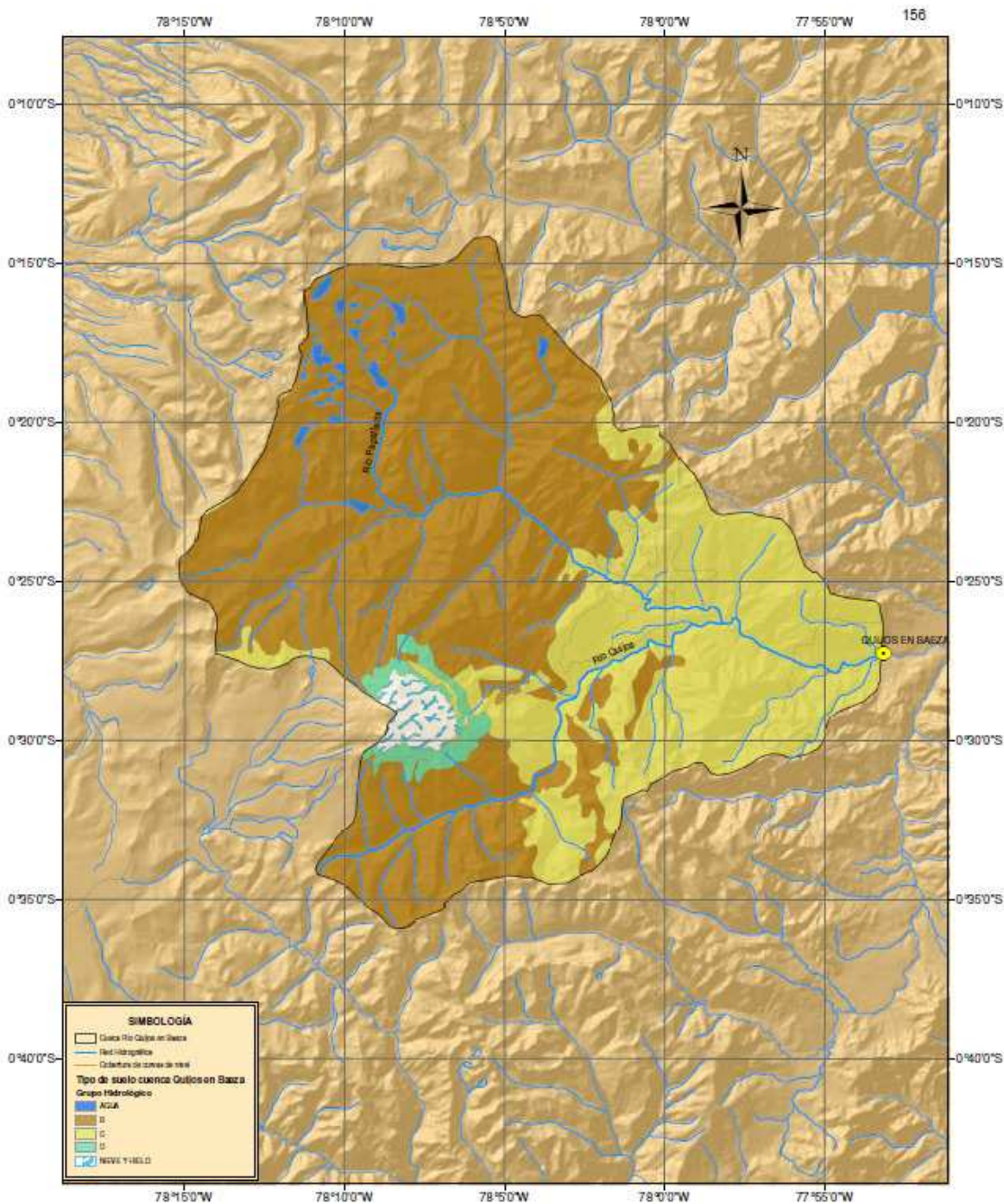
<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RIO QUIJOS EN BAEZA	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL CARRETA DE INGENIERIA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Luciano Andrade	<b>ESCALA DE TRAZADO:</b> 1:250 000
<b>DESCRIPCIÓN</b> Uso del suelo año 2000		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valdivia R.	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:200 000
<b>FUENTE:</b> - Instituto Geográfico Militar, 2006, Base Nacional escala 1:250 000 - Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO)		"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambí, Intag y Quijos".	<b>DIBUJÓ:</b> Pablo Valdivia R.




<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RIO ALAMBI EN CHURUPAMBA	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Luciano Andrade	<b>ESCALA DE TRABAJO:</b> 1:200 000	
<b>DESCRIPCIÓN</b> Tipo de suelo - Grupo Hidrológico		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>OBSERVACIONES:</b>	<b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:170 000
<b>FUENTE:</b> - Instituto Geográfico Militar, 2006, Base Nacional escala 1:250 000 - Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGA/GIAC)		<b>DEBUIÓ:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>FECHA:</b> Julio 2011	<b>MAPA:</b> 1 / 1



<b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RÍO INTAG	 <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	<b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Luciano Andrade	<b>ESCALA DE TRAZADO:</b> 1: 250 000	
<b>DESCRIPCIÓN</b> Tipo de suelo - Grupo Hidrológico		<b>REVISÓ:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>DISTRIBUCIONES:</b> ESCALA DE IMPRESIÓN: 1: 200 000	<b>FECHA:</b> Julio 2011
<b>FUENTE:</b> Instituto Geográfico Militar, 2009. Base Nacional escala 1: 250 000 Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRIC)		"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales; Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambi, Intag y Quijos"	<b>DESUO:</b> Pablo Valdivieso R.	<b>MÉR:</b> 1 / 1



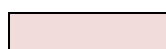
<p><b>CONTENIDO:</b> CUENCA DEL RIO QUIJOS EN BAEZA</p>	 <p><b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>	<p><b>DIRECTOR:</b> Dr. Ing. Laureano Andrade</p>	<p><b>ESCALA DE TRABAJO:</b> 1:200.000</p>	
<p><b>DESCRIPCIÓN</b> Tipo de suelo cuenca Quijos en Baeza</p>		<p><b>REVISÓ:</b> Pablo Valdivieso R.</p>	<p><b>ESCALA DE IMPRESIÓN:</b> 1:200.000</p>	<p><b>FECHA:</b> JUNIO 2011</p>
<p><b>FUENTE:</b> - Instituto Geográfico Militar, 2006, Base Nacional escala 1:250.000 - Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO)</p>		<p>"Incidencia del Cambio en el Uso del Suelo en los Caudales: Casos de Estudio Cuencas de los Ríos: Alambi, Intag y Quijos"</p>	<p><b>DIBUJÓ:</b> Pablo Valdivieso R.</p>	<p><b>NÚMERO:</b> 1 / 1</p>

**ANEXO No 2**  
**SERIES HIDROMETEOROLÓGICAS MENSUALES**

**TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES**

**ESTACION:** LA PERLA      **LATITUD:** 00° 11' 34" N      **CUENCA:** Esmeraldas  
**CODIGO:** M213      **LONGITUD:** 78° 40' 10" W      **PROVINCIA:** Pichincha  
**TIPO:** CO      **ELEVACION:** 1410 msnm      **INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1971	19,1	18,7	18,8	19,1	19,0	18,8	18,7	18,8	19,1	19,1	19,2	18,9	18,9
1972	18,9	19,0	19,0	19,2	19,4	19,0	19,0	19,3	19,0	19,5	19,5	19,4	19,2
1973	19,3	19,5	19,7	19,4	19,1	19,3	19,1	18,9	19,5	19,5	19,6	19,0	19,3
1974	18,9	18,9	19,1	19,2	19,0	18,6	18,6	18,9	18,8	19,2	19,4	19,1	19,0
1975	18,8	19,0	19,0	19,4	19,2	18,8	18,5	19,3	19,1	19,4	19,5	19,4	19,1
1976	19,0	18,8	19,2	19,2	19,1	18,8	18,4	18,7	19,2	19,5	19,2	19,4	19,0
1977	19,7	19,1	19,2	19,5	19,1	18,9	19,0	18,9	19,2	19,8	19,8	19,7	19,3
1978	19,6	19,7	19,7	19,8	19,6	18,9	18,8	18,4	18,9	19,5	19,8	19,9	19,4
1979	20,0	19,3	19,3	19,6	19,6	19,1	19,0	19,2	19,5	20,0	19,9	20,0	19,5
1980	19,5	19,7	19,3	19,3	19,4	19,2	18,8	19,0	19,2	19,4	19,3	19,5	19,3
1981	19,5	19,1	19,5	19,5	19,4	19,0	18,4	18,9	18,9	19,5	19,5	19,5	19,2
1982	19,5	19,8	19,9	20,1	20,0	20,2	19,5	19,8	20,1	19,2	19,7	19,8	19,8
1983	20,5	20,6	20,8	20,4	20,6	19,9	19,8	19,1	18,7	18,7	18,3	18,4	19,7
1984	18,4	18,7	19,4	19,4	19,3	18,6	18,3	18,6	19,3	18,8	18,9	19,0	18,9
1985	18,9	19,3	19,5	19,8	19,2	19,6	18,7	18,1	18,2	18,3	18,4	18,2	18,9
1986	18,7	19,0	19,4	19,4	19,6	18,8	19,2	19,6	19,5	19,2	19,3	19,5	19,3
1987	19,1	19,6	20,0	19,9	20,4	20,1	19,4	19,2	19,5	19,7	19,7	19,4	19,7
1988	19,8	20,1	19,8	19,8	19,8	19,3	18,8	19,4	19,6	19,9	19,7	19,4	19,6
1989	19,1	19,6	20,3	19,4	19,1	18,7	18,5	18,6	18,4	18,2	18,6	18,7	18,9
1990	18,8	19,5	19,8	19,8	19,8	19,5	19,0	19,0	19,5	19,2	19,2	19,0	19,3
1991	19,5	20,2	20,4	20,4	20,3	20,1	19,8	19,3	19,0	18,6	18,7	18,9	19,6
1992	19,2	19,4	20,3	20,2	19,7	19,1	18,5	18,6	18,4	18,5	18,3	19,0	19,1
1993	19,4	19,2	19,0	19,5	19,6	19,1	18,9	18,8	19,4	19,5	19,9	19,7	19,3
1994	19,7	19,5	19,6	19,5	19,4	19,4	19,0	19,2	19,6	19,8	19,8	19,7	19,5
1995	19,8	20,0	19,8	19,9	19,5	19,6	19,5	19,7	19,8	19,8	19,9	19,8	19,8
1996	19,2	19,4	19,5	19,8	19,6	19,2	19,0	19,2	19,7	19,7	20,0	19,6	19,5
1997	19,7	19,2	19,6	19,6	19,3	19,6	19,1	19,5	19,8	20,2	19,8	19,8	19,6
1998	20,1	20,3	20,0	20,1	19,9	19,4	19,3	19,6	19,7	19,9	20,0	19,8	19,8
1999	19,5	19,4	19,7	19,2	19,2	19,2	18,9	19,2	19,6	19,4	19,8	19,7	19,4
2000	19,5	19,5	19,4	19,4	19,4	18,9	18,9	19,1	19,6	19,8	20,0	19,5	19,4
2001	19,4	19,4	19,6	19,4	19,6	18,9	19,1	19,2	19,4	19,9	20,0	19,9	19,5
2002	19,6	19,6	19,5	19,7	19,5	19,2	19,1	19,5	19,7	19,7	19,7	19,6	19,5
2003	19,7	19,9	19,6	19,8	19,4	19,4	19,1	19,3	19,6	20,2	19,9	19,7	19,6
2004	20,2	19,9	19,8	19,9	19,8	19,2	19,3	19,2	19,5	19,9	20,0	19,8	19,7
2005	20,0	19,9	19,8	19,6	20,0	19,7	19,2	19,4	19,7	19,8	20,0	19,8	19,7
<b>MEDIA</b>	19,4	19,5	19,6	19,6	19,5	19,2	19,0	19,1	19,3	19,4	19,5	19,4	19,4
<b>MAX</b>	20,5	20,6	20,8	20,4	20,6	20,2	19,8	19,8	20,1	20,2	20,0	20,0	20,8
<b>MIN</b>	18,4	18,7	18,8	19,1	19,0	18,6	18,3	18,1	18,2	18,2	18,3	18,2	18,1



Valores rellenados



**TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES**

**ESTACION:** BAEZA      **LATITUD:** 00° 37' 34" S      **CUENCA:** NAPO  
**CODIGO:** M215      **LONGITUD:** 77° 51' 57" W      **PROVINCIA:** NAPO  
**TIPO:** CP      **ELEVACION:** 1960 msnm      **INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1971	17,3	16,9	16,9	17,0	16,9	16,2	15,8	16,1	16,7	17,2	17,3	17,1	16,8
1972	15,7	16,0	16,0	16,4	16,7	16,0	16,0	16,0	16,0	16,9	16,9	16,7	16,3
1973	16,5	16,9	16,9	16,7	16,2	16,5	16,1	15,8	16,3	16,9	17,0	16,0	16,5
1974	15,8	15,7	16,2	16,3	16,0	15,2	15,2	15,7	15,6	16,4	16,7	16,1	15,9
1975	15,5	16,0	15,1	16,3	15,7	14,6	14,5	14,7	15,3	16,7	16,9	16,2	15,6
1976	15,6	15,5	16,3	16,4	16,1	15,5	14,9	14,8	15,9	17,3	16,4	16,6	15,9
1977	17,2	15,8	16,3	16,8	16,4	15,7	15,5	15,7	16,1	17,1	17,4	17,1	16,4
1978	16,9	17,5	16,9	16,8	16,9	15,7	15,3	14,8	15,9	16,6	17,2	17,1	16,5
1979	17,7	16,7	16,0	16,5	17,0	16,1	15,8	16,4	16,7	17,6	17,1	17,0	16,7
1980	16,9	17,3	16,5	16,5	16,6	16,3	15,5	16,0	16,4	16,6	16,5	16,8	16,5
1981	17,3	16,4	17,9	17,5	17,7	16,8	15,3	16,2	17,1	17,3	17,6	17,6	17,1
1982	17,2	17,3	17,1	17,4	17,1	16,2	15,5	15,6	16,5	17,0	17,7	17,5	16,8
1983	17,8	17,5	17,7	17,9	17,6	17,0	16,0	15,9	16,2	17,2	17,5	16,9	17,1
1984	16,9	15,9	16,5	16,5	17,2	15,8	15,3	15,9	16,5	17,0	17,0	16,7	16,4
1985	17,6	16,5	17,2	17,6	17,1	15,4	15,4	15,8	16,8	17,5	17,3	17,3	16,8
1986	16,4	16,6	16,1	16,9	16,9	16,3	15,1	16,2	16,1	17,2	17,0	16,9	16,5
1987	16,7	16,1	17,7	16,9	17,7	16,7	16,4	16,9	17,4	18,1	18,0	17,9	17,2
1988	17,2	17,8	17,5	17,3	16,8	15,4	15,6	16,7	17,0	17,6	17,3	16,7	16,9
1989	15,6	15,9	16,5	16,7	16,4	15,9	15,7	16,2	16,8	17,2	17,9	18,0	16,6
1990	16,8	17,1	17,1	17,4	16,9	16,1	15,8	15,8	16,6	17,6	17,3	17,3	16,8
1991	17,6	16,8	17,5	16,8	17,1	16,8	15,8	15,3	16,9	16,1	16,7	17,4	16,7
1992	17,7	17,4	17,6	17,5	17,6	16,7	16,1	16,6	16,8	17,1	17,4	17,0	17,1
1993	17,2	17,1	16,7	17,2	17,6	16,3	16,2	16,3	16,7	16,8	17,6	17,3	16,9
1994	17,2	16,9	17,1	16,9	16,7	16,4	15,7	16,4	17,1	17,5	17,6	17,3	16,9
1995	17,4	17,9	17,4	17,7	16,9	17,1	16,9	17,3	17,5	17,7	17,6	17,4	17,4
1996	17,0	16,8	16,9	17,0	16,9	16,2	15,8	16,1	16,7	17,2	17,3	17,1	16,8
1997	17,3	16,3	17,1	17,0	16,5	17,0	16,2	16,8	17,5	18,2	17,4	17,4	17,1
1998	18,0	18,4	17,9	18,1	17,7	16,7	16,5	17,1	17,3	17,6	17,9	17,5	17,6
1999	16,8	16,7	17,3	16,4	16,4	16,4	16,7	16,0	17,1	16,7	17,8	17,3	16,8
2000	16,8	16,9	16,7	16,6	16,7	16,3	16,7	16,1	16,6	17,4	17,8	16,9	16,8
2001	16,6	16,7	16,8	16,7	17,0	15,7	16,1	16,0	16,7	17,7	17,8	17,6	16,8
2002	17,1	17,0	16,8	17,2	16,8	16,4	16,2	16,8	17,2	17,3	17,2	17,0	16,9
2003	17,2	17,6	17,1	17,4	16,7	16,7	16,2	16,0	17,1	18,2	17,6	17,2	17,1
2004	18,2	17,7	17,5	17,6	17,5	16,4	16,5	16,4	16,8	17,6	17,9	17,5	17,3
2005	17,9	17,6	15,7	17,0	17,8	17,2	16,3	16,7	17,2	17,4	17,8	17,4	17,2
<b>MEDIA</b>	17,0	16,8	16,9	17,0	16,9	16,2	15,8	16,1	16,7	17,2	17,4	17,1	16,76
<b>MAX</b>	18,2	18,4	17,9	18,1	17,8	17,2	16,9	17,3	17,5	18,2	18,0	18,0	18,40
<b>MIN</b>	15,5	15,5	15,1	16,3	15,7	14,6	14,5	14,7	15,3	16,1	16,4	16,0	14,50



Valores rellenados

**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** NANEGALITO      **LATITUD:** 00°03'41" N      **CUENCA:** Esmeraldas  
**CODIGO:** M339      **LONGITUD:** 78°40'44" W      **PROVINCIA:** Pichincha  
**TIPO:** PG      **ELEVACION:** 1615 msnm      **INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1980	273,3	503,8	284,9	406,3	185,4	181,2	43,5	38,0	25,8	140,8	110,0	200,8	2393,8
1981	177,7	453,2	387,2	582,8	112,8	88,8	99,6	87,7	131,3	73,5	120,3	326,3	2641,2
1982	431,8	278,5	301,3	380,6	365,5	47,9	96,1	13,2	85,1	406,9	405,4	473,9	3286,2
1983	334,3	233,6	531,1	508,4	292,5	128,0	128,4	63,3	175,4	149,1	202,3	204,8	2951,2
1984	98,9	509,8	337,1	470,3	242,3	136,3	65,9	22,5	243,7	212,2	58,3	273,9	2671,2
1985	342,9	293,5	275,7	173,5	332,4	92,9	11,0	74,1	52,4	28,1	98,4	229,1	2004,0
1986	477,3	359,1	242,0	396,3	350,5	60,8	12,7	71,0	55,1	164,8	162,8	173,1	2525,5
1987	428,2	216,8	337,4	327,7	398,3	60,7	51,0	88,1	45,9	87,3	23,2	87,6	2152,2
1988	367,4	380,6	15,8	556,6	363,1	98,2	106,3	59,4	177,7	159,3	479,0	175,0	2938,4
1989	561,7	248,5	295,4	301,8	276,7	161,8	67,6	55,3	219,6	334,3	79,1	69,5	2671,3
1990	111,2	261,3	205,4	296,8	191,6	31,3	52,9	24,7	48,0	337,8	99,2	215,2	1875,4
1991	217,4	92,1	438,6	276,7	327,5	111,2	94,0	16,4	52,7	89,0	118,4	263,4	2097,4
1992	289,1	356,4	295,5	140,8	140,8	84,3	81,0	48,2	61,9	82,7	22,4	86,6	1689,7
1993	400,6	444,0	349,0	424,0	274,4	126,0	114,0	9,9	74,8	92,6	159,0	288,4	2756,7
1994	455,2	400,7	454,0	492,9	317,0	128,4	29,7	8,6	33,2	71,2	195,1	437,8	3023,8
1995	277,6	305,1	306,1	401,5	269,0	195,8	150,5	80,0	15,1	196,4	123,9	82,1	2403,1
1996	426,5	397,6	475,9	393,1	462,2	120,1	29,7	74,8	64,2	110,6	30,2	153,5	2738,4
1997	605,2	196,2	559,8	327,6	268,2	212,5	25,9	5,8	197,8	272,9	465,3	208,0	3345,2
1998	151,6	403,1	459,6	466,2	380,2	111,8	155,2	107,1	109,6	28,7	118,5	109,2	2600,8
1999	349,4	548,6	377,9	361,5	264,8	240,2	68,4	29,7	182,1	176,3	105,9	337,0	3041,8
2000	333,6	334,8	361,6	427,8	341,5	155,2	24,1	58,6	117,9	61,2	28,0	125,5	2369,8
2001	231,4	251,2	416,3	274,5	305,9	92,4	79,7	0,3	90,9	11,2	145,6	229,8	2129,2
2002	223,7	288,5	394,3	498,4	156,5	75,1	32,5	6,8	10,8	177,0	172,9	262,5	2299,0
2003	223,9	291,6	183,1	360,9	226,8	178,1	30,3	19,8	186,2	206,3	222,8	169,3	2299,1
2004	265,1	160,9	219,9	381,5	324,9	59,2	78,3	21,9	156,3	165,2	97,1	156,9	2087,2
2005	244,0	383,2	328,4	284,3	139,2	18,5	12,2	13,5	34,9	48,1	79,2	215,6	1801,1
2006	214,3	651,1	388,8	462,4	139,2	100,5	21,4	81,3	53,2	123,5	285,9	206,1	2727,7
2007	313,1	186,3	332,8	404,2	302,5	91,7	138,4	71,6	37,6	64,7	145,6	163,1	2251,6
2008	581,7	447,8	411,5	340,1	310,4	154,1	125,3	91,2	161,8	147,7	81,9	188,4	3041,9
<b>MEDIA</b>	324,4	340,6	343,7	383,4	278,0	115,3	69,8	46,3	100,0	145,5	153,0	210,8	209,2
<b>MAX</b>	605,2	651,1	559,8	582,8	462,2	240,2	155,2	107,1	243,7	406,9	479,0	473,9	651,1
<b>MIN</b>	98,9	92,1	15,8	140,8	112,8	18,5	11,0	0,3	10,8	11,2	22,4	69,5	0,3



Valores rellenados

**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** CALACALI INAMHI    **LATITUD:** 00°00'05" N    **CUENCA:** Esmeraldas  
**CODIGO:** M358    **LONGITUD:** 78°30'45" W    **PROVINCIA:** Cañar  
**TIPO:** PV    **ELEVACION:** 2810 msnm    **INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1980	185,6	250,0	101,1	106,7	7,2	12,3	0,5	4,6	33,2	138,3	60,7	74,1	974,3
1981	38,9	195,1	205,5	351,5	12,7	13,6	61,1	24,2	43,6	49,0	50,4	110,1	1155,7
1982	100,0	184,8	84,2	196,9	182,9	1,9	18,8	0,7	28,9	137,5	192,1	224,6	1353,3
1983	63,5	96,8	226,1	156,9	89,0	12,8	0,9	88,5	0,0	64,1	110,0	98,4	1007,0
1984	57,2	127,4	126,0	219,6	33,5	26,6	28,1	11,5	91,9	65,3	77,4	16,6	881,1
1985	56,9	48,8	76,7	98,8	126,8	24,8	1,9	29,8	36,1	9,7	23,7	115,3	649,3
1986	168,4	221,9	205,6	199,7	146,1	4,2	0,0	10,1	18,1	143,9	53,8	49,5	1221,3
1987	82,1	59,0	193,1	120,9	100,7	19,1	37,5	21,5	59,8	33,7	0,0	1,8	729,2
1988	126,1	114,6	37,4	280,2	25,9	79,3	2,2	9,9	91,1	44,1	388,0	60,5	1259,3
1989	189,9	98,4	231,4	42,8	90,5	73,9	14,9	5,0	74,7	122,5	0,0	110,8	1054,8
1990	51,0	75,5	82,3	112,4	17,8	2,3	17,0	8,2	18,4	185,6	14,1	53,0	637,6
1991	102,9	38,8	146,8	52,7	164,2	25,0	56,3	0,0	36,3	3,7	98,8	132,2	857,7
1992	72,5	113,1	21,2	71,0	51,7	0,0	0,6	4,0	77,8	73,5	32,9	29,7	548,0
1993	123,1	209,8	257,7	184,2	50,2	0,0	0,0	0,0	62,2	55,8	86,2	153,9	1183,1
1994	291,1	181,9	353,3	115,6	65,0	1,9	0,0	9,2	0,0	83,9	131,1	126,8	1359,8
1995	27,8	69,0	195,3	112,7	120,3	41,7	48,5	17,9	21,7	150,4	148,7	18,0	972,0
1996	161,1	122,9	192,3	199,7	204,9	88,3	23,2	28,6	105,2	93,4	15,6	100,3	1335,5
1997	233,1	70,2	140,3	86,0	31,0	53,5	0,4	0,0	58,6	33,4	228,4	32,3	967,2
1998	13,8	131,5	116,8	142,4	82,1	30,9	50,9	71,8	41,0	88,2	66,6	6,9	842,9
1999	46,6	72,6	98,9	105,8	64,8	40,1	17,2	34,7	54,3	5,3	49,0	131,8	721,1
2000	127,6	192,9	162,2	185,0	134,4	40,9	18,5	1,2	83,0	6,8	3,0	68,3	1023,8
2001	61,5	87,1	141,6	15,0	39,5	2,8	49,9	0,0	44,9	1,9	44,8	117,6	606,6
2002	32,9	75,4	115,3	204,4	32,5	16,3	0,0	0,0	1,6	113,6	162,3	134,4	888,7
2003	37,2	104,0	117,9	233,8	11,4	20,3	6,4	0,0	30,5	58,2	0,0	51,2	670,9
2004	84,7	30,9	73,4	141,0	73,4	6,9	10,0	1,3	45,1	77,1	78,6	70,0	692,4
2005	82,6	177,4	117,3	51,0	31,4	17,9	4,5	10,0	26,0	20,2	45,1	76,3	659,7
2006	45,4	83,0	116,5	108,7	35,7	28,4	0,5	0,0	9,5	41,9	104,8	108,4	682,8
2007	42,0	42,5	103,4	133,3	67,0	38,1	8,4	17,0	0,0	87,6	57,8	48,0	645,1
2008	132,4	60,1	136,6	127,0	194,2	32,4	0,0	27,7	49,9	94,9	18,4	32,9	906,5
<b>MEDIA</b>	97,9	115,0	144,0	143,3	78,9	26,1	16,5	15,1	42,9	71,8	80,8	81,2	76,1
<b>MAX</b>	291,1	250,0	353,3	351,5	204,9	88,3	61,1	88,5	105,2	185,6	388,0	224,6	388,0
<b>MIN</b>	13,8	30,9	21,2	15,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	1,8	0,0

**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** NONO                      **LATITUD:** 00°03'41" S                      **CUENCA:** Esmeraldas  
**CODIGO:** M361                      **LONGITUD:** 78°34'31" W                      **PROVINCIA:** Pichincha  
**TIPO:** PV                              **ELEVACION:** 2730 msnm                      **INSTITUCION:** INAMHI

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>
1980	105,8	220,7	78,8	169,7	36,9	30,6	26,5	25,2	20,0	108,6	95,3	44,4	962,5
1981	36,9	55,0	161,7	164,8	57,9	26,8	24,5	39,6	23,9	51,6	52,6	105,5	800,8
1982	61,1	105,3	139,7	176,3	156,5	19,4	27,2	3,7	56,8	140,4	166,1	198,2	1250,7
1983	115,1	102,2	173,5	207,2	55,8	16,4	1,7	36,1	3,7	92,4	126,9	113,0	1044,0
1984	39,3	122,6	113,7	159,7	37,2	47,6	31,9	20,3	101,4	111,8	87,7	33,0	906,2
1985	82,5	32,0	56,6	87,4	100,5	31,9	6,9	55,4	72,2	39,7	30,6	67,7	663,4
1986	116,2	571,4	150,1	125,4	88,9	2,1	0,0	11,7	25,2	96,4	86,5	50,8	1324,7
1987	65,1	46,2	157,4	91,5	87,4	26,9	19,0	13,7	62,2	81,8	13,5	5,0	669,7
1988	63,3	108,9	132,0	241,3	112,1	80,8	35,3	49,3	64,4	56,9	187,3	63,3	1194,9
1989	126,8	93,3	107,7	105,7	116,8	55,4	19,5	14,5	81,5	128,3	24,2	20,3	894,0
1990	37,3	98,5	75,7	113,0	70,1	4,7	13,5	2,0	11,5	129,7	32,4	79,7	668,1
1991	80,6	29,5	170,9	104,8	125,5	37,3	23,7	16,1	67,3	35,1	56,6	93,7	841,1
1992	49,3	64,3	81,0	89,9	53,0	11,3	10,6	2,5	74,7	25,5	52,2	45,0	559,3
1993	117,0	159,5	202,0	220,5	83,6	17,7	20,1	18,6	18,3	47,2	60,1	124,0	1088,6
1994	189,5	81,3	164,0	153,4	97,7	5,0	5,1	18,2	33,5	72,8	71,5	121,9	1013,9
1995	25,2	66,5	125,4	176,7	108,1	36,9	67,4	20,7	7,9	94,6	46,2	24,3	799,9
1996	103,9	114,3	142,5	156,8	161,1	60,8	57,0	25,2	50,6	83,4	4,5	80,5	1040,6
1997	207,3	42,9	193,3	85,7	101,8	76,8	3,5	0,5	80,3	81,5	164,1	34,1	1071,8
1998	22,5	110,0	93,8	267,4	188,3	25,0	35,3	28,1	30,5	78,5	76,8	23,7	979,9
1999	98,5	162,7	173,3	195,0	93,3	87,5	119,7	19,3	92,8	84,3	119,7	190,7	1436,8
2000	134,1	102,3	134,2	184,8	168,5	72,4	16,3	12,8	100,9	32,2	20,0	73,8	1052,3
2001	89,5	92,3	111,4	33,7	67,1	26,0	35,3	1,0	0,0	0,0	46,2	70,6	573,1
2002	2,1	45,9	135,0	216,0	123,9	24,3	0,0	0,0	12,4	137,4	92,2	104,4	893,6
2003	37,2	65,7	65,6	247,5	62,7	92,3	4,3	0,0	67,9	76,1	82,8	61,0	863,1
2004	55,2	19,2	85,9	144,6	125,7	4,3	15,4	0,4	45,4	111,3	119,2	65,1	791,7
2005	68,0	164,3	126,8	88,7	33,0	28,7	4,7	8,6	25,0	51,8	48,2	100,7	748,5
2006	49,2	228,4	186,2	214,8	100,4	53,8	6,9	10,5	0,0	94,6	176,3	137,9	1259,0
2007	90,3	52,8	173,1	192,8	77,4	53,6	17,6	30,5	13,4	100,8	90,5	71,5	964,3
2008	217,9	113,7	212,5	198,1	212,8	47,0	17,0	17,2	60,7	126,9	42,2	93,7	1359,7
<b>MEDIA</b>	85,7	112,8	135,3	159,1	100,1	38,0	23,0	17,3	45,0	81,8	78,4	79,2	79,6
<b>MAX</b>	217,9	571,4	212,5	267,4	212,8	92,3	119,7	55,4	101,4	140,4	187,3	198,2	571,4
<b>MIN</b>	2,1	19,2	56,6	33,7	33,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	5,0	0,0

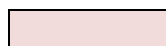
**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** APUELA-INTAG  
**CODIGO:** M318  
**TIPO:** PV

**LATITUD:** 00°01'29" N  
**LONGITUD:** 78°30'41" W  
**ELEVACION:** 1590 msnm

**CUENCA:** Esmeraldas  
**PROVINCIA:** Carchi  
**INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1980	247,8	338,2	212,6	263,2	73,8	36,1	2,9	20,2	16,9	110,5	59,8	115,4	1497,4
1981	206,4	190,7	336,9	317,5	102,6	10,5	32,3	83,4	15,2	81,2	146,4	210,8	1733,9
1982	285,9	296,8	244,3	325,4	276,5	8,5	18,8	3,9	113,6	347,4	418,1	333,9	2673,1
1983	206,0	99,6	436,0	530,3	125,3	19,4	11,7	53,2	13,8	107,8	177,3	200,8	1981,2
1984	196,8	335,3	375,0	403,9	101,6	44,6	21,6	34,6	171,8	198,4	114,1	221,9	2219,6
1985	243,2	141,2	162,7	190,0	154,7	53,4	1,7	14,2	48,9	27,1	50,9	197,0	1285,0
1986	290,4	221,6	216,7	250,8	159,0	18,3	7,3	2,8	42,3	134,6	220,5	251,3	1815,6
1987	197,3	185,1	150,1	123,3	247,6	89,4	6,2	29,5	90,4	50,5	109,3	9,4	1288,0
1988	357,3	255,9	203,3	378,4	165,9	85,4	85,3	18,5	108,2	84,8	156,6	92,9	1992,5
1989	297,5	195,6	320,3	153,9	125,7	95,3	5,8	5,8	70,3	137,4	16,8	88,4	1512,8
1990	85,3	217,4	84,1	333,7	87,7	11,4	22,4	18,1	17,8	172,1	18,8	74,9	1143,7
1991	177,6	90,3	252,9	99,3	311,4	73,3	53,0	19,5	50,2	52,7	147,3	167,0	1494,6
1992	5,1	171,7	192,9	123,8	153,4	9,4	38,3	11,8	58,6	82,5	71,6	58,7	977,8
1993	148,5	399,7	310,5	309,1	141,6	17,4	15,8	10,9	62,3	167,0	156,0	261,0	1999,8
1994	370,8	298,9	271,7	361,3	49,2	24,1	17,6	7,4	44,0	80,8	147,1	250,8	1923,8
1995	195,2	54,9	235,9	275,1	157,6	73,4	94,5	77,2	8,8	143,7	131,2	76,5	1524,0
1996	159,9	487,2	282,1	157,8	151,4	57,1	33,6	36,9	37,9	43,8	10,0	132,2	1589,8
1997	389,4	126,3	239,7	219,4	142,3	120,1	1,6	7,0	36,0	180,9	429,5	91,7	1983,9
1998	62,6	197,9	330,8	249,1	243,7	30,6	25,0	33,8	50,8	36,4	139,2	69,3	1469,2
1999	297,7	312,8	175,5	318,2	100,7	42,2	88,9	5,7	162,7	78,3	106,4	232,3	1921,4
2000	233,8	212,2	270,7	232,7	237,8	59,3	11,0	1,7	98,0	53,2	25,8	158,7	1594,8
2001	152,5	225,5	237,1	122,0	120,7	4,2	39,9	8,6	46,8	5,9	141,1	173,7	1278,0
2002	141,7	107,1	214,9	249,6	96,5	45,4	11,4	11,3	14,3	157,0	118,3	235,6	1403,2
2003	128,4	123,5	101,2	277,9	70,6	52,5	5,4	3,0	18,1	116,0	93,6	118,9	1109,1
2004	175,1	65,0	129,2	218,4	210,8	38,3	6,1	14,6	42,7	97,2	91,7	148,1	1237,2
2005	152,6	207,9	191,7	189,4	26,9	43,0	8,7	6,7	21,3	50,4	70,3	174,2	1143,1
2006	162,0	271,8	253,6	228,3	102,0	98,2	4,5	15,1	17,9	87,9	242,4	186,2	1669,9
2007	122,7	124,1	366,4	166,8	211,5	68,5	20,9	14,1	4,2	100,5	108,0	152,0	1459,7
2008	316,1	238,1	284,8	269,5	178,5	78,4	17,9	44,5	45,5	151,6	85,7	134,4	1845,0
<b>MEDIA</b>	207,1	213,5	244,3	253,0	149,2	48,5	24,5	21,2	52,7	108,2	131,2	159,2	134,4
<b>MAX</b>	389,4	487,2	436,0	530,3	311,4	120,1	94,5	83,4	171,8	347,4	429,5	333,9	530,3
<b>MIN</b>	5,1	54,9	84,1	99,3	26,9	4,2	1,6	1,7	4,2	5,9	10,0	9,4	1,6



Valores rellenos

**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** GARCÍA MORENO  
**CODIGO:** M325  
**TIPO:** PV

**LATITUD:** 00°14'02" N  
**LONGITUD:** 78°37'37" W  
**ELEVACION:** 1950 msnm

**CUENCA:** Esmeraldas  
**PROVINCIA:** Carchi  
**INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1980	277,3	454,1	127,6	387,9	148,6	52,8	2,6	22,8	15,9	107,5	117,0	125,2	1839,3
1981	183,6	242,6	387,5	249,3	76,4	33,1	18,1	25,9	39,7	116,2	77,2	182,6	1632,2
1982	323,4	278,0	200,6	331,8	309,6	22,5	30,6	20,8	57,6	374,4	426,4	341,6	2717,3
1983	376,4	147,8	344,6	330,3	216,2	84,8	11,2	40,7	47,5	126,3	210,2	325,0	2261,0
1984	279,8	393,1	341,6	288,7	104,1	84,7	48,0	46,2	144,9	159,2	111,0	169,0	2170,3
1985	270,7	161,5	167,9	180,7	148,7	76,8	10,4	6,8	43,0	40,8	71,4	193,5	1372,2
1986	242,6	212,6	188,7	187,5	251,0	63,2	104,3	20,3	7,2	136,1	85,1	123,2	1621,8
1987	287,7	88,8	299,1	139,6	217,1	13,7	15,0	48,7	75,6	63,7	10,2	30,7	1289,9
1988	184,2	265,3	51,2	278,9	234,9	65,1	66,7	79,4	81,9	64,3	162,9	118,1	1652,9
1989	341,6	253,3	314,5	230,6	201,8	122,9	29,3	9,1	72,2	206,2	31,3	145,7	1958,5
1990	112,8	378,2	158,9	289,4	164,3	52,7	20,5	7,7	8,0	99,7	36,5	124,3	1453,0
1991	222,7	131,5	282,6	96,4	301,4	85,0	57,0	6,8	37,2	42,1	164,6	298,2	1725,5
1992	121,8	267,1	307,5	142,7	158,7	18,7	17,2	9,1	32,8	53,1	80,1	54,0	1262,8
1993	266,6	361,8	217,7	439,9	126,8	57,8	22,9	4,9	79,6	121,7	69,7	267,7	2037,1
1994	397,1	321,4	347,2	256,8	118,9	59,4	24,6	5,3	46,1	93,8	184,2	299,2	2154,0
1995	206,8	136,6	205,5	309,3	109,4	122,5	178,2	118,7	20,4	250,3	192,9	103,1	1953,7
1996	284,3	232,5	351,6	288,2	389,2	56,0	23,3	35,1	37,2	53,3	17,2	156,0	1923,9
1997	448,3	196,7	318,9	285,5	137,0	111,0	27,4	76,0	198,9	398,3	377,0	148,3	2723,3
1998	115,0	210,4	153,3	284,8	247,2	62,0	58,1	42,7	97,8	30,7	120,4	57,1	1479,5
1999	351,9	276,9	292,4	429,2	178,0	102,0	46,8	9,5	161,5	108,7	93,6	254,9	2305,4
2000	270,7	250,6	302,9	328,0	173,9	93,1	16,2	17,6	137,0	26,5	19,1	201,5	1837,1
2001	203,6	193,8	277,5	146,3	96,4	37,3	26,3	0,7	63,0	7,9	75,8	203,7	1332,3
2002	118,8	190,2	225,6	289,0	101,1	36,9	21,4	7,5	59,6	141,4	150,6	333,9	1676,0
2003	114,3	193,0	164,4	368,2	91,0	41,2	25,5	26,0	26,5	263,6	92,8	101,0	1507,5
2004	191,5	105,0	177,3	266,4	175,3	10,8	16,5	11,1	74,0	114,4	69,3	169,7	1381,3
2005	172,8	251,5	286,2	264,2	44,6	5,1	1,1	8,4	24,1	36,9	43,4	225,0	1363,3
2006	186,4	323,7	345,2	311,2	116,1	155,9	65,6	20,8	73,4	83,3	321,9	194,1	2197,6
2007	217,7	148,7	253,2	263,1	232,6	77,3	84,6	22,0	9,6	79,1	81,7	115,4	1585,0
2008	317,9	254,7	317,5	371,4	289,4	84,8	45,0	88,7	97,7	158,5	63,5	162,7	2251,8
<b>MEDIA</b>	244,4	238,7	255,5	277,1	177,9	65,1	38,4	28,9	64,5	122,7	122,7	180,2	151,3
<b>MAX</b>	448,3	454,1	387,5	439,9	389,2	155,9	178,2	118,7	198,9	398,3	426,4	341,6	454,1
<b>MIN</b>	112,8	88,8	51,2	96,4	44,6	5,1	1,1	0,7	7,2	7,9	10,2	30,7	0,7



Valores rellenados

**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** SELVA ALEGRE-IMBABURA **LATITUD:** 00°15'04" N **CUENCA:** Esmeraldas  
**CODIGO:** M326 **LONGITUD:** 78°34'24" W **PROVINCIA:** Carchi  
**TIPO:** PV **ELEVACION:** 1800 msnm **INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1980	305,0	322,7	129,0	414,0	136,8	68,3	2,2	26,9	8,6	117,6	205,1	86,7	1822,9
1981	252,8	249,8	314,9	299,3	83,9	28,1	45,5	49,6	41,6	117,1	122,1	201,2	1805,9
1982	303,5	375,2	228,0	308,0	323,6	118,9	37,6	2,6	108,3	340,6	403,5	354,3	2904,1
1983	321,1	159,7	413,7	255,4	136,6	86,1	21,7	21,6	32,3	156,1	203,5	259,6	2067,4
1984	229,7	430,0	314,9	259,0	127,7	90,7	33,3	29,9	162,0	180,4	139,0	231,2	2227,8
1985	296,8	93,5	190,2	190,3	217,9	47,0	9,5	32,0	76,4	89,9	141,7	246,7	1631,9
1986	277,7	283,7	215,1	190,3	148,6	22,3	18,1	20,4	8,7	144,8	91,0	124,0	1544,7
1987	204,7	96,3	179,4	126,9	186,6	6,7	20,0	56,1	80,7	64,1	94,2	34,4	1150,2
1988	175,1	224,7	37,5	270,7	185,2	101,2	66,4	36,5	116,5	82,5	187,2	124,5	1608,0
1989	368,4	244,6	266,1	170,7	162,3	124,5	13,6	8,2	56,4	222,9	43,6	151,8	1833,1
1990	111,6	245,4	156,6	273,4	110,5	49,7	24,1	13,2	12,9	116,7	28,2	93,5	1235,8
1991	204,1	98,1	230,6	108,7	358,0	78,1	54,3	14,9	51,0	53,9	165,1	188,3	1605,1
1992	115,0	193,8	218,7	137,5	172,3	28,5	37,0	10,1	35,7	70,7	49,1	60,2	1128,6
1993	181,9	385,0	287,9	395,4	165,3	74,2	10,3	4,7	69,7	123,1	129,0	267,3	2093,8
1994	370,8	223,1	377,5	298,6	210,7	48,8	21,0	0,7	43,7	124,0	156,5	249,4	2124,8
1995	142,2	136,2	241,4	338,9	106,2	119,9	177,8	107,0	19,6	174,9	153,4	75,4	1792,9
1996	290,6	233,2	399,5	240,3	355,2	63,4	31,4	35,3	38,9	53,6	14,4	128,4	1884,2
1997	417,9	127,2	385,4	202,8	142,5	122,8	14,0	0,2	191,2	366,4	340,2	100,5	2411,1
1998	101,6	286,2	203,0	303,4	290,3	68,1	56,5	37,4	127,7	29,3	119,3	88,2	1711,0
1999	338,2	335,9	197,5	315,6	126,6	84,0	22,8	11,7	161,2	180,0	117,0	265,1	2155,6
2000	297,5	279,9	315,0	378,9	271,5	61,6	10,0	20,0	76,3	37,6	19,0	228,8	1996,1
2001	223,5	245,2	260,6	226,9	147,2	50,4	37,5	2,0	53,3	6,3	90,8	273,5	1617,2
2002	144,5	192,5	306,6	271,9	104,0	45,4	5,4	5,2	17,2	112,5	80,9	375,7	1661,8
2003	105,9	151,4	220,4	315,5	120,4	90,5	13,8	29,4	14,1	149,9	94,6	96,0	1401,9
2004	208,5	112,8	177,5	216,3	182,8	14,4	10,5	3,5	36,5	119,5	47,6	205,2	1335,1
2005	143,8	254,0	177,6	317,8	35,6	4,6	27,9	1,2	23,6	32,6	81,7	196,0	1296,4
2006	201,1	324,5	295,2	312,5	191,6	115,9	5,0	20,0	59,9	80,4	302,0	202,1	2110,2
2007	169,8	151,6	235,9	291,3	212,6	91,0	85,3	17,1	23,2	96,0	73,8	191,3	1638,9
2008	372,7	276,8	365,2	338,1	256,0	124,4	67,1	71,2	96,9	191,6	84,9	138,1	2383,0
<b>MEDIA</b>	237,1	232,2	253,1	267,9	181,7	70,0	33,8	23,7	63,6	125,3	130,3	180,6	149,9
<b>MAX</b>	417,9	430,0	413,7	414,0	358,0	124,5	177,8	107,0	191,2	366,4	403,5	375,7	430,0
<b>MIN</b>	101,6	93,5	37,5	108,7	35,6	4,6	2,2	0,2	8,6	6,3	14,4	34,4	0,2



Valores rellenados

**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** SARDINAS      **LATITUD:** 00°22'16" S      **CUENCA:** Napo  
**CODIGO:** M490      **LONGITUD:** 77°48'06" W      **PROVINCIA:**  
**TIPO:** PV      **ELEVACION:** 1615 msnm      **INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1980	94,0	7,6	398,3	120,4	256,0	331,3	296,5	250,0	114,2	179,8	92,4	82,2	2222,7
1981	66,3	281,1	108,3	159,3	197,1	288,4	391,3	147,0	171,1	141,4	112,4	122,2	2185,9
1982	192,2	76,7	156,1	238,1	240,1	154,7	263,3	144,1	96,2	129,2	93,7	44,3	1828,7
1983	93,9	111,5	126,4	229,6	242,8	158,3	125,1	164,2	213,9	101,0	161,8	163,3	1891,8
1984	190,7	125,5	135,7	189,1	192,7	164,5	140,7	70,7	239,9	38,6	57,4	38,5	1584,0
1985	74,5	109,7	251,3	194,0	196,9	220,5	101,0	162,8	104,6	126,6	63,5	32,0	1637,4
1986	87,7	57,8	122,3	319,7	127,8	223,6	217,3	98,9	195,6	174,6	89,1	64,4	1778,8
1987	196,0	650,5	239,8	324,5	247,7	290,9	212,1	338,8	452,1	189,5	120,9	72,0	3334,8
1988	139,5	277,3	513,9	306,5	212,5	252,2	202,7	268,0	292,8	162,5	308,7	113,9	3050,5
1989	267,6	110,9	294,9	206,6	352,5	547,2	205,9	277,4	288,6	303,6	257,1	12,7	3125,0
1990	532,5	239,2	348,3	286,7	410,4	456,9	404,7	206,1	252,4	137,6	100,9	214,2	3589,9
1991	117,5	142,1	167,6	339,8	465,2	332,1	790,8	294,8	202,2	135,8	254,6	184,2	3426,6
1992	84,2	203,6	324,9	439,5	320,6	250,1	577,7	220,9	464,4	171,1	193,2	83,7	3333,9
1993	113,8	374,9	359,7	363,3	320,6	406,8	582,7	309,2	464,4	171,1	245,9	158,4	3870,8
1994	213,0	469,1	355,7	426,4	327,0	572,0	214,1	273,0	169,8	118,1	197,0	271,8	3607,0
1995	116,0	60,2	93,1	146,1	167,4	341,3	292,9	176,1	236,0	193,7	155,0	122,9	2100,7
1996	152,4	166,0	117,7	279,4	170,7	269,7	305,4	190,6	249,5	128,7	170,9	102,8	2303,8
1997	136,2	333,7	274,4	270,6	463,4	306,6	204,9	210,1	156,6	74,7	158,7	110,8	2700,6
1998	136,2	186,8	147,3	290,6	334,9	387,5	232,5	220,0	160,1	196,0	132,8	87,4	2512,1
1999	223,2	190,1	211,1	409,6	159,9	329,3	117,4	180,9	215,7	120,5	171,1	169,5	2498,3
2000	180,9	152,5	120,4	265,3	387,0	332,8	214,6	331,4	195,8	178,4	141,1	92,4	2592,6
2001	183,7	164,0	153,5	233,2	224,3	341,1	315,6	229,9	57,7	115,1	18,0	230,6	2266,7
2002	206,2	217,0	181,4	264,3	566,2	180,5	312,3	222,2	124,3	288,3	331,6	68,2	2962,5
2003	90,0	243,6	187,0	813,0	162,8	196,8	195,3	178,9	170,2	172,9	197,8	130,2	2738,5
2004	53,9	133,2	239,2	215,7	484,4	211,3	285,6	130,0	176,5	75,1	75,2	44,9	2125,0
2005	113,4	245,0	269,7	397,1	276,7	508,3	295,7	203,0	150,9	145,4	80,8	202,5	2888,5
<b>MEDIA</b>	156,0	205,0	226,8	297,2	288,8	309,8	288,4	211,5	216,0	152,7	153,1	116,1	218,5
<b>MAX</b>	532,5	650,5	513,9	813,0	566,2	572,0	790,8	338,8	464,4	303,6	331,6	271,8	813,0
<b>MIN</b>	53,9	7,6	93,1	120,4	127,8	154,7	101,0	70,7	57,7	38,6	18,0	12,7	7,6



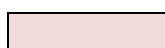
Valores rellenados



**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** BAEZA      **LATITUD:** 00° 37' 34" S      **CUENCA:** Napo  
**CODIGO:** M215      **LONGITUD:** 77° 51' 57" W      **PROVINCIA:** Napo  
**TIPO:** CP      **ELEVACION:** 1960 msnm      **INSTITUCION:** INECEL

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1980	160,00	97,30	233,50	182,70	306,90	305,40	203,40	196,10	131,30	200,20	130,40	80,50	2227,7
1981	71,10	251,30	119,50	260,60	174,30	234,10	271,10	179,90	213,40	228,00	166,70	203,30	2373,3
1982	166,40	76,90	196,30	268,30	196,80	137,80	232,00	174,50	139,00	198,80	136,50	100,30	2023,6
1983	174,40	120,70	125,50	305,00	293,70	208,60	218,60	187,30	199,30	192,20	108,30	121,60	2255,2
1984	129,70	157,80	165,70	317,80	198,40	212,20	136,20	165,70	260,40	78,30	180,90	109,60	2112,7
1985	128,20	90,50	198,00	174,30	248,80	298,20	254,20	238,20	213,20	123,70	110,60	105,10	2183,0
1986	73,90	87,10	264,00	421,40	259,10	210,00	233,40	144,60	243,10	132,50	246,10	199,40	2514,6
1987	142,20	346,50	116,00	345,50	273,50	173,60	191,00	173,90	151,00	191,40	134,80	150,40	2389,8
1988	165,60	164,70	205,00	212,30	183,70	229,40	159,10	159,00	136,40	157,70	256,00	74,00	2102,9
1989	134,20	102,90	133,00	111,20	234,40	401,60	168,50	223,70	197,80	250,70	128,90	65,00	2151,9
1990	224,70	123,10	271,10	216,50	206,90	277,30	271,60	104,50	216,20	189,90	112,10	176,80	2390,7
1991	73,50	119,10	97,20	279,20	309,80	327,30	387,80	100,90	131,00	200,80	187,10	48,50	2262,2
1992	99,40	136,80	191,70	232,70	244,50	229,00	228,80	212,90	182,80	166,90	162,10	96,90	2184,5
1993	163,40	122,50	247,10	180,90	148,90	225,90	131,70	186,00	196,00	176,00	170,00	125,00	2073,4
1994	157,80	148,90	184,80	208,20	225,50	262,30	266,90	354,60	197,90	179,10	182,80	162,50	2531,3
1995	145,40	134,50	154,20	165,80	196,10	219,30	204,00	171,00	170,10	147,20	196,30	175,50	2079,4
1996	151,60	212,30	172,70	177,50	197,70	215,40	322,30	207,40	210,10	148,30	158,90	145,60	2319,8
1997	176,20	194,20	157,70	191,80	262,20	218,60	297,20	196,60	157,70	154,50	173,50	163,60	2343,8
1998	166,20	147,80	156,10	161,10	169,70	337,60	153,30	204,30	237,40	195,20	259,60	248,60	2436,9
1999	225,60	211,80	205,00	187,80	173,30	110,10	151,90	177,50	175,70	191,30	213,70	206,80	2230,5
2000	225,60	211,80	205,00	187,80	173,30	110,10	151,90	177,50	175,70	195,20	239,50	206,80	2260,2
2001	223,30	193,90	187,00	137,00	176,50	133,40	142,40	179,90	203,50	241,70	231,50	197,90	2248,0
2002	249,10	222,60	223,20	197,30	195,50	180,40	130,50	196,00	220,90	197,50	184,00	241,40	2438,4
2003	219,90	214,90	226,00	213,00	190,00	160,70	151,90	236,00	235,00	234,30	234,40	226,40	2542,5
2004	262,20	230,00	158,20	204,50	89,50	117,30	144,50	147,70	215,00	224,00	216,40	238,90	2248,2
2005	225,60	211,80	205,00	187,80	173,30	110,10	151,90	177,50	175,70	191,30	213,70	206,80	2230,5
<b>MEDIA</b>	166,7	166,6	184,6	220,3	211,6	217,1	206,0	187,4	191,8	184,1	182,1	156,8	189,6
<b>MAX</b>	262,2	346,5	271,1	421,4	309,8	401,6	387,8	354,6	260,4	250,7	259,6	248,6	421,4
<b>MIN</b>	71,1	76,9	97,2	111,2	89,5	110,1	130,5	100,9	131,0	78,3	108,3	48,5	48,5

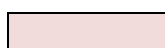


Valores rellenados

**PRECIPITACIONES MENSUALES**

**ESTACION:** PAPALLACTA      **LATITUD:** 00° 21' 54" S      **CUENCA:** Napo  
**CODIGO:** M188      **LONGITUD:** 78° 08' 41" W      **PROVINCIA:** Napo  
**TIPO:** CO      **ELEVACION:** 3150 msnm      **INSTITUCION:** INAHMI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1980	124,50	41,30	123,10	104,00	212,40	199,90	185,20	176,60	189,60	195,90	80,80	67,40	1700,7
1981	100,80	123,40	95,10	252,90	320,00	145,20	404,50	65,30	32,00	66,00	81,90	120,20	1807,3
1982	166,60	40,60	89,60	187,50	131,20	125,40	312,70	139,20	113,50	57,60	65,00	97,30	1526,2
1983	52,30	129,60	66,70	82,50	146,80	63,10	103,40	118,40	120,10	92,20	30,30	62,50	1067,9
1984	80,40	80,70	61,50	104,50	79,70	117,20	151,10	44,90	193,70	65,10	78,60	35,10	1092,5
1985	27,30	77,10	69,50	62,70	211,10	212,10	247,00	138,90	76,70	59,00	44,20	33,60	1259,2
1986	34,30	36,00	124,70	106,10	79,10	108,60	267,80	74,70	93,20	53,20	71,30	70,30	1119,3
1987	59,80	198,30	73,80	174,40	152,20	109,90	154,20	111,30	63,00	78,10	33,90	34,40	1243,3
1988	54,90	65,00	107,50	139,10	187,30	137,00	166,50	125,40	112,90	72,60	113,00	52,80	1334,0
1989	62,30	84,40	78,30	62,30	247,00	270,20	236,60	84,90	97,50	97,40	36,40	8,40	1365,7
1990	53,10	36,80	158,60	106,10	149,20	179,60	163,00	110,50	87,90	105,70	35,10	57,80	1243,4
1991	51,60	139,20	73,20	103,90	133,30	190,00	192,90	144,40	68,40	70,30	72,20	20,80	1260,2
1992	41,20	68,10	131,30	114,20	105,80	109,90	167,00	112,40	94,80	40,00	52,70	63,90	1101,3
1993	65,30	69,30	168,80	85,20	144,50	204,10	199,40	99,80	138,90	63,90	64,80	52,30	1356,3
1994	56,00	43,30	89,10	117,80	139,00	191,50	187,70	257,00	102,20	82,20	93,50	100,60	1459,9
1995	40,90	27,50	51,60	65,80	102,90	131,30	112,60	72,20	71,10	43,10	105,60	53,20	877,8
1996	48,50	122,80	74,30	80,20	104,90	126,50	257,40	116,80	120,10	44,40	57,40	41,10	1194,4
1997	78,60	100,60	55,90	97,70	183,90	130,70	226,70	103,60	55,90	52,00	75,30	63,10	1224,0
1998	66,40	43,80	54,00	84,60	70,60	276,10	257,30	113,00	59,50	743,00	35,10	47,00	1850,4
1999	72,70	88,10	95,70	114,90	131,10	201,60	155,00	126,40	128,40	111,00	86,00	93,70	1404,6
2000	72,70	88,10	95,70	114,90	131,10	201,60	155,00	126,40	128,40	106,70	57,20	93,70	1371,5
2001	75,30	108,10	391,30	171,60	127,50	175,70	165,60	123,70	97,40	54,70	66,10	103,70	1660,7
2002	46,40	76,00	75,40	104,30	106,40	123,20	178,90	105,70	77,90	104,10	119,20	55,00	1172,5
2003	79,00	84,70	706,00	436,90	557,90	145,20	195,60	51,50	79,00	62,90	66,50	76,30	2541,5
2004	9,60	73,50	145,20	115,90	165,70	203,70	210,20	126,10	60,10	72,90	37,10	50,80	1270,8
2005	30,10	87,40	123,30	236,00	133,00	190,10	96,80	66,60	60,10	34,40	61,70	102,30	1221,8
<b>MEDIA</b>	63,5	82,1	130,0	131,8	163,6	164,2	198,1	112,9	97,0	101,1	66,2	63,7	114,5
<b>MAX</b>	166,6	198,3	706,0	436,9	557,9	276,1	404,5	257,0	193,7	743,0	119,2	120,2	743,0
<b>MIN</b>	9,6	27,5	51,6	62,3	70,6	63,1	96,8	44,9	32,0	34,4	30,3	8,4	8,4



Valores rellenados

**CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

**ESTACION:** ALAMBI EN CHURUPAMBA    **LATITUD:** 00°09'00" N    **CUENCA:** Esmeraldas  
**CODIGO:** H136    **LONGITUD:** 78°40'50" W    **PROVINCIA:** Pichincha  
**TIPO:** LG    **ELEVACION:** 920 msnm    **INSTITUCION:** INECEL

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1971	36,57	35,05	30,65	34,17	15,44	18,20	10,22	13,55	12,61	22,70	10,68	13,96	21,15
1972	30,10	33,29	25,61	25,71	30,30	11,92	12,39	7,26	9,82	15,92	12,13	17,64	19,34
1973	26,15	22,14	21,43	37,85	25,08	19,28	20,20	14,60	15,17	12,56	7,73	20,20	20,20
1974	21,19	33,59	20,72	26,73	21,86	16,82	9,07	7,19	14,37	13,49	20,03	26,10	19,26
1975	27,31	40,71	34,31	31,36	19,21	17,16	16,05	11,57	11,06	17,24	14,03	14,30	21,19
1976	30,20	22,35	33,87	37,06	25,56	11,72	5,41	5,39	4,90	5,46	6,11	10,23	16,52
1977	14,95	19,31	21,64	28,31	19,85	16,58	10,01	7,15	6,06	6,66	5,60	5,88	13,50
1978	11,57	18,64	20,80	36,30	30,03	12,23	10,18	7,04	6,97	5,21	5,06	5,35	14,11
1979	12,95	15,66	41,70	29,01	28,30	18,61	10,19	8,45	9,96	9,89	6,75	7,80	16,61
1980	15,50	46,83	31,05	35,21	22,10	16,34	9,11	6,59	5,23	5,53	5,00	6,87	17,11
1981	12,36	26,74	36,63	53,29	23,45	10,51	7,57	5,71	5,40	4,83	7,06	9,59	16,93
1982	29,18	34,98	34,65	38,70	29,32	15,52	9,23	6,78	6,01	14,75	32,71	44,37	24,68
1983	33,63	34,46	38,75	41,25	32,84	19,29	10,58	6,56	6,11	6,26	11,10	15,96	21,40
1984	15,40	31,89	29,94	49,30	47,81	12,97	7,49	4,57	19,44	10,71	7,97	11,35	20,74
1985	23,39	16,92	18,68	21,40	25,40	9,30	3,80	8,04	6,58	4,95	9,67	18,46	13,88
1986	35,13	27,19	19,32	29,69	26,61	12,37	7,87	6,34	5,37	18,18	18,18	14,69	18,41
1987	31,83	17,63	25,73	25,08	29,83	7,14	6,49	8,98	6,14	8,93	4,20	3,92	14,66
1988	14,01	22,37	18,21	31,58	30,86	16,61	11,55	7,61	8,18	6,50	12,56	9,89	15,83
1989	40,81	19,76	52,54	33,10	34,43	18,78	11,19	7,34	5,93	10,78	8,55	8,03	20,93
1990	12,08	24,03	16,86	23,01	15,94	5,16	6,40	4,96	3,24	4,80	3,21	4,59	10,36
1991	17,67	9,25	33,20	25,57	27,56	15,97	10,02	6,92	4,91	9,04	4,92	11,42	14,70
1992	16,65	28,11	24,00	12,52	12,52	8,72	8,50	6,30	7,22	8,62	4,57	8,88	12,22
1993	29,98	32,90	26,51	31,55	21,50	8,30	10,72	3,73	8,09	9,28	13,74	22,44	18,23
1994	33,65	29,99	33,57	36,18	24,36	11,69	5,06	3,64	5,29	7,84	16,17	32,48	19,99
1995	21,71	23,56	23,63	30,04	21,14	16,22	13,17	8,44	4,07	16,26	11,39	8,58	16,52
1996	31,72	29,78	35,04	29,48	34,12	11,13	5,06	8,09	7,37	10,49	5,09	13,38	18,39
1997	43,73	16,24	49,51	33,69	24,16	19,75	12,93	7,67	5,23	6,71	18,89	21,42	21,66
1998	17,59	24,70	33,95	34,39	28,61	10,57	13,49	10,26	10,43	4,99	11,02	10,40	17,53
1999	26,54	39,93	28,45	27,35	20,85	19,20	7,66	5,06	15,30	14,91	10,18	25,71	20,09
2000	25,48	25,56	27,36	31,81	26,01	13,49	4,68	7,00	10,98	7,17	4,94	11,49	16,33
2001	18,61	19,94	31,04	21,51	23,62	9,27	8,42	3,08	9,17	3,81	12,84	18,50	14,98
2002	18,09	22,45	29,56	36,55	13,58	8,11	5,24	3,52	3,79	14,95	14,68	20,70	15,93
2003	18,11	22,66	15,36	27,31	18,30	15,03	5,10	4,39	15,58	16,93	18,03	14,44	15,94
2004	20,87	13,87	17,84	28,70	24,89	7,04	8,32	4,53	13,56	14,16	9,59	13,60	14,75
2005	19,46	28,81	25,13	22,16	12,41	4,30	3,88	3,97	5,41	6,29	8,38	17,55	13,15
<b>MED</b>	23,8	26,0	28,8	31,3	24,8	13,3	9,1	6,9	8,4	10,2	10,7	14,9	17,3
<b>MAX</b>	43,7	46,8	52,5	53,3	47,8	19,8	20,2	14,6	19,4	22,7	32,7	44,4	24,7
<b>MIN</b>	11,6	9,2	15,4	12,5	12,4	4,3	3,8	3,1	3,2	3,8	3,2	3,9	10,4
<b>n</b>	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
<b>S</b>	8,71	8,31	8,75	7,74	7,09	4,44	3,55	2,63	4,03	4,84	6,01	8,40	3,17
<b>Cv</b>	0,37	0,32	0,30	0,25	0,29	0,33	0,39	0,38	0,48	0,47	0,56	0,56	0,18
<b>Cs</b>	0,45	0,38	0,76	0,53	0,69	-0,25	0,90	1,12	1,01	0,68	1,59	1,52	0,05

Valor rellenado

**CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

**ESTACION:** INTAG D.J. PAMPLONA  
**CODIGO:** H150  
**TIPO:** LG

**LATITUD:** 00°13'20" N  
**LONGITUD:** 78°37'25" W  
**ELEVACION:** 1000 msnm

**CUENCA:** Esmeraldas  
**PROVINCIA:** Imbabura  
**INSTITUCION:** INECEL

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1963	51,75	53,41	54,99	49,33	39,32	35,92	31,04	26,32	30,68	38,80	45,48	49,13	42,18
1964	30,57	34,81	30,06	65,78	35,08	41,03	32,47	35,30	30,94	39,41	46,22	46,08	38,98
1965	25,28	31,56	26,86	73,69	49,54	29,97	25,24	24,51	50,00	52,66	71,68	47,80	42,40
1966	57,68	56,24	53,79	54,87	57,13	38,98	35,24	26,38	23,44	27,72	35,84	54,26	43,47
1967	51,71	121,99	91,55	53,02	60,23	48,49	38,23	30,33	19,00	13,60	21,01	22,91	47,67
1968	25,81	48,98	73,23	82,03	50,38	32,09	42,49	22,72	18,04	31,65	33,70	26,85	40,66
1969	34,76	53,10	47,05	112,80	76,85	54,27	36,53	28,08	25,79	35,80	53,29	47,57	50,49
1970	55,26	93,84	131,88	79,29	94,46	93,48	36,03	35,88	31,91	34,50	56,07	45,41	65,67
1971	59,57	65,44	73,86	47,28	54,16	49,80	43,77	24,97	23,24	29,48	43,27	36,38	45,93
1972	68,47	99,01	82,33	91,10	75,22	61,11	43,85	33,80	28,98	28,44	37,13	39,71	57,43
1973	27,81	42,70	46,43	72,47	61,62	44,88	39,13	34,06	31,27	35,67	30,22	21,73	40,67
1974	50,35	128,39	130,59	68,52	47,45	40,40	28,23	26,47	42,05	54,07	53,57	76,12	62,18
1975	79,88	107,51	127,57	116,65	52,14	40,55	47,42	33,13	34,99	51,12	49,22	70,82	67,58
1976	55,89	70,22	66,92	74,81	74,21	64,45	31,36	21,92	18,91	18,32	26,87	35,87	46,65
1977	36,17	37,37	48,01	51,65	35,91	43,98	25,00	34,91	16,10	17,05	17,38	20,56	32,01
1978	88,96	28,26	58,09	79,57	64,35	29,60	24,83	16,52	15,37	14,00	14,66	26,56	38,40
1979	40,44	31,56	101,76	76,44	69,73	45,47	25,94	24,19	30,22	27,12	23,02	21,73	43,13
1980	48,89	170,25	59,67	64,82	49,73	30,70	20,64	17,88	14,64	21,52	24,20	28,52	45,95
1981	65,50	105,94	106,08	109,82	54,71	33,56	25,55	21,72	19,10	18,04	34,61	42,28	53,08
1982	60,70	76,72	72,60	79,80	76,97	43,67	31,37	22,81	19,19	29,17	59,76	75,60	54,03
1983	54,21	69,85	60,84	59,10	74,69	39,29	30,08	33,46	17,97	33,53	73,12	60,91	50,59
1984	45,78	83,63	71,24	84,48	59,26	47,18	32,10	27,04	29,15	37,23	31,72	38,33	48,93
1985	63,29	50,43	43,78	50,40	53,95	37,17	25,12	22,37	21,97	21,03	20,00	31,00	36,71
1986	41,47	57,26	98,48	74,52	54,28	36,16	26,66	20,10	20,73	27,36	20,98	20,58	41,55
1987	30,98	33,99	47,19	33,86	57,43	35,32	28,10	23,23	23,43	24,85	18,21	17,53	31,18
1988	21,50	23,81	29,71	43,30	48,68	34,75	30,39	25,87	26,76	22,44	48,54	27,44	31,93
1989	71,80	92,90	72,03	54,87	68,08	33,62	27,27	23,75	22,22	26,04	24,39	24,88	45,16
1990	34,70	44,30	50,29	54,34	51,23	32,57	24,82	26,67	20,52	23,15	19,37	27,04	34,08
1991	22,86	31,64	59,09	47,67	44,17	34,81	30,03	24,07	15,97	12,14	18,92	29,74	30,93
1992	25,50	34,24	37,67	45,79	40,77	31,89	28,31	28,06	21,96	19,24	14,76	12,77	28,41
1993	27,63	41,34	33,82	38,21	44,80	49,66	44,56	34,21	12,62	20,59	32,70	27,47	33,97
1994	65,38	86,11	115,66	128,82	79,72	48,67	35,95	34,47	25,61	25,66	31,60	43,09	60,06
1995	44,53	47,06	58,96	64,59	52,13	39,03	36,36	32,76	25,79	49,38	48,57	35,32	44,54
1996	35,68	81,24	107,23	66,31	83,48	75,91	56,63	40,28	30,20	25,01	25,87	17,56	53,78
1997	45,25	44,94	49,33	43,77	37,43	27,80	21,97	16,39	17,58	19,37	39,64	33,67	33,09
1998	27,45	30,56	32,76	38,09	40,30	30,59	24,65	20,78	18,22	17,97	20,08	21,12	26,88
1999	20,27	40,72	44,29	42,39	38,02	27,14	21,93	18,55	18,21	22,77	22,82	58,95	31,34
2000	58,31	61,56	65,26	70,04	60,05	37,95	25,39	19,40	18,10	16,94	15,29	18,20	38,87
2001	23,03	23,61	29,15	25,90	23,66	19,82	16,25	14,93	33,08	22,86	41,34	49,79	26,95
2002	43,15	47,22	61,73	74,99	43,44	30,31	25,22	15,31	14,32	15,89	20,05	27,31	34,91
2003	23,45	27,91	27,62	35,36	30,71	23,21	19,13	16,60	15,69	17,83	19,38	22,36	23,27
2004	32,36	22,80	25,27	29,10	30,41	24,70	19,67	16,83	16,47	19,04	21,46	28,70	23,90
2005	26,93	40,80	35,35	30,99	28,17	21,52	18,77	16,76	15,49	15,50	17,29	21,34	24,07
2006	39,40	110,46	136,76	55,68	41,64	43,96	32,70	15,07	17,88	12,20	20,91	58,54	48,77
2007	53,48	43,40	55,71	81,36	78,26	41,63	38,75	24,52	22,55	36,70	23,48	33,02	44,41
<b>MED</b>	44,31	60,65	65,17	63,95	54,31	40,16	30,78	25,19	23,25	26,73	32,61	36,06	41,93
<b>MAX</b>	88,96	170,25	136,76	128,82	94,46	93,48	56,63	40,28	50,00	54,07	73,12	76,12	67,58
<b>MIN</b>	20,27	22,80	25,27	25,90	23,66	19,82	16,25	14,93	12,62	12,14	14,66	12,77	23,27
<b>n</b>	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
<b>S</b>	17,10	33,08	31,10	23,71	16,44	13,76	8,51	6,75	7,73	10,86	15,36	16,04	11,14
<b>Cv</b>	0,39	0,55	0,48	0,37	0,30	0,34	0,28	0,27	0,33	0,41	0,47	0,44	0,27
<b>Cs</b>	0,53	1,25	0,87	0,75	0,35	1,75	0,80	0,29	1,29	0,98	0,96	0,93	0,35

$$QH150=0.405*(QH146-QH149) + 13,36$$

**CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

**ESTACION:** QUIJOS EN BAEZA    **LATITUD:** 00° 27' 16" S    **CUENCA:** NAPO  
**CODIGO:** H718    **LONGITUD:** 77° 53' 11" W    **PROVINCIA:** NAPO  
**TIPO:** LG    **ELEVACION:** 1770 msnm    **INSTITUCION:** INAMHI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1971	25,60	33,70	46,38	41,89	49,71	70,99	74,38	54,55	51,15	46,79	36,56	36,15	567,85
1972	57,38	34,78	36,29	44,83	52,96	68,54	93,67	50,99	55,75	39,01	41,17	37,92	613,29
1973	45,44	51,82	35,88	38,55	49,27	50,38	59,44	54,71	46,91	42,10	44,13	51,30	569,93
1974	40,34	34,75	22,91	30,55	50,95	55,85	87,66	70,25	49,64	51,94	47,26	49,05	591,15
1975	60,16	33,25	40,77	40,38	55,16	97,24	72,34	81,55	62,07	60,87	49,73	33,65	687,17
1976	49,72	31,26	28,93	50,77	70,78	95,30	100,35	77,09	47,53	33,75	42,43	35,05	662,96
1977	18,95	47,16	71,08	60,05	51,06	69,26	83,40	68,31	59,03	45,96	25,75	29,72	629,73
1978	33,57	40,43	52,37	61,42	54,00	73,58	69,38	59,49	43,14	43,07	29,90	18,92	579,27
1979	12,97	13,03	33,46	52,80	46,20	51,55	57,03	44,57	44,45	31,61	24,47	32,57	444,71
1980	32,08	18,40	43,05	52,40	56,23	71,25	52,80	45,47	39,12	42,39	32,38	21,00	506,57
1981	16,27	35,46	32,52	44,23	39,64	54,15	78,85	36,90	44,68	27,39	26,10	31,14	467,33
1982	30,74	22,28	28,02	47,49	52,20	47,88	67,97	64,78	45,89	36,34	39,02	30,76	513,37
1983	32,14	36,92	39,58	46,64	73,71	46,82	51,25	56,51	54,66	51,46	30,69	27,27	547,65
1984	29,16	40,32	32,67	45,10	39,92	54,81	56,90	42,55	48,19	39,07	29,34	24,00	482,03
1985	12,97	25,82	42,59	28,94	50,22	68,93	70,40	67,03	43,92	38,43	27,71	19,47	496,43
1986	17,16	12,18	39,68	54,03	50,15	54,66	84,29	52,04	50,27	40,08	34,29	43,41	532,24
1987	36,74	72,49	33,07	35,60	39,13	51,73	55,44	47,91	37,92	32,45	23,13	26,80	492,41
1988	17,95	38,61	36,28	60,24	58,76	56,27	69,71	43,90	39,14	42,91	49,79	31,57	545,13
1989	45,30	31,66	42,01	38,69	65,27	96,77	71,80	46,07	39,92	45,06	30,25	19,39	572,19
1990	32,79	29,34	58,11	40,71	64,58	79,81	58,49	38,97	42,22	30,41	26,77	33,76	535,96
1991	24,20	35,38	38,61	38,78	55,45	67,65	87,52	54,60	32,62	33,19	34,26	18,92	521,18
1992	23,00	18,25	31,67	52,82	41,03	58,19	53,37	50,90	37,67	28,68	23,51	19,65	438,74
1993	21,85	22,94	44,63	43,79	41,55	68,14	62,03	44,59	48,26	37,07	30,10	25,16	490,11
1994	16,26	20,12	30,66	36,29	50,35	71,32	67,04	74,13	54,12	31,08	40,39	68,22	559,98
1995	32,64	25,22	28,62	30,69	44,78	56,92	56,28	31,51	30,54	29,51	45,12	31,72	443,55
1996	21,84	42,19	32,51	35,26	45,15	49,70	58,63	50,95	38,17	27,64	19,89	23,53	445,46
1997	20,95	25,09	23,74	18,40	70,99	49,68	70,99	56,44	31,95	21,70	29,35	29,61	448,89
1998	21,59	22,13	35,66	42,81	39,27	83,83	34,90	48,80	41,46	44,50	43,03	38,28	496,26
1999	54,14	50,48	48,87	44,08	40,22	23,43	34,54	41,34	40,88	45,01	50,97	49,14	523,10
2000	54,14	50,48	48,87	35,69	52,71	23,43	52,20	55,24	46,50	42,66	34,24	36,40	532,56
2001	53,52	45,71	43,87	30,58	35,19	29,61	32,01	49,46	36,38	26,03	34,02	39,41	455,79
2002	60,40	53,35	53,50	46,61	46,12	42,12	99,32	46,27	52,89	38,34	43,07	27,42	609,41
2003	35,29	35,82	30,54	31,94	61,81	47,69	57,69	36,29	27,47	34,77	23,92	33,26	456,49
2004	22,98	14,88	36,22	48,57	50,05	80,60	62,26	51,18	32,79	22,48	14,93	18,15	455,09
2005	12,83	89,61	110,04	50,45	50,32	90,57	34,54	41,34	40,88	45,01	50,97	49,14	665,70
<b>MEDIA</b>	32,09	35,29	40,96	42,92	51,28	61,68	65,11	52,48	43,95	37,96	34,53	32,60	530,85
<b>MAX</b>	60,40	89,61	110,04	61,42	73,71	97,24	100,35	81,55	62,07	60,87	50,97	68,22	916,45
<b>MIN</b>	12,83	12,18	22,91	18,40	35,19	23,43	32,01	31,51	27,47	21,70	14,93	18,15	270,71

Valores rellenados

**ANEXO No 3**  
**SERIES DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS Y CAUDALES**  
**MÁXIMOS REGISTRADOS**

**PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS**

**ESTACION:** PAPALLACTA      **LATITUD:** 00° 21'54" S      **CUENCA:** Napo  
**CODIGO:** M188      **LONGITUD:** 78° 08'41" W      **PROVINCIA:** Napo  
**TIPO:** CO      **ELEVACION:** 3150 msnm      **INSTITUCION:** INAHMI

<b>AÑO</b>	<b>PAPALLACTA</b>
1964	28,0
1965	36,5
1966	42,1
1967	39,9
1968	63,0
1969	70,0
1970	44,0
1971	63,7
1972	27,3
1973	33,9
1974	57,0
1975	31,6
1976	100,3
1977	72,4
1978	91,7
1979	49,2
1980	39,2
1981	60,0
1982	83,7
1983	36,4
1984	65,9
1985	44,0
1986	65,0
1987	33,7
1988	33,3
1989	47,9
1990	49,9
1991	53,8
1992	35,6
1993	47,9
1994	43,3
1995	54,1
1996	36,5
1997	38,4
1998	29,9

**CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS**

**ESTACION:** ALAMBI EN CHURUPAMBA    **LATITUD:** 00°09'00" N    **CUENCA:** Esmeraldas  
**CODIGO:** H136    **LONGITUD:** 78°40'50" W    **PROVINCIA:** Pichincha  
**TIPO:** LG    **ELEVACION:** 920 msnm    **INSTITUCION:** INECEL

<b>Año</b>	<b>día/mes</b>	<b>Q<sub>máx.i</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>1977</b>	abr	65,73
<b>1978</b>	feb	54,52
<b>1979</b>	18-may	113,96
<b>1980</b>	28-feb	223,33
<b>1981</b>	13-abr	235,51
<b>1982</b>	21-nov	261,18
<b>1983</b>	30-nov	166,22
<b>1984</b>	12-may	303,08
<b>1985</b>	26-abr	168,69
<b>1986</b>		
<b>1987</b>		
<b>1988</b>	13-abr	147,33
<b>1989</b>	mar	102,88



**CAUDALES MEDIOS MENSUALES**

**ESTACION:** INTAG D.J. PAMPLONA    **LATITUD:** 00°13'20" N    **CUENCA:** Esmeraldas  
**CODIGO:** H150    **LONGITUD:** 78°37'25" W    **PROVINCIA:** Imbabura  
**TIPO:** LG    **ELEVACION:** 1000 msnm    **INSTITUCION:** INECEL

<b>Año</b>	<b>día/mes</b>	<b>Qmi (m<sup>3</sup>/s)</b>
1977	mar	194,8
1978	mar	376,2
1979	28-abr	206,6
1980	08-feb	378,0
1981		
1982	15-feb	329,0
1983	16-ene	188,0
1984	17-mar	382,0
1985	25-abr	566,0
1986		
1987		
1988		
1989	01-feb	339,0
1990		
1991		
1992		
1993		
1994		
1995		
1996	15-mar	353,0
1997	ene	260,0
1998	04-may	339,0

PROYECTO HIDROELECTRICO QUIJOS				CUADRO Nº E/1	
RELACIONES "Qpeak / Qmedio" Estación QUIJOS EN BAEZA					
FECHA	Qpeak ( m3/s)	Qmd (1) ( m3/s)	Qmd (2) ( m3/s)	R (1) [Qpeak/Qmd(1)]	R (2) [Qpeak/Qmd(2)]
20/06/1964	223	176 (*)	212	1,27	1,05
12/09/1964	171	127	131	1,35	1,31
21/07/1965	215	135	146	1,59	1,47
08/05/1965	215	125	125	1,72	1,72
26/01/1966	181	120	137	1,51	1,32
26/03/1966	215	156 (*)	207	1,38	1,04
25/06/1967	193	126	128	1,53	1,51
30/07/1967	222	164 (*)	204	1,35	1,09
11/07/1968	207	153 (*)	193	1,35	1,07
06/01/1968	176	103	110	1,71	1,60
25/06/1969	250	142 (*)	166	1,76	1,51
05/02/1969	163	105	111	1,55	1,47
15/08/1970	202	120	128	1,68	1,58
07/01/1970	146	100	114	1,46	1,28
23/09/1972	284	137	150	2,07	1,89
19/06/1972	165	94 (*)	162	1,76	1,02
21/03/1973	230		112		2,05
07/07/1974	408	220	218	1,85	1,87
18/07/1975	244	114	135	2,14	1,81
01/06/1976	206	122	122	1,69	1,69
09/06/1976	244	150	143	1,63	1,71
19/07/1976	269	192	222	1,40	1,21
25/06/1977	259	160	172	1,62	1,51
06/03/1977	243	124	124	1,96	1,96
06/06/1978	238	136	172	1,75	1,38
23/03/1978	181	128	129	1,41	1,40
27/11/1979	162	75	98	2,16	1,65
26/06/1980	205	97	103	2,11	1,99
02/01/1980	143		118		1,21
03/07/1981	205	115	127	1,78	1,61
06/07/1981	180	135	151	1,33	1,19
12/12/1981	163	81	72	2,01	2,26
08/05/1982	180	90	88	2,00	2,05
30/07/1982	177	121 (*)	147	1,46	1,20
27/05/1982	150	90	73	1,67	2,05
23/02/1983	249	100	137	2,49	1,82
02/05/1983	178	100	100	1,78	1,78
22/07/1986	233	150	150	1,55	1,55
26/04/1992	157	81	82	1,94	1,91
Mínimo	143	75	72	1,27	1,02
<b>MEDIO</b>	209	122	139	<b>1,70</b>	<b>1,56</b>
Máximo	408	220	222	2,49	2,26
Valor más frecuente					
NOTAS:	Qmd (1) = Q medio correspondiente a la onda de crecida (*) = Es dato limnimétrico en que el Qmd (1) es el correspondiente a la media entre los valores anterior/actual/posterior				
Fuente de datos:	Qmd (2) = Q medio diario y corresponde al día del peak de crecida Archivos de INECEL				

**ANEXO No 4**  
**CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN Y SERIES**  
**MENSUALES OBTENIDAS**

### Evapotranspiración - Método Blaney – Criddle (1946)

El fundamento de su expresión, experimentada en zonas áridas y semiáridas del Oeste de Estados Unidos, radica en considerar que el consumo de agua de un cultivo, bajo el supuesto de no faltar agua en el suelo, es función de la temperatura media mensual, la iluminación y la cubierta vegetal. El introducir un factor de consumo  $k$  permite la estimación de los consumos de agua para diferentes cultivos. La fórmula es:

$$Et = K * F$$

Donde:

Et: Evapotranspiración real en mm para todo el período.

K: Coeficiente empírico de consumo característico de la cubierta vegetal y período vegetativo. El valor de  $k$  se encuentra en la tabla N° 1.

F: Suma de factores mensuales de uso consuntivo

$$F = \sum_{i=1}^n f_i$$

n: Número de meses del ciclo vegetativo

$f_i$ : Factor de uso consuntivo mensual, el mismo que se determina aplicando la siguiente expresión:

$$f_i = p(0.457t + 8.128)$$

p: Porcentaje de horas luz del día respecto al total anual. Este valor se obtiene de la tabla N° 2.

t: Temperatura media en °C.

Posteriormente Phelan propuso una modificación a este método, utilizando factores de corrección  $k_c$  y  $k_t$  para calcular el factor de la respectiva fórmula, cuya caracterización es la siguiente:

$$U_{cc} = U_{cm} * F_c$$

Siendo:

$U_{cc}$ : Uso consuntivo corregido

$U_{cm}$ : Uso consuntivo mensual, determinado por la expresión:

$$U_{cm} = f_i * k_t * k_c$$

kt: Coeficiente de corrección en función de la temperatura.

$$kt = 0.03114t + 0.2396$$

kc: Coeficiente de desarrollo del cultivo (Tabla No. 3).

Fc: Factor de corrección, se calcula con la fórmula:

$$Fc = \frac{K * F}{UCM}$$

UCM: Suma de los usos consuntivos mensuales.

## TABLAS UTILIZADAS PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

**TABLA Nº 1**  
**COEFICIENTE DE USO CONSUNTIVO PARA DEFINIR EL CULTIVO**

CULTIVO	PERIODO VEGETATIVO	K (CALCULO GLOBAL)		
Algodón	7 meses	0,6	a	0,65
Alfalfa	Entre heladas en invierno	0,8	a	0,85
Arroz	3 a 5 meses	1	a	1,2
Cobertura Vegetal	Todo el año	1,2	a	1,2
Cítricos	7 meses	0,5	a	0,65
Cubierta Vegetal-50%Maíz	8 meses	0,55	a	0,8
Jitomate	4 meses		0,7	
Maíz	8 meses	0,75	a	0,85
Nogales	Todo el año		0,7	
50% Cubierta Vegetal-Pastos	Todo el año	0,55	a	0,75
Pastos	Todo el año		0,75	
Remolacha	6 meses	0,65	a	0,75
Legumbres	6 a 8 meses		0,65	
Sorgo	4 a 5 meses		0,7	

FUENTE: GUROVICH, L, 1985

ELABORACIÓN: Erazo, Lorena P., Tapia, Carlos E., 2010

**TABLA N° 2**  
**TANTO POR CIENTO DE HORAS DE SOL DIARIAS**  
**Latitud de 46° al Sur a 60° al Norte**

Latitud °	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>NORTE</b>												
0	8,50	7,66	8,49	8,21	8,50	8,22	8,50	8,49	8,21	8,50	8,22	8,50
5	8,32	7,57	8,47	8,29	8,65	8,41	8,67	8,60	8,23	8,42	8,07	8,30
10	8,13	7,47	8,45	8,37	8,81	8,60	8,86	8,71	8,25	8,34	7,91	8,10
15	7,94	7,36	8,43	8,44	8,98	8,80	9,05	8,83	8,25	8,20	7,75	7,88
20	7,74	7,25	8,41	8,52	9,15	9,00	9,25	8,96	8,30	8,18	7,58	7,66
25	7,53	7,14	8,39	8,61	9,33	9,23	9,45	9,09	8,32	8,09	7,40	7,42
30	7,30	7,03	8,38	8,72	9,53	9,49	9,67	9,22	8,33	7,99	7,19	7,15
32	7,20	6,87	8,37	8,76	9,62	9,59	9,77	9,27	8,34	7,95	7,11	7,05
34	7,10	6,91	8,36	8,80	9,72	9,70	9,88	9,33	8,36	7,90	7,02	6,92
36	6,99	6,85	8,35	8,85	9,82	9,82	9,99	9,40	8,37	7,85	6,92	6,79
38	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66
40	6,76	6,72	8,33	8,95	10,02	10,08	10,22	9,57	8,39	7,75	6,72	7,52
42	6,63	6,65	8,31	9,00	10,14	10,22	10,35	9,65	8,40	7,69	6,62	6,37
44	6,49	6,58	8,30	9,05	10,26	10,38	10,49	9,70	8,41	7,63	6,49	6,21
46	6,34	6,50	8,29	9,12	10,39	10,54	10,64	9,79	8,42	7,57	6,36	6,08
48	6,17	6,41	8,27	9,18	10,53	10,71	10,80	9,89	8,44	7,51	6,23	5,86
50	5,98	6,30	8,24	9,24	10,68	10,91	10,99	10,00	8,46	7,45	6,10	5,65
52	5,77	6,19	8,21	9,29	10,85	11,13	11,20	10,12	8,49	7,39	5,97	5,45
54	5,55	6,08	8,18	9,36	11,03	11,38	11,43	10,26	8,51	7,30	5,74	5,27
56	5,30	5,95	8,15	9,45	11,22	11,67	11,69	10,40	8,53	7,21	5,54	4,89
58	5,01	5,81	8,12	9,55	11,46	12,00	11,98	10,55	8,55	7,18	4,31	4,51
60	4,67	5,65	8,08	9,65	11,74	12,39	12,31	10,70	8,57	6,98	5,04	4,22
<b>SUR</b>												
0	8,50	7,66	8,49	8,21	8,50	8,22	8,50	8,49	8,21	8,50	8,22	8,50
5	8,68	7,76	8,51	8,15	8,34	8,05	8,33	8,38	8,19	8,56	8,37	8,68
10	8,86	7,87	8,53	8,09	8,18	7,85	8,14	8,27	8,17	8,62	8,53	8,88
15	9,05	7,98	8,55	8,02	8,02	7,65	7,95	8,15	8,15	8,68	8,70	9,10
20	9,24	8,09	8,57	7,94	7,85	7,43	7,76	8,03	8,13	8,76	8,87	9,33
25	9,46	8,21	8,60	7,84	7,66	7,20	7,54	7,90	8,11	8,86	9,04	9,58
30	9,70	8,33	8,62	7,73	7,45	6,96	7,31	7,76	8,07	8,97	9,24	9,85
32	9,81	8,39	8,63	7,69	7,36	6,85	7,21	7,70	8,06	9,01	9,33	9,96
34	9,92	8,45	8,64	7,64	7,27	6,74	7,10	7,63	8,05	9,06	9,42	10,08
36	10,03	8,51	8,65	7,59	7,18	6,62	6,99	7,56	8,04	9,12	9,51	10,21
38	10,15	8,57	8,66	7,54	7,08	6,50	6,87	7,49	8,03	9,17	9,61	10,34
40	10,27	8,63	8,67	7,49	6,97	6,37	6,76	7,41	8,02	9,21	9,71	10,61
42	10,40	8,70	8,68	7,44	6,85	6,23	6,64	7,33	8,01	9,26	9,82	10,64
44	10,54	8,78	8,69	7,38	6,73	6,08	6,51	7,25	7,99	9,31	9,94	10,80
46	10,69	8,86	8,70	7,32	6,61	5,92	6,37	7,16	7,96	9,37	10,07	10,91

FUENTE: GUROVICH, L, 1985

ELABORACIÓN: Erazo, Lorena P., Tapia, Carlos E., 2010

**TABLA N° 3**  
**Coefficientes de cultivo**

Cultivo Mes	Alfalfa	Pastos	50% C. Vegetal-Pastos	C. Vegetal-50% Maíz	Maíz suave	C. Vegetal	Haba	Lenteja	Kc
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	Total
Enero	0,65	0,75	0,98	1,12	1,03	1,20	1,10	0,45	0,89
Febrero	0,75	0,75	0,98	1,13	1,05	1,20	0,95	0,55	0,90
Marzo	0,85	0,75	0,98	1,07	0,94	1,20	0,58	0,65	0,88
Abril	1,00	0,75	0,98	0,96	0,72	1,20	0,21	0,75	0,86
Mayo	1,10	0,75	0,98	0,86	0,51	1,20	0,04	0,86	0,83
Junio	1,13	0,75	0,98	0,60		1,20		0,98	0,77
Julio	1,12	0,75	0,98	0,60		1,20		1,10	0,77
Agosto	1,08	0,75	0,98	0,60		1,20	0,41	0,8	0,77
Septiembre	1,00	0,75	0,98	0,60		1,20	0,55	0,65	0,77
Octubre	0,90	0,75	0,98	0,79	0,37	1,20	0,72	0,5	0,82
Noviembre	0,80	0,75	0,98	0,92	0,63	1,20	0,89	0,47	0,85
Diciembre	0,65	0,75	0,98	1,04	0,88	1,20	1,04	0,45	0,88

FUENTE: GUROVICH, L, 1985

ELABORACIÓN: Erazo, Lorena P., Tapia, Carlos E., 2010



## SERIES MENSUALES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN OBTENIDAS

### EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL

**CUENCA:** ALAMBI EN CHURUPAMBA  
**MÉTODO:** BLANEY - CRIDDLE - MODIFICADO POR PHELAN  
**USO DE SUELO:** 1980

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1980	154,07	140,73	151,42	145,22	150,12	140,54	141,60	143,29	140,37	149,30	145,20	153,21	146,26
1981	154,45	135,79	153,75	147,45	150,50	139,09	138,28	142,73	138,02	150,63	147,43	153,60	145,98
1982	151,29	139,07	154,46	150,00	153,11	147,01	145,46	148,08	145,92	144,74	146,26	153,34	148,23
1983	161,78	146,81	164,03	153,50	159,62	144,92	148,90	142,26	134,04	140,76	134,20	140,73	147,63
1984	145,66	133,99	154,72	148,38	151,44	137,24	139,12	141,74	143,43	145,83	143,67	150,64	144,66
1985	150,72	139,49	155,93	152,41	150,69	146,58	143,04	137,34	133,70	141,33	139,25	143,16	144,47
1986	146,51	134,74	152,58	146,33	152,23	137,12	145,49	149,09	143,26	147,58	145,38	153,40	146,14
1987	148,16	137,97	156,16	148,83	157,71	146,79	145,21	143,21	141,17	150,13	146,95	150,20	147,71
1988	155,19	142,63	154,49	148,16	152,18	139,80	139,95	145,31	142,32	152,30	147,21	150,47	147,50
1989	152,17	141,71	163,41	148,10	149,22	137,87	140,70	141,47	135,02	139,92	140,62	147,45	144,81
1990	147,07	138,76	156,08	149,69	153,75	143,05	143,24	143,09	142,88	147,18	144,07	148,17	146,42
1991	152,34	143,58	160,44	153,87	157,07	147,10	149,26	144,44	137,01	140,18	138,11	145,77	147,43
1992	152,17	139,02	162,36	154,75	154,05	140,59	139,80	140,57	134,16	141,81	136,98	149,39	145,47
1993	152,89	136,14	148,33	146,89	151,84	139,45	142,33	141,26	141,99	150,05	150,63	154,96	146,40
1994	154,78	137,85	153,11	145,91	148,92	141,21	142,30	143,99	142,84	151,90	148,69	153,93	147,12
1995	154,41	141,03	153,71	148,35	148,57	141,78	145,67	147,36	143,41	150,59	148,33	153,56	148,06
1996	150,08	137,11	152,29	148,85	150,97	139,55	142,44	144,13	143,89	151,10	150,71	153,10	147,02
1997	154,31	134,82	152,64	146,39	147,52	142,58	142,78	146,33	144,22	155,28	148,23	154,42	147,46
1998	156,84	143,23	155,16	149,73	151,89	139,54	143,36	145,97	142,05	151,06	148,78	153,07	148,39
1999	153,49	137,56	154,74	143,75	147,66	140,01	141,99	144,61	143,46	148,74	149,32	154,59	146,66
2000	153,39	138,35	151,73	145,51	149,46	137,24	141,90	143,59	143,37	152,46	151,11	152,54	146,72
<b>MAX</b>	161,78	146,81	164,03	154,75	159,62	147,10	149,26	149,09	145,92	155,28	151,11	154,96	148,39
<b>MED</b>	152,47	139,07	155,31	148,67	151,84	141,38	142,99	143,80	140,79	147,75	145,29	150,94	146,69
<b>MIN</b>	145,66	133,99	148,33	143,75	147,52	137,12	138,28	137,34	133,70	139,92	134,20	140,73	144,47

**EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL**

**CUENCA:** INTAG  
**MÉTODO:** BLANEY - CRIDDLE - MODIFICADO POR PHELAN  
**USO DE SUELO:** 1980

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>MEDIA</b>
1980	157,67	144,39	153,17	142,64	143,19	124,08	125,02	126,51	123,93	139,54	140,86	153,76	139,56
1981	158,02	139,28	155,48	144,79	143,51	122,77	122,06	125,98	121,82	140,74	142,99	154,11	139,30
1982	154,95	142,80	156,37	147,45	146,16	129,90	128,52	130,84	128,93	135,39	142,00	154,01	141,45
1983	165,46	150,54	165,82	150,68	152,16	127,87	131,39	125,52	118,28	131,48	130,11	141,16	140,87
1984	149,12	137,52	156,56	145,79	144,50	121,21	122,87	125,19	126,67	136,34	139,42	151,24	138,04
1985	154,24	143,11	157,72	149,70	143,73	129,41	126,28	121,25	118,03	132,08	135,08	143,67	137,86
1986	150,07	138,37	154,48	143,86	145,33	121,17	128,56	131,74	126,60	138,05	141,16	154,09	139,46
1987	151,73	141,66	158,07	146,29	150,53	129,68	128,29	126,52	124,72	140,41	142,65	150,84	140,95
1988	158,80	146,32	156,25	145,51	145,14	123,41	123,55	128,28	125,64	142,33	142,79	150,99	140,75
1989	155,61	145,28	165,17	145,35	142,22	121,63	124,12	124,80	119,12	130,67	136,31	147,87	138,18
1990	150,59	142,44	157,97	147,11	146,73	126,37	126,54	126,40	126,21	137,64	139,84	148,78	139,72
1991	155,93	147,34	162,32	151,17	149,85	129,90	131,81	127,55	120,99	131,04	134,01	146,32	140,68
1992	155,62	142,53	164,12	151,89	146,83	124,03	123,33	124,01	118,36	132,44	132,79	149,82	138,81
1993	156,49	139,71	150,07	144,31	144,86	123,15	125,69	124,74	125,38	140,27	146,16	155,55	139,70
1994	158,43	141,46	154,90	143,34	142,07	124,70	125,66	127,15	126,14	142,00	144,27	154,51	140,39
1995	158,08	144,75	155,54	145,76	141,76	125,22	128,65	130,15	126,66	140,79	143,94	154,16	141,29
1996	153,64	140,72	154,10	146,26	144,06	123,25	125,81	127,30	127,09	141,27	146,26	153,71	140,29
1997	158,01	138,41	154,49	143,87	140,79	125,96	126,14	129,27	127,40	145,21	143,89	155,07	140,71
1998	160,47	146,92	156,91	147,04	144,85	123,17	126,54	128,84	125,39	141,15	144,31	153,59	141,60
1999	157,10	141,16	156,55	141,22	140,86	123,64	125,38	127,69	126,68	139,04	144,88	155,17	139,95
2000	157,00	141,97	153,50	142,95	142,58	121,18	125,30	126,79	126,59	142,51	146,62	153,11	140,01
<b>MAX</b>	165,46	150,54	165,82	151,89	152,16	129,90	131,81	131,74	128,93	145,21	146,62	155,55	141,60
<b>MED</b>	156,05	142,70	157,12	146,05	144,84	124,84	126,26	126,98	124,32	138,11	140,97	151,50	139,98
<b>MIN</b>	149,12	137,52	150,07	141,22	140,79	121,17	122,06	121,25	118,03	130,67	130,11	141,16	137,86

**EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL**

**CUENCA:** QUIJOS EN BAEZA  
**MÉTODO:** BLANEY - CRIDDLE - MODIFICADO POR PHELAN  
**USO DE SUELO:** 1979

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>MEDIA</b>
1980	124,77	115,67	120,83	116,01	120,14	111,84	109,16	113,06	112,50	119,57	116,05	123,31	116,91
1981	125,22	106,07	129,89	121,38	126,52	113,10	105,02	111,98	115,34	122,54	122,25	127,20	118,88
1982	125,49	113,95	124,12	121,65	122,54	109,40	107,54	108,21	111,61	121,12	124,20	127,48	118,11
1983	129,36	114,32	127,96	124,53	125,49	114,52	110,35	109,44	108,13	121,53	121,25	121,06	118,99
1984	125,01	105,04	121,06	116,23	125,49	108,11	107,77	112,47	113,51	123,18	120,41	122,69	116,75
1985	129,17	107,96	125,18	123,51	122,74	103,41	106,92	109,96	114,16	125,55	121,05	125,95	117,96
1986	120,53	110,24	117,50	119,36	122,74	111,89	106,04	114,75	110,18	124,72	120,23	124,23	116,87
1987	119,43	103,23	127,41	115,81	125,79	111,66	113,04	116,95	117,05	128,60	124,86	129,04	119,41
1988	125,16	117,58	127,24	120,51	119,71	102,98	108,04	116,75	115,28	125,88	120,55	120,32	118,33
1989	113,32	104,45	120,38	117,21	118,01	108,28	110,35	114,26	115,27	124,19	127,30	133,34	117,20
1990	122,21	112,54	124,27	121,80	121,01	108,75	110,04	109,93	112,54	126,36	121,01	125,91	118,03
1991	129,53	110,57	128,13	117,23	123,09	114,63	110,40	106,32	115,29	114,19	116,46	127,17	117,75
1992	128,40	113,47	127,02	121,13	125,41	112,08	111,07	114,95	112,73	120,62	120,35	121,82	119,09
1993	125,16	112,10	120,40	119,68	126,47	109,89	112,81	113,50	112,89	119,14	123,04	125,42	118,38
1994	125,24	110,63	123,87	117,30	118,95	110,74	108,90	114,37	116,15	125,10	123,11	125,50	118,32
1995	124,50	116,14	123,99	121,50	118,28	114,03	116,28	119,40	117,06	124,34	120,72	123,91	120,01
1996	124,29	110,54	122,92	118,84	121,36	109,85	110,37	112,65	113,66	123,32	121,37	124,55	117,81
1997	125,29	105,39	123,08	117,36	116,54	114,75	112,16	116,88	118,61	130,29	120,67	125,55	118,88
1998	128,78	119,26	127,40	123,96	124,10	110,16	112,31	116,98	114,69	122,67	122,36	123,91	120,55
1999	122,33	109,55	126,11	113,73	116,95	111,20	117,43	111,63	116,63	118,88	125,31	126,02	117,98
2000	122,38	111,14	121,03	115,40	119,50	110,47	117,48	112,48	112,69	124,83	125,36	122,65	117,95
<b>MAX</b>	129,53	119,26	129,89	124,53	126,52	114,75	117,48	119,40	118,61	130,29	127,30	133,34	120,55
<b>MED</b>	124,55	110,95	124,28	119,24	121,94	110,56	110,64	113,19	114,09	123,17	121,81	125,10	118,29
<b>MIN</b>	113,32	103,23	117,50	113,73	116,54	102,98	105,02	106,32	108,13	114,19	116,05	120,32	116,75

**ANEXO No 5**  
**EJEMPLO DE CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA (CN)**

## CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA (CN)

### SUBCUENCA A1 DEL RÍO ALAMBI

Para calcular el CN ponderado se sigue los siguientes puntos:

- Se determina el área para cada uso de suelo

#### Uso del suelo - Subcuenca A1 del río Alambi (año 1980).

ÁREA (Km2)				
VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVO	PÁRAMO	TOTAL
101,23	67,76	17,02	7,96	193,96

- Se aplica el CN correspondiente para cada uso de suelo de acuerdo a la condición de humedad

GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO	CN - CONDICIÓN DE HUMEDAD (II)			
	VEGETACIÓN NATURAL	PASTOS	CULTIVO	PÁRAMO
C	70	86	88	74

FUENTE: CHOW V. 1994

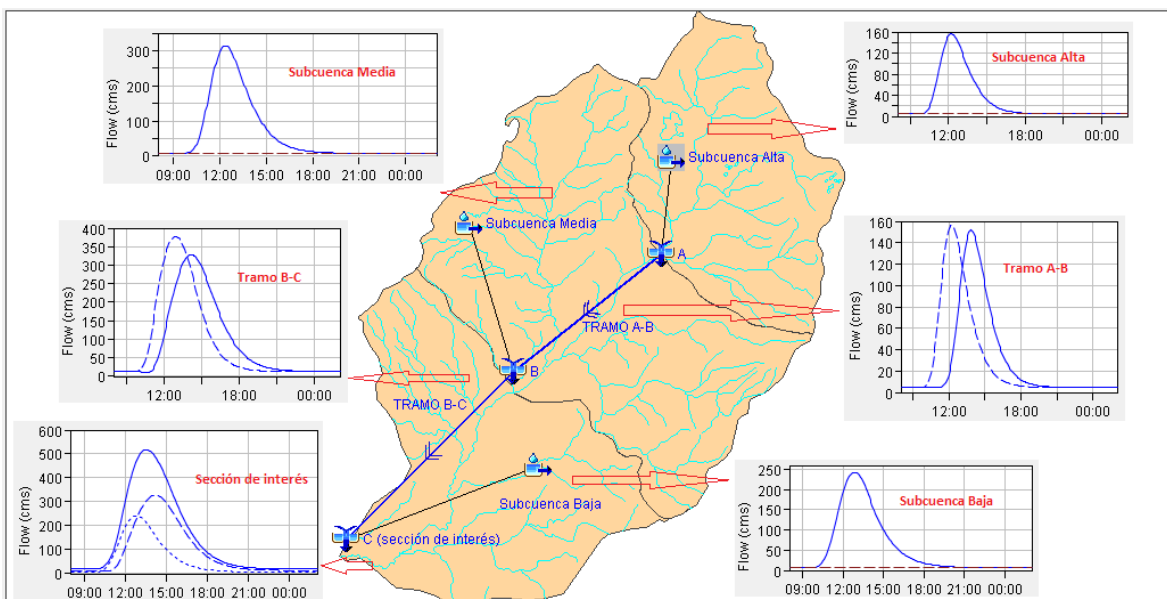
- Se multiplica los factores de CN con el área de cada uso correspondiente, dividido para el área total.

$$CN = \frac{(101.23 * 70) + (67.76 * 86) + (17.02 * 88) + (7.96 * 74)}{193.96}$$

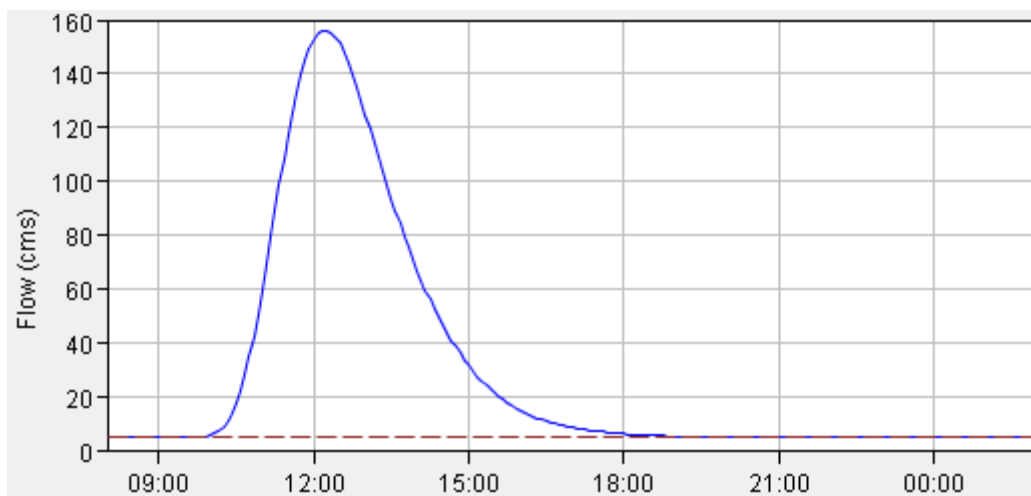
$$CN = 77.33$$

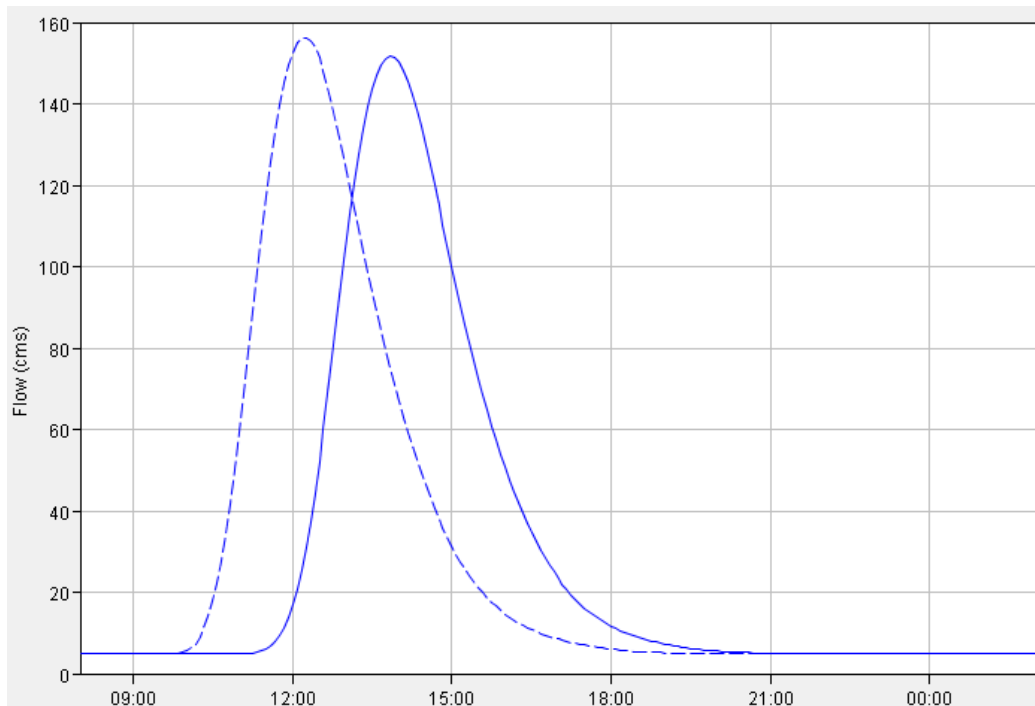
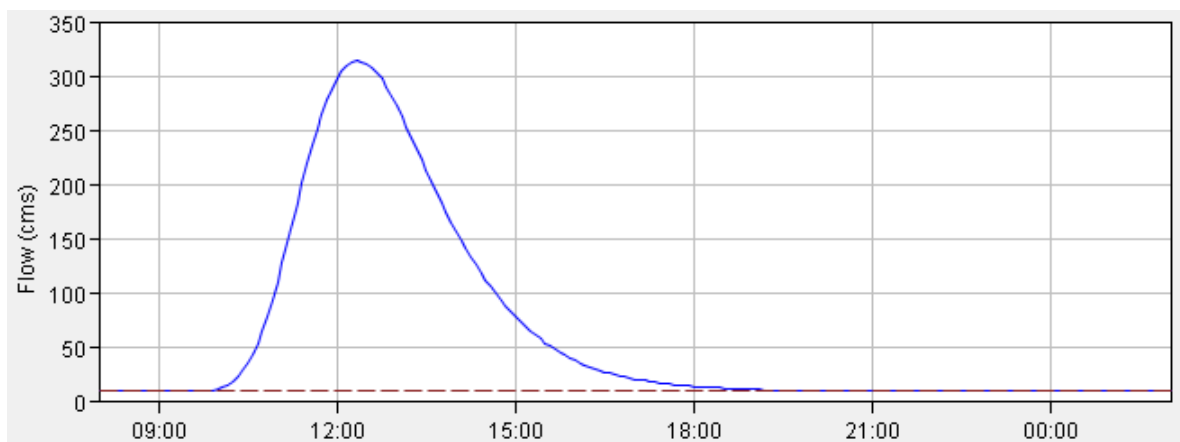
**ANEXO No 6**  
**HIDROGRAMAS GENERADOS CON EL MODELO HEC-**  
**HMS 3.5 (PARA TR=5AÑOS)**

Hidrogramas generados para la cuenca del río Intag para ( $Tr = 5$  años), uso del suelo del año 1980.

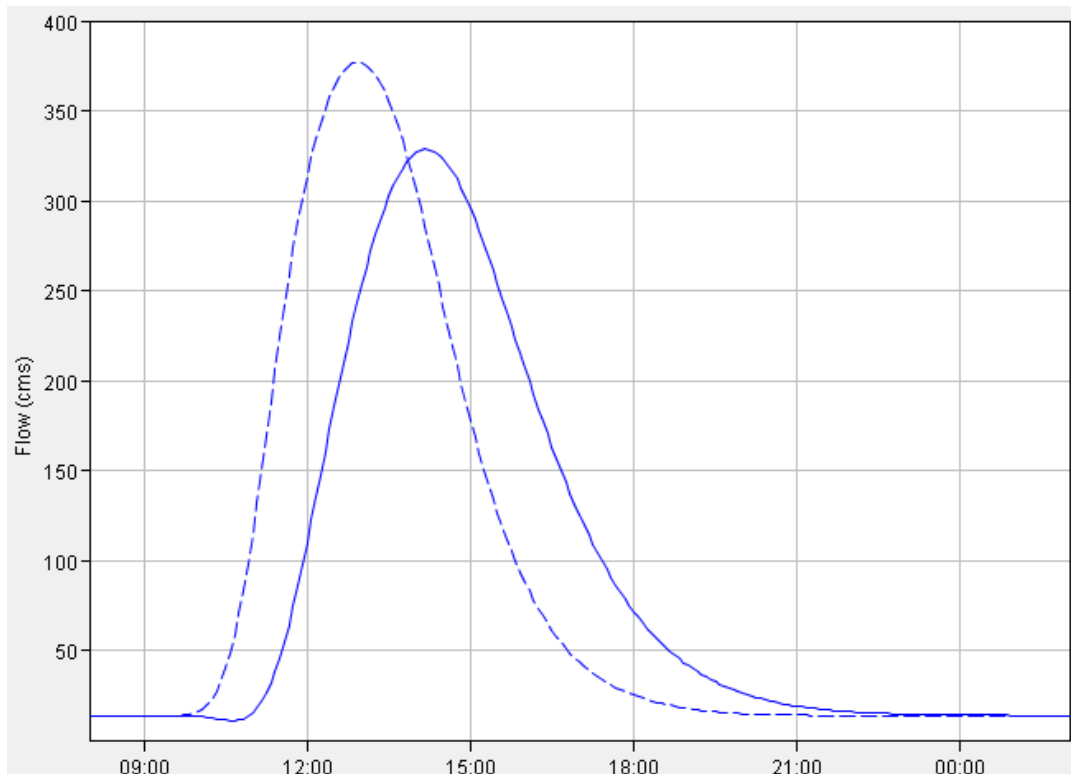
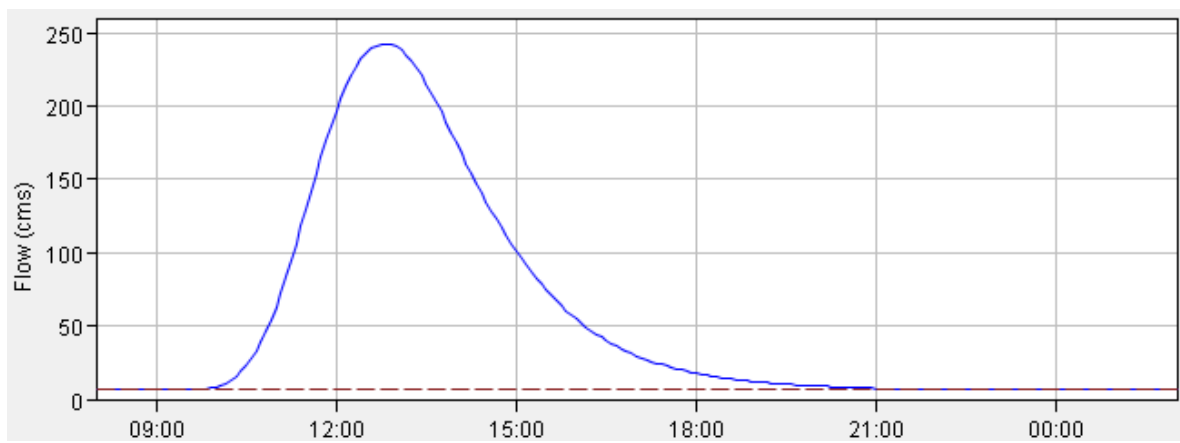


Hidrograma generado a la salida de la subcuenca Alta (Intag)

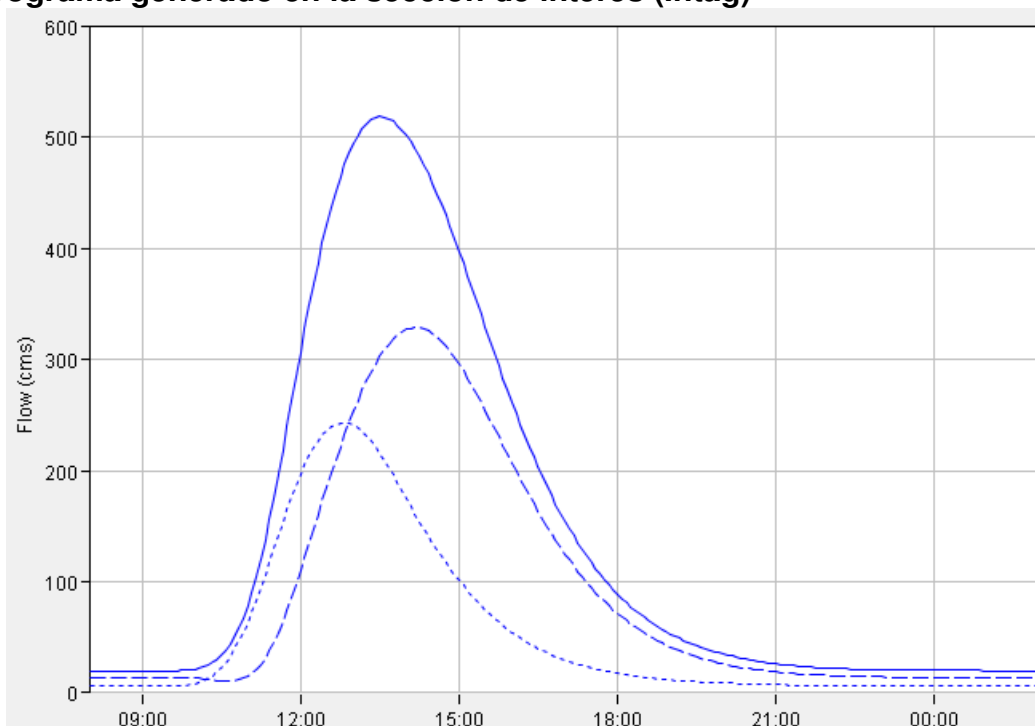


**Hidrograma generado en el Tamo A-B (Intag)****Hidrograma generado a la salida de la subcuenca Media (Intag)**

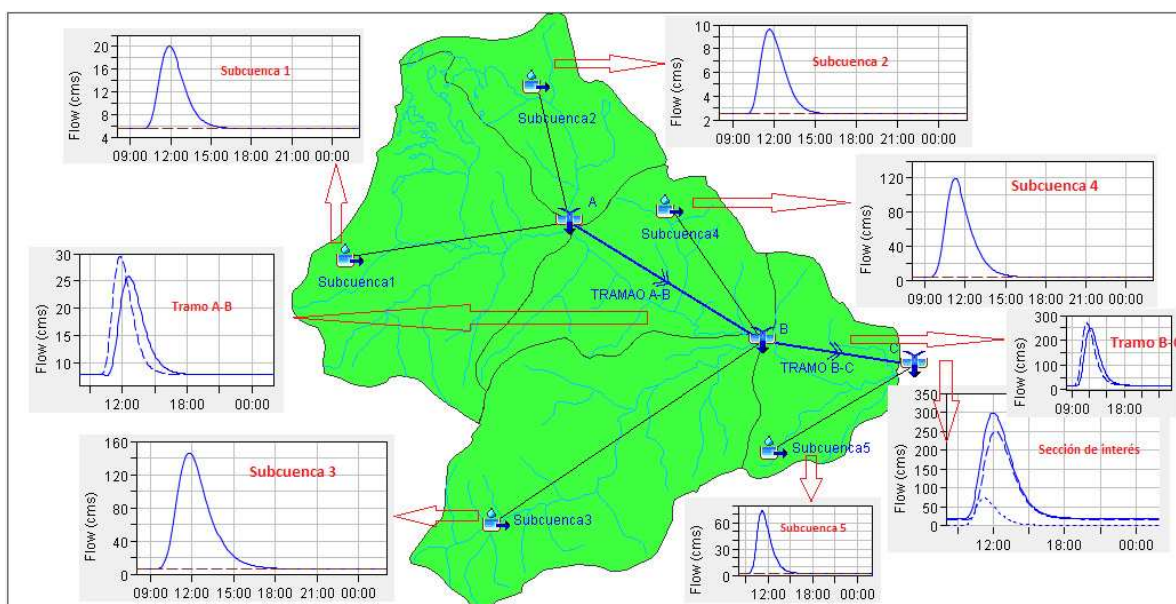


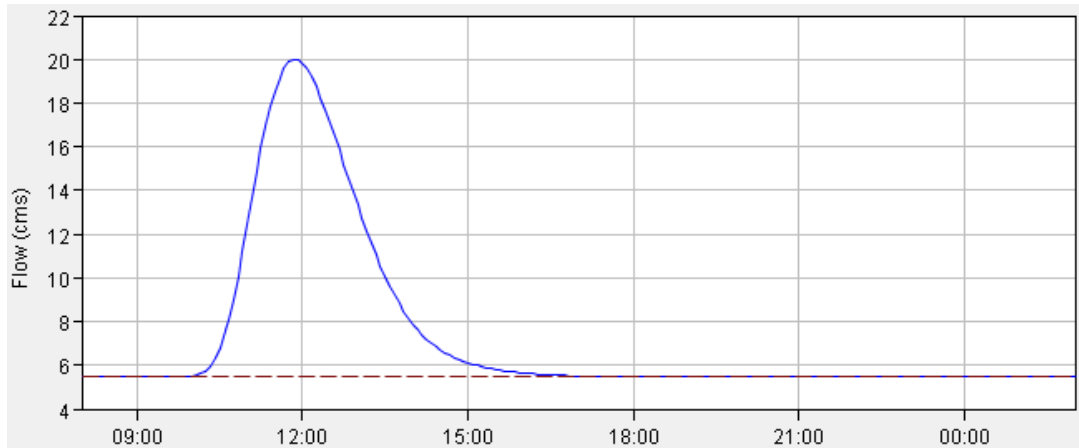
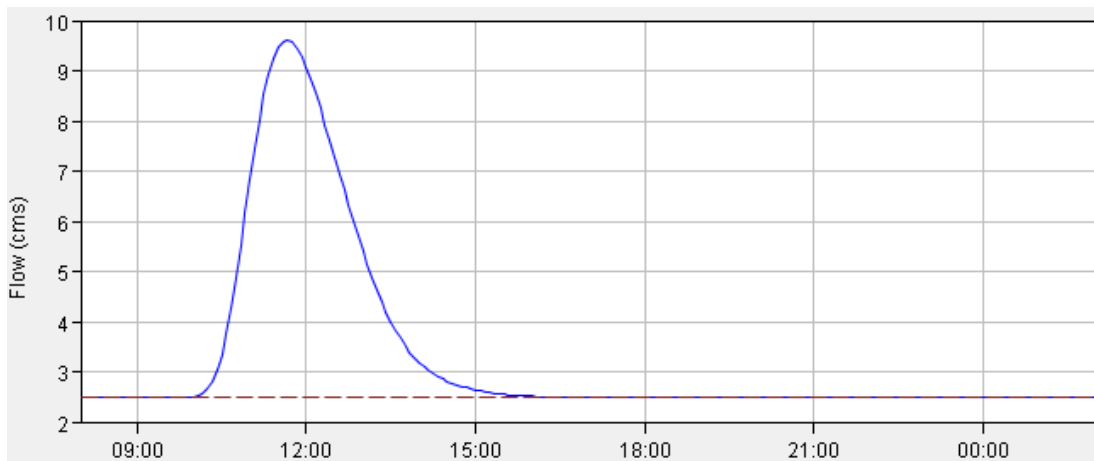
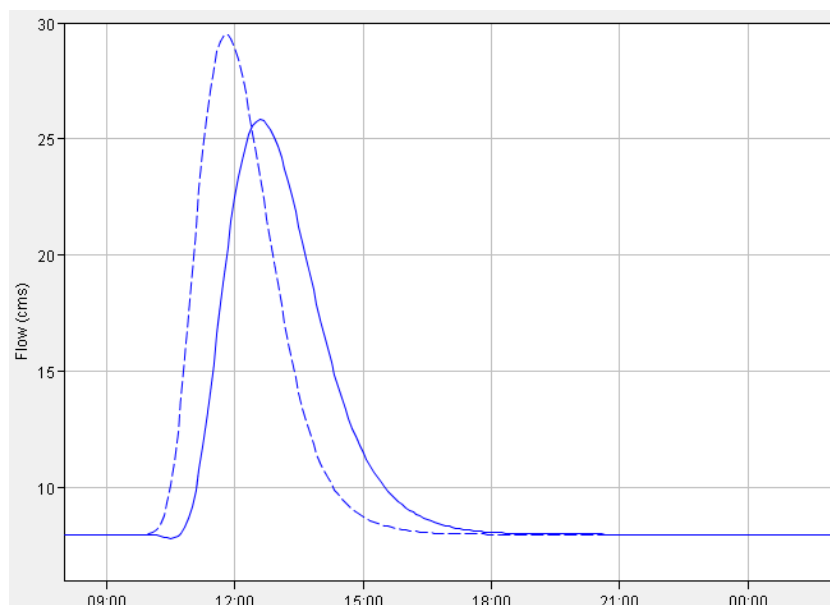
**Hidrograma generado en el Tamo B-C (Intag)****Hidrograma generado a la salida de la subcuenca Baja (Intag)**

### Hidrograma generado en la sección de interés (Intag)

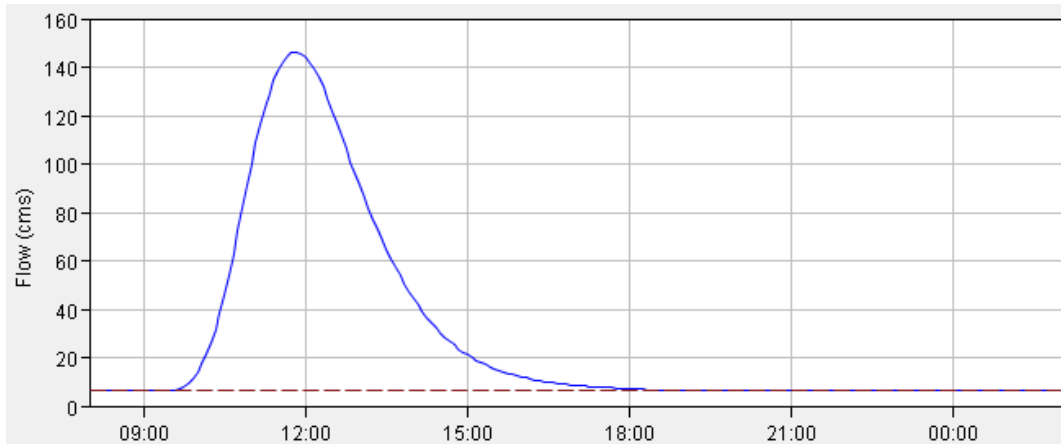


### Hidrogramas generados para la cuenca del río Quijos en Baeza para (Tr = 5 años), uso del suelo del año 1980.

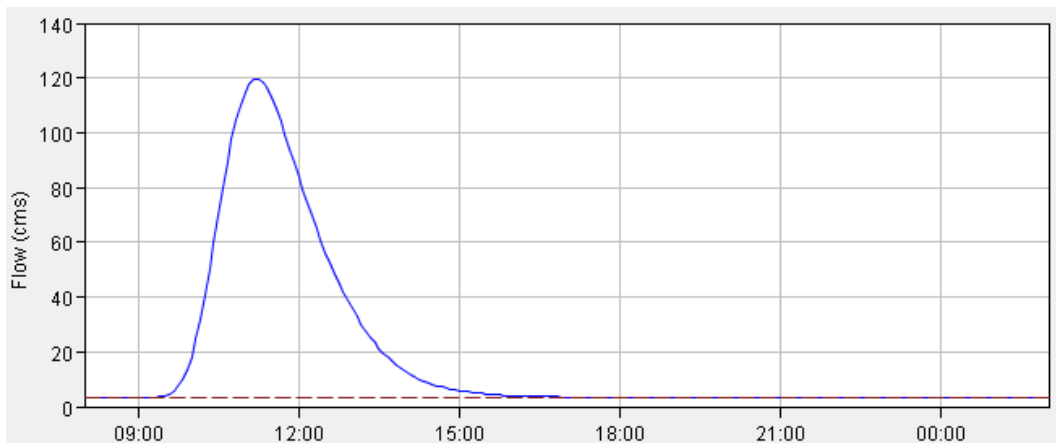


**Hidrograma generado a la salida de la subcuenca 1 (Quijos)****Hidrograma generado a la salida de la subcuenca 2 (Quijos)****Hidrograma generado en el Tamo A-B (Quijos)**

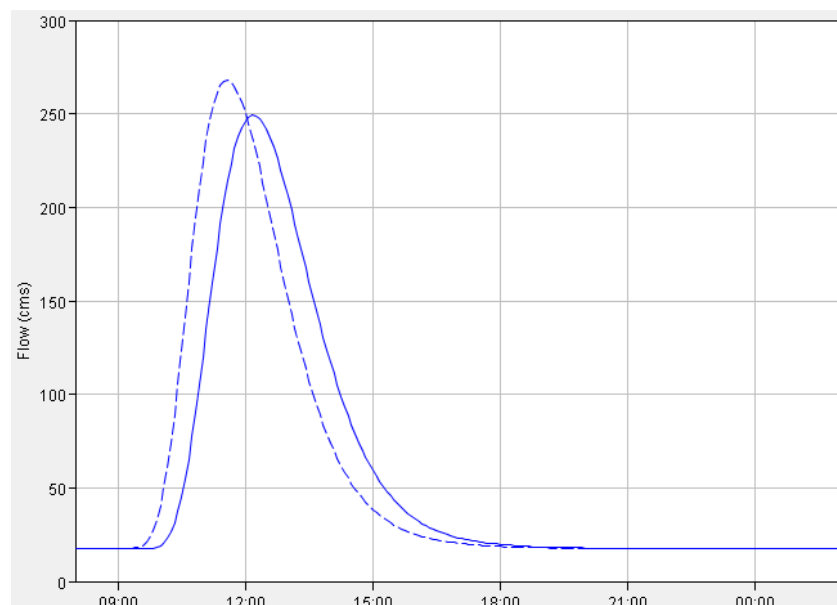
**Hidrograma generado a la salida de la subcuenca 3 (Quijos)**

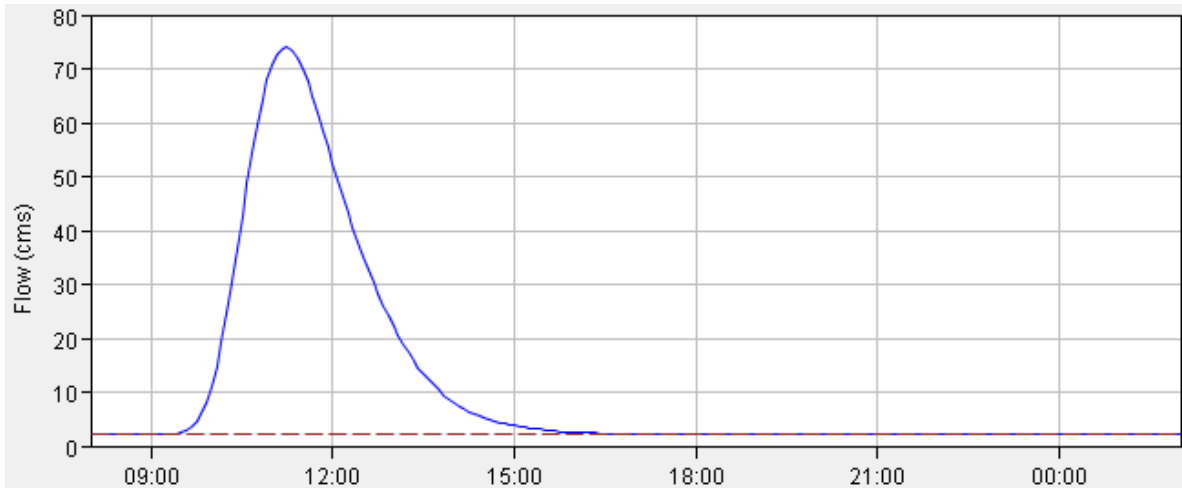


**Hidrograma generado a la salida de la subcuenca 4 (Quijos)**



**Hidrograma generado en el Tamo B-C (Quijos)**



**Hidrograma generado a la salida de la subcuenca 5 (Quijos)****Hidrograma generado en la sección de interés (Quijos)**