



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**  
**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE**  
**CONSTRUCCIONES**

**Elaboración de hidrogramas de crecidas de las cuencas de  
los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay desde el año 1997  
– 2017**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE**  
**CONSTRUCCIONES**

**Autora:**

**NARANJO MARTÍNEZ DANYA PAULINA**

**Director:**

**LARRIVA VÁSQUEZ JOSUÉ BERNARDO.**

**CUENCA, ECUADOR**

**2018**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo producto de mucho esfuerzo y dedicación de varios meses le dedico con todo el amor del mundo en primer lugar a Dios que es el ser que me dio la vida y por el que hoy estoy aquí haciendo posible mis sueños, a mis padres Manuel Alfredo y Gladys Magdalena que han sido un pilar fundamental en mi vida y me han impulsado día a día a no rendirme con sus palabras de aliento me han impulsado a superarme profesionalmente y llegar a culminar mi carrera si no hubiera sido por ellos este sueño no hubiera sido posible, a mi esposo Cesar Geovanny que con toda la paciencia del mundo me ha apoyado incondicionalmente en cada paso de mi carrera, a mi hijo Pedro Alejandro quien ha sido el principal motor e inspiración para acabar con mi trabajo, a mis hermanos Verónica Fernanda y Cristian Alfredo que con sus palabras de aliento me apoyaron siempre en mi carrera para poder llegar a cumplir con uno de los mejores sueños de mi vida.

**DANNYA PAULINA**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento y gratitud, a todos y cada uno de los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay, por haberme brindando la oportunidad de prepararme en esta institución.

De manera especial le quiero dar las gracias al Ing. Josué Larriva Vásquez, Mst director de esta tesis, al Ing. Javier Fernández de Córdova Webster Mst a la Ing María Belén Arévalo miembros mi junta, los mismos que con sus sabios conocimientos y mucha paciencia me han guiado en la elaboración de mi tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO .....	8
1.1 Concepto de cuenca.....	8
1.1.1. Características de las Cuencas y los Cauces .....	8
1.2 Elementos del Ciclo Hidrológico .....	10
1.3 Precipitación .....	11
1.3.1 Presión Atmosférica. - .....	12
1.3.2 Presión de vapor.....	13
1.3.3 Tipos de Humedad .....	14
1.3.4. Humedad Absoluta. Es la masa de vapor de agua contenida en una unidad de volumen de aire:.....	14
1.3.5. Humedad Específica. - Se define como la relación entre la masa de vapor y la de aire húmedo (aire + vapor):.....	15
1.4. Clasificación de la Precipitación .....	15
1.5. Medición de la Precipitación .....	16
1.5.1. Análisis de los datos de Precipitación.....	18
1.6. Estacionalidad .....	20
1.7. Relación Lluvia Escurrimiento.....	20
1.8. Hidrogramas .....	21
1.8.1. Hidrograma de Caudal .....	23
1.9. Infiltración .....	23
1.9.1. Factores que intervienen en la capacidad de infiltración.....	24
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
2.1 Descripción de las Cuencas .....	25
2.1.1 Descripción .....	25
2.2 Recopilación de los Datos .....	26
2.2.1 Origen de los Datos.....	26

2.2.2 Descripción de las series de Tiempo.....	26
2.3 Selección de estaciones y periodo de análisis .....	27
2.3.1 Río Tomebamba.....	27
2.3.2 Río Tarqui .....	28
2.3.3 Río Yanuncay .....	30
2.4 Descripción de los métodos a utilizarse .....	31
2.4.1 Definición de umbrales .....	31
2.4.3 Precipitación .....	35
2.4.4 Precipitación y caudal combinados.....	36
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>37</b>
3.1 Hidrogramas del río Tomebamba.....	37
3.2 Hidrogramas del río Tarqui .....	41
3.3 Hidrograma del río Yanuncay .....	42
3.4 Resultados de los Umbrales Definidos.....	44
3.4.1 Umbral 1 .....	44
3.4.2 Umbral 2 .....	45
Hidrogramas cuenca del Río Tomebamba .....	56
Hidrogramas Cuenca del Río Tarqui.....	61
Hidrogramas Cuenca del Río Yanuncay .....	62
3.5. Resumen de los resultados obtenidos .....	64
<b>CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
4.1. Conclusiones .....	66
4.2. Recomendaciones .....	66
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características de las cuencas de los ríos estudiados (VALLEJO, 2014)..	26
Tabla 2.2 Río Tomebamba: Estaciones de caudal desde el año 1997 - 2013 .....	27
Tabla 2.3 Río Tomebamba: Estaciones de precipitación desde el año 1997 – 2013 .	27
Tabla 2.4 Río Tomebamba: Estaciones de precipitación desde el año 2014 – 2017 .	28
Tabla 2.5 Río Tarqui: Estaciones de caudal desde el año 1997 – 2013 .....	29
Tabla 2.6 Río Tarqui: Estaciones de caudal desde el año 2014 – 2017 .....	29
Tabla 2.7 Río Tarqui: Estaciones de precipitación desde el año 1997 – 2013.....	29
Tabla 2.8 Río Yanuncay: Estaciones de caudal desde el año 1997 – 2013 .....	30
Tabla 2.9 Río Yanuncay: Estaciones de caudal desde el año 2014 – 2017 .....	30
Tabla 2.10 Río Yanuncay: Estaciones de precipitación desde el año 1997 – 2011 ...	30
Tabla 2.11 Río Yanuncay: Estaciones de precipitación desde el año 2014 – 2017 ...	31
Tabla 3.1 Estación Matadero de Sayausi. Datos correspondientes del año 1997-2013 .....	46
Tabla 3.2 Estación Matadero de Sayausi. Datos correspondientes del año 2014-2017 .....	47
Tabla 3.3 Estación Yanuncay Aj. Tarqui. Datos Correspondientes al año 1998 - 2013 .....	48
Tabla 3.4 Estación Yanuncay Aj Tarqui. Datos pertenecientes al año 2014-2017....	49
Tabla 3.5 Estación Tarqui Aj Yanuncay. Datos Pertenecientes al año 1998- 2014...	49
Tabla 3.6 Cuenca del río Tomebamba. Caudales mayores a 100m <sup>3</sup> /s .....	51
Tabla 3.7 Cuenca del río Tomebamba. Caudales en un rango de 50m <sup>3</sup> y 100m <sup>3</sup> /s....	52
Tabla 3.8 Cuenca del Río Tarqui. Caudales Mayores a 50m <sup>3</sup> /s.....	53
Tabla 3.9 Cuenca del Río Tarqui. Caudales entre 15m <sup>3</sup> /s – 50m <sup>3</sup> /s.....	54
Tabla 3.10 Cuenca del Río Yanuncay. Caudales Mayores a 100m <sup>3</sup> /s .....	54
Tabla 3.11 Cuenca del Río Yanuncay. Caudales entre 50m <sup>3</sup> /s – 100m <sup>3</sup> /s .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estaciones de las Cuencas .....	7
Figura 1.1 Tipos de Cuencas (APARICIO, 1989) .....	8
Figura 1.2 Características de una Cuenca (APARICIO, 1989).....	9
Figura 1.3 Elementos de un ciclo Hidrológico (CHOW, 2000).....	11
Figura 1.4 Experimento de Torricelli (APARICIO, 1989). .....	12
Figura 1.5 Gráfico humedad relativa (APARICIO, 1989).....	14
Figura 1.6 Aparato para medir la precipitación (APARICIO, 1989).....	17
Figura 1.7 Medición con Pluviógrafos (APARICIO, 1989) .....	17
Figura 1.8 Polígonos de Thiessen (APARICIO, 1989).....	19
Figura 1.9 Hidrograma (APARICIO, 1989) .....	21
Figura 1.10 Hidrograma anual (APARICIO, 1989).....	22
Figuras 3.1 Hidrogramas Estación Matadero de Sayausi 1997 – 2017.....	37
Figura 3.2.a Hidrograma Estación Matadero de Sayausi año 1998 .....	37
Figura 3.3.b Hidrograma Estación Matadero de Sayausi año 2002 - 2004.....	38
Figura 3.4.c Hidrograma Estación Matadero de Sayausi año 2008 - 2010.....	38
Figura 3.5.d Hidrograma Estación Matadero de Sayausi año 2011 - 2013.....	39
Figura 3.6.e Hidrograma Estación Matadero de Sayausi año 2014 - 2015.....	39
Figura 3.7.f Hidrograma Estación Matadero de Sayausi año 2017 .....	40
Figuras 3.8 Hidrogramas Estación Tarqui Aj Yanuncay 1997 – 2017 .....	41
Figura 3.9.a Hidrogramas Estación Tarqui Aj Yanuncay año 2001 – 2003 .....	41
Figura 3.10.b Hidrogramas Estación Tarqui Aj Yanuncay año 2008 – 2010.....	41
Figura 3.11 Hidrogramas Estación Yanuncay Aj Tarqui 1997 – 2017.....	42
Figura 3.12.a Hidrogramas Estación Yanuncay Aj Tarqui 1998 – 1999.....	42
Figura 3.13.b Hidrogramas Estación Yanuncay Aj Tarqui año 2008– 2011 .....	42
Figura 3.14.c Hidrogramas Estación Yanuncay Aj Tarqui año 2012 – 2014 .....	43
Figura 3.15.d Hidrogramas Estación Yanuncay Aj Tarqui año 2016 – 2017 .....	43
Figura 3.16 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 11 de febrero de 1998 .....	56
Figura 3.17 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 29 de octubre de 1998.....	57
Figura 3.18 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 21 de junio de 2007 .....	57
Figura 3.19 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 30 de diciembre de 2009.....	58
Figura 3.20 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 23 de enero del 2015.....	58

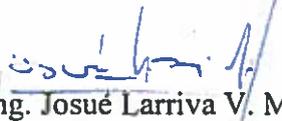
Figura 3.21 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 15 de octubre del 2015.....	59
Figura 3.22 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 19 de marzo del 2016.....	59
Figura 3.23 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 28 de abril del 2016 .....	60
Figura 3.24 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 14 de mayo del 2017.....	60
Figura 3.25 Hidrograma cuenca del Río Tarqui, 4 de mayo del 2007 .....	62
Figura 3.26 Hidrograma cuenca del Río Yanuncay, 9 de Julio del 2013.....	63
Figura 3.27 Hidrograma cuenca del Río Yanuncay, 14 de mayo del 2017 .....	64

## ABSTRACT

Development of flood hydrographs of the Tomebamba, Tarqui and Yanuncay River basins from 1997 to 2017

In the present work, hydrological methods based on the study of the time-flow relationship were applied to determine the hydrographs that caused flood levels in the Tomebamba, Tarqui and Yanuncay rivers. In order to carry out this investigation, the strongest floods and their relation to the previous precipitations were evaluated. It was necessary to analyze the data of the pluviometric and discharge stations of each basin. In addition, the cumulative volumes of precipitation that induced extreme events were calculated. With this, the flow values that implied risk and the accumulated precipitation volumes that could cause floods were proposed.

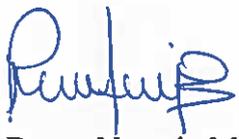
Keywords: Tomebamba, Tarqui, Yanuncay, flood, rainfall.

  
Ing. Josué Larriva V. Mst.

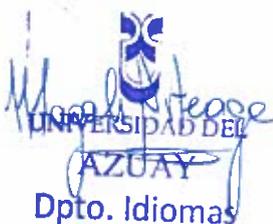
**Thesis Director**

  
Ing. José Vásquez C. M. Sc.

**Civil Engineering Faculty Director**

  
Danya Naranjo M.

**Author**

  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

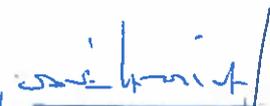
  
Translated by  
Ing. Paul Arpi

## RESUMEN

Elaboración de hidrogramas de crecidas de las cuencas de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay desde el año 1997 – 2017

En el presente trabajo se aplican los métodos hidrológicos basados en el estudio de la relación tiempo - caudal para determinar los hidrogramas que provocan niveles de crecida en los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay. Para realizar esta investigación se evaluaron las crecidas más fuertes y su relación con las precipitaciones antecedentes, para ello fue necesario analizar los datos de las estaciones pluviométricas y de descarga de cada cuenca. Además, se calcularon los volúmenes acumulados de precipitación que han inducido eventos extremos, con lo que se proponen valores de caudal que implican riesgo, y los volúmenes de precipitación acumulados que podrían provocar crecidas.

Palabras clave: Tomebamba, Tarqui, Yanuncay, inundación, precipitaciones.

  
Ing. Josué Larriva V. Mst.  
**Director de tesis**

  
Ing. José Vásquez C. M. Sc.

**Director de la escuela de Ing. Civil**



Danya Naranjo M.

**Estudiante**

## INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES

Las crecidas fluviales son episodios extremos necesarios para el correcto funcionamiento de los ríos y de sus ecosistemas asociados. Sin embargo, en la ciudad de Cuenca estos eventos se consideran peligrosos debido a la cantidad de accidentes que se han suscitado. En los últimos años se han llevado a cabo estudios y líneas de investigación para poder tener un panorama más amplio de en qué meses del año se suscitan precipitaciones altas pero los estudios requerían de más información para tener datos confiables (GIL, 2008).

Las frecuentes crecidas que han presentado los ríos que atraviesan la ciudad de Cuenca han afectado las zonas inundables de la urbe y zonas aledañas, a continuación, se nombrarán algunos de los eventos suscitados:

- Octubre 1999: El río Tarqui salió de su cauce e inundó una gran parte del sector de Guzho Bajo, los habitantes estuvieron a punto de evacuar sus casas y lugares de trabajo, en horas de madrugada, por la fuerte y temerosa crecida del río. La mayoría de las personas tienen sembríos los cuales quedaron bajo las aguas (OCHOA, 1999).
- Marzo 2005: Creciente del río Yanuncay deja tres barrios aislados, dos familias evacuadas y daños en los cultivos y animales de pastoreo; la creciente arrasó con puentes de madera en la comunidad de Soldados, Bayán y Chugchugud. El sector más afectado fue la comunidad de Inmaculada de Barabón, de la parroquia de San Joaquín, al suroccidente del cantón Cuenca (TELLO, 2005).
- Abril de 2006: Se desbordan los ríos de Cumbre e Irquis, el río Tarqui anega zonas lecheras del sector destruyendo viviendas y enceres.
- Junio de 2007: El río Yanuncay, en el tramo entre las avenidas 1 de Mayo, Loja y Fray Vicente Solano, sobrepasó su cauce y llegó hasta la calzada; debido a este desbordamiento se construyeron muros en los márgenes de los ríos una vez detectados los puntos donde existe más peligro. El 19 de ese mes una persona muere arrastrada por las aguas del río Tarqui y un puente se derrumba sobre el río Yanuncay después de 2 días de constante lluvia.
- Febrero de 2008: Se desborda el río Tarqui en la zona de Victoria del Portete.
- Marzo de 2012: Una tormenta de aproximadamente una hora inunda la avenida de las Américas, las lluvias intensas, y el desbordamiento de los ríos Tarqui y

Yanuncay, afectan a varios sectores: El Salado (el embaulado de la quebrada colapsa e inunda más de 20 viviendas, vehículos bajo el agua, 40 personas rescatadas, 90 evacuadas, pérdida de enseres y animales de crianza), Huizhil (muere una persona aplastada por su casa, 2 personas heridas), Victoria de Portete (500 hectáreas de pasto, animales muertos), entre otros.

- La autopista Cuenca- Azogues se cierra para limpieza.
- Abril del 2012. El desbordamiento de los ríos Cuenca, Burgay y Paute afecta las zonas de El Descanso y La Josefina. Las operaciones de la subestación eléctrica El Descanso (Elecaastro) debieron ser suspendidas, se presentaron inundaciones de casas y sembríos (VALLEJO, 2014).
- Junio de 2012. El río Tomebamba se desborda por las intensas lluvias, inundando el sector del coliseo Jefferson Pérez, tramos frente a la Universidad de Cuenca, puente Centenario, Hospital regional Vicente Corral Moscoso, Puertas del Sol y Río Amarillo (VALLEJO, 2014).
- Marzo de 2013. En los sectores de Sayausí, San Joaquín y río Amarillo se inundan 15 inmuebles, de los cuales el agua debe ser evacuada a través de bombas. La mayoría de las emergencias se presentan en zonas donde está prohibida la construcción.
- Febrero 2013: El caudal del río Yanuncay alcanza los 156 metros cúbicos por segundo en el sector de Barabón en donde seis familias fueron evacuadas de forma temporal mientras el caudal volvía a la normalidad. Se reportaron las primeras emergencias por el desbordamiento del río a las 8 de la mañana del 10 de febrero en algunos sectores algunos deportistas del sector de los tres puentes hicieron llamados de emergencia al ver que las aguas del río ingresaron al parque lineal (CÁCERES, 2013).
- Abril 2015: La tarde del martes 21 de abril del 2015 se registró el desbordamiento del río Yanuncay de acuerdo con la información de los organismos de socorro, se registró una persona de la tercera edad desaparecida al parecer en las zonas de Izhcairrumi y Soldados llovió 20 litros por metro cuadrado en dos horas, que es una cantidad inusual lo que generó que el caudal del río Yanuncay suba a 100 metros cúbicos por segundo cuando el nivel de emergencia es de 70 (CAIVINAGUA, 2015).

- Octubre 2016: El río Tomebamba crece por las fuertes lluvias, dos agentes de la policía lograron rescatar a tres menores que se encontraban en riesgo de ser arrastrados por la corriente del caudaloso río al parecer ellas intentaron cruzar.
- Mayo 2018: El río Yanuncay se desbordó la noche del 24 de mayo del 2018 las zonas afectadas son los sectores de Barabón, Misicata, avenida Primero de Mayo y Tres Puentes. El cuerpo de bomberos informo que el personal de esta institución utiliza equipos de succión en las viviendas inundadas en la zona rural de Barabón, además la circulación vehicular fue interrumpida en ciertos tramos de la avenida primero de mayo (ASTUDILLO, 2018).

Por lo tanto, es de vital importancia en el siguiente estudio establecer en que épocas del año se da las mayores precipitaciones para con ello poder evitar inundaciones en un futuro.

## JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, en las últimas dos décadas los desastres a nivel mundial se duplicaron y alcanzaron más de 400 por año. Tan solo en 1998 (año en el que el Fenómeno del Niño en nuestro país significó la destrucción de más del 14% de PIB del Ecuador) los daños ocasionados por desastres de origen climático excedieron el costo total de todos los desastres ocurridos durante los años 80 (VALLEJO, 2014).

El Ecuador, además, por sus condiciones geomorfológicas y el efecto de la actividad humana es propenso a procesos como deslizamientos, avalanchas de lodo y erosión cuando se producen episodios climáticos de intensas lluvias.

En las últimas décadas, el Ecuador ha sido escenario de fenómenos naturales de considerable magnitud que han afectado de manera particularmente grave a la población más vulnerable: la población pobre de las áreas rurales. En el Ecuador, un 36,3 por ciento de la población se sitúa bajo el umbral de pobreza, porcentaje que asciende a un 61,5 en el área rural. La tendencia de los desastres naturales en el Ecuador muestra un aumento gradual del número de fenómenos y de la gravedad de su impacto, en particular de las inundaciones, sequías y temperaturas extremas: de los 29 desastres naturales de gran escala que han afectado al país en los últimos veinte años, el 59 por ciento tenía origen climático. Si bien el número de víctimas mortales causadas por los desastres naturales ha experimentado una disminución progresiva, existe un incremento significativo del número de damnificados, así como de la gravedad de las pérdidas socioeconómicas y ambientales (CHERRERT, 2010).

En una ciudad como Cuenca, atravesada por 4 ríos, un estudio que describa el comportamiento de éstos frente a las precipitaciones registradas, resulta indispensable para los procesos de planificación urbanística y ordenamiento territorial que consideren la gestión integral, preventiva y sustentable de riesgos, a la vez que serviría como referencia para la realización de posteriores estudios del mismo tipo en el resto de ciudades ribereñas del país; cabe indicar que esta clase de estudios son escasos o inexistentes. Esta información aportaría a los objetivos del Ecuador, que para el 2030, se ha planteado gestionar eficientemente las condiciones creadas por el cambio climático contando con mecanismos de seguimiento de sus tendencias regionales y sus efectos en dimensiones claves de la gestión del territorio, como sus balances hídricos, niveles de riesgo, etc. (VALLEJO, 2014).

Los hidrogramas que se realizan en el siguiente proyecto de titulación permitirán saber en qué épocas del año se dan las precipitaciones más altas para con ello poder prevenir a la ciudadanía y con ello puedan tomar las precauciones necesarias.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Elaboración de hidrogramas de crecida en las cuencas de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay entre los años 1997 – 2017.

### **Objetivos Específicos**

- Recopilar la información teórica de los modelos que relacionan el proceso de precipitación-escorrentía que puedan aplicarse al presente trabajo.
- Realizar el análisis de los datos de las diferentes estaciones de las cuencas de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay, determinando los volúmenes acumulados de precipitación que han desencadenado crecidas.
- Determinar los hidrogramas de crecida de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay.

## UBICACIÓN DEL PROYECTO

Para la elaboración de los hidrogramas en las cuencas de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay se eligieron las siguientes estaciones: Para el río Tomebamba la estación Matadero de Sayausi, para el río Tarqui la estación de Portete y para el río Yanuncay la estación de Púcan.

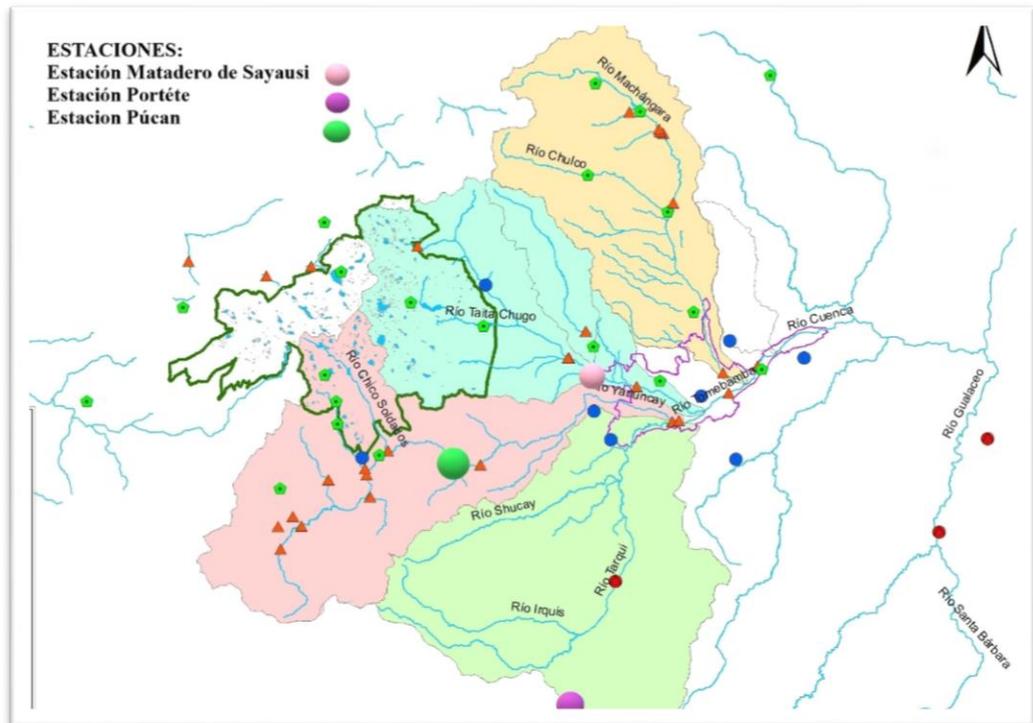


Figura 1 Estaciones de las Cuencas (Cordova, 2017)

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Concepto de cuenca

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. La definición anterior se refiere a una cuenca superficial; asociada a cada una de éstas existe también una cuenca subterránea, cuya forma en planta es semejante a la superficial. De ahí la aclaración de que la definición es válida si la superficie fuera impermeable (APARICIO, 1989).

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar como se observa en la figura (1.1) (APARICIO, 1989)

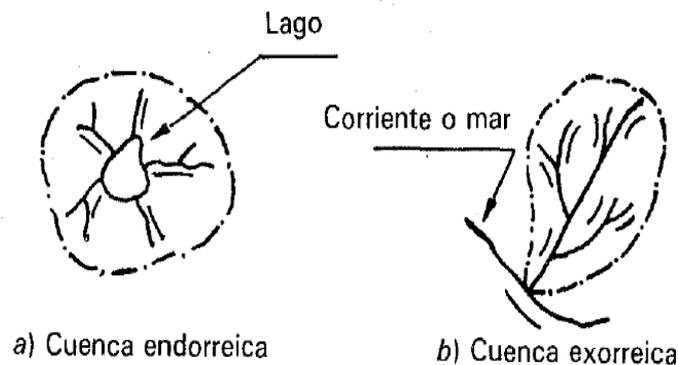


Figura 1.1 Tipos de Cuencas (APARICIO, 1989)

#### 1.1.1. Características de las cuencas y los cauces

El ciclo hidrológico, visto a nivel de una cuenca, se puede esquematizar como un estímulo, constituido por la precipitación, al que la cuenca responde mediante el escurrimiento en su salida. Entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos que condicionan la relación entre uno y otra, y que están controlados por las características geomorfológicas de la cuenca y su urbanización (APARICIO, 1989).

Dichas características se clasifican en dos tipos, según la manera en que controlan los fenómenos mencionados: las que condicionan el volumen de escurrimiento, como el área de la cuenca y el tipo de suelo, y las que condicionan la velocidad de respuesta, como son el orden de corrientes, pendiente de la cuenca y los cauces, etc. A continuación, se describen las características de la cuenca y los cauces de mayor importancia por sus efectos en la relación precipitación-escurrimiento.

El parteaguas es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas

El área de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas. La corriente principal de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de esta. Nótese que esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas. Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y sólo una corriente principal. Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas.

Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir, entre mayor sea el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, más rápida será su respuesta a la precipitación (APARICIO, 1989).

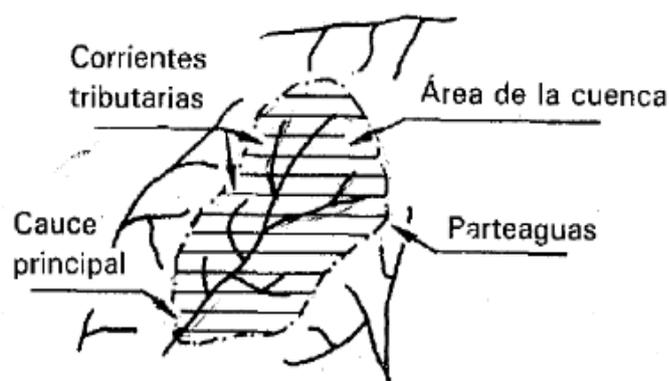


Figura 1.2 Características de una Cuenca (APARICIO, 1989).

## 1.2 Elementos del Ciclo Hidrológico

**Evaporación de agua.** - Se podría suponer que el inicio del ciclo hidrológico se da con la evaporación de agua en los océanos, esta emisión de vapor de agua que va por una superficie libre a temperatura inferior a su punto de ebullición.

**Transpiración.** - Proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera de vapor.

**Condensación.** – Luego de los dos procesos anteriores el vapor transportado por las masas de aire en movimiento hacia los continentes. Bajo condiciones meteorológicas adecuadas el vapor de agua condensa para formar nubes. Esta fase se le podría considerar una transición del agua de la fase de vapor líquida.

**Precipitación.** - Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. Por un lado, la manera en que se produce y algunos métodos con que se puede predecir dadas ciertas condiciones atmosféricas, para lo cual será necesario revisar algunos aspectos básicos de meteorología y, por otro, la manera en que se mide la precipitación y diversos criterios para el análisis, síntesis, corrección y tratamiento de los datos (APARICIO, 1989).

Se define precipitación a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo con esta definición, las lluvias, las granizadas, las garuas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación.

En Estados Unidos, la lluvia se identifica según su intensidad, en: - ligera, para tasas de caída de hasta 2.5 mm/h - moderada, desde 2.5 hasta 7.6 mm/h - fuerte, por encima de 7.6 mm/h (MORAN, 1979).

**Escorrentía.** - Es el volumen de agua lluvia que hace su recorrido por la superficie del terreno o por debajo de él, desde el sitio donde cae hasta la corriente de agua que alimenta.

**Flujo subsuperficial.** - Es la parte del agua gravitacional que no alcanza a llegar hasta el nivel freático por que toma una dirección paralela a la de la superficie del suelo, y que desemboca en un río.

**Infiltración.** - Es la parte de la precipitación que penetra bajo la superficie del terreno sea de materiales naturales o artificiales, en el cual se va rellorando los poros y fisuras de tal medio poroso, cuando las resultantes de todas las fuerzas que actúan sobre las partículas del suelo tienen una componente vertical en el sentido de la gravedad.

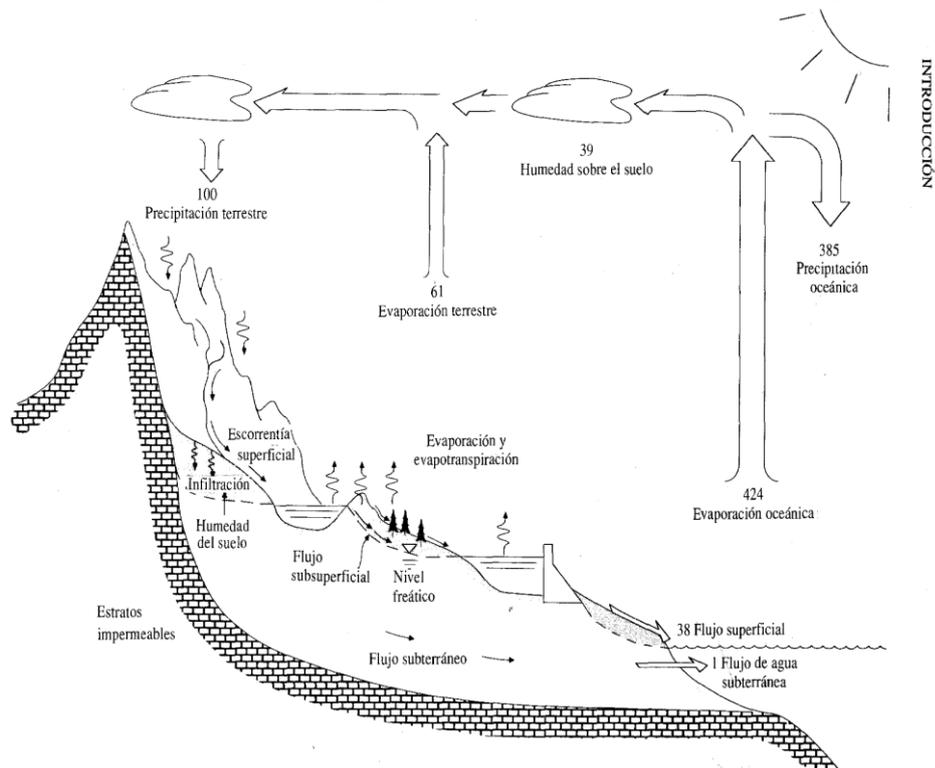


Figura 1.3 Elementos de un ciclo hidrológico (CHOW, 2000)

### 1.3 Precipitación

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. Por un lado, se estudiará la manera en que se produce y algunos métodos con que se puede predecir dadas ciertas condiciones atmosféricas, para lo cual será necesario revisar algunos aspectos básicos y, por otro, la manera en que se mide la precipitación y diversos criterios para el análisis, síntesis, corrección y tratamiento de los datos.

Se deben de tener claro algunas definiciones:

### 1.3.1 Presión Atmosférica. -

Es el peso de la columna de aire que gravita sobre una unidad de área, dividido entre dicha unidad de área. (APARICIO, 1989)

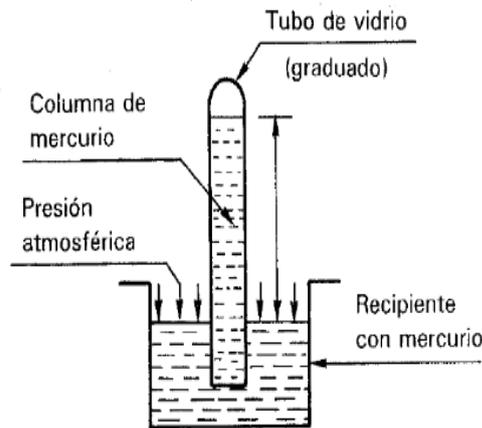


Figura 1.4 Experimento de Torricelli (APARICIO, 1989).

La presión atmosférica se mide normalmente con aparatos que usan el mismo principio que el de Torricelli (figura anterior); entre mayor sea la presión atmosférica, mayor será la altura  $h$  de la columna que se alcance en el tubo. Al nivel del mar, esta columna alcanza una altura de aproximadamente  $h = 760$  mm de Hg. La altura  $h$  se usa como unidad de presión. Otras unidades de presión atmosférica muy usadas son el bar ( $1 \text{ bar} = 760 \text{ mm Hg}$ ), la atmósfera ( $1 \text{ atm} = 1.033 \text{ kg/cm}^2$ ) y el  $\text{kg/cm}^2$ . Un bar se define como la presión que existe en promedio al nivel del mar, con una temperatura de  $0^\circ\text{C}$ . Existe una convención internacional que estipula que la presión estándar o de referencia sea la que se tiene al nivel del mar y con una temperatura de  $15^\circ\text{C}$ , que es de  $1013.2 \text{ mb}$  ( $1 \text{ bar} = 1000 \text{ mb}$ ,  $\text{mb} = \text{milibares}$ .)

La presión varía con la altitud a razón de aproximadamente  $1 \text{ mb}$  por cada  $10 \text{ m}$ , o más exactamente en la forma: donde  $z =$  altitud sobre el nivel del mar en  $\text{m}$  y  $p =$  presión en  $\text{mb}$ .

$$p = 1013.2 \left( \frac{288 - 0.065z}{288} \right)^{5.256}$$

Ecuación 1

### 1.3.2 Presión de vapor

La atmósfera está formada por una gran cantidad de elementos, como son hidrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, etc. Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, el componente más importante es, desde luego, el agua, en forma sólida, líquida y, especialmente, gaseosa, a pesar de que el agua líquida y el hielo juntos no pasan, en promedio, del 1% del volumen de la atmósfera y el vapor de agua no representa más del 4 %. La cantidad de vapor de agua contenida en el aire se expresa como la presión que ejercería si todos los otros gases estuvieran ausentes, esto es, como el peso de una columna de vapor por unidad de área, al cual se conoce como presión de vapor. Para una temperatura y presión dadas, siempre hay una cantidad máxima de vapor por unidad de volumen que puede existir sin condensarse, es decir, sin pasar al estado líquido. Cuando una masa de aire contiene esta cantidad máxima de vapor, se dice que está saturada y la temperatura existente en ese momento se denomina punto de rocío.

La presión de vapor de saturación es la presión de vapor que existe en una masa de aire cuando está saturada. Se puede relacionar con la presión de vapor que se tiene en un momento dado mediante la ecuación (Referencia ecuación 1)

En la Ecuación 2 se tiene  $e_d$  como la presión de saturación correspondiente a un punto de rocío medida en  $T_d$ ;  $T_a$  es la temperatura real del aire, medida con un termómetro común (también llamado de bulbo seco);  $T_w$  es la temperatura medida con un termómetro que tiene el depósito de mercurio cubierto con una franela húmeda (o termómetro de bulbo húmedo), y  $e_w$  es la presión de vapor correspondiente.  $T_a$  se conoce normalmente como temperatura de bulbo seco y  $T_w$  como temperatura de bulbo húmedo. Las temperaturas se miden en °C y las presiones son medidas en unidades estándar de presión, el sistema internacional de presiones (SI) reconoce la presión como una unidad derivada de la fuerza ejercida a través de una área determinada; a esta unidad se le conoce por el nombre de pascal (Pa)

$$e_d = e_w = -0.00066p(T_a - T_w)(1 + 0.00115T_w)$$

Ecuación 2

### 1.3.3 Tipos de humedad

Humedad Relativa. - Es la relación entre la presión de vapor real y la de saturación, expresada en porcentaje donde  $ea$  es la presión de vapor real,  $ed$  es la presión de vapor de saturación y  $Hr$  es la humedad relativa en %. La humedad relativa se mide por medio del higrógrafo, cuyo órgano sensible está constituido por un haz de cabellos de mujer, la longitud de los cuales varía sensiblemente con el grado de humedad (Figura N°1.5).

La humedad relativa se relaciona con la presión de vapor y la temperatura con la gráfica mostrada en la Figura N°1.5.

$$Hr = 100 \frac{ea}{ed}$$

Ecuación 3

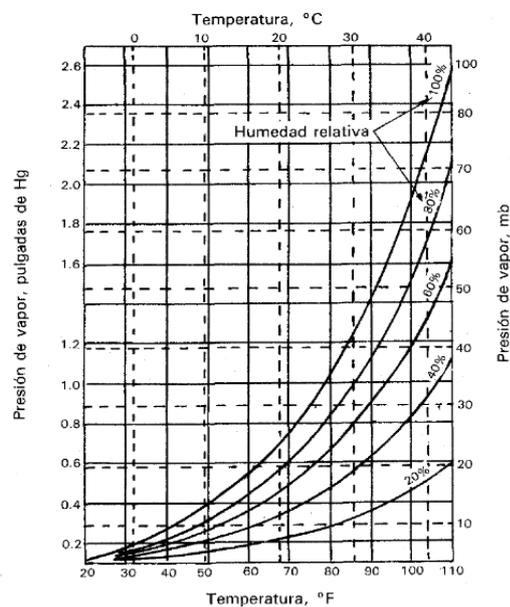


Figura 1.5 Gráfico humedad relativa (APARICIO, 1989)

### 1.3.4. Humedad Absoluta.

Es la masa de vapor de agua contenida en una unidad de volumen de aire:

Donde  $P_v$  es la humedad absoluta, también llamada densidad de vapor o concentración de vapor.

$$Pv = \frac{\text{masa de vapor}}{\text{volumen de aire}} = \frac{Mv}{V}$$

Ecuación 4

**1.3.5. Humedad Específica.** - Se define como la relación entre la masa de vapor y la de aire húmedo (aire + vapor):

Donde  $H_s$  o  $q$  es la humedad específica,  $Ma$  es la masa del aire seco,  $Pa$  es la densidad del aire seco y  $P$  es la densidad del aire húmedo. (APARICIO, 1989)

$$Hs = q = \frac{Mv}{Ma + Mv} + \frac{Pv}{Pa + Pv} = \frac{Pv}{P}$$

Ecuación 5

#### **1.4. Clasificación de la precipitación**

La precipitación se clasifica comúnmente según los factores responsables de la ascensión de las masas de aire. Estos factores pueden ser separados dentro de tres categorías principales:

##### Precipitación Convectiva

Esta forma de precipitación es típica de áreas cálidas, principalmente los trópicos y es causada por el calentamiento de aire en la superficie de la tierra. El aire caliente se expande y sube captando humedad por el camino. En algún momento, la masa de aire alcanza el punto donde se enfría y condensa. Las tormentas son ejemplos extremos de precipitación convectiva. En estas tormentas se forman fuertes torbellinos ascendentes durante las fases iniciales. En la porción superior del nubarrón de la tormenta, la masa de aire se expande hasta el punto en que ocurre la condensación y formación de gotitas.

Los fuertes torbellinos impiden a estas gotitas precipitarse a la tierra, por lo tanto, se acumula una gran cantidad de agua en la parte superior de la nube. Eventualmente, el peso del agua soportada retarda los torbellinos suficientemente para permitir la lluvia

caer. El agua caída deshace los torbellinos, permitiendo caer el agua acumulada en grandes chaparrones (RODRIGUEZ, 2017)

#### Precipitación Orográfica

Esta forma de precipitación es causada por la elevación mecánica de una masa de aire húmedo sobre barreras montañosas.

#### Precipitación Ciclónica o por Convergencia

Este tipo de precipitación es el resultado del movimiento de masas de aire desde áreas de alta hacia áreas de baja presión, la precipitación ciclónica puede ser clasificada más detenidamente como frontal o no frontal.

La precipitación frontal ocurre cuando el aire caliente es forzado sobre una masa de aire de frío. Un frente se denomina caliente si el aire caliente está avanzando y frente frío si se produce lo contrario.

### **1.5. Medición de la precipitación**

Los aparatos más usuales para medir la precipitación son los pluviómetros y los pluviógrafos. Los pluviómetros están formados por un recipiente cilíndrico graduado de área transversal al que descarga un embudo que capta el agua de lluvia, y cuya área de captación es A. Se acostumbra a colocar en el embudo un par de mallas para evitar la entrada de basura u otros objetos.

El área de captación A es normalmente diez veces mayor que el área del recipiente a, con el objeto de que, por cada milímetro de lluvia, se deposite un centímetro en el recipiente. De este modo, es posible hacer lecturas a simple vista hasta de una décima de milímetro de lluvia, que corresponde a un milímetro depositado en el recipiente. (APARICIO, 1989)

*Medición de la precipitación*

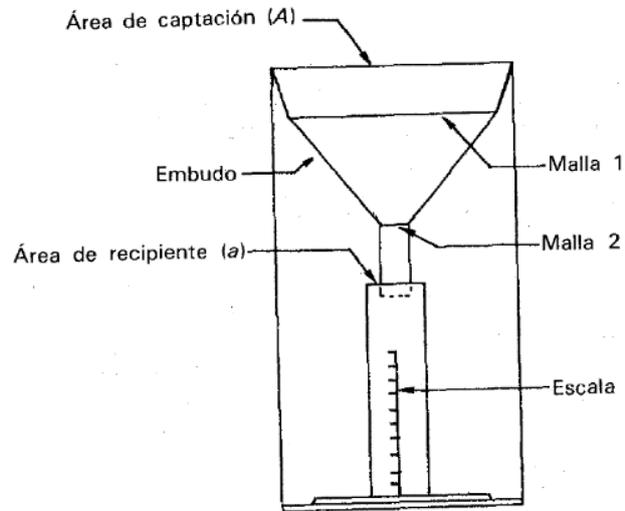


Figura 1.6 Aparato para medir la precipitación (APARICIO, 1989)

Los pluviógrafos son semejantes a los pluviómetros, con la diferencia de que tienen un mecanismo para producir un registro continuo de precipitación. Este mecanismo está formado por un tambor que gira a velocidad constante sobre el que se coloca un papel graduado. En el recipiente se coloca un flotador que se une mediante un juego de varillas a una plumilla que marca las alturas de precipitación en el papel. El recipiente normalmente tiene una capacidad de 10 mm de lluvia y, al alcanzarse esta capacidad, se vacía automáticamente mediante un sifón (APARICIO, 1989).

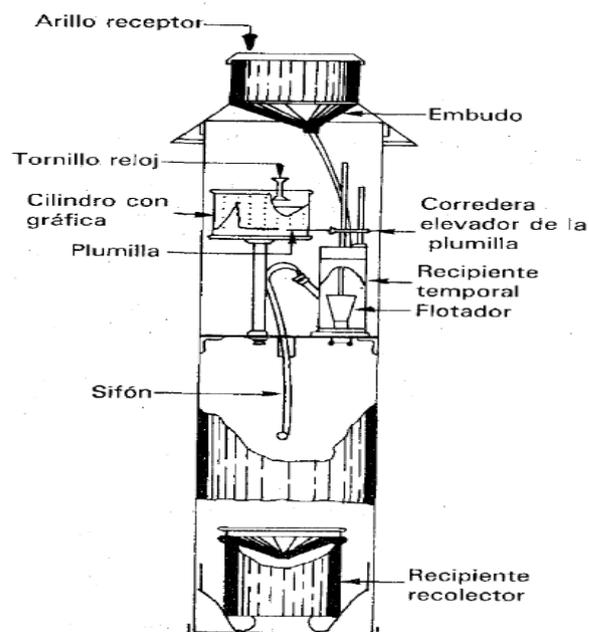


Figura 1.7 Medición con Pluviógrafos (APARICIO, 1989)

### 1.5.1. Análisis de los datos de precipitación

Lluvia Media. - En general, la altura de lluvia que cae en un sitio dado difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos. Los aparatos descritos anteriormente registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto en que está instalado el aparato y, para los cálculos ingenieriles, es necesario conocer la lluvia media en una zona dada, como puede ser una cuenca. Para calcular la lluvia media de una tormenta dada, existen tres métodos de uso generalizado:

Método Aritmético. - Consiste simplemente en obtener el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación usada en el análisis:

Donde  $h_p$  es la altura de precipitación media,  $h_{pi}$  es la altura de precipitación registrada en la estación  $i$  y  $n$  es el número de estaciones bajo análisis.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi}$$

Ecuación 6

Polígonos de Thiessen. - Este método consiste en aplicar lo siguiente:

1. Unir, mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí. Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
2. Trazar líneas rectas que bisecan los lados de los triángulos. Por geometría elemental, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un solo punto.
3. Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas del paso 2, que forman los llamados polígonos de Thiessen y, en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca.

El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.

4. La lluvia media se calcula entonces como un promedio pesado de las precipitaciones

registradas en cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente: donde  $A_j$  es el área de influencia de la estación  $i$  y  $AT$  es el área total de la cuenca.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi}$$

Ecuación 7

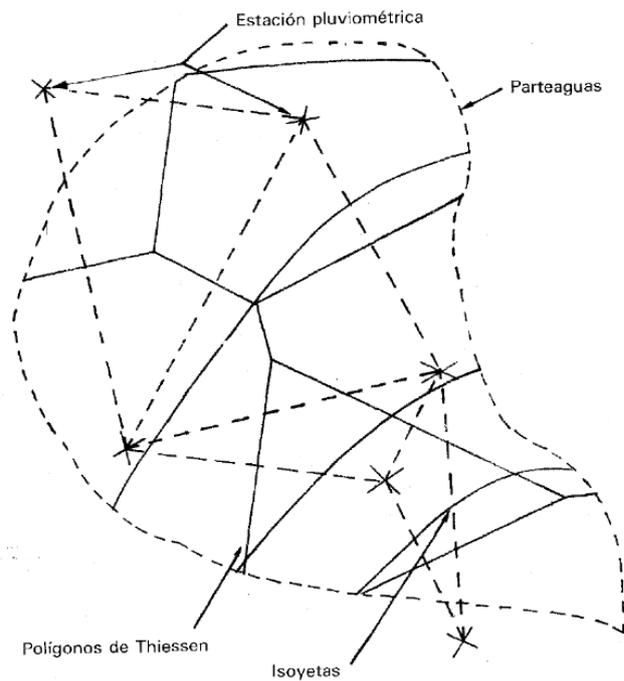


Figura 1.8 Polígonos de Thiessen (APARICIO, 1989)

Método de las isoyetas. - Este método consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas isoyetas, de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía.

La precipitación media se calcula en forma similar a la ecuación anterior, pero ahora el peso es el área  $A_i$  entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca y la cantidad que se pesa es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas,  $h$ ,  $p_i$ ,  $n'$  es el número de áreas  $A'_i$  consideradas.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^{n'} (\bar{h}_{pi} A'_i)$$

Ecuación 8

## 1.6. Estacionalidad

Los sistemas fluviales muestran por un lado un comportamiento hidrológico normal, representado por el régimen estacional y por la irregularidad espacio – temporal, y por otros casos extremos por su volumen, crecidas y estiajes, más o menos excepcionales por su frecuencia.

El concepto de crecida de un río también llamada popularmente riada es un proceso natural, sin periodicidad y de grandes consecuencias ambientales constituido por un incremento importante y repentino de caudal en un sistema fluvial. Lleva consigo un ascenso del nivel de la corriente que puede desbordar el cauce menor para ocupar progresivamente el cauce mayor, hasta alcanzar un máximo o punta de caudal y descender. Son situaciones de estrés hídrico, sucesos hidro geomorfológicos concentrados localmente, bien generalizados a nivel de cuenca, en los que el incremento del caudal supone un incremento de los flujos de energía.

Cada crecida presenta una distinta progresión o evolución en el espacio y en el tiempo, un distinto desarrollo desde su origen hasta el final de proceso, reflejados en su hidrograma dos parámetros fundamentales son: la velocidad de crecida y su duración en el tiempo.

En conclusión, la estacionalidad se definiría como la variación de los eventos en diferentes estaciones de épocas de sequía, épocas normales y épocas lluviosas.

## 1.7. Relación Lluvia Esguerrimiento

Es sumamente común que no se cuente con registros adecuados de esguerrimiento en el sitio de interés para determinar los parámetros necesarios para el diseño y operación de obras hidráulicas. En general, los registros de precipitación son más abundantes que los de esguerrimiento y, además, no se afectan por cambios en la cuenca, como construcción de obras de almacenamiento y derivación, talas, urbanización, etc. Por ello, es conveniente contar con métodos que permitan determinar el esguerrimiento en

una cuenca mediante las características de la misma y la precipitación. Las características de la cuenca se conocen por medio de planos topográfico y de uso de suelo, y la precipitación a través de mediciones directas en el caso de predicción de avenidas frecuentes. Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son los siguientes:

1. Área de la cuenca.
2. Altura total de precipitación.
3. Características generales o promedio de la cuenca (forma, pendiente, vegetación, etc.).
4. Distribución de la lluvia en el tiempo.
5. Distribución en el espacio de la lluvia y de las características de la cuenca.

### 1.8. Hidrogramas

Si se mide el gasto (que se define como el volumen de escurrimiento por unidad de tiempo) que pasa de manera continua durante todo un año por una determinada sección transversal de un río y se grafican los valores obtenidos contra el tiempo, se obtendría la siguiente. Una gráfica como esta se denomina hidrograma, como cualquiera que relacione el gasto contra el tiempo.

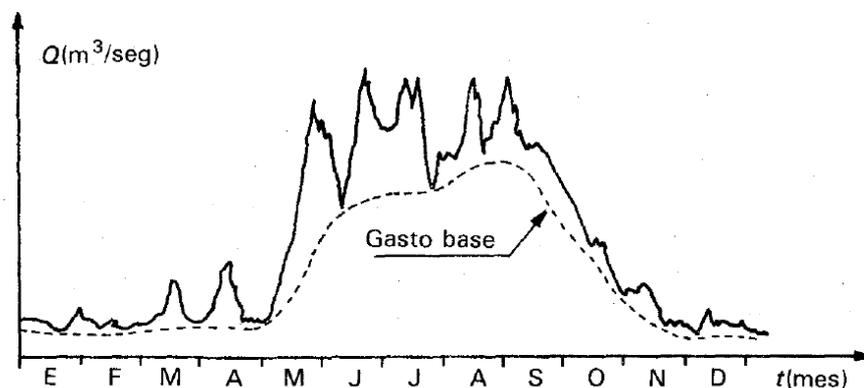


Figura 1.9 Hidrograma (APARICIO, 1989)

La siguiente figura representa un hidrograma anual; si la escala del tiempo se amplía de tal manera que se pueda observar el escurrimiento producido por una sola tormenta, se tendría una gráfica como la que se muestra en la (figura 1.10) Aunque la forma de los hidrogramas producidos por tormentas particulares varía no sólo de una cuenca a otra sino también de tormenta a tormenta, es posible, en general, distinguir las siguientes partes en cada hidrograma.

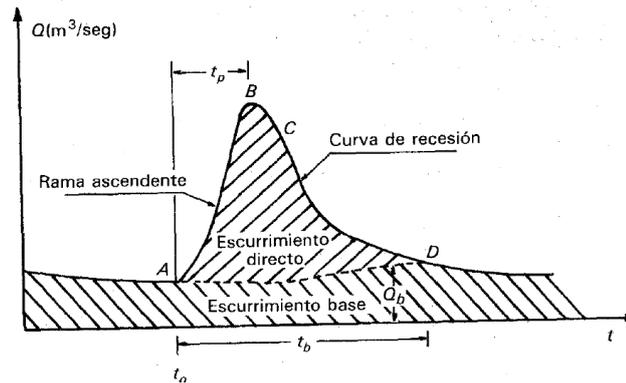


Figura 1.10 Hidrograma anual (APARICIO, 1989)

**A:** Punto de levantamiento. En este punto, el agua proveniente de la tormenta bajo análisis comienza a llegar a la salida de la cuenca y se produce inmediatamente después de iniciada la tormenta, durante la misma o incluso cuando ha transcurrido ya algún tiempo después de que cesó de llover, dependiendo de varios factores, entre los que se pueden mencionar el tamaño de la cuenca, su sistema de drenaje y suelo, la intensidad y duración de la lluvia, etc.

**B:** Pico. Es el gasto máximo que se produce por la tormenta. Con frecuencia es el punto más importante de un hidrograma para fines de diseño.

**C:** Punto de inflexión. En este punto es aproximadamente cuando termina el flujo sobre el terreno, y, de aquí en adelante, lo que queda de agua en la cuenca escurre por los canales y como escurrimiento subterráneo.

**D:** Final del escurrimiento directo. De este punto en adelante el escurrimiento es sólo de origen subterráneo. Normalmente se acepta como el punto de mayor curvatura de la curva de recesión, aunque pocas veces se distingue de fácil manera.

**$T_p$ :** tiempo de pico. Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el pico del hidrograma.

**$T_b$ :** tiempo base. Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el punto final del escurrimiento directo. Es, entonces, el tiempo que dura el escurrimiento directo.

**Rama ascendente.** Es la parte del hidrograma que va desde el punto de levantamiento hasta el pico.

**Rama descendente o curva de recesión.** Es la parte del hidrograma que va desde el pico hasta el final del escurrimiento directo.

### **1.8.1. Hidrograma de caudal**

Un hidrograma de caudal es una gráfica o una tabla que muestra la tasa de flujo como función del tiempo en un lugar dado de la corriente. En efecto el hidrograma es un “expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre lluvia y la escorrentía de una cuenca de drenaje particular”. Dos tipos de hidrogramas son particularmente importantes (BATEMAN, 2007).

**Hidrograma Anual:** El hidrograma anual, una gráfica de caudal vs tiempo en un año, muestra el balance de largo plazo de la precipitación, la evaporación y el caudal de una cuenca.

**Hidrograma de tormenta:** El estudio de los hidrogramas anuales muestran que los picos de crecientes se producen en forma poco frecuente y son el resultado de la lluvia por si sola o acompañada por el derretimiento de nieve (BATEMAN, 2007).

### **1.9. Infiltración**

Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia dentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que se escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración. Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre

La infiltración juega un papel de primer orden en la relación lluvia – escurrimiento en general el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimiento durante una tormenta dada.

Entre los factores que afectan la capacidad de infiltración están: humedad del suelo, permeabilidad del suelo, temperatura del suelo, pendiente del terreno (APARICIO, 1989).

### **1.9.1. Factores que intervienen en la capacidad de infiltración**

Humedad del Suelo. - Un suelo seco tiene mayor capacidad de infiltración inicial por el hecho de que se suman fuerzas gravitacionales y de capilaridad.

Permeabilidad del suelo. - Es la velocidad de infiltración para un gradiente unitario de carga hidráulica en un flujo saturado a través de un medio poroso. La permeabilidad puede ser afectada por otros factores como la cobertura vegetal, compactación del suelo, la infiltración del agua, etc.

Temperatura del suelo y condiciones de contorno. - Como la capacidad de infiltración es una de las medias de infiltración, que a su vez es también es un fenómeno de flujo de agua a través del suelo, su medida depende directa o indirectamente de la temperatura del agua y del suelo y de las condiciones de contorno, cualquiera que sea la profundidad del suelo.

Pendiente del terreno. - Este parámetro actúa de manera que si aumenta la pendiente disminuye la capacidad de infiltración, esto se debe a que si existen pendientes altas las aguas tienden a descender superficialmente hacia zonas bajas.

En las zonas donde no existe permeabilidad, debido a la construcción de parqueaderos, techos y vías, la capacidad de infiltración se reduce por lo que existe libre absorción (RODRIGUEZ, 2017).

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción de las cuencas

Para tener claro el objetivo del siguiente proyecto de titulación deberemos conocer previamente las características de los tres ríos que van hacer estudiados

La cuenca del río Tomebamba tiene un área aproximada de 338.32 km<sup>2</sup>, corre a lo largo de a la ciudad de cuenca y es el más importante de los cuatro ríos que lo atraviesan.

La cuenca del río Tarqui tiene un área aproximada de 476 km<sup>2</sup> y la del río Yanuncay tiene un área aproximada de 413 km<sup>2</sup>.

El rio Tarqui está formado por unas subcuencas que son: Portete, Irquis, Cumbe, Zhucay..

El río Yanuncay es el segundo más importante de los ríos que atraviesan la ciudad de Cuenca.

El conocimiento del comportamiento de los patrones climáticos y saber en qué épocas del año se da las máximas precipitaciones puede servir como un sistema de alerta temprana para comunicar la ciudadanía para que puedan tomar medidas preventivas y con esto evitar la mayoría de desastres, para describir todos estos fenómenos necesitamos saber algunos conocimientos como: caudal, precipitación, la relación precipitación caudal, que es una cuenca, como es el proceso para la elaboración de hidrogramas, entre otros que se irán describiendo a continuación.

#### 2.1.1 Descripción

Los ríos sobre los que se centra la presente tesis son: Tomebamba, Tarqui y Yanuncay, cuyas cuencas se caracterizan en la siguiente tabla 2.1:

**Tabla 2.1** Características de las cuencas de los ríos estudiados (VALLEJO, 2014)

	Río Tomebamba	Río Tarqui	Río Yanuncay
Área de la Cuenca (km <sup>2</sup> )	338.32	476.92	413.90
Caudal pico más alto registrado (m <sup>3</sup> /s)	154.68	80.304	197.74
Caudal promedio de la serie (m <sup>3</sup> /s)	11.88	3.21	7.75
Pendiente promedio	4.2%	2.2%	2.5%
Elevación a la salida de la cuenca (msnm)	2480	2520	2560
Elevación del punto más alto de la cuenca (msnm)	4400	3920	4280

## 2.2 Recopilación de los datos

### 2.2.1 Origen de los datos

Para la presente tesis los datos fueron proporcionados por la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP) que tiene instalada y operando una red de monitoreo hidrometeorológico desde finales de los años 90, estas estaciones son automáticas y registran datos cada 5 minutos. ETAPA EP posee un total de 15 estaciones de lluvia y 12 de caudal ubicadas sobre las cuencas de los ríos Tomebamba, Yanuncay Tarqui.

### 2.2.2 Descripción de las series de tiempo

Los datos proporcionados por la empresa pública ETAPA EP corresponden a los ríos Tarqui, Tomebamba y Yanuncay que son los estudiados en este proyecto. Para cada uno de estos ríos, se seleccionaron las estaciones que iban hacer analizadas para el rio Tomebamba se tomó en cuenta la estación Matadero de Sayausi , para el rio Tarqui la estación de Portete y por ultimo para el rio Yanuncay la estación de Pucan

Los datos referentes a caudal presentan muchas irregularidades debido a que son datos obtenidos cada 5 minutos y algunas son tomados en intervalos que varían hasta en horas por lo que se ha procedido a promediar los caudales para poderlos hacer diarios y de esta manera establecer un porcentaje de registros faltantes.

En el caso de los datos de lluvia es muy difícil considerar si una precipitación de 0mm significa que no ha llovido o que la estación estaba dañada, con respecto a la base de datos de precipitación se tomara en consideración que si en un periodo de 2 semanas la precipitación da un valor de 0 no significa que no llovió, se trataría de que la estación se encontraba dañada.

### 2.3 Selección de estaciones y periodo de análisis

Para cada una de las cuencas cabe recalcar que tanto para caudal como para precipitación los datos fueron tomados en periodos de 5 minutos ya que en ETAPA se cuenta con estaciones automáticas.

#### 2.3.1 Río Tomebamba

Existe una estación registrando el caudal de este río desde el año 1997 – 2013:

Matadero de Sayausi con ausencia de datos en 140 días.

**Tabla 2.2** Río Tomebamba: Estaciones de caudal desde el año 1997 - 2013

Estación	Registro de Datos	Estado del registro
Matadero de Sayausi	17 de Julio 1997 – 31 de Diciembre 2013	Ausencia de datos en 140 días

Existe la misma estación registrando el caudal de este río desde el año 2014 -2017:

Matadero de Sayausi con un registro de datos completo.

**Tabla 2.3** Río Tomebamba: Estaciones de caudal desde el año 2014 – 2017

Estación	Registro de Datos	Estado del registro
Matadero de Sayausi	19 de Junio 2014 – 24 de Octubre del 2017	Completo

Para el registro de la lluvia existen 2 estaciones: Pisicola Chirimachay y Matadero de Sayausi con datos desde el año 1997 – 2013 con un registro de datos completo.

**Tabla 2.3** Río Tomebamba: Estaciones de precipitación desde el año 1997 – 2013

Estación	Registro de datos	Estado del Registro
Pisicola Chirimachay	23 de diciembre 2009 – 30 de Diciembre 2011	Completo
Matadero de Sayausi	22 de Julio 1997 - 31 diciembre 2009	Completo

Para el registro de la lluvia existen estaciones: Mamamag, Cebollar y Matadero de Sayausi con que registran datos desde el año 2014 -2017.

**Tabla 2.4** Río Tomebamba: Estaciones de precipitación desde el año 2014 – 2017

<b>Estación</b>	<b>Registro de datos</b>	<b>Estado del registro</b>
Mamamag	13 de Mayo 2014 – 24 de Octubre 2017	Ausencia de Datos: 29 de Enero de 2016 – 4 de Diciembre 2017
Cebollar	13 de Mayo 2014 – 24 de Octubre 2017	Ausencia de Datos: 19 de Enero de 2017 3:15pm – 15 de Mayo de 2017 5:45pm
Matadero de Sayausi	13 de Mayo 2014 – 24 de Octubre 2017	Ausencia de Datos: 19 de Enero 3:35pm – 19 de Mayo 2017 2:00pm

### 2.3.2 Río Tarqui

Existen dos estaciones registrando el caudal de este río desde el año 1997 – 2013:

Tarqui AJ Yanuncay que registra datos desde 1998.

Tarqui DJ Cumbe que registra datos desde 1997.

**Tabla 2.5** Río Tarqui: Estaciones de caudal desde el año 1997 – 2013

<b>Estación</b>	<b>Registro de datos</b>	<b>Estado del registro</b>
Tarqui AJ Yanuncay	23 de Octubre 1998 – 31 de Diciembre 2013	Ausencia de datos de: 12 – 15 enero 2001 (4 días) 4 – 10 febrero 2001 (7 días) 21 junio – 10 julio 2001 (3 semanas) 1 agosto 2003 – 21 julio 2005 (2 años) 7 – 14 junio 2007 (8 días)
Tarqui DJ Cumbe	19 de Julio 1997 – 31 de Diciembre 2013	Ausencia de datos: 13 abril – 28 mayo 1998 (mes y medio) Septiembre de 1998 (5 días con datos) Mayo a diciembre 1999 (1 dato cada dos horas) Año 2000 (1 dato cada 2 horas)

Existen las mismas estaciones registrando el caudal de este río desde el año 2014 - 2017 con un registro de datos completo:

**Tabla 2.6** Río Tarqui: Estaciones de caudal desde el año 2014 – 2017

<b>Estación</b>	<b>Registro de datos</b>	<b>Estado del registro</b>
Tarqui AJ Yanuncay	19 de Junio de 2014 – 21 de Octubre de 2017	Completo

Para el registro de Lluvia se cuenta con las mismas estaciones desde el año 1997 hasta el 2017: El Portete, Tarqui DJ Cumbe.

**Tabla 2.7** Río Tarqui: Estaciones de precipitación desde el año 1997 – 2013

<b>Estación</b>	<b>Registro de datos</b>	<b>Estado del registro</b>
El Portete	20 de Noviembre 1997 – 31 de Diciembre 2013	Completo
Tarqui DJ Cumbe	31 de Julio 1997 – 31 de Diciembre 2013	Completo. Errores a partir del 9 de febrero del 2010

### 2.3.3 Río Yanuncay

Se dispone de dos estaciones de medición de caudal desde el año 1997- 2013:

Yanuncay en Pucan y Yanuncay AJ Tarqui.

En el mes de junio del 2007 ocurrió un evento de crecida que destruyo el equipo y no se pudieron registrar datos durante 8 meses.

**Tabla 2.8** Río Yanuncay: Estaciones de caudal desde el año 1997 – 2013

<b>Estación</b>	<b>Registro de datos</b>	<b>Estado del registro</b>
Yanuncay en Pucan	16 de Julio 1997 – 31 de Diciembre 2011	Ausencia de datos: 21 junio 2007 – 26 feb 2008 (8 meses)
Yanuncay AJ Tarqui	27 de Agosto 1997 – 26 de Agosto 2011	Ausencia de datos: 9 nov 1997 – 23 enero 1998 (2 meses y medio) 28 mayo – 15 septiembre 1998 (4 meses) 9 mayo 2002 – 1 abril 2008 (6 años)

Se dispone de unas estaciones de medición de caudal desde el año 2014- 2017:

Yanuncay AJ Tarqui con datos registrados desde el 19 de junio de 2014.

**Tabla 2.9** Río Yanuncay: Estaciones de caudal desde el año 2014 – 2017

<b>Estación</b>	<b>Registro de datos</b>	<b>Estado del registro</b>
Yanuncay AJ Tarqui	19 de Junio de 2014 – 24 de Octubre de 2017	Ausencia de Datos: 14 de Agosto de 2015 – 28 de Enero de 2016

Para el registro de precipitaciones se cuentan con dos estaciones: Pucan y Soldados Cancán desde el año 1997 hasta el 2013

**Tabla 2.10** Río Yanuncay: Estaciones de precipitación desde el año 1997 – 2011

<b>Estación</b>	<b>Registro de datos</b>	<b>Estado del registro</b>
Soldados Cancan	23 de Julio 1997- 30 de Diciembre 2011	Completo
Pucan	20 de Julio 1997 – 31 de Diciembre 2011	Ausencia de datos: 7 feb 2004 – 31 dic 2004 (10 meses)

Para el registro de precipitaciones se cuentan con las siguientes estaciones: Huizhil, Izhcayrrumi, Soldados, Ventanas, Yanuncay en Pucan desde el año 2014 – 2017.

**Tabla 2.11** Río Yanuncay: Estaciones de precipitación desde el año 2014 – 2017

<b>Estación</b>	<b>Registro de datos</b>	<b>Estado del registro</b>
Huizhil	13 de Mayo 2014 – 24 de Octubre 2017	Completo
Izhcayrrumi	13 de Mayo 2014 – 24 de Octubre 2017	Completo
Soldados	4 de Julio de 2014 – 17 de Mayo 2017	Ausencia de Datos: 14 de Agosto de 2015 – 25 de Abril de 2016
Ventanas	4 de Julio	14 de Agosto de 2015 – 30 de Enero de 2016
Yanucnay en Pucan	14 de Agosto de 2015 – 30 de Enero de 2016	19 de Enero 2017 – 17 de Mayo 2017

## **2.4 Descripción de los métodos a utilizarse**

Se ha escogido el método más sencillo debido a los otros métodos requieren una gran diversidad de parámetros. Este método consiste en estudiar no las series completas sino los períodos en los que se han presentado las mayores crecidas, comprobando si la precipitación y el caudal registrados por los equipos seleccionados alcanzan a explicar el desencadenamiento de las crecidas.

Para el cumplimiento de estos objetivos, se identificaron los caudales que han producido desbordamiento de ríos, posteriormente se analizó el comportamiento de la precipitación y del caudal para los eventos más fuertes registrados en cada río.

### **2.4.1 Definición de umbrales**

Para llegar a determinar los eventos de crecida producidos, se definieron 2 umbrales como valores a partir de los cuales se identifican y describen los eventos de crecida.

El primer umbral corresponde al caudal que ha producido desbordamientos en los diferentes ríos, el mismo que se ha obtenido de las bases de datos.

El segundo umbral es aquél que abarca los 10 eventos de crecidas mayores (que no necesariamente produjeron una inundación), con los cuales se ha estudiado el comportamiento de la precipitación y del caudal para las 3 semanas anteriores al evento.

## Umbral 1

Caudales que superan los 150m<sup>3</sup>/s y han producido desbordamientos en los ríos

Tabla 2.13 Caudales que han producido desbordamientos

RIO	EVENTO	FECHA	CAUDAL	ACUMULADO DE 5 DIAS	ACUMULADO DE 10 DIAS	ACUMULADO DE 2 SEMANAS	ACUMULADO DE 3 SEMANAS
TOMBAMBA	1	6/15/2007	156.07	54.5	76.5	77	80
TOMBAMBA	13	6/25/2012	175.79	26.5	27.5	29	33
TOMBAMBA	14	10/11/2014	186.69	84.7	87.7	91.3	104.9
YANUNCAY	12	5/14/2017	250.69	27	54.2	60.8	95.8

## Umbral 2

En la estación matadero de sayausi se identifican 81 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s

ESTACION: MATADERO DE SAYAUSI			DIAS											
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas
	m/d/a	m <sup>3</sup> /s												
1	11/26/1997	97.26	1.5	19	4.5	0	0.5	17.5	11	11.5	1.5	3.5	6	31.5
2	2/11/1998	79.77	43.5	7	2.5	10	0	0	0	0	2	0.5	1	6.5
3	8/9/1998	64.51	2	7	7.5	12.5	1	0	0	0	0	0	0	17
4	10/29/1998	81.04	24	22	3.5	30.5	1	4.5	15	2.5	0.5	1.5	5.5	3.5
5	4/10/1999	88.9	23.5	7	1.5	1.5	12	14.5	19	3	0	0.5	27	3
6	4/19/1999	56.16	1	3.5	0.5	0	6	0.5	20.5	23	3	23.5	22	51.5
7	5/2/1999	50.4	25.5	26	3.5	8	4	22.5	0.5	4.5	9.5	3	8	54
8	7/29/1999	56.16	4.5	9.5	1	0	0	0	2	0	0	1	2.5	1
9	12/19/1999	57.17	3.5	24	11.5	2	15	17	2	5	0	0	11.5	34.5
10	2/29/2000	53.23	26	21.5	4.5	6	16.5	7.5	3	3.5	8	0.5	46	3.5
11	5/10/2000	56.16	15	15	6.5	4.5	5	3.5	2	0.5	22.5	21.5	2.5	32
12	5/28/2000	54.2	17.5	2.5	2	1.5	9	12	0	17	12.5	2.5	22.5	62
13	6/11/2001	63.43	5.5	8.5	13.5	5	1.5	0	3.5	11.5	0.5	0	0.5	7.5
14	9/9/2001	55.17	19.5	2	0	1	2	3	0	0	0	0	1	9
15	10/22/2002	51.33	33	7.5	0	1	19	16.5	9	6	0	0	0	0
16	4/12/2003	61.29	49	0.5	12	2	0	0	1.5	0	1	4.5	4.5	65
17	5/19/2003	59.2	2	9	2.5	2	0.5	0	3.5	13	10	0	30	12
18	11/22/2003	55.17	25	10.5	24.5	0	4.5	8.5	20.5	0	1.5	0	18.5	18
19	6/3/2004	57.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	39
20	9/10/2004	60.24	13.5	12.5	5	7.5	2.5	1	2	1	0	0	3	1
21	11/14/2006	52.27	21.5	29.5	4.5	14.5	12	0.5	0	7.5	1	0	1.5	15
22	12/5/2006	71.29	9.5	2	6	0	0	0.5	14.5	10	19.5	6	7	48
23	5/25/2007	54.92	3	6	0	0	0	1	4	4.5	6.5	0	2	45
24	6/15/2007	156.07	2	12	24.5	13	3	0.5	1	8.5	3	9	0.5	3
25	6/21/2007	130.34	26.5	2.5	5.5	0.5	0.5	6	5.5	12	24.5	13	13	14
26	8/12/2007	54.92	4.5	4	0.5	0	5.5	0	1	0	0	0	0.5	19
27	2/17/2008	101.27	10	34.5	4.5	3	0.5	4	2.5	0.5	0.5	1	20	47.5
28	2/20/2008	85.04	3.5	22.5	10.5	16	34.5	4.5	3	0.5	4	2.5	4	33.5
29	3/31/2008	54.92	9	14	5.5	33	1	0.5	0	6	1	1	9	35.5
30	4/12/2008	90.72	19	10.5	11	18.5	6	22.5	0	2	5	0	10	60
31	6/1/2008	71.91	1.5	11	1	5	2	11	16.5	0	5	4.5	19.5	55.5
32	10/16/2008	51.88	6.5	9.5	3.5	4.5	1.5	1	4.5	4.5	1	6	12.5	11
33	11/25/2008	67.07	7.5	11	4	8	3	0	0	0	0	0	0	7.5
34	1/13/2009	62.46	3	15	4.5	0.5	0	1.5	7	10	0	0.5	10	17.5
35	1/29/2009	112.64	19	0	0	7	12	21	11	8	6	0.5	12	37
36	4/21/2009	55.95	5.5	4	7.5	4	5.5	2.5	5	5	4.5	1	33	15.5
37	4/30/2009	80.94	12	10.5	8	0	1	0	0.5	6	3.5	5	21	31.5
38	6/11/2009	119.51	38.5	8.5	0	0	1.5	1.5	0	0.5	1	0	5.5	19
39	12/30/2009	63.59	68.5	14.5	0	38	0	2	0	0	20.5	6	23.5	1
40	2/7/2010	116.04	39.5	24	1.5	1	0.5	0.5	0	0.5	0	0	0	1
41	4/6/2010	101.27	3.5	35	11.5	0.5	12	1	23.5	1	1	3	12	20.5
42	5/1/2010	96.65	21.5	14.5	7.5	10	13	0	0.5	2.5	0.5	0.5	3	6.5
43	5/31/2010	117.76	12.5	1	0	10	1	0	0	0	0	0.5	13	0.5
44	6/21/2010	78.28	1	7	22.5	6.5	0	4	1	0	2	0.5	24	27
45	6/26/2010	62.46	6	7	1.5	0	0	20	7	22.5	6.5	0	7	40.5
46	1/5/2011	55.95	0.5	0	0	5.5	1.5	1.5	18	8	4	1.5	36	37
47	2/7/2011	83.66	12	18.5	3.5	21	0	0	0	0	0	0	13.5	6.5
48	2/15/2011	69.46	16.5	1	24.5	3	5	0	5	7	12	18.5	24.5	13.5
49	4/7/2011	162.47	5	8.5	3.5	19.5	9	11.5	0	7.5	3.5	0	6.5	47.5
50	4/25/2011	89.27	33	2.5	0	14.5	4	1.5	15	13.5	2	4.5	41	70.5
51	5/28/2011	106.04	1	8	9.5	16	1.5	4	0	0	0	0	0.5	18
52	6/30/2011	79.61	10	6	0	0.5	13	6	3.5	4.5	0.5	0.5	0	3
53	7/11/2011	107.67	8	7	6	0	0.5	1.5	6	8	2.5	1.5	17	29
54	10/9/2011	86.43	15	2.5	5	10.5	1	7	2	0.5	0	0	23	42.5
55	11/8/2011	71.91	11	25	12	0	1	0	0.5	0.5	1	0	21	0
56	12/10/2011	73.15	13	12	9.5	0.5	4.5	14.5	0	0	0.5	4.5	31	50.5
57	2/17/2012	51.88	2	6	13.5	3.5	9	13	5.5	4.5	2	18.5	35.5	22
58	2/23/2012	87.85	6	20	3	0	2.5	1.5	2	6	13.5	3.5	32	22
59	4/20/2012	136	10.5	27.5	5.5	3	0	1	0	0	3.5	0	4	44
60	6/25/2012	175.79	13.5	5.5	3	1	3.5	0.5	0.5	0	0	0	1.5	4
61	10/16/2012	62.46	34.5	0	0.5	4	0.5	1	8	0	1.5	0.5	23.5	20.5
62	6/10/2013	71.91	5.5	2	1	2	0.5	0	0	0	0.5	0.5	17	23
63	7/9/2013	90.72	8	2.5	1	0.5	0	2.5	6.5	0.5	0	14.5	0	2

**Tabla 2.14** Eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s.

ESTACION: MATADERO DE SAYAUSI			DIAS											
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas
	m <sup>3</sup> /a	m <sup>3</sup> /s												
1	10/7/2014	50.79	15	1.4	0	0	0.7	0.9	3.3	0.3	0	0	5.4	12
2	10/11/2014	186.69	47.8	11	10.6	0.3	15	1.4	0	0	0.7	0.9	3.6	13.6
3	1/23/2015	89.46	15.7	0.7	20.8	12.9	13.6	11.1	6	0	0	0	4.8	6.1
4	4/26/2015	95.78	6.4	4.7	6.9	0.4	0.2	0.9	32.5	2.2	0.3	11.9	18.4	2.9
5	10/15/2015	114.78	42.6	8.6	6.5	4.5	0	1	1.8	0	0.2	0	7.6	0.4
6	3/9/2016	134.19	27.1	3.6	10.1	0	3.4	10.1	0	0	1.5	0.5	26.9	0
7	3/17/2016	114.3	11.5	7.3	0.8	0	25	2.7	0.2	26.2	27.3	3.6	23.6	28.4
8	3/19/2016	68.95	4.4	1.3	12.4	7.3	0.8	0	25	2.7	0.2	26.2	41	19.4
9	4/10/2016	64.8	14.4	4.2	2	5.2	6.7	20.4	0	16.2	22.1	1.5	27	9.3
10	4/28/2016	71.78	18	18.1	13.1	3.1	15.2	4	0.4	0.4	0	0.6	13.7	38.2
11	5/30/2016	52.3	21.4	1	7.5	0	0.9	2.4	6.5	0.1	2.2	0	4.5	10.1
12	6/13/2016	63.78	2.9	5.9	0	2.1	0	3.2	0	6.4	8.3	7.3	27.3	39.8
13	6/20/2016	63.87	2.8	4.7	0.5	1.6	2.4	0.2	0.3	5.5	5.9	0	5.3	49.3
14	9/14/2016	84.15	21.4	1.1	0.1	3.6	3.1	0.4	0	0	0	21.2	1.9	7
15	1/1/2017	55.94	10.5	0.5	3.7	0	6.5	4.2	0.9	0.8	7	1.5	9.5	50.7
16	1/12/2017	79.71	11.3	22.9	9.8	8.2	1.1	2.3	6.8	9.7	0	0	14.7	20.9
17	6/20/2017	90.3	26.9	0.1	0	0	5.9	6.3	6.2	16.1	0	3.1	8.6	16.1
18	7/26/2017	52.76	2.9	2	0.4	0	2.1	0	0	1.3	1.9	0.6	0	4.2

En la estación Tarqui cumbe se han presentado 52 eventos que superan los 15m<sup>3</sup>/s

**Tabla 2.15** Eventos que superan los 15m<sup>3</sup>/s

ESTACION: TARQUI AJ YANUNCA Y			DIAS											
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas
	d/m/a	m <sup>3</sup> /s												
1	6/3/1999	41.86	0.5	0	1	1.5	1	1	4	0	0	4.5	5.5	23
2	18/3/1999	37.21	14	4	24.5	20	6	1.5	3.5	0	2.5	5.5	60	73.5
3	29/3/1999	26.83	8.5	3.5	0	3.5	0.5	0	6	0	7.5	51.5	39.5	
4	4/4/1999	34.99	6	0	0	0.5	16	6.5	9.5	3.5	0	3.5	6.5	79
5	11/4/1999	31.8	2.5	5	4	0.5	0	11	2	6.5	0	0.5	23	18
6	13/4/1999	63.3	1.5	9	2.5	5	4	0.5	0	11	2	6.5	37	4.5
7	19/4/1999	23.6	1	20.5	4.5	0.5	4	3.5	2	9	2.5	5	15.5	31.5
8	23/4/1999	33.91	6	5	0.5	0.5	3.5	20.5	4.5	0.5	4	3.5	18.5	24
9	28/4/1999	33.38	2.5	21	1	0	1.5	7.5	5	0.5	0.5	3.5	29.5	26.5
10	2/5/1999	91.12	1	6	10	1	3.5	21	1	0	2	8	9.5	44
11	6/5/1999	90.23	2.5	6.5	6	0	1	1.5	1	1	4	0	9.5	15.5
12	12/5/1999	40.08	0.5	1	0	0	0	2.5	1.5	3.5	0.5	0.5	1	28
13	19/5/1999	45.53	8.5	0.5	3	3	5	3	0	4.5	13	1	19.5	55.5
14	12/6/1999	37.78	2.5	7	9	7	6.5	13	4.5	0.5	0	0	1.5	18.5
15	22/6/1999	26.83	3.5	2	2	3	2	1.5	5.5	3.5	0	0.5	3	16.5
16	4/10/1999	70.94	1	4	0.5	0	11	2	6.5	0	0	0.5	36.5	10
17	18/2/2000	30.26	4.5	5.5	10	9.5	3.5	0.5	1.5	0.5	1	3	4	23
18	29/2/2000	34.99	12.5	7.5	1.5	7	24	19	2	10.5	9.5	5.5	23.5	19.5
19	10/3/2000	67.83	1.5	8	19.5	7	1	1.5	2	3	0	3	29.5	73.5
20	5/4/2000	76.55	6.5	0.5	9	3	1	1	0	0	0.5	12.5	10.5	41.5
21	13/4/2000	78.2	0.5	1	7	0	0.5	0.5	1.5	0.5	11.5	6.5	18.5	34.5
22	10/5/2000	67.79	0.5	0	0	0	1	1	0	0	2	3	17	20
23	17/6/2000	27.79	12	5	0	0.5	0.5	0	2	0.5	0	5	12.5	25
24	5/9/2000	77.38	4	0.5	1.5	4	1	9	0.5	9	3	1	1.5	29.5
25	19/9/2000	27.3	1.5	4.5	0	13	0	5.5	3	0.5	0	0.5	15.5	24.5
26	24/1/2001	16.29	1	28.5	14.5	9	4	1.5	6.5	24	14.5	0.5	3	29
27	2/4/2001	17.8	0.5	0	8	0	1	0	6.5	0.5	0	0	44	60
28	10/5/2001	35.54	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0	0.5	0	2	1
29	11/6/2001	52.68	12.5	16	16	8.5	2	4	3.5	5	0	0	19.5	19.5
30	24/3/2003	29.26	8.5	15.5	14.5	0	0	2.5	3.5	31.5	14	22	3.5	3.5
31	24/4/2003	18.97	12.5	15.5	14.5	0	0	4	2.5	3.5	31.5	14	22	3.5
32	6/2/2006	25.42	3	3	0.5	0	0.5	0	0	0.5	0	2.5	6.5	0
33	7/4/2006	69.37	9	38.5	25.5	30	15	9	10	4.5	5	1.5	65	52.5
34	9/4/2007	53.25	23.5	4.5	6	16.5	4.5	4.5	6.5	0.5	6	3.5	16	34.5
35	4/5/2007	104.09	4	6.5	0.5	6	3.5	0	4	5	5	2	33.5	50
36	16/11/2007	56.8	2	0.5	0	0.5	8.5	9	17	7	1	0.5	10	8
37	20/2/2008	82.64	7.5	28.5	15.5	14.5	20	13.5	10	3.5	1.5	1	2	19
38	31/3/2008	42.73	13	26	19	4.5	1.5	0.5	1.5	6	0	0.5	10.5	18.5
39	22/9/2008	80.33	11	9	7.5	2	0	2	1	0.5	0	0	3	10
40	26/11/2008	26.6	15.5	2	2	1.5	3	0	1.5	0	0	0	3.5	18
41	14/1/2009	34.35	5.5	6.5	6.5	6.5	0.5	0	9.5	17.5	5	1	1.5	12
42	3/5/2009	81.48	0.5	6.5	8	2	4.5	10	2.5	0	0	0	26	75
43	27/2/2010	200.44	6.5	22.5	6	7	5	9	0	12	2	1.5	24.5	40
44	6/2/2011	19.22	17	3	4.5	0	1	0	1.5	0	6	8	8.5	54.5
45	13/2/2011	23.45	10	16.5	12	8	7	15	15	34.5	3	4.5	3	22.5
46	24/3/2011	27.71	5.5	0.5	0	5.5	38	7	1	1.5	0	0	1.5	9.5
47	20/4/2011	24.94	1	9.5	2.5	1	1	0	1	15	4	12	31	113
48	10/6/2013	18.35	1.5	2	1	1	2.5	4	0	0	2	0	2	7
49	9/7/2013	11.7	2	5.5	8	0	0	0	0	0	0	5.5	0.5	216
50	15/10/2013	10.78	7	7	4.5	3.5	0	0	0	0.5	0.5	2.5	6.5	6.5
51	17/10/2013	20.11	1.5	9	7	7	4.5	3.5	0	0	0	0.5	13.5	2.5
52	27/10/2013	12.67	1.5	1.5	0	0.5	0.5	10	0.5	1	2.5	0	24.5	9

En la estación Yanuncay pucan se han registrado 53 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s

**Tabla 2.15** Eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s

ESTACION: YANUNCAY AJ TARQUI			DIAS												
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas	
	m/d/a	m <sup>3</sup> /s													
1	3/23/1998	92.07	14.5	4.5	0	8	3.5	0	2	2	21	1	21	23.5	
2	4/14/1998	76.67	4.5	21.5	14.5	0.5	5	3.5	8.5	0	1	2.5	20.5	57	
3	4/23/1998	53.27	8	0.5	5.5	6	20	19.5	8	0.5	1.5	5	41.5	30	
4	5/5/1998	58.86	1	14.5	9	1.5	0	0.5	9	0	1	0	23.5	61.5	
5	2/17/1999	58.86	0.5	20	5.5	6.5	10.5	4.5	0	3	0.5	0	18	48.5	
6	3/18/1999	61.36	5.5	4	12.5	3	2	10.5	1	0	4.5	3	32.5	42.5	
7	4/10/1999	63.92	12	13	2.5	2	7.5	10.5	13.5	16	0	1.5	30.5	19	
8	4/18/1999	77.71	8	2	1	3	0.5	17	11.5	11.5	12	13	22.5	56	
9	5/2/1999	89.93	24	35	2.5	7	3.5	10.5	0.5	1	3.5	7	22.5	43.5	
10	5/19/1999	84.71	22.5	1.5	5	4	14	2.5	2.5	13	9	5.5	46.5	90	
11	2/29/2000	74.82	9	18.5	0.5	5	8.5	8	1	9.5	4.5	0	27	18	
12	4/5/2000	65.67	13.5	8	5.5	1	1	10	4.5	0	2.5	0.5	28.5	62	
13	5/11/2000	71.07	14	21.5	14.5	1.5	3	12	8.5	4	0	20.5	16.5	59.5	
14	5/28/2000	104.41	21	4	1.5	2	10.5	14	1	11.5	10	1	11.5	69.5	
15	10/1/2000	57.23	11.5	20	0	0.5	5.5	5	5	9	11.5	0.5	26	12.5	
16	6/11/2001	106.75	13	19.5	10.5	6.5	2	0	4.5	4	0.5	0	4.5	21.5	
17	5/17/2008	87.53	14.5	2.5	0	5	1	3	0	3.5	5	0	5	32.5	
18	5/27/2008	175.5	15	7	1.5	0.5	2	10	4	3.5	8.5	11.5	22.5	12.5	
19	6/24/2008	82.17	5	14	0	1	0	0	0	0	0	1.5	1.5	6.5	
20	7/28/2008	97.62	0.5	0.5	2	0.5	1	0	0.5	0.5	0.5	1	9.5	35.5	
21	9/1/2008	108.45	9.5	16	1	1	0	1	0.5	0	0	5.5	9.5	4.5	
22	9/22/2008	73.28	11	0	4	0.5	0.5	3	15.5	4.5	0.5	1	5	9.5	
23	10/16/2008	110.06	15	2.5	2	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	3	2.5	7.5	12.5	
24	1/14/2009	84.84	15	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	1/29/2009	62.87	13.5	0.5	0	1.5	0.5	1	2	0	5	0	3	27.5	
26	5/3/2009	86.2	3	12.5	4	9.5	2.5	12.5	0.5	2.5	0	0	14.5	29.5	
27	6/11/2009	147.95	18	13	0	0.5	5	1.5	0.5	0	11.5	2	15	30.5	
28	2/7/2010	113.93	15.5	21	5.5	2.5	1	1	0.5	2.5	0	1	0.5	5.5	
29	6/26/2010	62.87	19	9	1	0	0	10	5.5	22.5	3	0.5	15.5	25.5	
30	2/15/2011	91.78	7	9.5	4.5	0.5	8.5	2	0.5	7.5	12	11.5	7.5	17	
31	4/7/2011	87.57	16.5	5	9	10	1.5	12	1.5	22.5	12.5	0	9.5	40	
32	5/28/2011	118.38	25	12.5	9.5	9.5	1	5	0	0	0	0	7.5	14	
33	6/26/2011	63.98	16	6.5	18	16	3.5	1.5	0	5	0.5	0.5	7.5	3	
35	2/28/2012	97.62	15.5	3	7	1.5	0	8	7.5	6.5	0	4	32.5	35.5	
36	3/27/2012	65.09	5.5	1	4.5	1.5	0.5	4.5	13.5	5.5	6	0.5	12.5	25.5	
37	1/4/2013	62.87	3.5	7	3.5	0	4.5	7	0.5	0	0.5	28	17	14	
38	2/9/2013	166.67	6.5	13.5	2	4	6.5	12.5	3.5	1	1	1	5.5	19.5	
39	3/23/2013	78.67	12	10	0	0.5	1.5	4.5	9.5	11	5	2	11	8	
40	7/9/2013	79.55	18	4	1.5	0.5	0	0.5	4	3.5	0	11	2	2.5	

ESTACION: YANUNCAY AJ TARQUI			DIAS											
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas
	m/d/a	m <sup>3</sup> /s												
1	10/11/2014	86.82	22.6	7.8	15.5	2.8	18.8	5	0	0.1	1.3	0.5	4.3	13.6
2	3/18/2015	62.23	18.6	3.3	3.2	1.5	2.9	0	0.1	0.6	6	1.7	2.7	22.3
3	3/26/2015	68.67	10.1	12	2.2	3.5	0.9	4.9	9.2	7.8	20.3	3.3	7.6	11
4	3/29/2015	59.06	0	5.7	0	16	12	2.2	3.5	0.9	4.9	9.2	34.6	12.8
5	4/21/2015	109.83	5.7	2.5	10.5	11.9	6	7.5	3.7	3.4	0.2	0.9	2.8	10.2
6	4/26/2015	81.25	2.5	8.1	3	1.4	0	0.7	5.6	5.3	0.6	1.6	3.4	27.9
7	6/8/2015	66.36	11	5.7	5.3	11.1	5.1	3.5	1.1	1.1	1.9	1	11.8	18
8	6/14/2015	57.89	0	2.9	3	0.4	2.4	0.1	2.5	5.7	5.3	11.1	10.8	21.7
9	6/12/2016	102.93	46.228	3.81	1.016	0	10.922	0	7.874	10.922	21.082	34.036	59.944	46.736
10	6/20/2016	79.8	52.07	18.034	12.7	6.096	7.366	0.254	1.016	37.084	47.244	3.81	11.938	48.9
11	6/23/2016	72.47	29.464	16.256	3.81	59.69	18.034	12.7	6.096	7.366	0.254	1.016	89.154	84.836
12	5/14/2017	250.69	14.7	3.8	1.3	6.4	0.8	2.3	5.6	3.5	12	3.8	6.6	35
13	5/21/2017	109.46	0	0.762	2.286	2.794	0	0	0.2	17.5	14.7	3.8	10.8	31.3

### 2.4.2 Condiciones antecedentes a la crecida

Las crecidas repentinas representan retos en cuanto a pronóstico y detección porque no siempre son causadas simplemente por fenómenos meteorológicos. Las crecidas repentinas ocurren cuando se conjugan ciertas condiciones meteorológicas e hidrológicas. Aunque las lluvias fuertes generalmente son uno de los factores, lluvias en una determinada cantidad y duración podrían o resultar en una crecida repentina, dependiendo de las características hidrológicas de la cuenca hidrográfica en donde está ocurriendo la lluvia.

### 2.4.3 Precipitación

A través de un estudio de todas las precipitaciones que han antecedido las crecidas presentados en los últimos 20 años de datos, se pretende identificar tendencias de lluvia generadoras de crecidas de modo que, en lo futuro, al presentarse estas sea factible desencadenar una alerta de posible inundación.

Para todo esto se ha definido el siguiente procedimiento:

- 1) Se identificaron los eventos mayores a 100m<sup>3</sup>/s para los ríos Tomebamba y Yanuncay y los eventos mayores a 50m<sup>3</sup>/s para el rio Tarqui y posteriormente se identificaron las precipitaciones provocadas en ese día, un día antes, dos antes y así sucesivamente hasta las 3 semanas antes del evento

2) Posteriormente se realiza una tabla en donde se tiene un resumen que da un acumulado de 5 días y de 10 días de precipitación para con ello poder tener una tendencia de lluvia de dichos eventos

#### **2.4.4 Precipitación y caudal combinados**

Un determinado volumen de precipitación acumulada requiere de otros factores, como el nivel de saturación del suelo, para desencadenar una crecida.

De igual manera, el caudal por sí solo no es un buen desencadenador de alerta porque un valor determinado puede alcanzarse varias veces sin que se produzca la crecida; en las siguientes figuras se puede observar que en la estación Matadero Sayausí se desde el año 1997 – 2017 se produjeron 81 eventos que registran caudales mayores a  $80\text{m}^3/\text{s}$  y ninguno de estos produjo desbordamientos, en la estación Tarqui Aj Yanuncay en el mismo período se registran 52 eventos que superan los  $15\text{ m}^3/\text{s}$  y en la estación Yanuncay Aj Tarqui en el mismo período se registran 53 eventos que superan los  $50\text{m}^3/\text{s}$  lo que es un gran indicador de que el caudal por sí solo no es un buen desencadenador de alerta. Por el contrario un caudal bajo puede convertirse en una descarga de crecida en cuestión de horas, tiempo insuficiente para tomar medidas de prevención; así en la estación Matadero Sayausí un caudal de  $0.5\text{m}^3/\text{s}$  ascendió a  $18\text{ m}^3/\text{s}$  en media hora, en Tarqui Aj Yanuncay un caudal de  $0.5\text{m}^3/\text{s}$  ascendió a  $16,19\text{m}^3/\text{s}$  en 2 horas, y en Yanuncay Aj Tarqui un caudal de  $0.5\text{m}^3/\text{s}$  ascendió a  $12\text{m}^3/\text{s}$  en dos horas y media. Por otro lado, un valor de descarga muy alto podría obviar situaciones en las que con una descarga menor deban tomarse algunas precauciones para evitar perjuicios a la población.

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

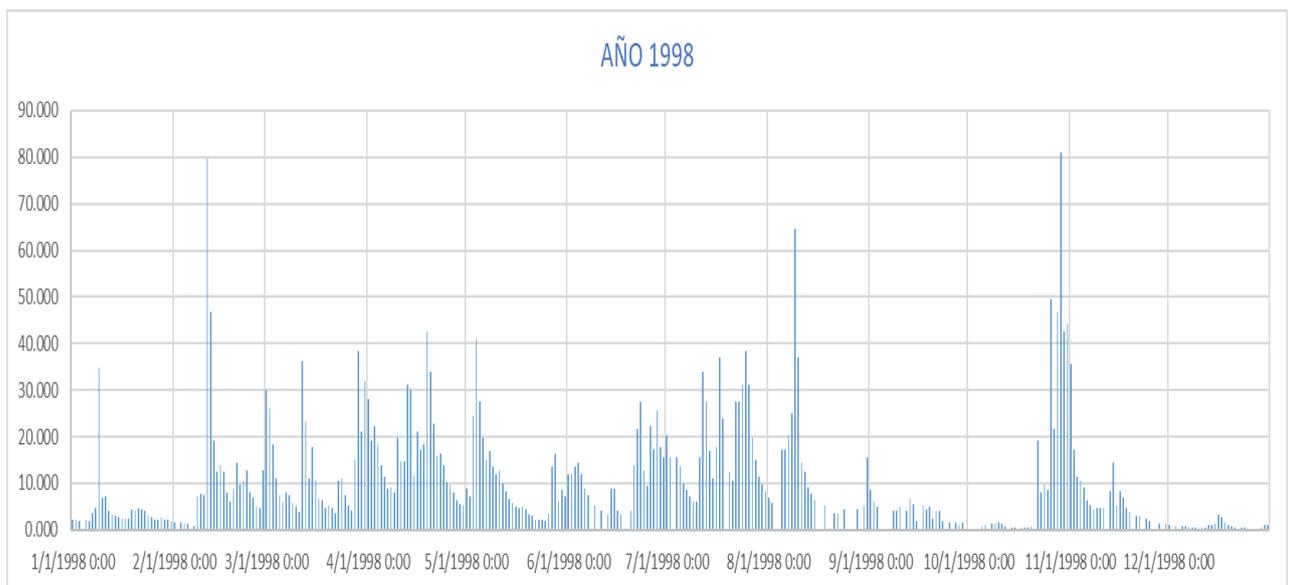
En primera instancia se realizaron los hidrogramas de cada una de las cuencas desde el año 1997 - 2017 con el objetivo principal de identificar los caudales que superen los  $50\text{m}^3/\text{s}$ ,  $15\text{m}^3/\text{s}$ , y  $50\text{m}^3/\text{s}$  para los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay respectivamente obteniéndose para el Río Tomebamba 81 eventos para el Río Yanuncay 52 eventos y para el Río Yanuncay 53 eventos los cuales se presentan claramente en las siguientes figuras:

#### 3.1 Hidrogramas del río Tomebamba

En el año 1998 se observa claramente que existen 3 eventos que superan los  $50\text{m}^3/\text{s}$  con los siguientes valores: Se da un evento el 11 de febrero con un valor de  $79.77\text{m}^3/\text{s}$ , otro el 9 de agosto con un valor de  $64.51\text{m}^3/\text{s}$ , y por último se da un evento el 29 de octubre con un valor de  $81.04\text{m}^3/\text{s}$ .

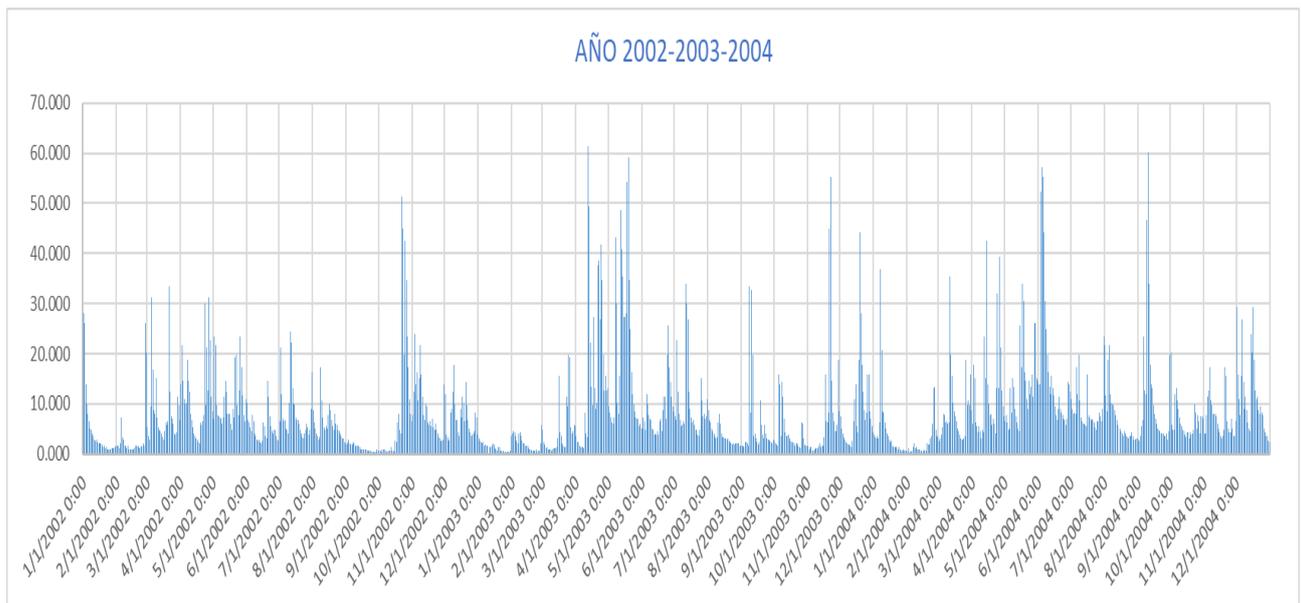
Figuras 3.1 Hidrogramas estación Matadero de Sayausi 1997 – 2017

Figura 3.2.a Hidrograma estación Matadero de Sayausi año 1998



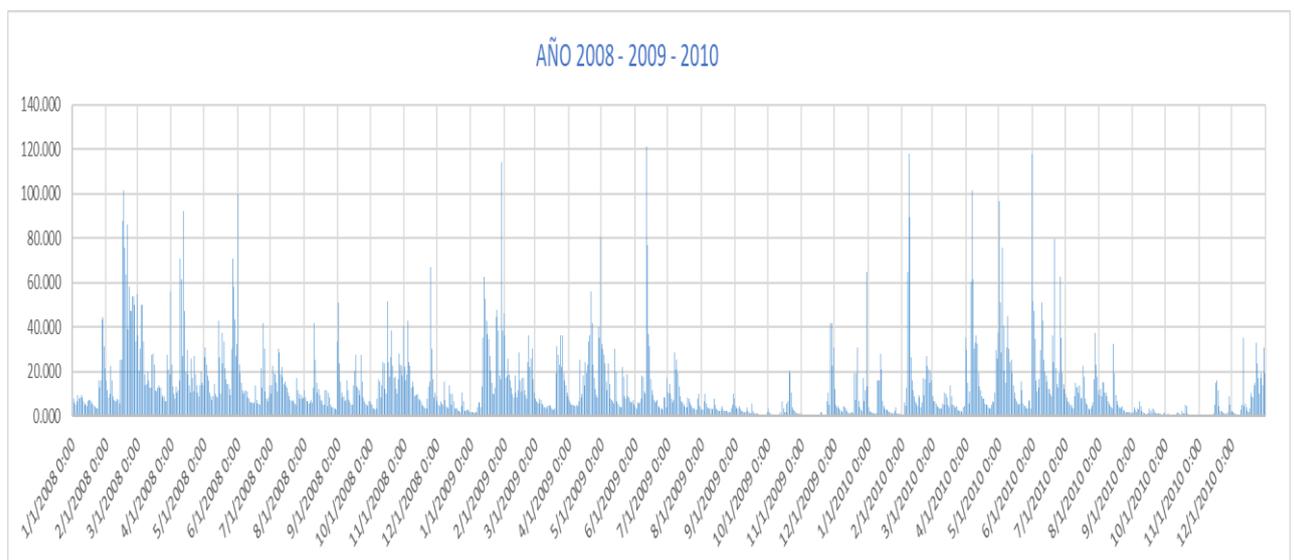
Desde el año 2002 hasta el 2004 se observan claramente 5 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: se da un evento el 22 de octubre del 2002 con un valor de 51.33 m<sup>3</sup>/s, el 12 de abril del 2003 con un valor de 61.29 m<sup>3</sup>/s, el 19 de mayo del 2003 con un valor de 59.20 m<sup>3</sup>/s, y por último el 5 de junio del 2004 con un valor de 57.17 m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.3.b Hidrograma estación Matadero de Sayausi año 2002 - 2004



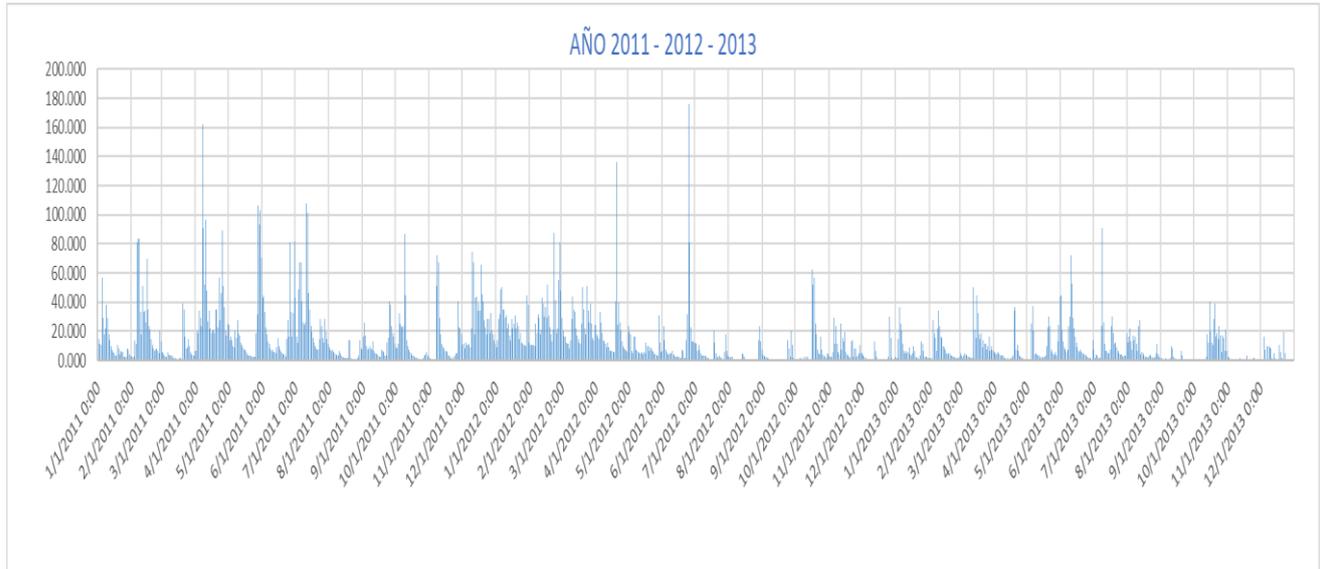
Desde el año 2008 hasta el 2010 se observan claramente 19 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: 101.27 m<sup>3</sup>/s, 85.04 m<sup>3</sup>/s, 54.92 m<sup>3</sup>/s, 90.72 m<sup>3</sup>/s, 71.91 m<sup>3</sup>/s, 51.88 m<sup>3</sup>/s, 67.07 m<sup>3</sup>/s, 62.46 m<sup>3</sup>/s, 112.64 m<sup>3</sup>/s, 55.95 m<sup>3</sup>/s, 80.94 m<sup>3</sup>/s, 119.51 m<sup>3</sup>/s, 63.59 m<sup>3</sup>/s, 116.04 m<sup>3</sup>/s, 101.27 m<sup>3</sup>/s, 96.65 m<sup>3</sup>/s, 117.76 m<sup>3</sup>/s, 78.28 m<sup>3</sup>/s, 62.46 m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.4.c Hidrograma estación Matadero de Sayausi año 2008 - 2010



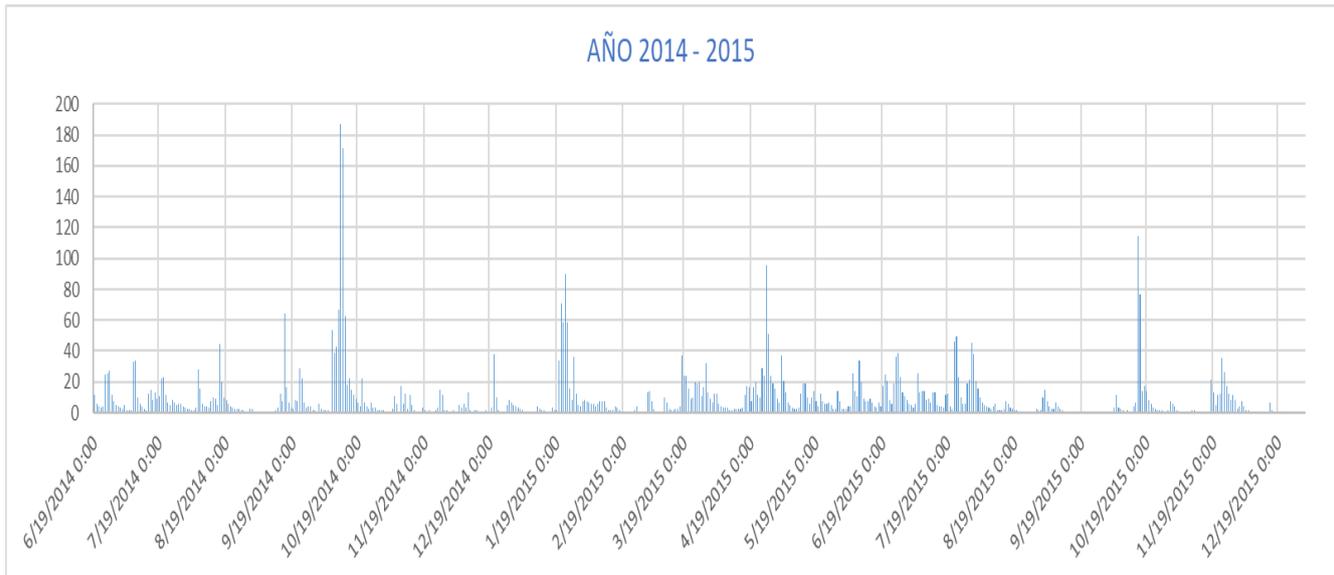
Desde el año 2011 hasta el 2013 se observan claramente 18 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: 55.95 m<sup>3</sup>/s, 83.06 m<sup>3</sup>/s, 69.46 m<sup>3</sup>/s, 162.47 m<sup>3</sup>/s, 89.27 m<sup>3</sup>/s, 106.04 m<sup>3</sup>/s, 79.61 m<sup>3</sup>/s, 107.67 m<sup>3</sup>/s, 86.43 m<sup>3</sup>/s, 71.91 m<sup>3</sup>/s, 73.15 m<sup>3</sup>/s, 51.88 m<sup>3</sup>/s, 87.85 m<sup>3</sup>/s, 136.00 m<sup>3</sup>/s, 175.79 m<sup>3</sup>/s, 62.46 m<sup>3</sup>/s, 71.91 m<sup>3</sup>/s, 90.72 m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.5.d Hidrograma estación Matadero de Sayausi año 2011 - 2013



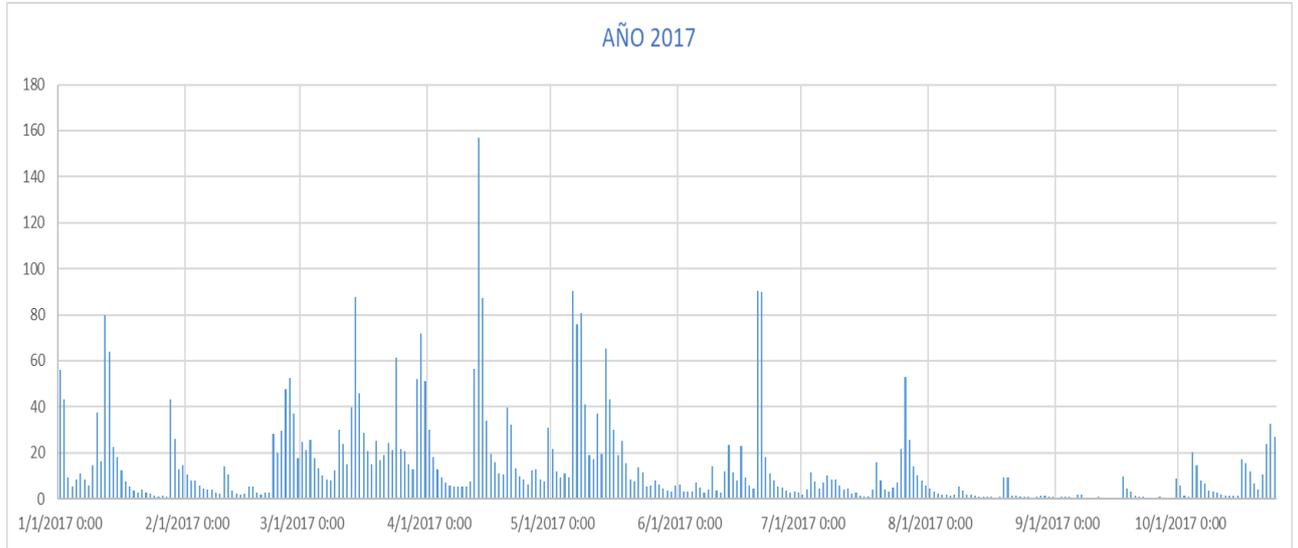
Desde el año 2014 hasta el 2015 se observan claramente 5 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: 50.79 m<sup>3</sup>/s, 186.69 m<sup>3</sup>/s, 89.46 m<sup>3</sup>/s, 95.78 m<sup>3</sup>/s, 114.78 m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.6.e Hidrograma estación Matadero de Sayausi año 2014 - 2015



En el año 2017 se observan claramente 5 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: 157.08 m<sup>3</sup>/s, 89.50 m<sup>3</sup>/s, 65.37 m<sup>3</sup>/s, 90.30 m<sup>3</sup>/s, 52.76 m<sup>3</sup>/s.

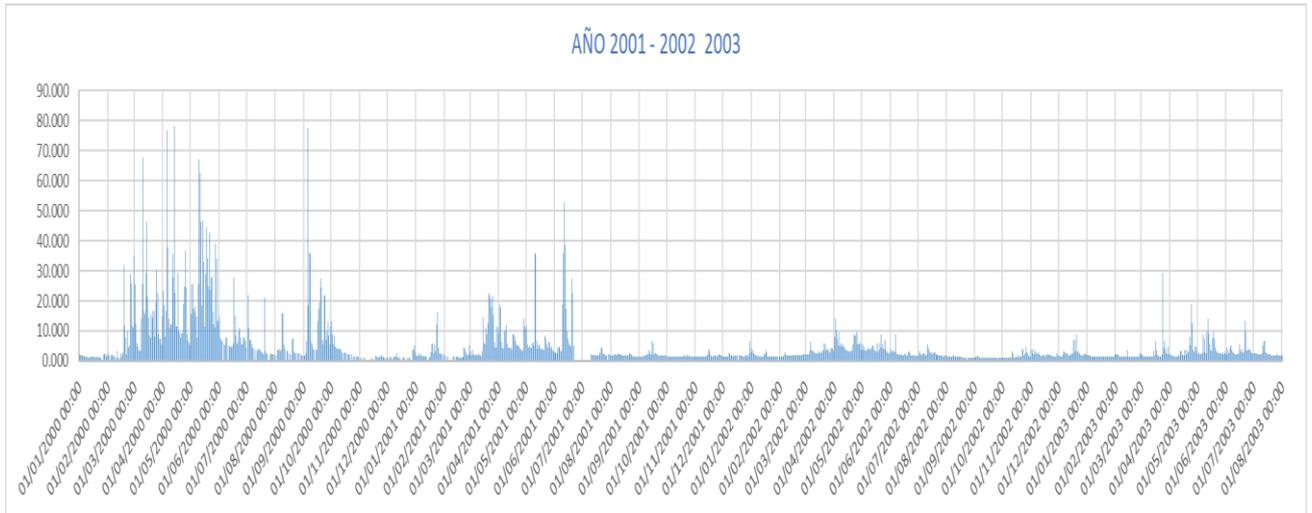
Figura 3.7.f Hidrograma estación Matadero de Sayausi año 2017



### 3.2 Hidrogramas del río Tarqui

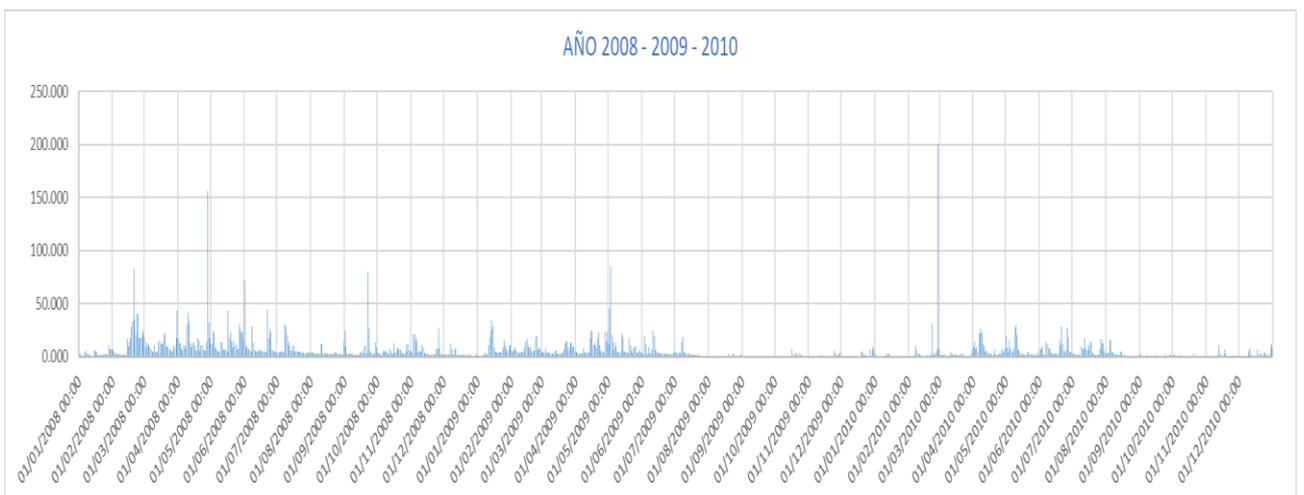
En la estación del río Tarqui desde el año 2001 al 2003 se observan 5 eventos que superan los  $15\text{m}^3/\text{s}$  con los siguientes valores. Se da un primer evento el 24 de enero del 2001 con un valor de  $16.29\text{ m}^3/\text{s}$ , el 2 de abril del 2001 con un valor de  $17.80\text{ m}^3/\text{s}$ , el 10 de mayo del 2001 con un valor de  $19.16\text{ m}^3/\text{s}$ , el 24 de marzo con un valor de  $29.26\text{ m}^3/\text{s}$ , y por último el 24 de abril con un valor de  $20.12\text{ m}^3/\text{s}$ .

Figuras 3.8 Hidrogramas estación Tarqui Aj Yanuncay 1997 – 2017  
 Figura 3.9.a Hidrogramas estación Tarqui Aj Yanuncay año 2001 – 2003



Desde el año 2008 hasta el 2010 se observan claramente 6 eventos que superan los  $15\text{m}^3/\text{s}$  con los siguientes valores:  $82.64\text{m}^3/\text{s}$ ,  $42.73\text{m}^3/\text{s}$ ,  $80.33\text{m}^3/\text{s}$ ,  $26.60\text{m}^3/\text{s}$ ,  $34.35\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $81.48\text{ m}^3/\text{s}$ .

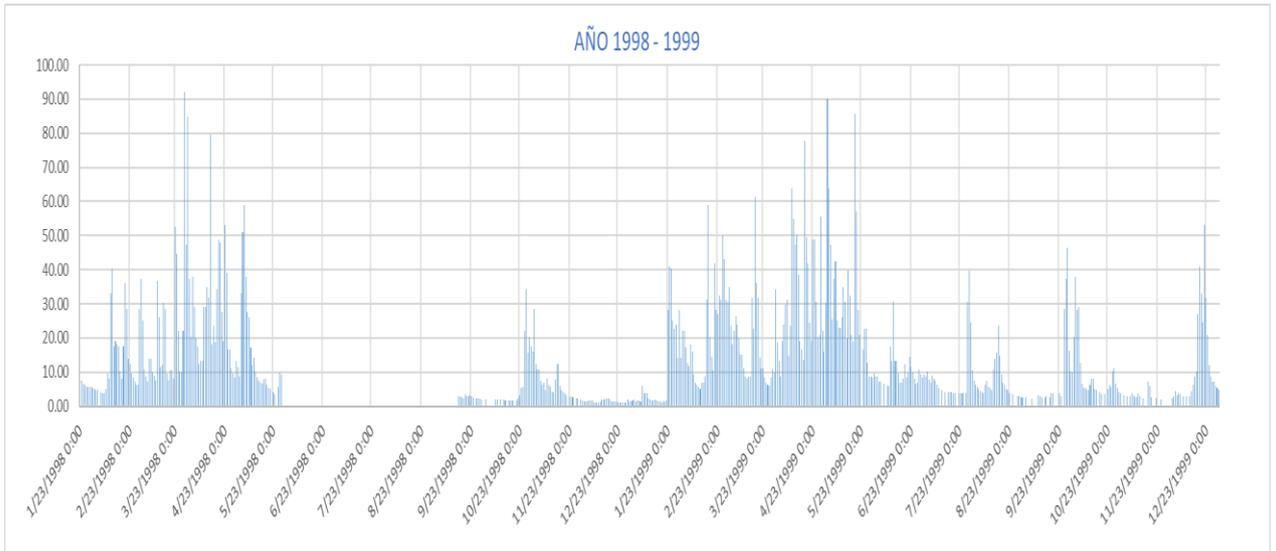
Figura 3.10.b Hidrogramas estación Tarqui Aj Yanuncay año 2008 – 2010



### 3.3 Hidrograma del río Yanuncay

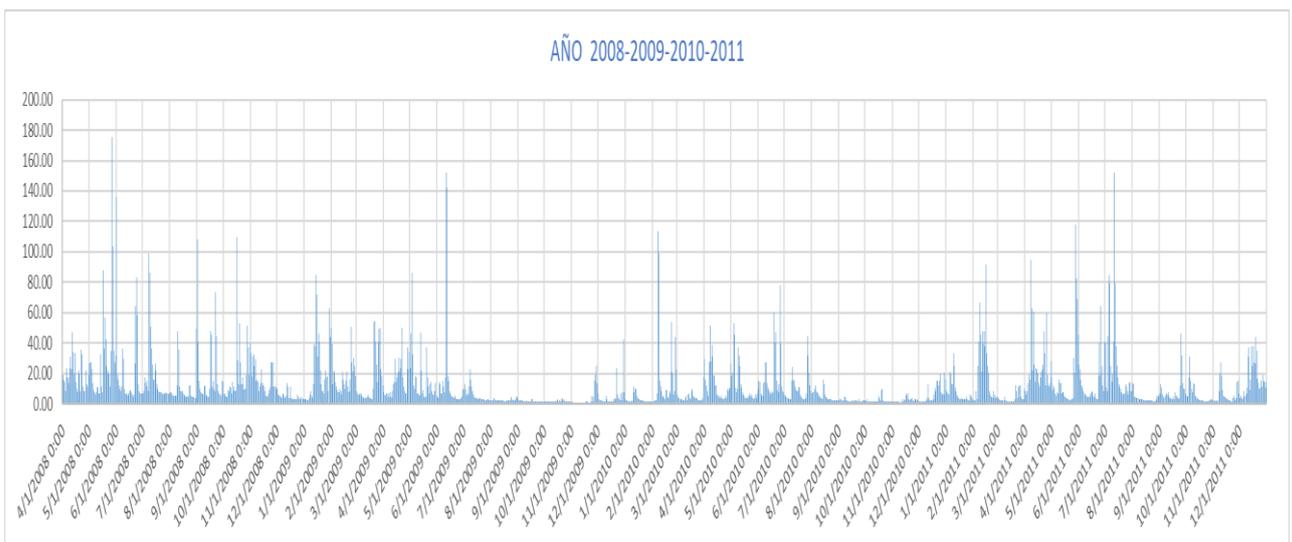
Desde el año 1998 hasta el año 1999 se observan claramente 10 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: 50.97m<sup>3</sup>/s, 76.67m<sup>3</sup>/s, 53.27m<sup>3</sup>/s, 58.86m<sup>3</sup>/s, 61.36 m<sup>3</sup>/s, 63.92 m<sup>3</sup>/s, 77.71 m<sup>3</sup>/s, 89.93 m<sup>3</sup>/s, 84.71 m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.11 Hidrogramas estación Yanuncay Aj Tarqui 1997 – 2017  
 Figura 3.12.a Hidrogramas estación Yanuncay Aj Tarqui 1998 – 1999



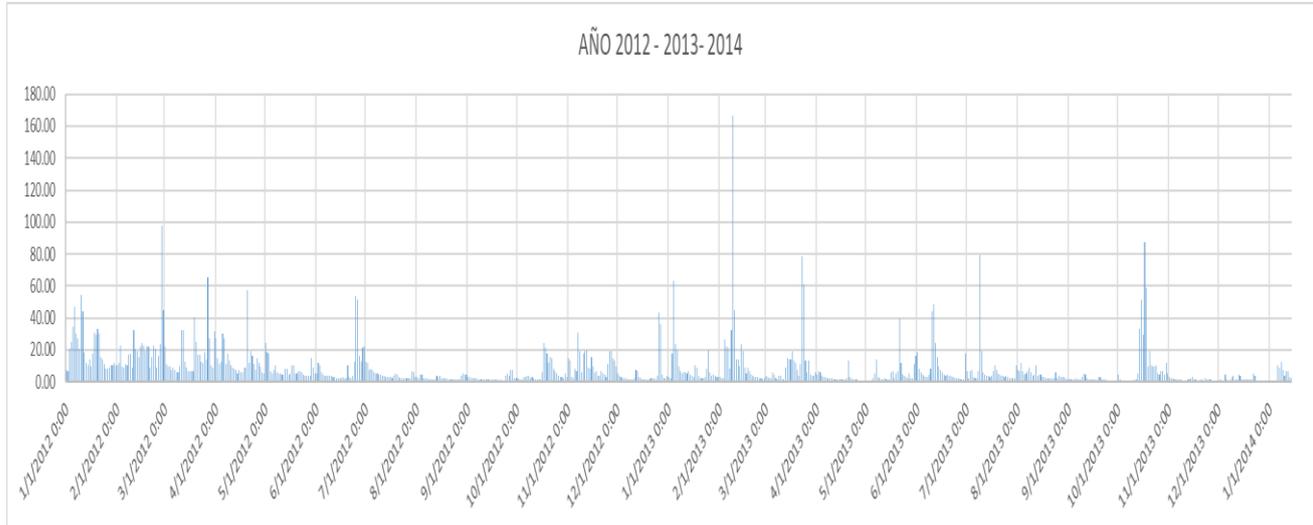
Desde el año 2008 hasta el 2011 se observan 18 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: 87.53m<sup>3</sup>/s, 117.50m<sup>3</sup>/s, 82.17m<sup>3</sup>/s, 97.62m<sup>3</sup>/s, 108.45 m<sup>3</sup>/s, 73.28 m<sup>3</sup>/s, 110.06 m<sup>3</sup>/s, 84.84 m<sup>3</sup>/s, 62.87 m<sup>3</sup>/s, 86.20m<sup>3</sup>/s, 147.95m<sup>3</sup>/s, 113.33m<sup>3</sup>/s, 62.87m<sup>3</sup>/s, 91.78 m<sup>3</sup>/s, 87.57 m<sup>3</sup>/s, 118.38 m<sup>3</sup>/s, 63.98 m<sup>3</sup>/s, 151.97 m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.13.b Hidrogramas estación Yanuncay Aj Tarqui año 2008– 2011



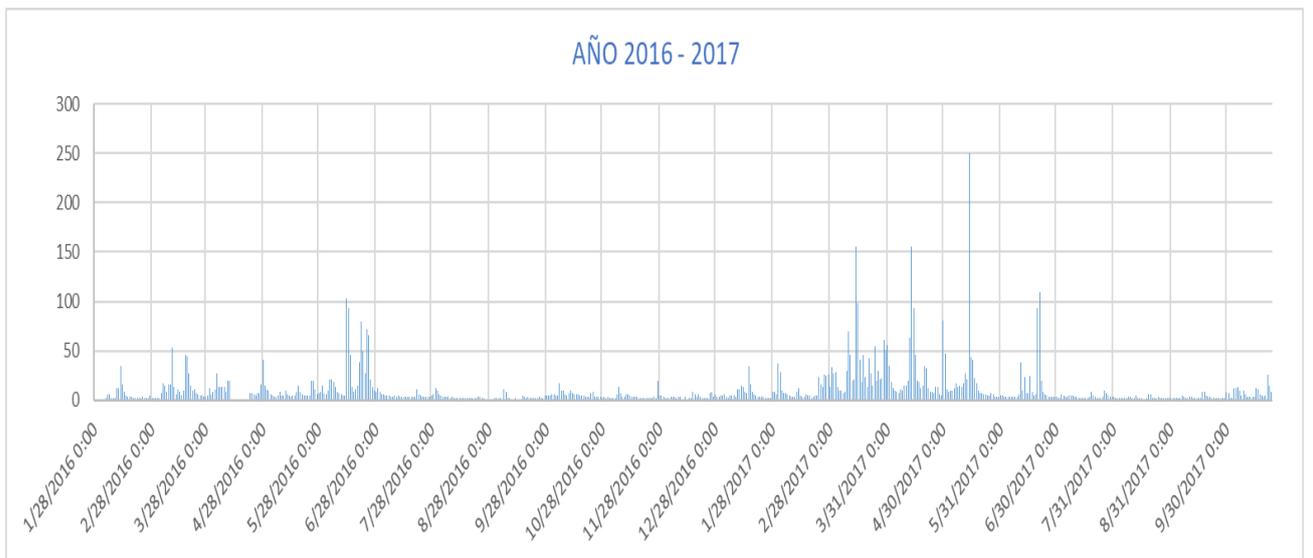
Desde el año 2012 hasta el 2014 se observan 8 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: 97.62m<sup>3</sup>/s, 65.09m<sup>3</sup>/s, 62.87m<sup>3</sup>/s, 116.67m<sup>3</sup>/s, 78.27 m<sup>3</sup>/s, 79.55 m<sup>3</sup>/s, 87.57 m<sup>3</sup>/s, 86.82 m<sup>3</sup>/s

Figura 3.14.c Hidrogramas estación Yanuncay Aj Tarqui año 2012 – 2014



Desde el año 2016 hasta el 2017 se observan 6 eventos que superan los 50m<sup>3</sup>/s con los siguientes valores: 102.93m<sup>3</sup>/s, 79.80m<sup>3</sup>/s, 72.47m<sup>3</sup>/s, 250.69m<sup>3</sup>/s, 109.46 m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.15.d Hidrogramas estación Yanuncay Aj Tarqui año 2016 – 2017



### 3.4 Resultados de los Umbrales Definidos

#### 3.4.1 Umbral 1

El Río Tomebamba presenta 4 eventos de crecida mayores a  $150\text{m}^3/\text{s}$  que se consideran como una situación de peligro. El 25 de junio del 2012 se presentó un evento con un caudal de  $175.79\text{m}^3/\text{s}$  después de 2 horas de lluvia lo que provocó el desbordamiento de este río en donde una mujer fue rescatada en el sector de Balzay Alto, el sector en donde está ubicado el coliseo Jefferson Pérez también fue afectado por el desbordamiento, el río se desbordo a la altura de la Universidad de Cuenca.



Ilustración 12 (RODRIGUEZ I. , 2012)

El evento más alto fue el 11 de octubre del 2014 con un caudal de  $186.69\text{m}^3/\text{s}$  lo que también provocó el desbordamiento de este río lo que provocó la pérdida de una vivienda en el sector de bellavista perteneciente a la parroquia de Sayausi.



Ilustración 3 (SALINAS, 2014)

El río Yanuncay presentó 2 eventos fuertes siendo el más alto el suscitado el 14 de mayo del 2017 llegando a alcanzar un caudal de  $250.69\text{m}^3/\text{s}$  debido a unas ocho horas de lluvia lo que provoco poner en apuros a los habitantes de algunos sectores de la ciudad, por ventaja hubo pocos reportes de viviendas afectadas eso fue lo que manifestó la prensa.



Ilustración [23](#) (LOPEZ, 2017)

### 3.4.2 Umbral 2

En la estación Matadero de Sayausi se han identificado 81 crecidas por encima de los  $50\text{m}^3/\text{s}$  que se han presentado en los años 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 hasta el 2017.

En la estación Tarqui Cumbe se han presentado 52 eventos que superan los  $15\text{m}^3/\text{s}$  desde el año 1997 hasta el año 2013.

En la estación Yanuncay Pucan se han registrado 53 eventos que superan los  $50\text{m}^3/\text{s}$  desde el año 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 hasta el 2017.

En segunda instancia se realizó una tabla para cada uno los ríos con el objetivo de ver la precipitación dada el día del evento un día antes, dos antes y así sucesivamente hasta tres semanas con el objetivo de en lo posterior poder establecer una tendencia de precipitación con caudales mayores a  $100\text{m}^3/\text{s}$  obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 3.1 Estación Matadero de Sayausi. Datos correspondientes del año 1997-2013

ESTACION: MATADERO DE SAYAUSI			DIAS												
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas	
	m <sup>3</sup> /a	m <sup>3</sup> /s													
1	11/26/1997	97.26	1.5	19	4.5	0	0.5	17.5	11	11.5	1.5	3.5	6	31.5	
2	2/11/1998	79.77	43.5	7	2.5	10	0	0	0	0	2	0.5	1	6.5	
3	8/9/1998	64.51	2	7	7.5	12.5	1	0	0	0	0	0	0	17	
4	10/29/1998	81.04	24	22	3.5	30.5	1	4.5	15	2.5	0.5	1.5	5.5	3.5	
5	4/10/1999	88.9	23.5	7	1.5	1.5	12	14.5	19	3	0	0.5	27	3	
6	4/19/1999	56.16	1	3.5	0.5	0	6	0.5	20.5	23	3	23.5	22	51.5	
7	5/2/1999	50.4	25.5	26	3.5	8	4	22.5	0.5	4.5	9.5	3	8	54	
8	7/29/1999	56.16	4.5	9.5	1	0	0	0	2	0	0	1	2.5	1	
9	12/19/1999	57.17	3.5	24	11.5	2	15	17	2	5	0	0	11.5	34.5	
10	2/29/2000	53.23	26	21.5	4.5	6	16.5	7.5	3	3.5	8	0.5	46	3.5	
11	5/10/2000	56.16	15	15	6.5	4.5	5	3.5	2	0.5	22.5	21.5	2.5	32	
12	5/28/2000	54.2	17.5	2.5	2	1.5	9	12	0	17	12.5	2.5	22.5	62	
13	6/11/2001	63.43	5.5	8.5	13.5	5	1.5	0	3.5	11.5	0.5	0	0.5	7.5	
14	9/9/2001	55.17	19.5	2	0	1	2	3	0	0	0	0	1	9	
15	10/22/2002	51.33	33	7.5	0	1	19	16.5	9	6	0	0	0	0	
16	4/12/2003	61.29	49	0.5	12	2	0	0	1.5	0	1	4.5	4.5	65	
17	5/19/2003	59.2	2	9	2.5	2	0.5	0	3.5	13	10	0	30	12	
18	11/22/2003	55.17	25	10.5	24.5	0	4.5	8.5	20.5	0	1.5	0	18.5	18	
19	6/3/2004	57.17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	39	
20	9/10/2004	60.24	13.5	12.5	5	7.5	2.5	1	2	1	0	0	3	1	
21	11/14/2006	52.27	21.5	29.5	4.5	14.5	12	0.5	0	7.5	1	0	1.5	15	
22	12/5/2006	71.29	9.5	2	6	0	0	0.5	14.5	10	19.5	6	7	48	
23	5/25/2007	54.92	3	6	0	0	0	1	4	4.5	6.5	0	2	45	
24	6/15/2007	156.07	2	12	24.5	13	3	0.5	1	8.5	3	9	0.5	3	
25	6/21/2007	130.34	26.5	2.5	5.5	0.5	0.5	6	5.5	12	24.5	13	13	14	
26	8/12/2007	54.92	4.5	4	0.5	0	5.5	0	1	0	0	0	0.5	19	
27	2/17/2008	101.27	10	34.5	4.5	3	0.5	4	2.5	0.5	0.5	1	20	47.5	
28	2/20/2008	85.04	3.5	22.5	10.5	16	34.5	4.5	3	0.5	4	2.5	4	33.5	
29	3/31/2008	54.92	9	14	5.5	33	1	0.5	0	6	1	1	9	35.5	
30	4/12/2008	90.72	19	10.5	11	18.5	6	22.5	0	2	5	0	10	60	
31	6/1/2008	71.91	1.5	11	1	5	2	11	16.5	0	5	4.5	19.5	55.5	
32	10/16/2008	51.88	6.5	9.5	3.5	4.5	1.5	1	4.5	4.5	1	6	12.5	11	
33	11/25/2008	67.07	7.5	11	4	8	3	0	0	0	0	0	0	7.5	
34	1/13/2009	62.46	3	15	4.5	0.5	0	1.5	7	10	0	0.5	10	17.5	
35	1/29/2009	112.64	19	0	0	7	12	21	11	8	6	0.5	12	37	
36	4/21/2009	55.95	5.5	4	7.5	4	5.5	2.5	5	5	4.5	1	33	15.5	
37	4/30/2009	80.94	12	10.5	8	0	1	0	0.5	6	3.5	5	21	31.5	
38	6/11/2009	119.51	38.5	8.5	0	0	1.5	1.5	0	0.5	1	0	5.5	19	
39	12/30/2009	63.59	68.5	14.5	0	38	0	2	0	0	20.5	6	23.5	1	
40	2/7/2010	116.04	39.5	24	1.5	1	0.5	0.5	0	0.5	0	0	0	1	
41	4/6/2010	101.27	3.5	35	11.5	0.5	12	1	23.5	1	1	3	12	20.5	
42	5/1/2010	96.65	21.5	14.5	7.5	10	13	0	0.5	2.5	0.5	0.5	3	6.5	
43	5/31/2010	117.76	12.5	1	0	10	1	0	0	0	0	0.5	13	0.5	
44	6/21/2010	78.28	1	7	22.5	6.5	0	4	1	0	2	0.5	24	27	
45	6/26/2010	62.46	6	7	1.5	0	0	20	7	22.5	6.5	0	7	40.5	
46	1/5/2011	55.95	0.5	0	0	5.5	1.5	1.5	18	8	4	1.5	36	37	
47	2/7/2011	83.66	12	18.5	3.5	21	0	0	0	0	0	0	13.5	6.5	
48	2/15/2011	69.46	16.5	1	24.5	3	5	0	5	7	12	18.5	24.5	13.5	
49	4/7/2011	162.47	5	8.5	3.5	19.5	9	11.5	0	7.5	3.5	0	6.5	47.5	
50	4/25/2011	89.27	33	2.5	0	14.5	4	1.5	15	13.5	2	4.5	41	70.5	
51	5/28/2011	106.04	1	8	9.5	16	1.5	4	0	0	0	0	0.5	18	
52	6/30/2011	79.61	10	6	0	0.5	13	6	3.5	4.5	0.5	0.5	0	3	
53	7/11/2011	107.67	8	7	6	0	0.5	1.5	6	8	2.5	1.5	17	29	
54	10/9/2011	86.43	15	2.5	5	10.5	1	7	2	0.5	0	0	23	42.5	
55	11/8/2011	71.91	11	25	12	0	1	0	0.5	0.5	1	0	21	0	
56	12/10/2011	73.15	13	12	9.5	0.5	4.5	14.5	0	0	0.5	4.5	31	50.5	
57	2/17/2012	51.88	2	6	13.5	3.5	9	13	5.5	4.5	2	18.5	35.5	22	
58	2/23/2012	87.85	6	20	3	0	2.5	1.5	2	6	13.5	3.5	32	22	
59	4/20/2012	136	10.5	27.5	5.5	3	0	1	0	0	3.5	0	4	44	
60	6/25/2012	175.79	13.5	5.5	3	1	3.5	0.5	0.5	0	0	0	1.5	4	
61	10/16/2012	62.46	34.5	0	0.5	4	0.5	1	8	0	1.5	0.5	23.5	20.5	
62	6/10/2013	71.91	5.5	2	1	2	0.5	0	0	0	0.5	0.5	17	23	
63	7/9/2013	90.72	8	2.5	1	0.5	0	2.5	6.5	0.5	0	14.5	0	2	

**Tabla 3.2** Estación Matadero de Sayausi. Datos correspondientes del año 2014-2017

ESTACION: MATADERO DE SAYAUSI			DIAS											
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas
	m <sup>3</sup> /d/a	m <sup>3</sup> /s												
1	10/7/2014	50.79	15	1.4	0	0	0.7	0.9	3.3	0.3	0	0	5.4	12
2	10/11/2014	186.69	47.8	11	10.6	0.3	15	1.4	0	0	0.7	0.9	3.6	13.6
3	1/23/2015	89.46	15.7	0.7	20.8	12.9	13.6	11.1	6	0	0	0	4.8	6.1
4	4/26/2015	95.78	6.4	4.7	6.9	0.4	0.2	0.9	32.5	2.2	0.3	11.9	18.4	2.9
5	10/15/2015	114.78	42.6	8.6	6.5	4.5	0	1	1.8	0	0.2	0	7.6	0.4
6	3/9/2016	134.19	27.1	3.6	10.1	0	3.4	10.1	0	0	1.5	0.5	26.9	0
7	3/17/2016	114.3	11.5	7.3	0.8	0	25	2.7	0.2	26.2	27.3	3.6	23.6	28.4
8	3/19/2016	68.95	4.4	1.3	12.4	7.3	0.8	0	25	2.7	0.2	26.2	41	19.4
9	4/10/2016	64.8	14.4	4.2	2	5.2	6.7	20.4	0	16.2	22.1	1.5	27	9.3
10	4/28/2016	71.78	18	18.1	13.1	3.1	15.2	4	0.4	0.4	0	0.6	13.7	38.2
11	5/30/2016	52.3	21.4	1	7.5	0	0.9	2.4	6.5	0.1	2.2	0	4.5	10.1
12	6/13/2016	63.78	2.9	5.9	0	2.1	0	3.2	0	6.4	8.3	7.3	27.3	39.8
13	6/20/2016	63.87	2.8	4.7	0.5	1.6	2.4	0.2	0.3	5.5	5.9	0	5.3	49.3
14	9/14/2016	84.15	21.4	1.1	0.1	3.6	3.1	0.4	0	0	0	21.2	1.9	7
15	1/1/2017	55.94	10.5	0.5	3.7	0	6.5	4.2	0.9	0.8	7	1.5	9.5	50.7
16	1/12/2017	79.71	11.3	22.9	9.8	8.2	1.1	2.3	6.8	9.7	0	0	14.7	20.9
17	6/20/2017	90.3	26.9	0.1	0	0	5.9	6.3	6.2	16.1	0	3.1	8.6	16.1
18	7/26/2017	52.76	2.9	2	0.4	0	2.1	0	0	1.3	1.9	0.6	0	4.2

En la estación Yanuncay Aj Yanuncay perteneciente a la cuenca del Río Yanuncay se siguió con el mismo procedimiento, pero se tomó como referencia a un caudal base de  $50\text{m}^3/\text{s}$  obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 3.3** Estación Yanuncay Aj. Tarqui. Datos Correspondientes al año 1998 - 2013

ESTACION: YANUNCAY AJ TARQUI			DIAS												
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas	
	m/d/a	m <sup>3</sup> /s													
1	3/23/1998	92.07	14.5	4.5	0	8	3.5	0	2	2	21	1	21	23.5	
2	4/14/1998	76.67	4.5	21.5	14.5	0.5	5	3.5	8.5	0	1	2.5	20.5	57	
3	4/23/1998	53.27	8	0.5	5.5	6	20	19.5	8	0.5	1.5	5	41.5	30	
4	5/5/1998	58.86	1	14.5	9	1.5	0	0.5	9	0	1	0	23.5	61.5	
5	2/17/1999	58.86	0.5	20	5.5	6.5	10.5	4.5	0	3	0.5	0	18	48.5	
6	3/18/1999	61.36	5.5	4	12.5	3	2	10.5	1	0	4.5	3	32.5	42.5	
7	4/10/1999	63.92	12	13	2.5	2	7.5	10.5	13.5	16	0	1.5	30.5	19	
8	4/18/1999	77.71	8	2	1	3	0.5	17	11.5	11.5	12	13	22.5	56	
9	5/2/1999	89.93	24	35	2.5	7	3.5	10.5	0.5	1	3.5	7	22.5	43.5	
10	5/19/1999	84.71	22.5	1.5	5	4	14	2.5	2.5	13	9	5.5	46.5	90	
11	2/29/2000	74.82	9	18.5	0.5	5	8.5	8	1	9.5	4.5	0	27	18	
12	4/5/2000	65.67	13.5	8	5.5	1	1	10	4.5	0	2.5	0.5	28.5	62	
13	5/11/2000	71.07	14	21.5	14.5	1.5	3	12	8.5	4	0	20.5	16.5	59.5	
14	5/28/2000	104.41	21	4	1.5	2	10.5	14	1	11.5	10	1	11.5	69.5	
15	10/1/2000	57.23	11.5	20	0	0.5	5.5	5	5	9	11.5	0.5	26	12.5	
16	6/11/2001	106.75	13	19.5	10.5	6.5	2	0	4.5	4	0.5	0	4.5	21.5	
17	5/17/2008	87.53	14.5	2.5	0	5	1	3	0	3.5	5	0	5	32.5	
18	5/27/2008	175.5	15	7	1.5	0.5	2	10	4	3.5	8.5	11.5	22.5	12.5	
19	6/24/2008	82.17	5	14	0	1	0	0	0	0	0	1.5	1.5	6.5	
20	7/28/2008	97.62	0.5	0.5	2	0.5	1	0	0.5	0.5	0.5	1	9.5	35.5	
21	9/1/2008	108.45	9.5	16	1	1	0	1	0.5	0	0	5.5	9.5	4.5	
22	9/22/2008	73.28	11	0	4	0.5	0.5	3	15.5	4.5	0.5	1	5	9.5	
23	10/16/2008	110.06	15	2.5	2	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	3	2.5	7.5	12.5	
24	1/14/2009	84.84	15	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	1/29/2009	62.87	13.5	0.5	0	1.5	0.5	1	2	0	5	0	3	27.5	
26	5/3/2009	86.2	3	12.5	4	9.5	2.5	12.5	0.5	2.5	0	0	14.5	29.5	
27	6/11/2009	147.95	18	13	0	0.5	5	1.5	0.5	0	11.5	2	15	30.5	
28	2/7/2010	113.93	15.5	21	5.5	2.5	1	1	0.5	2.5	0	1	0.5	5.5	
29	6/26/2010	62.87	19	9	1	0	0	10	5.5	22.5	3	0.5	15.5	25.5	
30	2/15/2011	91.78	7	9.5	4.5	0.5	8.5	2	0.5	7.5	12	11.5	7.5	17	
31	4/7/2011	87.57	16.5	5	9	10	1.5	12	1.5	22.5	12.5	0	9.5	40	
32	5/28/2011	118.38	25	12.5	9.5	9.5	1	5	0	0	0	0	7.5	14	
33	6/26/2011	63.98	16	6.5	18	16	3.5	1.5	0	5	0.5	0.5	7.5	3	
35	2/28/2012	97.62	15.5	3	7	1.5	0	8	7.5	6.5	0	4	32.5	35.5	
36	3/27/2012	65.09	5.5	1	4.5	1.5	0.5	4.5	13.5	5.5	6	0.5	12.5	25.5	
37	1/4/2013	62.87	3.5	7	3.5	0	4.5	7	0.5	0	0.5	28	17	14	
38	2/9/2013	166.67	6.5	13.5	2	4	6.5	12.5	3.5	1	1	1	5.5	19.5	
39	3/23/2013	78.67	12	10	0	0.5	1.5	4.5	9.5	11	5	2	11	8	
40	7/9/2013	79.55	18	4	1.5	0.5	0	0.5	4	3.5	0	11	2	2.5	

**Tabla 3.4** Estación Yanuncay Aj Tarqui. Datos pertenecientes al año 2014-2017

ESTACION: YANUNCAY AJTARQUI			DIAS											
Evento	Fecha	Caudal	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	2 semanas	3 semanas
	m/d/a	m <sup>3</sup> /s												
1	10/11/2014	86.82	22.6	7.8	15.5	2.8	18.8	5	0	0.1	1.3	0.5	4.3	13.6
2	3/18/2015	62.23	18.6	3.3	3.2	1.5	2.9	0	0.1	0.6	6	1.7	2.7	22.3
3	3/26/2015	68.67	10.1	12	2.2	3.5	0.9	4.9	9.2	7.8	20.3	3.3	7.6	11
4	3/29/2015	59.06	0	5.7	0	16	12	2.2	3.5	0.9	4.9	9.2	34.6	12.8
5	4/21/2015	109.83	5.7	2.5	10.5	11.9	6	7.5	3.7	3.4	0.2	0.9	2.8	10.2
6	4/26/2015	81.25	2.5	8.1	3	1.4	0	0.7	5.6	5.3	0.6	1.6	3.4	27.9
7	6/8/2015	66.36	11	5.7	5.3	11.1	5.1	3.5	1.1	1.1	1.9	1	11.8	18
8	6/14/2015	57.89	0	2.9	3	0.4	2.4	0.1	2.5	5.7	5.3	11.1	10.8	21.7
9	6/12/2016	102.93	46.228	3.81	1.016	0	10.922	0	7.874	10.922	21.082	34.036	59.944	46.736
10	6/20/2016	79.8	52.07	18.034	12.7	6.096	7.366	0.254	1.016	37.084	47.244	3.81	11.938	48.9
11	6/23/2016	72.47	29.464	16.256	3.81	59.69	18.034	12.7	6.096	7.366	0.254	1.016	89.154	84.836
12	5/14/2017	250.69	14.7	3.8	1.3	6.4	0.8	2.3	5.6	3.5	12	3.8	6.6	35
13	5/21/2017	109.46	0	0.762	2.286	2.794	0	0	0.2	17.5	14.7	3.8	10.8	31.3

En la estación Tarqui Aj Yanuncay perteneciente a la cuenca del Río Tarqui se tomó como referencia un caudal de 15 m<sup>3</sup>/s y se tomó en cuenta los eventos mayores a este teniendo como resultado la siguiente tabla con la respectiva precipitación de cada evento

**Tabla 3.5** Estación Tarqui Aj Yanuncay. Datos pertenecientes al año 1998- 2014

ESTACION: TARQUI AJ YANUNCAY			DIAS											
Evento	Fecha	Caudal	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	10 dias	2 semanas	3 semanas
	d/m/a	m <sup>3</sup> /s												
1	6/3/1999	41.86	0.5	0	1	1.5	1	1	4	0	0	4.5	5.5	23
2	18/3/1999	37.21	14	4	24.5	20	6	1.5	3.5	0	2.5	5.5	60	73.5
3	29/3/1999	26.83	8.5	3.5	0	3.5	0.5	0	0	6	0	7.5	51.5	39.5
4	4/4/1999	34.99	6	0	0	0.5	16	6.5	9.5	3.5	0	3.5	6.5	79
5	11/4/1999	31.8	2.5	5	4	0.5	0	11	2	6.5	0	0.5	23	18
6	13/4/1999	63.3	1.5	9	2.5	5	4	0.5	0	11	2	6.5	37	4.5
7	19/4/1999	23.6	1	20.5	4.5	0.5	4	3.5	2	9	2.5	5	15.5	31.5
8	23/4/1999	33.91	6	5	0.5	0.5	3.5	20.5	4.5	0.5	4	3.5	18.5	24
9	28/4/1999	33.38	2.5	21	1	0	1.5	7.5	5	0.5	0.5	3.5	29.5	26.5
10	2/5/1999	91.12	1	6	10	1	3.5	21	1	0	2	8	9.5	44
11	6/5/1999	90.23	2.5	6.5	6	0	1	1.5	1	1	4	0	9.5	15.5
12	12/5/1999	40.08	0.5	1	0	0	0	2.5	1.5	3.5	0.5	0.5	1	28
13	19/5/1999	45.53	8.5	0.5	3	3	5	3	0	4.5	13	1	19.5	55.5
14	12/6/1999	37.78	2.5	7	9	7	6.5	13	4.5	0.5	0	0	1.5	18.5
15	22/6/1999	26.83	3.5	2	2	3	2	1.5	5.5	0	0.5	3	16.5	17.5
16	4/10/1999	70.94	1	4	0.5	0	11	2	6.5	0	0	0.5	36.5	10
17	18/2/2000	30.26	4.5	5.5	10	9.5	3.5	0.5	1.5	0.5	1	3	4	23
18	29/2/2000	34.99	12.5	7.5	1.5	7	24	19	2	10.5	9.5	5.5	23.5	19.5
19	10/3/2000	67.83	1.5	8	19.5	7	1	1.5	2	3	0	3	29.5	73.5
20	5/4/2000	76.55	6.5	0.5	9	3	1	1	0	0	0.5	12.5	10.5	41.5
21	13/4/2000	78.2	0.5	1	7	0	0.5	0.5	1.5	0.5	11.5	6.5	18.5	34.5
22	10/5/2000	67.79	0.5	0	0	0	1	1	0	0	2	3	17	20
23	17/6/2000	27.79	12	5	0	0.5	0.5	0	2	0.5	0	5	12.5	25
24	5/9/2000	77.38	4	0.5	1.5	4	1	9	0.5	9	3	1	1.5	29.5
25	19/9/2000	27.3	1.5	4.5	0	13	0	5.5	3	0.5	0	0.5	15.5	24.5
26	24/1/2001	16.29	1	28.5	14.5	9	4	1.5	6.5	24	14.5	0.5	3	29
27	2/4/2001	17.8	0.5	0	8	0	1	0	6.5	0.5	0	0	44	60
28	10/5/2001	35.54	0.5	0	0	0	0	0	0.5	0	0.5	0	2	1
29	11/6/2001	52.68	12.5	16	16	8.5	2	4	3.5	5	0	0	19.5	19.5
30	24/3/2003	29.26	8.5	15.5	14.5	0	0	2.5	3.5	31.5	14	22	3.5	3.5
31	24/4/2003	18.97	12.5	15.5	14.5	0	0	4	2.5	3.5	31.5	14	22	3.5
32	6/2/2006	25.42	3	3	0.5	0	0.5	0	0	0.5	0	2.5	6.5	0
33	7/4/2006	69.37	9	38.5	25.5	30	15	9	10	4.5	5	1.5	65	52.5
34	9/4/2007	53.25	23.5	4.5	6	16.5	4.5	4.5	6.5	0.5	6	3.5	16	34.5
35	4/5/2007	104.09	4	6.5	0.5	6	3.5	0	4	5	5	2	33.5	50
36	16/11/2007	56.8	2	0.5	0	0.5	8.5	9	17	7	1	0.5	10	8
37	20/2/2008	82.64	7.5	28.5	15.5	14.5	20	13.5	10	3.5	1.5	1	2	19
38	31/3/2008	42.73	13	26	19	4.5	1.5	0.5	1.5	6	0	0.5	10.5	18.5
39	22/9/2008	80.33	11	9	7.5	2	0	2	1	0.5	0	0	3	10
40	26/11/2008	26.6	15.5	2	2	1.5	3	0	1.5	0	0	0	3.5	18
41	14/1/2009	34.35	5.5	6.5	6.5	6.5	0.5	0	9.5	17.5	5	1	1.5	12
42	3/5/2009	81.48	0.5	6.5	8	2	4.5	10	2.5	0	0	0	26	75
43	27/2/2010	200.44	6.5	22.5	6	7	5	9	0	12	2	1.5	24.5	40
44	6/2/2011	19.22	17	3	4.5	0	1	0	1.5	0	6	8	8.5	54.5
45	13/2/2011	23.45	10	16.5	12	8	7	15	15	34.5	3	4.5	3	22.5
46	24/3/2011	27.71	5.5	0.5	0	5.5	38	7	1	1.5	0	0	1.5	9.5
47	20/4/2011	24.94	1	9.5	2.5	1	1	0	1	15	4	12	31	113
48	10/6/2013	18.35	1.5	2	1	1	2.5	4	0	0	2	0	2	7
49	9/7/2013	11.7	2	5.5	8	0	0	0	0	0	0	5.5	0.5	216
50	15/10/2013	10.78	7	7	4.5	3.5	0	0	0	0.5	0.5	2.5	6.5	6.5
51	17/10/2013	20.11	1.5	9	7	7	4.5	3.5	0	0	0	0.5	13.5	2.5
52	27/10/2013	12.67	1.5	1.5	0	0.5	0.5	10	0.5	1	2.5	0	24.5	9

Luego de tener las precipitaciones bien definidas para cada uno los días se procedió a establecer las precipitaciones para un acumulado de 5 días de 10 días de 2 semanas y de 3 semanas para poder establecer tendencias de precipitación las mismas que se establecieron al comparar el acumulado de 5 días y 10 días.

La estimación de precipitaciones diarias para una probabilidad de crecida constituye un problema de gran importancia debido a que permite el cálculo de los caudales que se deben evacuar durante el desbordamiento de una de las cuencas. En la siguiente figura se muestran los caudales mayores a  $100\text{m}^3/\text{s}$  con sus respectivas precipitaciones que son de gran importancia debido a que podrían definir qué precipitaciones altas son consideradas peligrosas.

**Tabla 3.6** Cuenca del río Tomebamba. Caudales mayores a  $100\text{m}^3/\text{s}$

EVENTO	FECHA	CAUDAL	ACUMULADO DE 5 DIAS	ACUMULADO DE 10 DIAS	ACUMULADO DE 2 SEMANAS	ACUMULADO DE 3 SEMANAS
1	6/15/2007	156.07	54.5	76.5	77	80
2	6/21/2007	130.34	35.5	96.5	109.5	123.5
3	2/17/2008	101.27	52.5	61	81	128.5
4	1/29/2009	112.64	38	84.5	96.5	133.5
5	6/11/2009	119.51	48.5	51.5	57	76
6	2/7/2010	116.04	66.5	68	68	69
7	4/6/2010	101.27	62.5	92	104	124.5
8	5/31/2010	117.76	24.5	25	38	38.5
9	4/7/2011	162.47	45.5	68	74.5	121.5
10	5/28/2011	106.04	36	40	40.5	58.5
11	7/11/2011	107.67	21.5	41	58	87
12	4/20/2012	136	46.5	51	55	99
13	6/25/2012	175.79	26.5	27.5	29	33
14	10/11/2014	186.69	84.7	87.7	91.3	104.9
15	10/15/2015	114.78	62.2	65.2	72.8	73.2
16	3/9/2016	134.19	44.2	56.3	83.2	83.2
17	3/17/2016	114.3	44.6	104.6	128.2	156.6

En esta tabla perteneciente a la cuenca del Río Tomebamba claramente se observa que en un acumulado de 5 días se tiene una tendencia de precipitaciones de  $45.64\text{mm}$  y en un acumulado de 10 días se tiene una tendencia de precipitaciones de  $69.37\text{mm}$ . Estos valores se obtuvieron mediante una fórmula de Excel llamada tendencia que nos da la tendencia en un rango de valores

**Tabla 3.7** Cuenca del río Tomebamba. Caudales en un rango de 50m<sup>3</sup> y 100m<sup>3</sup>/s

EVENTO	FECHA	CAUDAL	ACUMULADO DE 5 DIAS	ACUMULADO DE 10 DIAS	ACUMULADO DE 2 SEMANAS	ACUMULADO DE 3 SEMANAS
1	11/26/1997	97.26	25.5	70.5	76.5	108
2	2/11/1998	79.77	63	65.5	66.5	73
3	8/9/1998	64.51	30	0	0	17
4	10/29/1998	81.04	81	105	110.5	114
5	4/10/1999	88.9	45.5	82.5	109.5	112.5
6	4/19/1999	56.16	11	81.5	103.5	155
7	5/2/1999	50.4	67	107	115	169
8	7/29/1999	56.16	15	18	20.5	21.5
9	12/19/1999	57.17	56	80	91.5	126
10	2/29/2000	53.23	74.5	97	143	146.5
11	5/10/2000	56.16	46	96	98.5	130.5
12	5/28/2000	54.2	32.5	76.5	99	161
13	6/11/2001	63.43	34	49.5	50	57.5
14	9/9/2001	55.17	24.5	27.5	28.5	37.5
15	10/22/2002	51.33	60.5	92	92	92
16	4/12/2003	61.29	63.5	70.5	75	140
17	5/19/2003	59.2	16	42.5	72.5	84.5
18	11/22/2003	55.17	64.5	95	113.5	131.5
19	6/3/2004	57.17	1	3	5	44
20	9/10/2004	60.24	41	45	48	49
21	11/14/2006	52.27	82	91	92.5	107.5
22	12/5/2006	71.29	17.5	68	75	123
23	5/25/2007	54.92	9	25	27	72
24	8/12/2007	54.92	14.5	15.5	16	35
25	2/20/2008	85.04	87	101.5	102	121
26	4/12/2008	90.72	65	94.5	104.5	174.5
27	6/1/2008	71.91	20.5	57.5	77	132.5
28	10/16/2008	51.88	25.5	42.5	55	66
29	11/25/2008	67.07	33.5	33.5	33.5	41
30	1/13/2009	62.46	23	42	52	69.5
31	4/21/2009	55.95	26.5	44.5	77.5	93
32	4/30/2009	80.94	31.5	46.5	67.5	99
33	12/30/2009	63.59	121	149.5	173	174
34	5/1/2010	96.65	66.5	70.5	73.5	80
35	6/21/2010	78.28	37	44.5	68.5	95.5
36	6/26/2010	62.46	14.5	70.5	77.5	118
37	1/5/2011	55.95	7.5	40.5	76.5	113.5
38	2/7/2011	83.66	55	55	68.5	75
39	2/15/2011	69.46	50	92.5	117	130.5
40	4/25/2011	89.27	54	90.5	131.5	202
41	6/30/2011	79.61	29.5	44.5	44.5	47.5
42	10/9/2011	86.43	34	43.5	60.5	89.5
43	11/8/2011	71.91	49	51	72	72
44	12/10/2011	73.15	39.5	59	90	140.5
45	2/17/2012	51.88	34	77.5	113	135
46	2/23/2012	87.85	31.5	58	90	112
47	10/16/2012	62.46	39.5	50.5	74	94.5
48	6/10/2013	71.91	11	12	29	52
49	7/9/2013	90.72	12	36	36	38
50	10/7/2014	50.79	17.1	21.6	27	39
51	1/23/2015	89.46	63.7	80.8	85.6	146.6
52	4/26/2015	95.78	18.6	66.4	84.8	87.7
53	3/19/2016	68.95	26.2	80.3	121.3	140.7
54	4/10/2016	64.8	32.5	92.7	119.7	129
55	4/28/2016	71.78	67.5	72.9	86.6	124.8
56	5/30/2016	52.3	30.8	42	46.5	56.6
57	6/13/2016	63.78	10.9	36.1	63.4	103.2
58	6/20/2016	63.87	12	23.9	29.2	78.5
59	9/14/2016	84.15	29.3	50.9	52.8	59.8
60	1/1/2017	55.94	21.2	35.6	45.1	95.8
61	1/12/2017	79.71	53.3	72.1	86.8	107.7
62	6/20/2017	90.3	32.9	64.6	73.2	89.3
63	7/26/2017	52.76	7.4	11.2	11.2	15.2

En esta tabla perteneciente a la cuenca del Río Tomebamba se observa que para un acumulado de 5 días la tendencia de precipitaciones es de 47.13mm y para un acumulado de 10 días la tendencia de precipitación es de 69.70mm

**Tabla 3.8** Cuenca del Río Tarqui. Caudales mayores a 50m<sup>3</sup>/s

EVENTO	FECHA	CAUDAL	ACUMULADO DE 5 DÍAS	ACUMULADO DE 10 DÍAS	ACUMULADO DE 2 SEMANAS	ACUMULADO DE 3 SEMANAS
1	13/4/1999	63.3	22	42	79	83.5
2	2/5/1999	91.12	21.5	53.5	63	107
3	6/5/1999	90.23	16	23.5	33	48.5
4	4/10/1999	70.94	16.5	25.5	62	72
5	10/3/2000	67.83	37	46.5	76	149.5
6	5/4/2000	76.55	20	34	44.5	86
7	13/4/2000	78.2	9	29.5	48	82.5
8	10/5/2000	67.79	1.5	7.5	24.5	44.5
9	5/9/2000	77.38	11	33.5	35	64.5
10	11/6/2001	52.68	55	67.5	87	106.5
11	7/4/2006	69.37	118	148	213	265.5
12	9/4/2007	53.25	55	76	92	126.5
13	4/5/2007	104.09	20.5	36.5	70	120
14	16/11/2007	56.8	11.5	46	56	64
15	20/2/2008	82.64	86	115.5	117.5	136.5
16	22/9/2008	80.33	29.5	33	36	46
17	3/5/2009	81.48	21.5	34	60	135
18	27/2/2010	200.44	47	71.5	96	136

En esta tabla perteneciente a la cuenca del Río Tarqui se tiene una tendencia de precipitación en un acumulado de 5 días de 17.78mm y en un acumulado de 10 días una tendencia de precipitación de 33.55mm.

**Tabla 3.9** Cuenca del río Tarqui. Caudales entre 15m<sup>3</sup>/s – 50m<sup>3</sup>/s

EVENTO	FECHA	CAUDAL	ACUMULADO DE 5 DIAS	ACUMULADO DE 10 DIAS	ACUMULADO DE 2 SEMANAS	ACUMULADO DE 3 SEMANAS
1	6/3/1999	41.86	4	13.5	19	42
2	18/3/1999	37.21	68.5	81.5	141.5	215
3	29/3/1999	26.83	16	29.5	81	120.5
4	4/4/1999	34.99	22.5	45.5	52	131
5	11/4/1999	31.8	12	32	55	73
6	19/4/1999	23.6	30.5	52.5	68	99.5
7	23/4/1999	33.91	15.5	48.5	67	91
8	28/4/1999	33.38	26	43	72.5	99
9	12/5/1999	40.08	1.5	10	11	39
10	19/5/1999	45.53	20	41.5	61	116.5
11	12/6/1999	37.78	32	50	51.5	18.5
12	22/6/1999	26.83	12.5	23	39.5	57
13	18/2/2000	30.26	33	39.5	62.5	85.5
14	29/2/2000	34.99	52.5	99	122.5	142
15	17/6/2000	27.79	18	25.5	45	70
16	19/9/2000	27.3	19	28.5	44	68.5
17	24/1/2001	16.29	57	104	107	136
18	2/4/2001	17.8	9.5	16.5	60.5	120.5
19	10/5/2001	35.54	0.5	1.5	3.5	4.5
20	24/3/2003	29.26	38.5	112	115.5	119
21	24/4/2003	18.97	42.5	98	120	123.5
22	6/2/2006	25.42	7	10	16.5	16.5
23	31/3/2008	42.73	64	72.5	83	101.5
24	26/11/2008	26.6	24	25.5	29	47
25	14/1/2009	34.35	25.5	58.5	60	72
26	6/2/2011	19.22	25.5	41	49.5	104
27	13/2/2011	23.45	53.5	125.5	128.5	151
28	24/3/2011	27.71	49.5	59	60.5	70
29	20/4/2011	24.94	15	47	78	191
30	10/6/2013	18.35	8	14	16	23
31	17/10/2013	20.11	29	33	46.5	49

En esta tabla la tendencia de precipitación para un acumulado de 5 días es de 22.67mm y para un acumulado de 10 días es de 40.24mm.

**Tabla 3.10** Cuenca del Río Yanuncay. Caudales Mayores a 100m<sup>3</sup>/s

EVENTO	FECHA	CAUDAL	ACUMULADO DE 5 DIAS	ACUMULADO DE 10 DIAS	ACUMULADO DE 2 SEMANAS	ACUMULADO DE 3 SEMANAS
1	5/28/2000	104.41	39	76.5	88	157.5
2	6/11/2001	106.75	51.5	60.5	65	86.5
3	5/27/2008	175.5	26	63.5	86	98.5
4	9/1/2008	108.45	27.5	34.5	44	48.5
5	10/16/2008	110.06	20.5	28.5	36	48.5
6	6/11/2009	147.95	36.5	52	67	97.5
7	2/7/2010	113.93	45.5	50.5	51	56.5
8	5/28/2011	118.38	57.5	62.5	70	84
9	2/9/2013	166.67	32.5	51.5	57	76.5
10	4/21/2015	109.83	36.6	52.3	55.1	65.3
11	6/12/2016	102.93	61.976	135.89	195.83	242.56
12	5/14/2017	250.69	27	54.2	60.8	95.8
13	5/21/2017	109.46	5.842	42.042	52.842	84.142

En esta tabla perteneciente a la cuenca del Río Yanuncay se tiene una tendencia de precipitación en un acumulado de 5 días de 39.46mm y en un acumulado de 10 días una tendencia de precipitación de 53.48mm.

**Tabla 3.11** Cuenca del Río Yanuncay. Caudales entre 50m<sup>3</sup>/s – 100m<sup>3</sup>/s

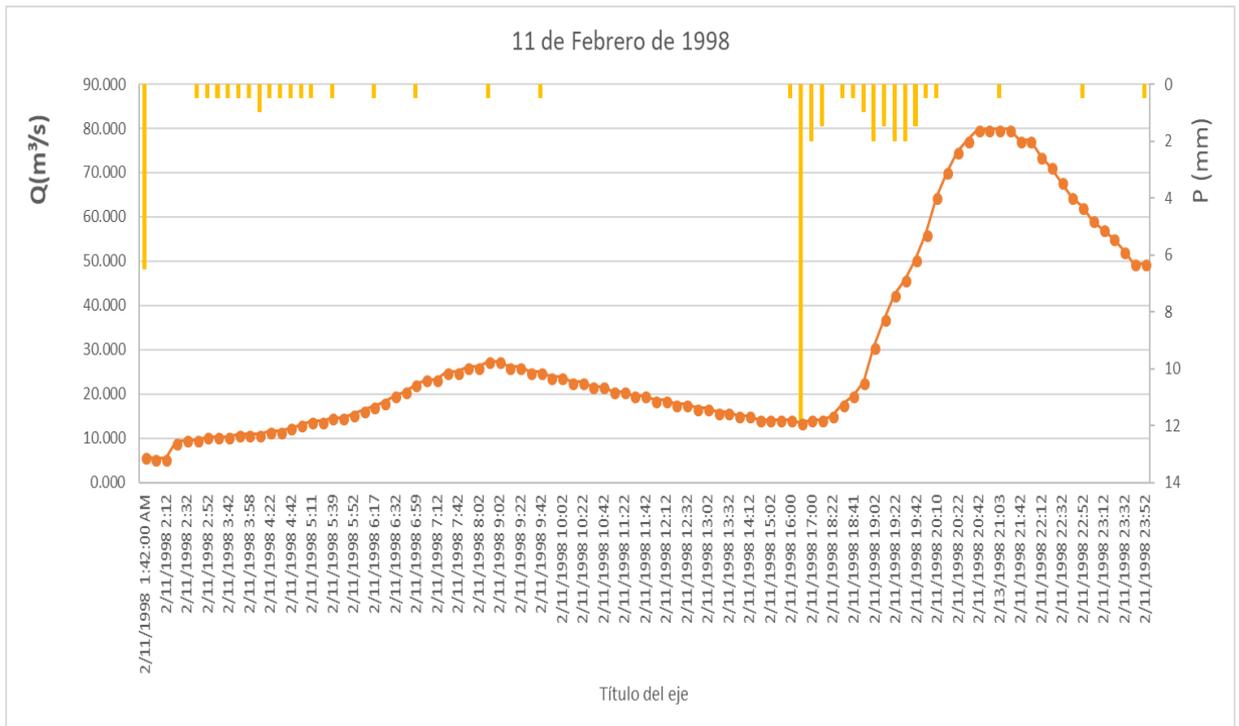
EVENTO	FECHA	CAUDAL	ACUMULADO DE 5 DIAS	ACUMULADO DE 10 DIAS	ACUMULADO DE 2 SEMANAS	ACUMULADO DE 3 SEMANAS
1	3/23/1998	92.07	30.5	56.5	77.5	101
2	4/14/1998	76.67	46	61.5	82	139
3	4/23/1998	53.27	40	74.5	116	146
4	5/5/1998	58.86	26	36.5	271.5	333
5	2/17/1999	58.86	43	51	69	117.5
6	3/18/1999	61.36	27	46	78.5	121
7	4/10/1999	63.92	37	78.5	109	128
8	4/18/1999	77.71	14.5	79.5	102	158
9	5/2/1999	89.93	72	94.5	117	173
10	5/19/1999	84.71	47	79.5	126	216
11	2/29/2000	74.82	41.5	64.5	91.5	109.5
12	4/5/2000	65.67	29	46.5	75	137
13	5/11/2000	71.07	54.5	99.5	116	175.5
14	10/1/2000	57.23	37.5	68.5	94.5	107
15	5/17/2008	87.53	23	34.5	39.5	72
16	6/24/2008	82.17	20	21.5	23	29.5
17	7/28/2008	97.62	4.5	7	16.5	52
18	9/22/2008	73.28	16	40.5	45.5	55
19	1/14/2009	84.84	23.5	23.5	23.5	23.5
20	1/29/2009	62.87	16	24	27	54.5
21	5/3/2009	86.2	31.5	47	61.5	91
22	6/26/2010	62.87	29	29	44.5	70
23	2/15/2011	91.78	30	63.5	71	88
24	4/7/2011	87.57	42	90.5	100	140
25	6/26/2011	63.98	60	67.5	75	78
26	2/28/2012	97.62	27	53	85.5	121
27	3/27/2012	65.09	13	43	55.5	81
28	1/4/2013	62.87	18.5	54.5	71.5	85.5
29	3/23/2013	78.67	24	56	67	75
30	7/9/2013	79.55	24	43	45	47.5
31	10/11/2014	86.82	67.5	74.4	78.7	92.3
32	3/18/2015	62.23	29.5	37.9	40.6	62.9
33	3/26/2015	68.67	28.7	74.2	81.8	92.8
34	3/29/2015	59.06	33.7	54.4	89	101.8
35	4/26/2015	81.25	15	28.8	32.2	60.1
36	6/8/2015	66.36	38.2	46.8	58.6	76.6
37	6/14/2015	57.89	8.7	33.4	44.2	65.9
38	6/20/2016	79.8	96.266	185.674	197.574	246.474
39	6/23/2016	72.47	127.254	154.686	243.836	327.676

En esta tabla la tendencia de precipitación para un acumulado de 5 días es de 29.31mm y para un acumulado de 10 días es de 50.69mm.

### Hidrogramas cuenca del río Tomebamba

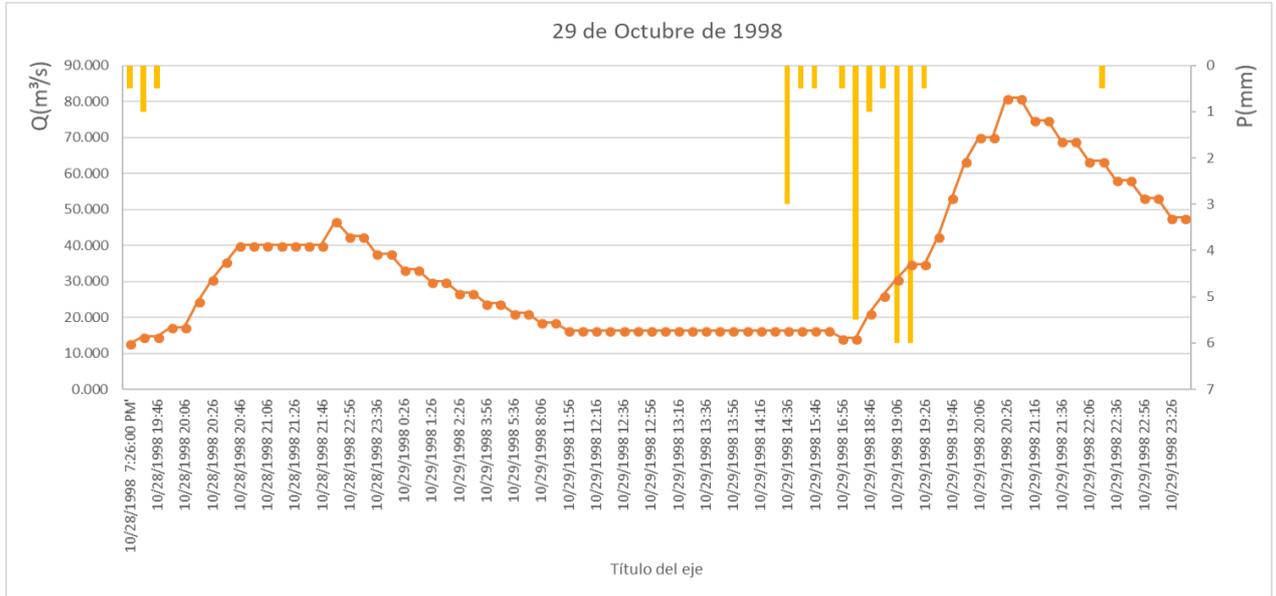
Hidrograma perteneciente al 11 de febrero de 1998 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 15.09m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 79.77m<sup>3</sup>/s se observa claramente la lluvia ocasionada.

Figura 3.16 Hidrograma cuenca del Río Tomebamba, 11 de febrero de 1998



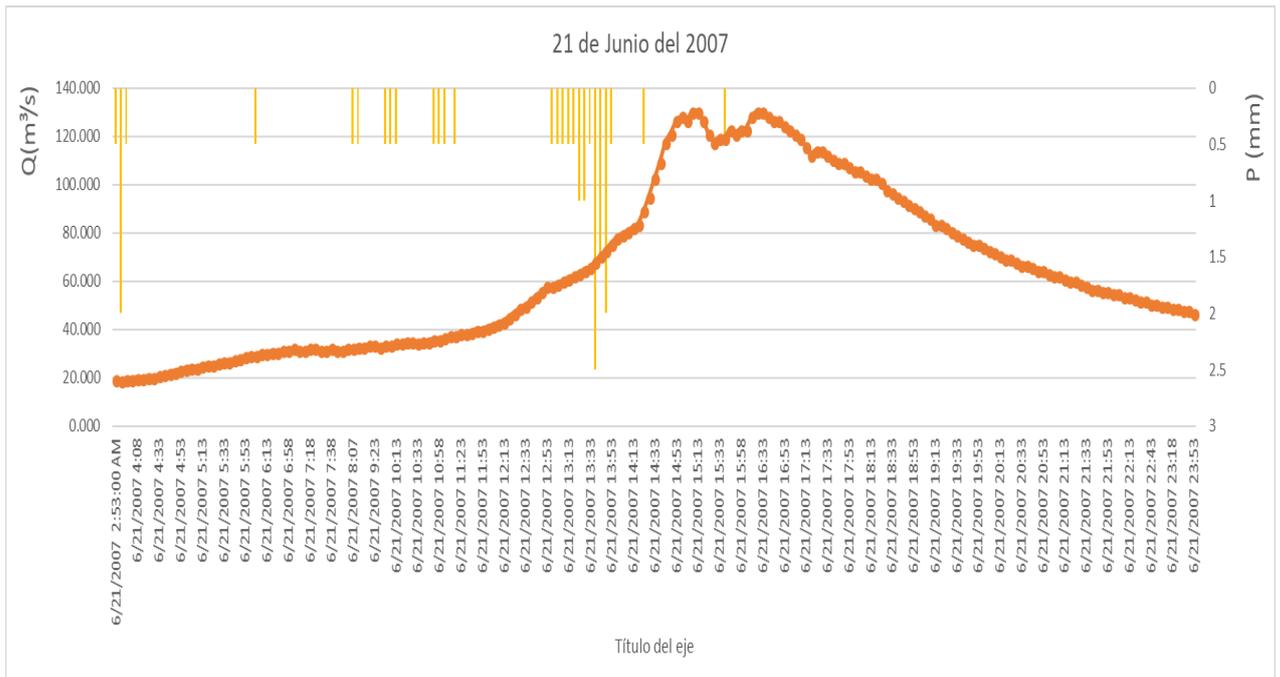
Hidrograma perteneciente al 29 de octubre de 1998 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 14.28m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 81.04m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.17 Hidrograma cuenca del río Tomebamba, 29 de octubre de 1998



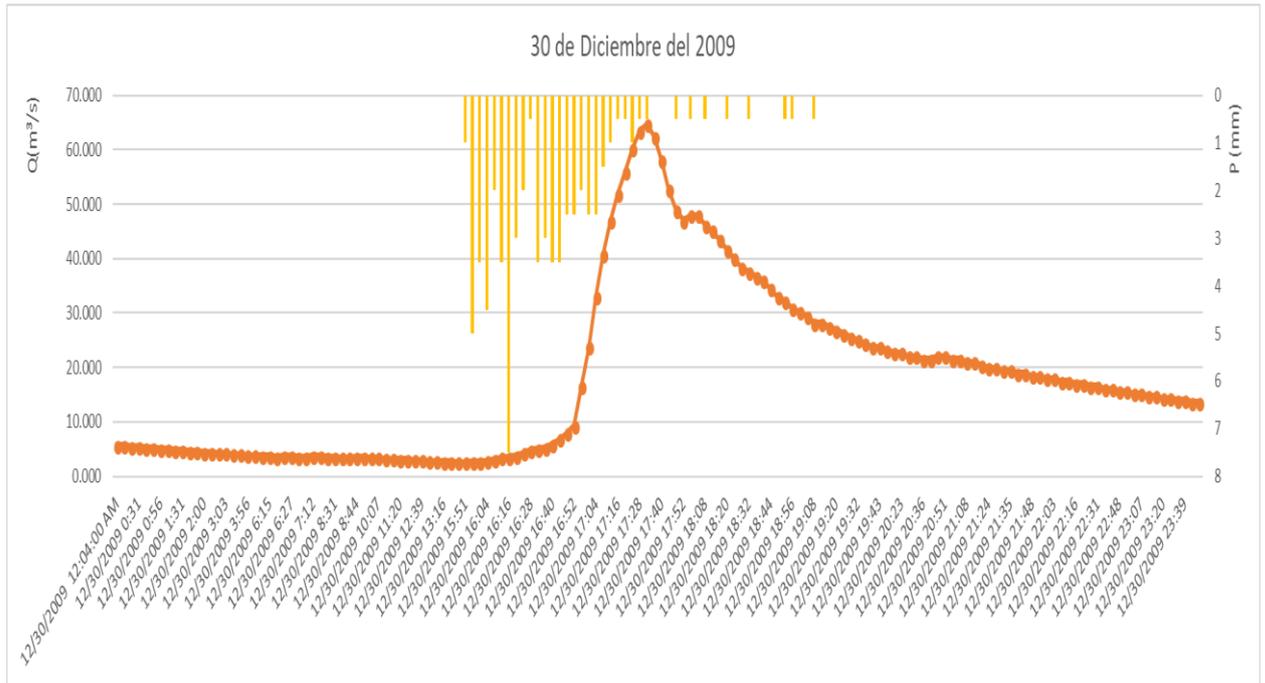
Hidrograma perteneciente al 21 de junio de 2007 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 58.07m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 130.34m<sup>3</sup>/s

Figura 3.18 Hidrograma cuenca del río Tomebamba, 21 de junio de 2007



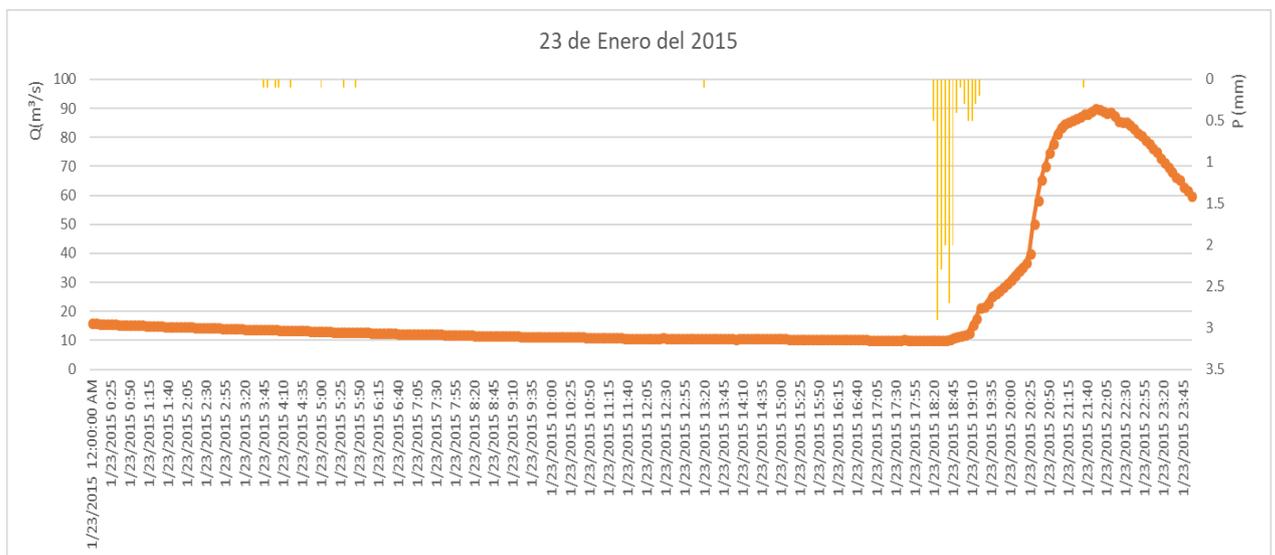
Hidrograma perteneciente al 30 de diciembre de 2009 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de  $9.41\text{m}^3/\text{s}$  llegando a un pico de  $63.59\text{m}^3/\text{s}$

Figura 3.19 Hidrograma cuenca del río Tomebamba, 30 de diciembre de 2009



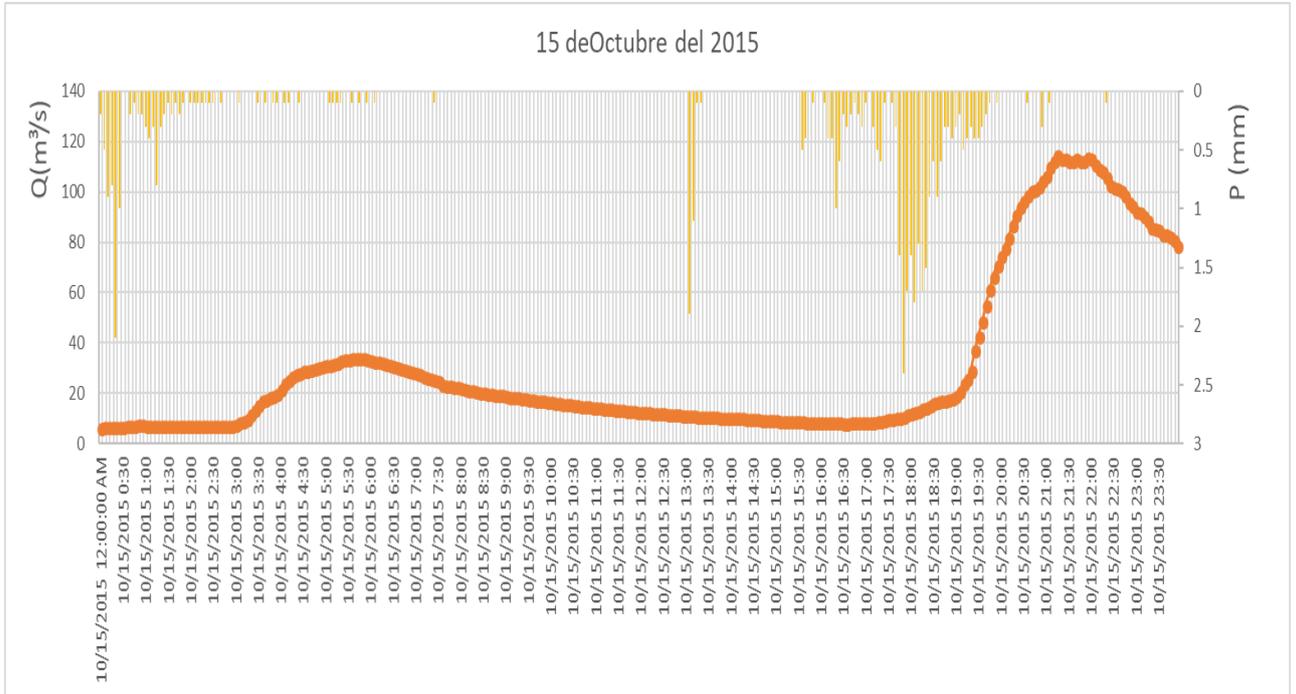
Hidrograma perteneciente al 23 de enero del 2015 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de  $15.80\text{m}^3/\text{s}$  llegando a un pico de  $89.46\text{m}^3/\text{s}$ .

Figura 3.20 Hidrograma cuenca del río Tomebamba, 23 de enero del 2015



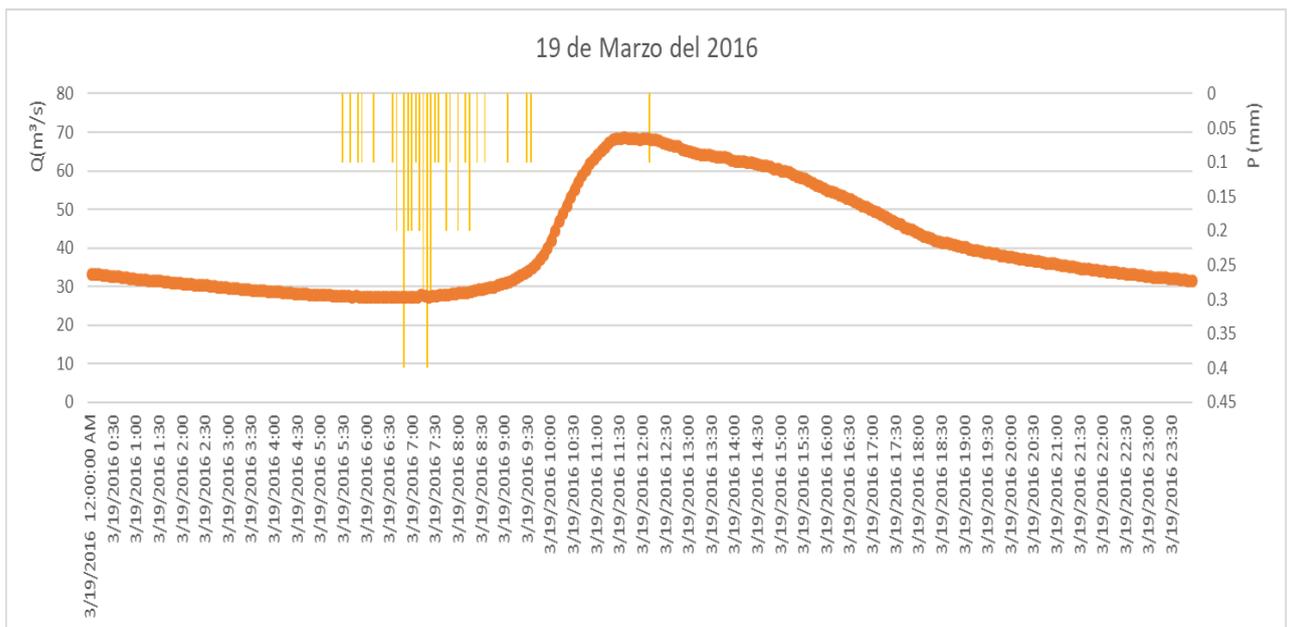
Hidrograma perteneciente al 15 de octubre del 2015 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de  $29.10\text{m}^3/\text{s}$  llegando a un pico de  $114.78\text{m}^3/\text{s}$

Figura 3.21 Hidrograma cuenca del río Tomebamba, 15 de octubre del 2015



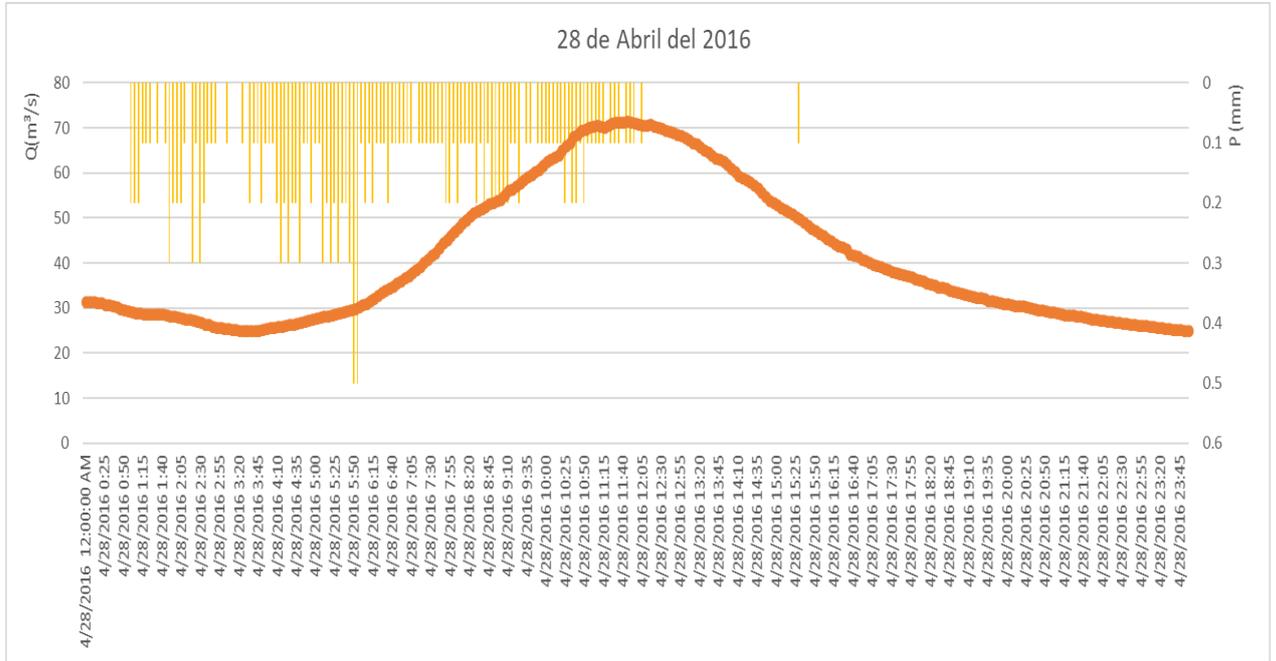
Hidrograma perteneciente al 19 de marzo del 2016 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de  $28.27\text{m}^3/\text{s}$  llegando a un pico de  $68.5\text{m}^3/\text{s}$ .

Figura 3.22 Hidrograma cuenca del río Tomebamba, 19 de marzo del 2016



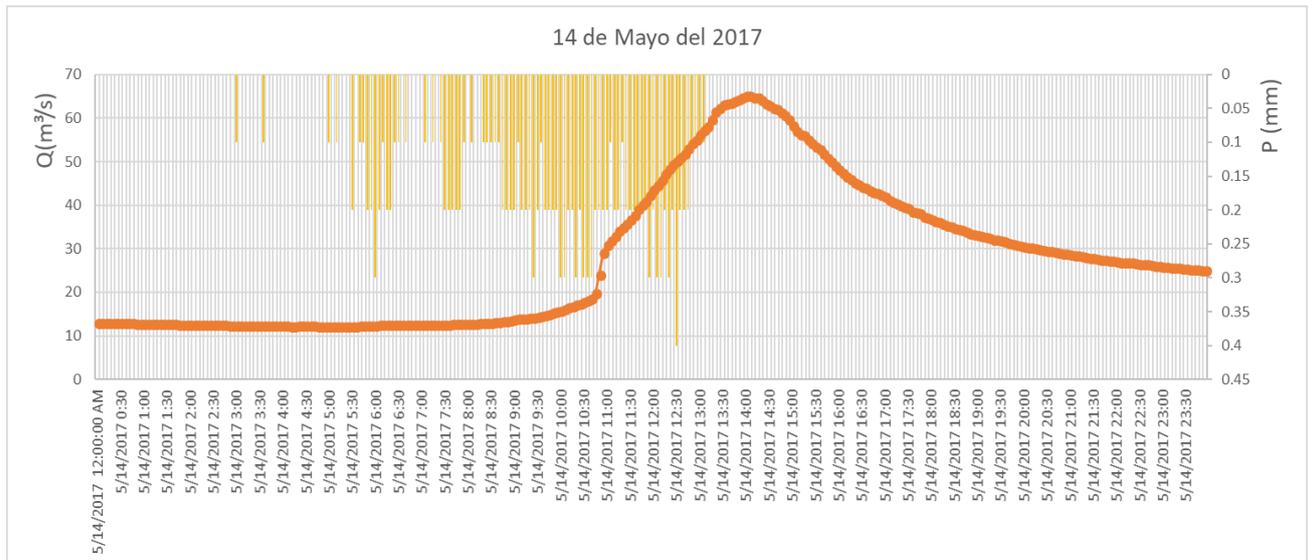
Hidrograma perteneciente al 28 de abril del 2016 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 26.95m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 71.78m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.23 Hidrograma cuenca del río Tomebamba, 28 de abril del 2016



Hidrograma perteneciente al 14 de mayo del 2017 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 19.88m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 65.37m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.24 Hidrograma cuenca del río Tomebamba, 14 de mayo del 2017



### Hidrogramas Cuenca del Río Tarqui

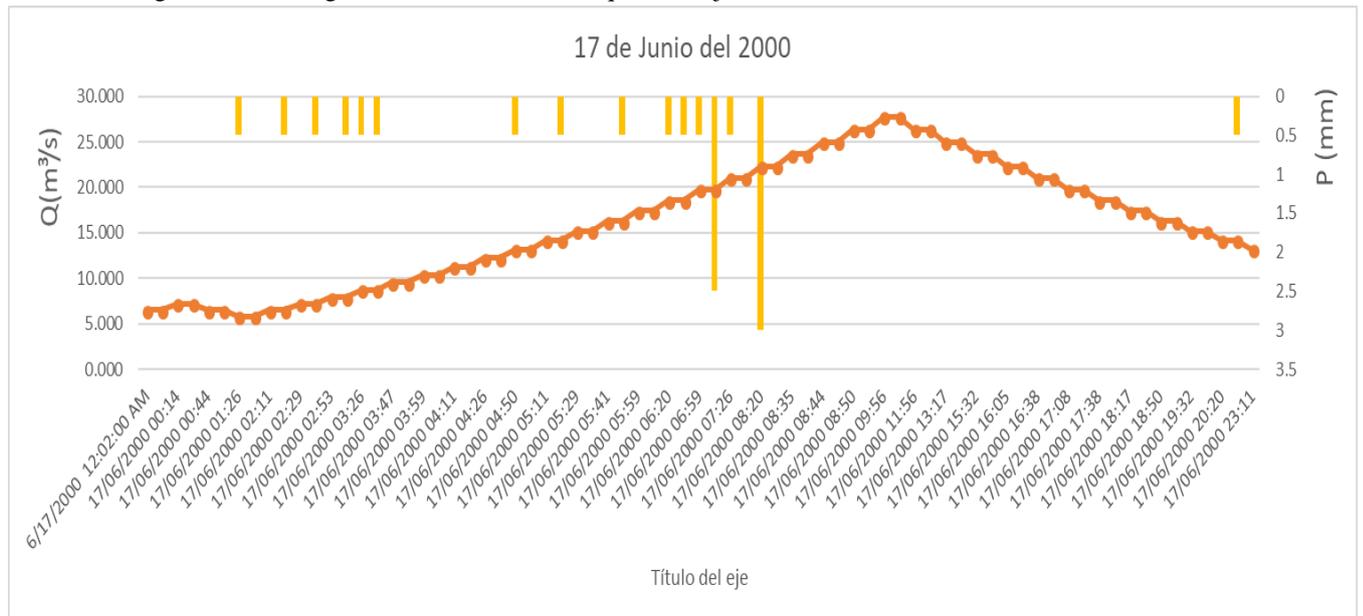
Hidrograma perteneciente al 18 de febrero del 2000 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 6.04m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 30.26m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.13 Hidrograma cuenca del río Tarqui, 18 de febrero del 2000



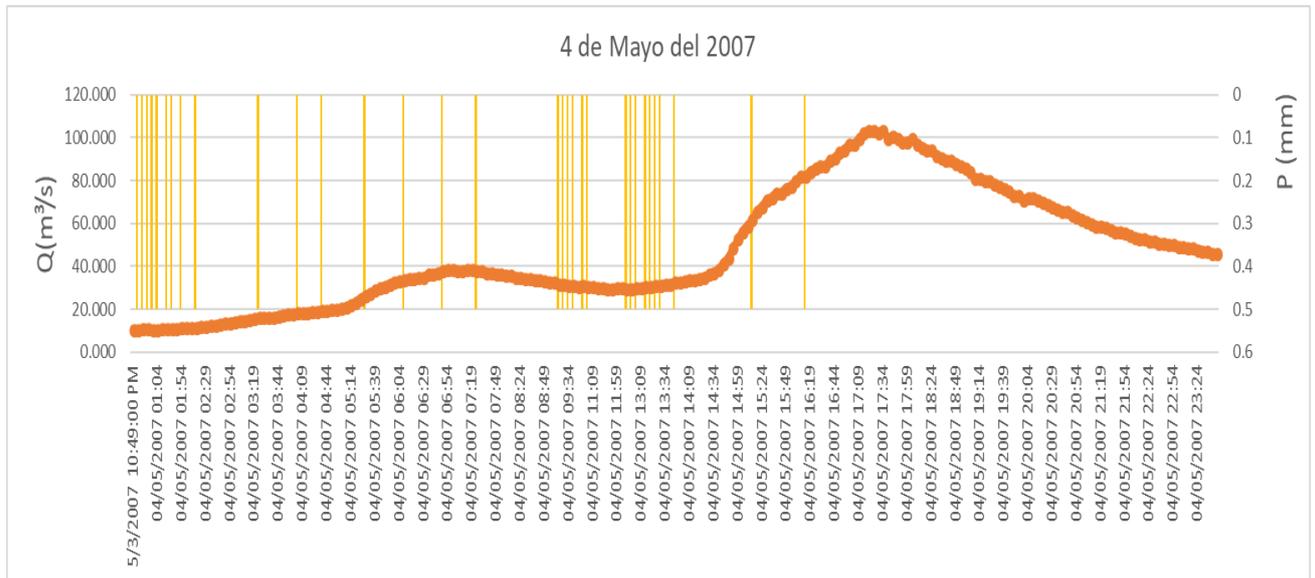
Hidrograma perteneciente al 17 de junio del 2000 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 13.16m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 27.79m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.14 Hidrograma cuenca del Río Tarqui, 17 de junio del 2000



Hidrograma perteneciente al 4 de mayo del 2007 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 7.19m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 104.09m<sup>3</sup>/s.

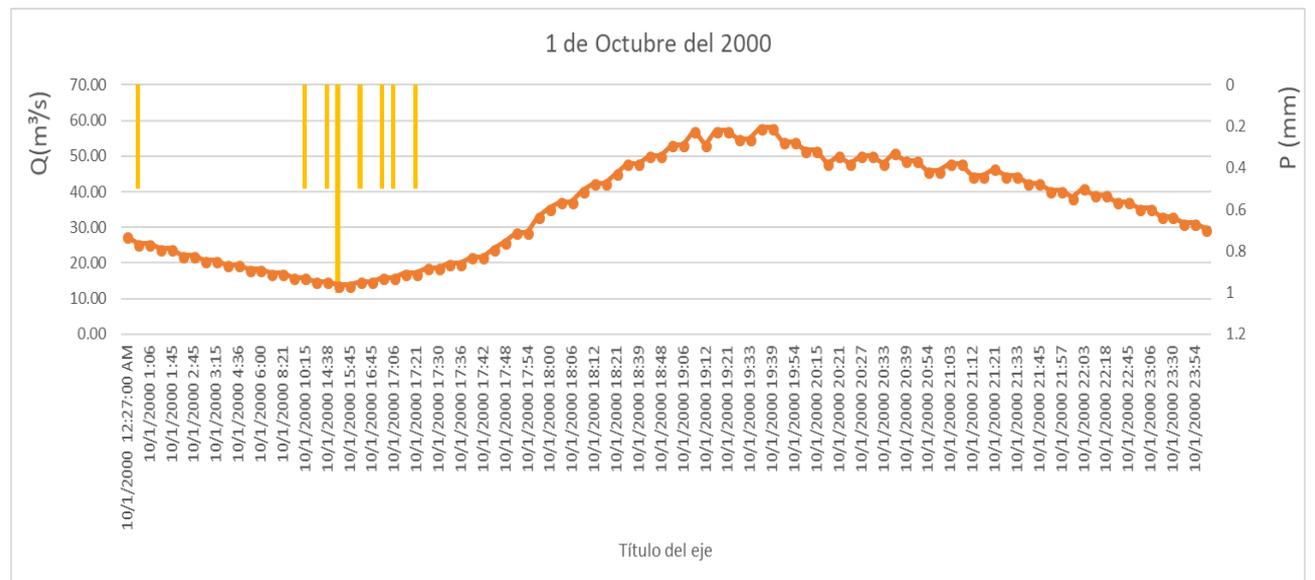
Figura 3.25 Hidrograma cuenca del río Tarqui, 4 de mayo del 2007



### Hidrogramas Cuenca del Río Yanuncay

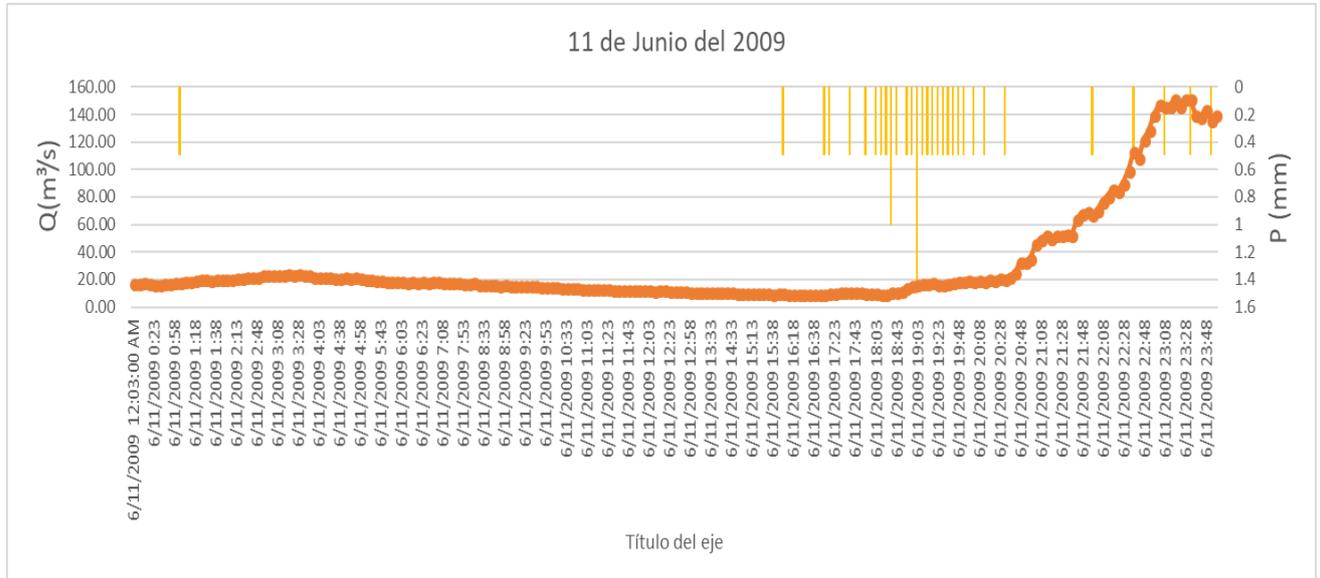
Hidrograma perteneciente al 1 de octubre del 2000 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 15.93m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 57.23m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.16 Hidrograma cuenca del río Yanuncay, 1 de octubre del 2000



Hidrograma perteneciente al 11 de junio del 2009 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 17.51m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 147.95m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.17 Hidrograma cuenca del río Yanuncay, 11 de junio del 2009



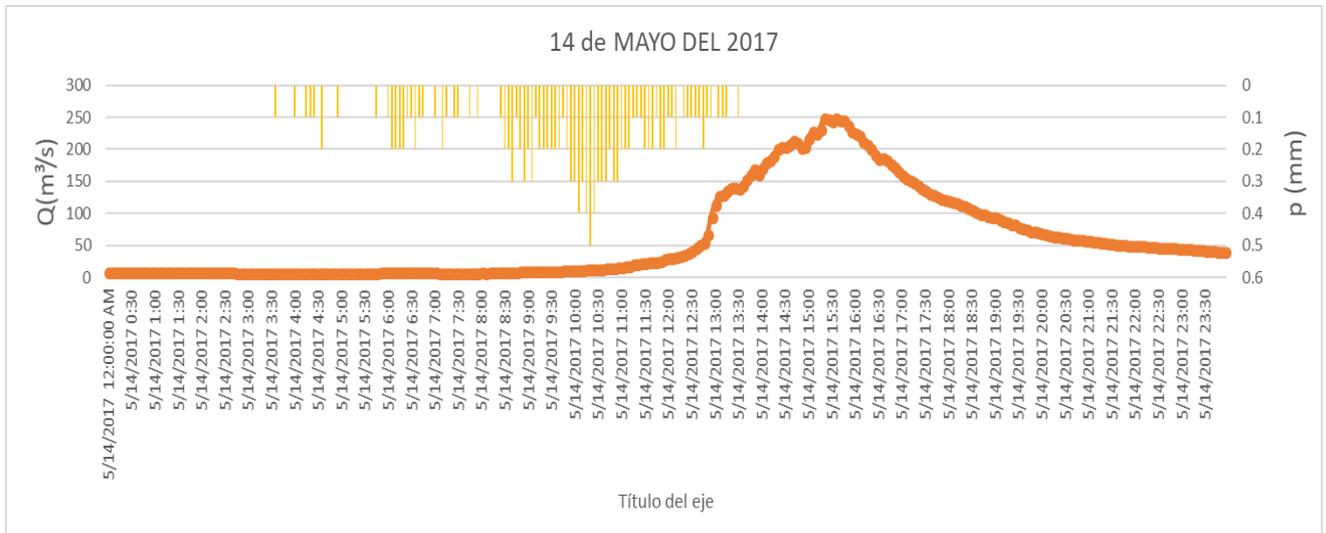
Hidrograma perteneciente al 9 de julio del 2013 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de 22.93m<sup>3</sup>/s llegando a un pico de 79.55m<sup>3</sup>/s.

Figura 3.26 Hidrograma cuenca del río Yanuncay, 9 de Julio del 2013



Hidrograma perteneciente al 14 de mayo del 2017 en donde el hidrograma empieza con un Caudal de  $68.44\text{m}^3/\text{s}$  llegando a un pico de  $250.69\text{m}^3/\text{s}$ .

Figura 3.27 Hidrograma cuenca del río Yanuncay, 14 de mayo del 2017



### 3.5. Resumen de los resultados obtenidos

Se evaluaron las condiciones hidrometeorológicas, de caudal y precipitación que indujeron la ocurrencia de crecidas fuertes de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay entre los años 1997 – 2017, para ello se estudió un total de 186 eventos de crecida.

Se determinaron la pertinencia de las estaciones pluviométricas y de descarga colocadas en las cuencas de los tres ríos, así como los volúmenes acumulados de precipitación que han desencadenado crecidas obteniéndose los siguientes datos:

- Para el Río Tomebamba se determinó una tendencia de precipitación de  $45.86\text{mm}$  en un acumulado de 5 días y  $94.25\text{mm}$  en un acumulado de 10 días.
- Para el Río Tarqui se determinó una tendencia de  $22.5\text{mm}$  en un acumulado de 5 días y  $34.75\text{mm}$  en un acumulado de 10 días.
- Para el Río Yanuncay se determinó una tendencia de precipitación de  $36.5\text{mm}$  en un acumulado de 5 días y  $62.17$  en un acumulado de 10 días.

Los caudales que provocaron desbordamientos son: En el río Tomebamba con un caudal  $175.79\text{m}^3/\text{s}$  después de 2 horas de lluvia provocó un incidente en donde una mujer fue rescatada en el sector de Balzay Alto, la prensa también manifestó que el sector del coliseo Jefferson Pérez y las instalaciones de la Federación Deportiva del

Azuay quedaron bajo agua también el río se desbordo a la altura de la Universidad de Cuenca.

El evento más alto sucedió el 11 de octubre del 2014 con un caudal de  $186.69\text{m}^3/\text{s}$  lo que también provocó el desbordamiento de este río lo que provocó la pérdida de una vivienda en el sector de Bellavista perteneciente a la parroquia de Sayausi.

El río Yanuncay presenta 2 eventos fuertes siendo el más alto el suscitado el 14 de mayo del 2017 llegando a alcanzar un caudal de  $250.69\text{m}^3/\text{s}$  debido a una ocho horas de lluvia lo que provocó poner en apuros a los habitantes de algunos sectores de la ciudad, por ventaja hubo pocos reportes de viviendas afectadas según lo expuesto en la prensa.

Finalmente se puede concluir que de acuerdo al estudio realizado los meses más propensos para poner en alerta a la ciudadanía son:

- Para el Río Tomebamba se determina riesgo en los meses de abril y junio en los que se observó los eventos altos.
- Para el Río Tarqui se considera meses peligrosos abril y febrero en donde se produjo las mayores crecidas.
- Finalmente, para el Río Yanuncay se considera que los meses de riesgo son mayo y junio estos fueron identificados los meses más peligrosos.

## **CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

- En el presente trabajo se elaboraron los hidrogramas de crecida en las cuencas de los ríos Tomebamba, Tarqui y Yanuncay, analizando los datos entre los años 1997 – 2017, a partir de los registros de lluvia y caudal de 186 eventos de crecida.
- Para ello se revisó la información bibliográfica referente al proceso de precipitación-escorrentía, exponiéndose en el capítulo uno de la tesis los principales conceptos.
- Se realizó un procesamiento estadístico de los datos de las estaciones de las cuencas estudiadas, se definieron umbrales y las condiciones antecedentes de precipitación para los eventos que provocaron las crecidas analizadas, mismas que se muestran en detalle en el capítulo dos del presente trabajo.
- En el capítulo tres se determinan los hidrogramas de crecida de las cuencas estudiadas para los umbrales definidos en cada una de ellas, elaborándose las representaciones gráficas correspondientes.

### **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda actualizar el análisis realizado en el presente trabajo por lo menos cada año, con el fin corroborar, o mejorar los hidrogramas obtenidos.
- Se recomienda dar seguimiento a próximos eventos de crecida para poder establecer si los meses obtenidos en esta tesis siguen siendo vulnerables a los eventos de crecida y causan riesgo a la población.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- APARICIO, F. (1989). Fundamentos de Hidrologia de Superficie. Mexico.
- ASTUDILLO, G. (24 de Mayo de 2018). El Rio Yanuncay de Cuenca se desbordó, el Tomebamba y Tarqui están crecidos. El Comercio.
- BATEMAN, A. (2007). Hidrologia Basica y Aplicada.
- CÁCERES, D. (10 de Febrero de 2013). Rio Yanuncay se desborda por lluvias. El Tiempo.
- CAIVINAGUA, X. (21 de Abril de 2015). El rio Yanuncay se desborda y hay una persona desaparecida. El Comercio.
- CHERRERT, I. (2010). En Tierra Segura. Ecuador, 12.
- CHOW, V. T. (2000). Hidrologia Aplicada. Texas.
- EDILBERTO, V. H. (2002). Analisis de aforo de la estacion hidrometrica obrajillo periodo 2000-2001. Lima peru.
- GIL, F. (2008). La crecida del ebro de 2007: procesos hidrometereologicos y perspectivas de gestion del riesgo. Europa.
- LOPEZ, M. (14 de Mayo de 2017). Desbordamiento del rio Yanuncay causa inundaciones. El tiempo.
- MORAN, J. (1979). Hidrologia Basica.
- OCHOA, S. (1999). En Azuay, desbordamiento del rio Tarqui puso en aprieto a agricultores. El Comercio.
- RODRIGUEZ, I. (25 de Junio de 2012). Cuenca afectada por desborde del Rio Tomebamba. El Tiempo.
- RODRIGUEZ, Y. (2017). Estudio para Determinar el coeficiente C de Escorrentia en la Zona Norte del Rio Tomebamba. Cuenca.
- SALINAS, F. (Octubre de 2014). Se desborda el rio Tomebamba. El tiempo.
- TELLO, V. (2005). Barrios afectados por creciente de rio. El Universo.
- VALLEJO, C. (2014). Análisis de las crecidas presentadas en los ríos Tarqui, Yanuncay y Tomebamba desde 1997 hasta 2011”.