



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**SEDE MANABÍ**

**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**UTILIZACIÓN DE FIRMAS DE FLUJO PARA  
ENTENDER LAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS  
EN LA CUENCA PITA AJ SALTO.**

**PREVIO AL TÍTULO:**

**INGENIERA HIDRÁULICA.**

**AUTORA:**

**KARLA DAYANA GARCIA AVELLAN.**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**ING. ANDY GILER ORMAZA.**

**CHONE-MANABÍ-ECUADOR**

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza M Sc. DIRECTOR

DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En mi disposición de administrador de tesis certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Carrera Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación, en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

---

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza.

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

El jurado examinador aprueba el presente de investigación en nombre de la Pontificia  
Universidad Católica Sede Manabí.

---

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza.Mg.

**PRIMER LECTOR**

---

Ing. John Félix Mera.Mg.

**SEGUNDO LECTOR**

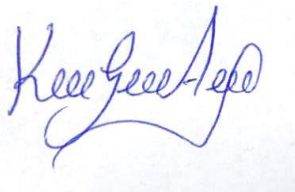
---

Ing. José Ramon Alarcón.Mg.

**TERCER LECTOR**

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de sustento que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Karla Dayana García Avellan', is centered on the page.

García Avellan Karla Dayana.

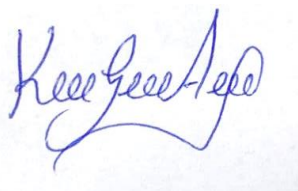
Dirección: Chone – Santa Martha

E-mail: [he-462@puce.edu.ec](mailto:he-462@puce.edu.ec)

Celular: 0959967233

## DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.



---

García Avellan Karla Dayana

C.I. 1725091563

## **DEDICATORIA**

Porque han sido la fuerza que me ha sostenido desde que estaba en vuestros brazos, porque son la aurora más bonita que ilumina a mis ojos, porque son la luz en medio de la tiniebla y el coraje cuando el miedo me supera... A mis padres, LIGIA y CARLOS, la dedicatoria de este logro, porque son el amor que nunca acaba y hace latir mi corazón.

## **AGRADECIMIENTO**

Gratitud eterna a Dios, por mi existencia y todo lo que he vivido hasta hoy, a mis padres y hermanos, fuente de inspiración fidedigna de mis sueños y haber guiado cada peldaño de mi formación académica, a la PUCE Manabí, su cuerpo docente y cada conocimiento en el soporte de mi futuro profesional, a todos a quienes han aportado para alcanzar esta meta.

## Resumen

El presente estudio descriptivo con enfoque cuantitativo determinó las características hidrológicas en la cuenca Pita AJ Salto utilizando índices y firmas de flujo, por ser de gran utilidad para obras civiles e hidráulicas preliminares. Consecuentemente, la metodología estuvo orientada a la búsqueda de información bibliográfica y estadística en el repositorio del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), periodo 1990-2008; a la aplicación de 13 firmas hidrológicas; y al uso de herramientas digitales como *Microsoft Excel*, *Indicators of Hydrologic Alteration (IHA)*, y *Rethink Reporting with Automation (RStudio)*, para analizar los datos recolectados. El tiempo de ejecución fue de 5 meses, entre enero y mayo de 2021. Los resultados de la investigación bibliográfica denotan alteraciones en la cuenca por acción antrópica y cambios de suelo, entre otros; los de los anuarios meteorológicos demuestran cambios significativos en el caudal de la cuenca. Los hallazgos más notables de las firmas hidrológicas señalan un flujo específico medio por *Quantitative Science Program (QSP)* de 0,009 y un coeficiente de variación por *Commissioning, Qualification, and Validation (CQV)* de 0,32. Los resultados de las herramientas digitales reflejan un área de la cuenca de 260,31 km<sup>2</sup>, y un promedio del caudal específico de 0,001 L/S/ km<sup>2</sup>. El resultado más detonante en *RStudio* corresponde a la frecuencia baja de 0,066 y constancia de 0,33. Se concluye que la cuenca hidrográfica estudiada cumple con los criterios mínimos aceptados, y se recomienda analizar los factores antrópicos que pueden modificar el sitio en investigaciones futuras.

*Palabras clave:* características hidrológicas, *RStudio*, evaporación

## Abstract

This descriptive quantitative research study determined hydrological characteristics of the *Pita AJ Salto* Basin using indices and hydrological signatures, because of their usefulness for preliminary civil and hydrologic works. Hence, research methods were focused on the collection of bibliographic records and statistical data from the repository of the National Institute of Meteorology and Hydrology (*INAMHI*, for its initials in Spanish), period 1990-2008; on the use of 13 hydrological signatures; and on the use of technological tools such as Microsoft Excel, Indicators of Hydrologic Alteration (IHA), and Rethink Reporting with Automation (RStudio) software, to analyze collected data. This study was performed over a five-month period from January through May 2021. The results from the bibliographic records reveal basin alterations caused by anthropic actions and soil changes, among others; the ones from the meteorological yearbooks show significant changes in the basin flow. The most noticeable findings from the hydrological signatures indicate a mean specific flow of 0.009 by Quantitative Science Program (QSP); and a coefficient of variation of 0.32 by Commissioning, Qualification, and Validation (CQV). The results from the digital tools reflect a basin area of 260.31 km<sup>2</sup>, and a specific average flow of 0.001 L/s/ km<sup>2</sup>. However, the most revealing finding from RStudio corresponds to low frequency of 0.066 and consistency of 0.33. It is concluded that the river basin under study meets the minimum acceptance criteria, and it is recommended analyzing all those anthropic factors that may affect this place for future research studies.

*Keywords:* hydrological characteristics, RStudio, evaporation

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	i
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL</b> .....	ii
<b>DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD</b> .....	iii
<b>DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVOS</b> .....	3
<b>Objetivo General</b> .....	3
<b>Objetivos Específicos</b> .....	3
<b>MÉTODOS</b> .....	4
<b>MÉTODOS</b> .....	7
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	13
<b>CONCLUSIONES</b> .....	20
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	21
<b>ANEXOS</b> .....	25

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de las 13 firmas hidrológicas.....	9
Tabla 2 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	13
Tabla 3 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	13
Tabla 4 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	13
Tabla 5 Firma hidrológica realizada en RStudio de la cuenca Pita Aj Salto.....	14
Tabla 6 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	14
Tabla 7 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	14
Tabla 8 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	14
Tabla 9 Firma hidrológica realizada en RStudio de la cuenca Pita Aj Salto.....	15
Tabla 10 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	15
Tabla 11 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	15
Tabla 12 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	15
Tabla 13 Firma hidrológica realizada en RStudio de la cuenca Pita Aj Salto.....	16
Tabla 14 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.....	16

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación de la cuenca Pita Aj Salto. ....	5
<b>Figura 2</b> Curva de descarga de la cuenca Pita Aj Salto. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 3</b> Understanding hydrologic variability across Europe Through catchment classification.....	17

## INTRODUCCIÓN

En regiones andinas y montañosas, al momento de gestionar la demanda de agua para poder satisfacer las necesidades humanas se puede evidenciar la falta de investigaciones hidrológicas, existen muchas herramientas que logran apoyar la planificación y gestión en los recursos hídricos que ayudan en investigaciones para mejorar el entendimiento de los procesos hidrológicos, disponibilidad de recursos hídricos, impactos por el cambio climático e impactos por cambio de uso del suelo. Pero al tener una disponibilidad de datos limitada el alcance de las investigaciones son escasas, provocando una gran desventaja, ya que el tema hidrológico es de suma importancia, conocer las características hidrológicas en zonas andinas puede ayudar en preservar y mantener una alta calidad y cantidad en los recursos hídricos(Muñoz et al., 2011).

En Europa Kuentz y otros (2017) llevaron a cabo una investigación que lograba comprender la características hidrológica a través de la clasificación de las cuencas, para poder tener una mayor comprensión y análisis de los cambios físicos en las cuencas mediante firmas de flujo.

A nivel de Latinoamérica, se han realizado investigaciones donde se evidencia la importancia de los estudios hidrológicos, haciendo énfasis en las características que se producen en las cuencas por múltiples factores(Andrade-Valdospino et al., 2017)(Alvarado, 2017)(Cárdenas & Tobón, 2017)(Vimos, 2017).

En Ecuador a pesar de existir investigaciones que se centran en la características hidrológica, aun no se cuentan con investigación que determine la características en cuencas de la sierra ecuatoriana utilizando las 13 firmas de flujo que en la presente investigación se usaran, ayudando a tener una mejor profundidad en el entendimiento de

la características hidrológica de las cuencas(Giler-Ormaza et al., 2020)(Alomía & Chimbo, 2014)(Chávez-Jiménez & González-Zeas, 2015) (Guerrero Perez, 2015).

Las firmas hidrológicas son índices que caracterizan el comportamiento hidrológico, en la actualidad es muy común utilizarlas para analizar, determinar el comportamiento hidrológico de las cuencas. Las firmas de flujo tienen una gran utilidad para realizar la caracterización de una cuenca, hacer comparaciones de dinámicas de grandes muestras de cuencas, para eso normalmente las observaciones se limitan solo al flujo de la corriente(Addor et al., 2018).

Las firmas hidrológicas pueden cuantificar las respuestas de los flujos, seleccionan la estructura de los modelos hidrológicos, analizan el cambio hidrológico de las cuencas, se complica realizar una selección de firmas ya que una característica de la respuesta de un flujo puede ser causada por varios procesos hidrológicos(McMillan, 2020).

La finalidad general de una caracterización y clasificación de caudales es desarrollar índices hidrológicos que se tomen en cuenta para lograr determinar las características de la característica hidrológica de los caudales que se consideran importantes en dar forma a los procesos hidrológicos. La utilidad de los índices hidrológicos para describir varios aspectos de los regímenes de flujo, ha tenido una amplia suma en su aplicación en todo lo que corresponde a la investigación fluvial, esto genera que los investigadores tengan que tener una cuidadosa tarea al momento de escoger la firma adecuada(Olden & Poff, 2003).

En la presente investigación mediante la utilización de 13 firmas de flujo que llevarán a comprender la característica hidrológica de la cuenca Pita Aj Salto H158, con la finalidad de tener una mayor profundidad en las características de tal, alteraciones físicas, actividades antrópicas o naturales.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Determinar las características hidrológicas en la cuenca Pita Aj Salto mediante la utilización de índices y firmas de flujo.

### **Objetivos Específicos**

- Obtener y corregir con curva de descarga y software IHA datos hidrometeorológicos para el área de estudio.
- Definir los índices y firmas de flujo apropiadas para la cuenca de estudio en base a la literatura científica existente.
- Calcular los índices y firmas de flujo para la estimación de las características hidrológicas en el área de estudio.

## **METODOS**

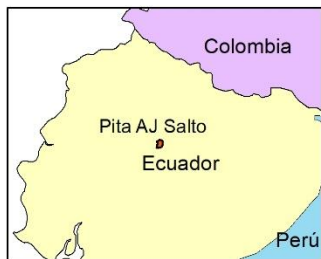
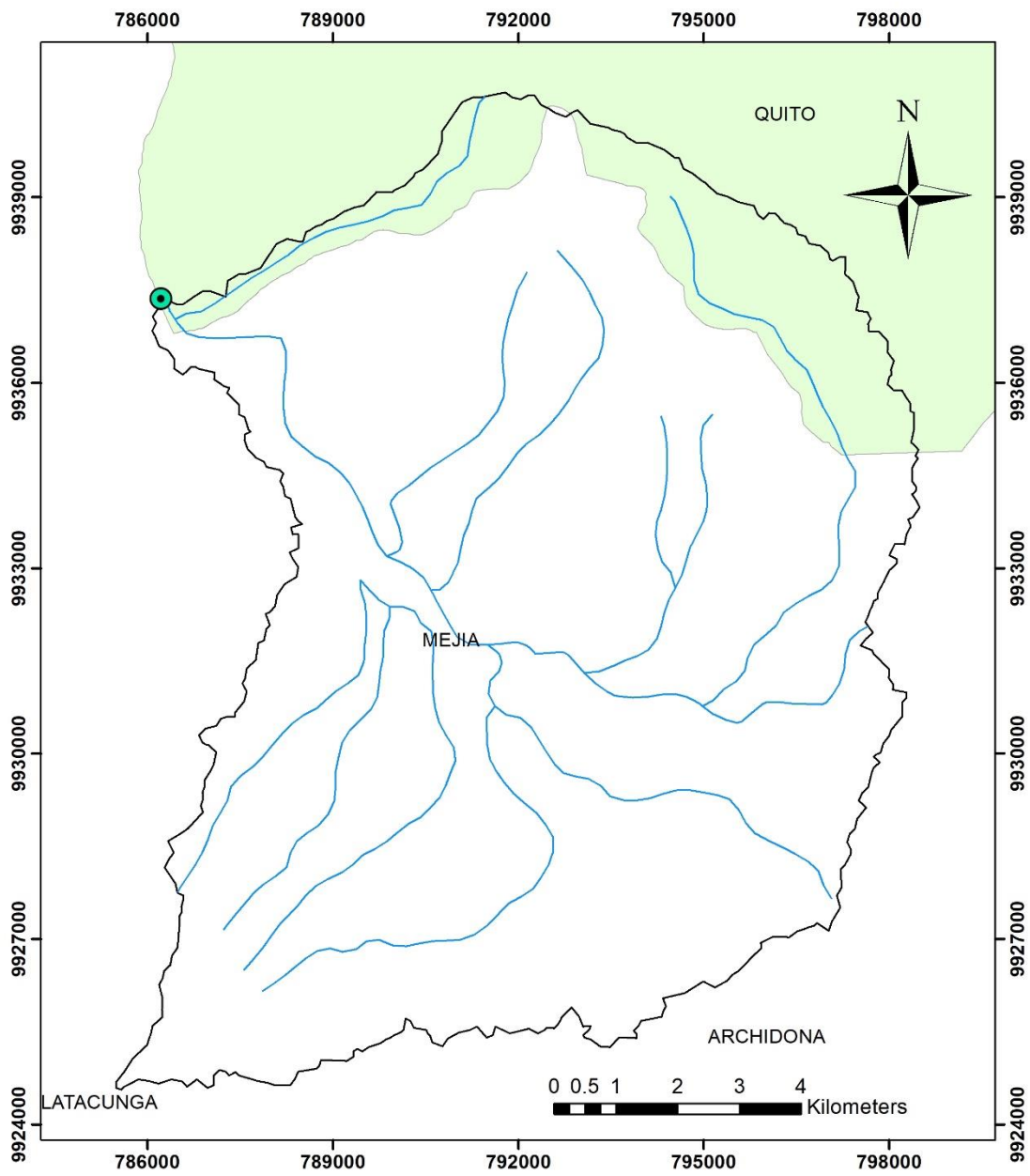
### **CARACTERIZACION DEL LUGAR**

#### **Localización**





##### **Pita Aj Salto.**

La cuenca en la que se realizó el estudio se llama Pita, pertenece a la provincia de Pichincha, el área de comprender es aproximada de 260,31 km<sup>2</sup>. Su delimitación se genera a partir de la estación H158 y toma el nombre de Pita Aj Salto, sus coordenadas UTM son: Este 785718.7; Norte 9936657.5, a una altitud de 2496 msnm.

**Figura 1** Ubicación de la cuenca Pita Aj Salto.



**Leyenda**

	Estación_H_158	<b>DPA_DESCAN</b>
	Ríos simples	 QUITO
	Cuenca_Pita_AJ_Salto	

## **CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

La cuenca cumplió con todos los requisitos establecidos para su selección, contó con estaciones hidrometeorológicas, tiene 15 años de datos en estaciones hidrológicas, al cumplir con el criterio de datos establecidos de 10 años de datos hidrológicos, facilitó la obtención de datos.

## MÉTODOS

En la presente investigación, los datos fueron buscados en los anuarios hidrológicos del INAMHI, los programas que se utilizaron para realizar el procedimiento de datos y así llegar a obtener los resultados de la investigación, fueron software IHA y software RStudio.

**INAMHI:** El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) es una entidad que pertenece al Estado, desde 1960 se encarga de realizar las mediciones , predicciones y publicación de datos meteorológicas a nivel de todo el país(Guanoluisa Vizuite & Villenas Morales, 2012).

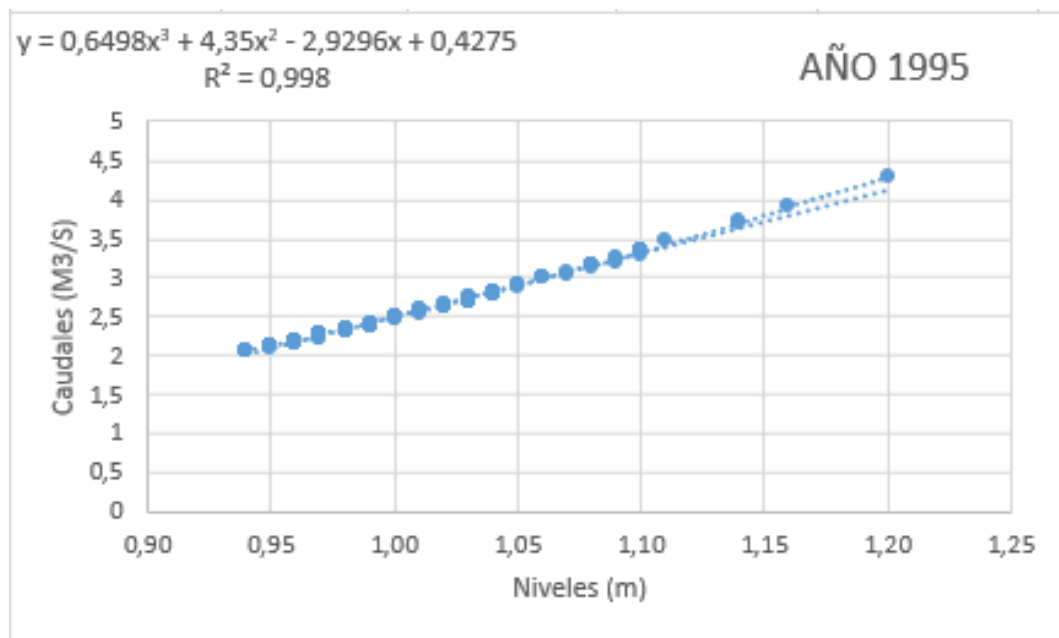
La información que se utilizó en la investigación fue del INAMHI, se accedió a los anuarios hidrológicos y se realizó la búsqueda en cuencas de la Sierra Ecuatoriana, con un criterio establecido de 10 años mínimos en disponibilidad de datos.

**IHA:** Es una metodología desarrollada por The Nature Conservancy basada en variaciones anuales de caudal, que permite determinar los umbrales de caudal ecológico para corrientes intermitentes, establece el grado de las alteraciones debido embalses o presas, así como el cambio del uso del suelo que modifican el cause y el ciclo hidrológico de las cuencas(Reyes Cedeño, 2018).

**RStudio:** RStudio es un software de programación, desarrolla herramientas libres y abiertas para la comunidad R, entre esas herramientas están el entorno RStudio desarrollado, como ggvis y paquetes dplyr, en las últimas décadas ha tenido lugar a ciencias hidrológicas, impulsada por la disponibilidad de datos hidrometeorológico y el desarrollo de varias herramientas computacionales que tienen códigos abiertos. RStudio refleja su crecimiento en base a la cantidad de paquetes hidrológicos que se han publicado recientemente (Danny & Carmen, 2016)(Slater et al., 2019).

## Procedimiento para determinar las características hidrológicas y cálculos de firmas.

- El primer paso que se realizó fue la selección de la cuenca que queríamos estudiar, se realizó una búsqueda en los anuarios hidrológicos y meteorológicos para comprobar si la cuenca cumplía con un mínimo de 10 años de datos.
- Cuando se obtuvieron datos de caudales y precipitación, se pasaron a un formato que se realizó en Excel, que comprendió desde el mes de enero hasta el mes de diciembre, desde el año 1990 hasta el año 2008, con excepción de los años 1998, 1990, 2000, 2006.
- Se analizaron los años que no contaban con datos completos, fueron seleccionados los años 1990, 1991, 1992, 1994, 1997, 2005 como años que no contaban con datos de caudales, se procedió a realizar una curva de descarga en el año 1995.



**Figura 2** Curva de descarga de la cuenca Pita Aj Salto

- Al realizar la curva de descarga, se rellenaron los datos faltantes, la curva de
- descarga se escogió de acuerdo a la semejanza de datos de los años que se debían rellenar, el año 1995 fue la curva con mas semejanzas en datos que tuvo con los años de caudales vacíos.
- Luego se pasaron los datos del formato Excel a un formato de hoja de cálculo CSV, ya que había años que no tenían los datos de caudales completos en todos los meses y el programa IHA rellenó esos datos faltantes.
- Teniendo los datos pasados en una hoja de cálculos CSV, se realizó el procedimiento de rellenar los datos de caudales de los años faltantes, los datos fueron marzo, abril, octubre, noviembre, diciembre del año 1990, enero, febrero, marzo, julio, agosto, septiembre del año 1991, febrero del año 1994 y febrero del año 1996.
- Una vez teniendo los datos de caudales rellenos, se procedió a realizar el calculo de las 13 firmas hidrológicas escogidas mediante la literatura de Kuentz y otros(2017).

**Tabla 1** Descripción de las 13 firmas hidrológicas.

Componente del régimen de flujo.		Variable.	Unidades.	Descripción.
Magnitud del evento de flujo.	Promedio de condiciones de flujo. Flujo Bajo	Sesgo Qsp CVQ BFI	- Ls-1km-2 - -	Asimetría=media/mediana de los flujos diarios. Flujo específico medio. Coeficiente de variación=DE/media de los flujos diarios. Índice de flujo base: flujo mínimo de 7 días dividido por flujo diario anual promedio entre años.
Magnitud del evento de flujo.	Flujo Alto.	Q5 HFD	Ls-1km-2 -	5 percentil del flujo específico diario. Alta descarga del flujo: percentil 10 del flujo diario dividido por el flujo medio diario.

Eventos de frecuencia de flujo.	Flujo Bajo.  Flujo Alto.	Q95  LowFr  HighFrVar	Ls-1km-2  Year-1  -	Percentil 95 del flujo específico diario. Número total de periodos de flujo bajo (umbral igual a 5% del flujo medio diario) dividido por la duración del registro. Coef. De Var en número anual de flujo alto (umbral del percentil 75).
Duración de los eventos de flujo.	Flujo Bajo.  Flujo Alto.	LowDurVar  Mean30dMax	-  -	Coeficiente de variación en duración media anual de flujos bajos (umbral del percentil 25). Promedio anual máximo de 30 días dividido por flujo medio.
Calendario de eventos de flujo.  Tasa de cambio en eventos de flujo.		Const.  RevVar.  RbFlash.	-  -  -	Constancia de flujo diario. Coef. De Var anual de revisiones (cambio en el signo en la serie de tiempo de cambio del día a día.) Fluidez de Richard Baker: suma de los valores absolutos de los cambios diarios en el flujo medio diario dividido por la suma de todos los flujos diarios.
Respuesta de la cuenca.		RunoffCo.  ActET.	-  Mmyr-1.	Ratio de escorrentía: flujo medio anual (en mmyr-1) dividido por la precipitación media anual. Evapotranspiración real= precipitación anual media menos flujo anual medio (en mmyr-1).

**Fuente:** Understanding hydrologic variability across Europe Through catchment

classification(Kuentz et al., 2017).

## FÓRMULAS DE LAS 13 FIRMAS HIDROLÓGICAS.

- **SESGO**

Sesgo= Promedio total/ mediana del flujo anual.

- **QSP**

Qsp= Promedio total/ área de la cuenca\*1000

Unidades= L/S/Km2

- **CVQ**

Cvq= Desviación estándar/ media

- **BFI**

Índices de flujos bajos.

BFI= Flujo mínimo de 7 días/ promedio multianual de los flujos diarios.

Unidades= n/a

- **Q5**

Q5= (Percentil. INC. 0.95) /área de la cuenca\*1000

Unidades=LLS/S/KM2

- **HFD**

HFD= (Percentil. INC, 0.9) / mediana total.

- **Q95**

Q95= (Percentil. EXC, 0.05) / área de la cuenca\*1000

Unidades L/S/KM2

- **LowFr**

Umbral igual al 5% del flujo diario medio/ duración del registro

- **HighFrVr**

HighFrVr= Desviación estándar/promedio total.

- **LowDurVar.**

LowDurVar= Desviación estándar/ promedio

- **30 dias Max**

M30 diasMax= Promedio/ mediana total anual.

- **Const**

Const= Constancia del flujo diario

- **RevVar.**

RevVar= Desviación estándar/ promedio

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### FÓRMULAS DE LAS 13 FIRMAS HIDROLÓGICAS.

#### 1. SESGO

*Tabla 2 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

PROMEDIO m3/s	<b>2,60967051</b>
MEDIANA m3/S	<b>2,735</b>
SESGO	<b>0,95417569</b>

#### 2. QSP

*Tabla 3 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

ÁREA DE LA CUENCA KM2	<b>260,31</b>
PROMEDIO DEL CAUDAL ESPECÍFICO (L/S/KM2)	<b>0,01002524</b>
<b>QSP</b>	<b>0,00954534</b>

#### 3. CVQ

*Tabla 4 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

DESVIACIÓN ESTÁNDAR	<b>0,85180763</b>
MEDIA	<b>2,60967051</b>
CVQ	<b>0,32640428</b>

#### 4. BFI

*Tabla 5 Firma hidrológica realizada en RStudio de la cuenca Pita Aj Salto.*

<b>BFI</b>	<b>0.8744297</b>
------------	------------------

#### 5. Q5

*Tabla 6 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

<b>Q5</b>	<b>3,7</b>
<b>L/S/KM2</b>	<b>14,213822</b>

#### 6. HFD

*Tabla 7 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

<b>HFD</b>	<b>3,384</b>
<b>HFD/MEDIANA</b>	<b>1,23729433</b>

#### 7. Q95

*Tabla 8 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

<b>Q95</b>	<b>0,187</b>
<b>L/S/KM2</b>	<b>0,71837425</b>

## 8. LowFr

*Tabla 9 Firma hidrológica realizada en RStudio de la cuenca Pita Aj Salto.*

<b>LOWFR</b>	<b>0,06666667</b>
--------------	-------------------

## 9. HighFrVr

*Tabla 10 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

SD	<b>3,591877935</b>
MEAN	<b>3,476769231</b>
HIGHFRVR	<b>1,033107951</b>

## 10. LowDurVar.

*Tabla 11 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

SD	<b>141,3033822</b>
MEAN	<b>95,25</b>
LOWDURVAR	<b>1,483500076</b>

## 11. 30 días Max

*Tabla 12 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

PROMEDIO	<b>3,10082</b>
MEDIANA	<b>2,705</b>
30DMAX	<b>1,14632902</b>

## 12. Constancia.

*Tabla 13 Firma hidrológica realizada en RStudio de la cuenca Pita Aj Salto.*

<b>CONSTANCIA</b>	<b>0,33</b>
-------------------	-------------

## 13. RevVar.

*Tabla 14 Firma hidrológica realizada en Excel de la cuenca Pita Aj Salto.*

<b>SD</b>	<b>34,88992214</b>
<b>MEAN</b>	<b>97,6</b>
<b>REVVAR</b>	<b>0,35747871</b>

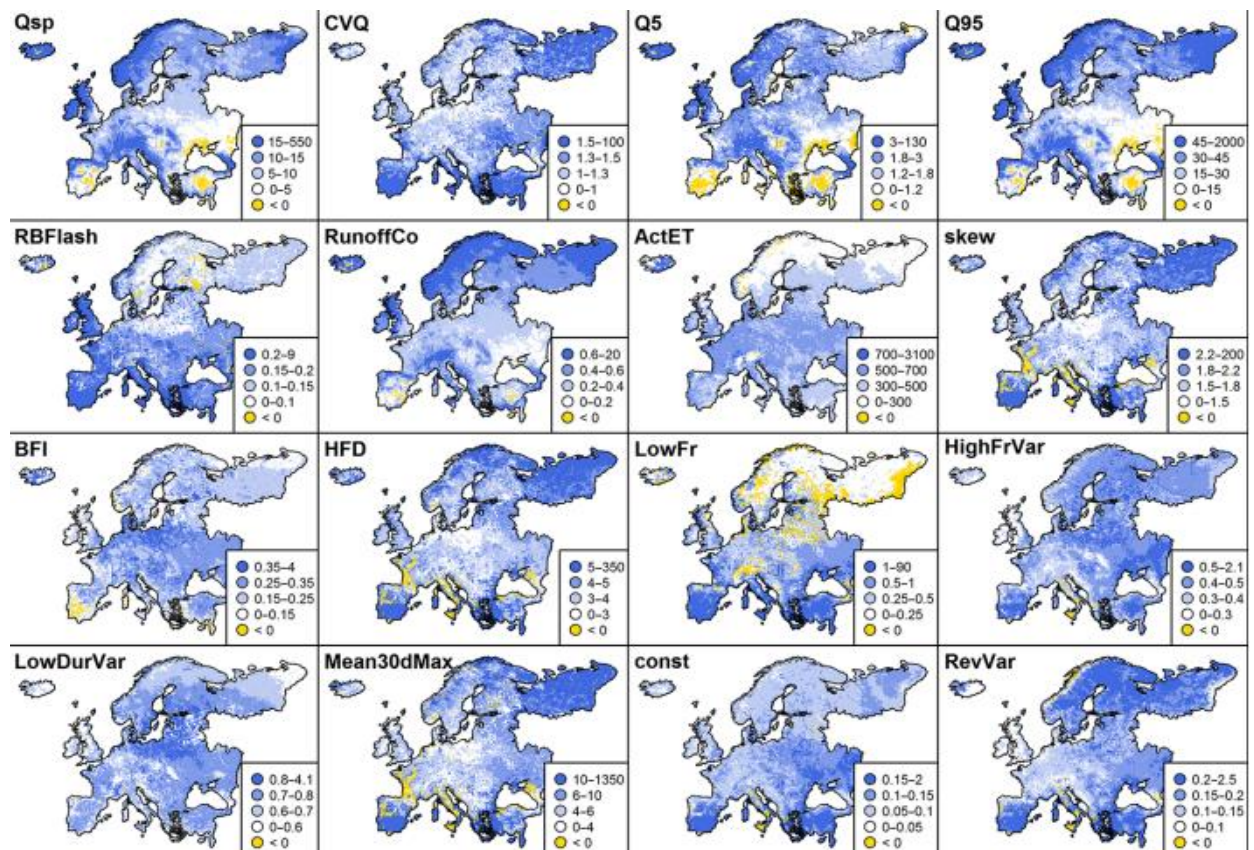
Se realizó la selección de la cuenca basada en la cantidad de datos en los anuarios hidrológicos existentes, se completaron los datos y se realizaron los cálculos mediante la selección de firmas basadas en Kuentz y otros (Kuentz et al., 2017).

Entre los factores causantes de la característica hidrológica en la cuenca Pita Aj Salto, está la evapotranspiración, precipitación, alteraciones humanas, actividades antrópicas, cambios de suelos, entre otros. Los cambios que se generan a lo largo de los años pueden generar una alteración en su característica, cambios que se generan en diferentes magnitudes y en diferentes alteraciones.

Se pudo determinar la característica mediante los resultados que cada firma hidrológica arrojó durante la investigación presente, cumpliendo así con el objetivo general de la investigación.

En el (2017) Kuentz y otros llevaron a cabo una investigación para comprender la características hidrológica mediante firmas de flujo, las cuales se utilizaron en esta investigación, teniendo en cuenta que los resultados de esta investigación estén dentro de los rangos de la investigación de Kuentz y otros.

**Figura 2** Understanding hydrologic variability across Europe Through catchment classification



Fuente: (Kuentz et al., 2017).

- **SESGO:** Resultado entre 0-1.5, límite inferior del rango intermedio
- **QSP:** Resultado entre 0-5, del límite inferior del rango intermedio
- **CVQ:** Resultado entre 0-1, del límite inferior del rango intermedio
- **BFI:** Resultado entre 0.35-4, límite inferior del rango primero
- **Q5:** Resultado entre 3-130, límite intermedio del rango primero
- **HFD:** Resultado entre 0-3, límite inferior del rango intermedio
- **Q95:** Resultado entre 0-15, límite inferior del rango inferior
- **LOWFR:** Resultado entre 0-0.25, del límite inferior del rango primero
- **HIGHFRVAR:** Resultado entre 0.5-2.1, cerca del límite inferior
- **LOWDURVAR:** Resultado entre 0.8-4.1, límite inferior del rango más alto

- **30DIASMAX:** Resultado entre 0-4, límite inferior del rango primero
- **CONSTANCIA:** Resultado entre 0.15-2, límite primero del rango intermedio
- **REVVAR:** Resultado entre el rango más alto, en el límite inferior

Se realizó una comparación con la Tesis realizada por Lilian Verduga sobre “Utilización de firmas de flujo para entender la variabilidad hidrológica en cuencas de la costa ecuatoriana” en la subcuenca Chimbo Bucay que desprende desde la Sierra Ecuatoriana(Verduga, 2021).

A pesar de Chimbo Bucay ser una subcuenca que desprende desde la Sierra Ecuatoriana y Pita Aj Saltos ser una cuenca que nace en la Sierra Ecuatoriana, la diferencia en los resultados de las firmas hidrológicas es muy notoria.

**Tabla 15.** Comparación de resultados

<b>CHIMBO BUCAY</b>	<b>PITA AJ SALTOS</b>
SESGO: 1,65079116	SESGO: 0,95417569
QSP: 16,0419803	QSP: 0,00954534
CVQ: 1,07978759	CVQ: 0,40334171
BFI: 0,926476	BFI: 0,8744297
Q5: 50,3568243	Q5: 14,047866
HFD: 3,97004608	HFD: 1,23475046
Q95: 1,87388492	Q95: 0,71837425
LOWFR: 0,2916667	LOWFR: 0,06666667
HIGHFRVAR: 1,20930654	HIGHFRVAR: 1,03310795
LOWDURVAR: 1,02242899	LOWDURVAR: 1,48350008
MEAN30D: 4,33819124	MEAN30D: 1,14632902
CONST: 0,1	CONST: 0,33

REVVAR: 0,36518134	REVVAR: 0,35747871
--------------------	--------------------

## CONCLUSIONES

- La cuenca que se seleccionó cumplía con el criterio mínimo establecido, mediante el INAMHI se realizó la recopilación de datos en la web, los datos hidrometeorológicos se corrigieron con la curva de descarga y el software IHA y todos los análisis ayudaron a cumplir con uno de los objetivos de la investigación.
- Se definieron las 13 firmas hidrológicas mediante la literatura existente, se aplicaron las firmas que más se asemejaban a la cuenca de investigación.
- Se determinó la característica hidrológica de la cuenca Pita Aj Salto mediante las 13 firmas hidrológicas que se utilizaron en la investigación, todo lo que comprendía de tal, los cambios que se han manifestado a lo largo de los años, el impacto puede ser considerado debido al hábitat ocupado por la población, comunidad o ecosistema, propiedades físicas, químicas, biológicas, alteraciones, entre otros.
- En la actualidad la condición de las cuencas hidrográficas nos confronta a poder establecer medidas que nos permitan determinar y analizar la información disponible en las características hidrológicas, con la finalidad de profundizar las causantes de las características.

## BIBLIOGRAFÍA

- Addor, N., Nearing, G., Prieto, C., Newman, A. J., Le Vine, N., & Clark, M. P. (2018). A Ranking of Hydrological Signatures Based on Their Predictability in Space. *Water Resources Research*, 54(11), 8792–8812. <https://doi.org/10.1029/2018WR022606>
- Alomía, I., & Chimbo, J. (2014). *Aplicación de una metodología para evaluar el caudal ambiental en dos proyectos hidroeléctricos de alta montaña en Ecuador: presas El Labrador y Chanlud de la microcuenca del río Machángara, provincias de Azuay Y Cañar* [Escuela Politecnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8810>
- Alvarado, P. T. (2017). “*BALANCE HÍDRICO USANDO UN MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA RÍO PINDO, PROVINCIAS DE LOJA Y EL ORO, ECUADOR*” [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2821>
- Andrade-Valdospino, A., Zapata-Rios, X., & Manciatí-Jaramillo, C. (2017). Recarga potencial del acuífero de la sub-cuenca del Río Chambo provincia de Chimborazo – Ecuador, bajo una perspectiva de la hidrología física. In *Memorias Congreso REDU*. [https://www.researchgate.net/profile/Santiago\\_Vasco-Morales/publication/337730669\\_VCongresoREDU/links/5de73f8ba6f](https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Vasco-Morales/publication/337730669_VCongresoREDU/links/5de73f8ba6f)

dcc2837035f8e/VCongresoREDU.pdf#page=19

Cárdenas, M. F., & Tobón, C. (2017). Rehabilitation of hydrological

functioning of páramo ecosystems in Colombia. *Actualidad y*

*Divulgación Científica*, 20(2), 403–412.

<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a18.pdf>

Chávez-Jiménez, A., & González-Zeas, D. (2015). El impacto de los

caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua

bajo escenarios de cambio climático. *Ribagua*, 2(1), 3–13.

<https://doi.org/10.1016/j.riba.2015.04.001>

Danny, A., & Carmen, P. (2016). *Medición de la Confiabilidad del*

*Aprendizaje del Programa RStudio Mediante Alfa de Cronbach*

*Measurement reliability RStudio Learning Program using Cronbach*

*s alpha*. 37(2).

[http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2](http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2)

[/article/view/469](http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/469)

Giler-Ormaza, A., Navarrete-Zambrano, X., Chila- Zambrano, J., Vera-

Arcentales, A., Sánchez-Guadamud, P., Mera-Félix, E., Toro-Caicedo,

D., & Loo- Alarcón, R. (2020). “Análisis del comportamiento

hidrológico de cuencas hidrográficas tropicales utilizando índices:

estudio de caso en la región costa del Ecuador.” *Revista Terra*, 2020.

Guanoluisa Vizueté, C. V., & Villenas Morales, M. A. (2012). *REDISEÑO*

*DE LA RED DEL INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E  
HIDROLOGÍA (INAMHI) PARA IMPLEMENTAR VOZ, DATOS Y  
VIDEOCONFERENCIA.*

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5327>

Guerrero Perez, D. (2015). “*CUANTIFICACIÓN DE LA ALTERACIÓN  
HIDROLÓGICA EN LA CUENCA AMAZÓNICA PARA EL PERIODO  
1974 -2012*” [Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2162>

Kuentz, A., Arheimer, B., Hundecha, Y., & Wagener, T. (2017).

Understanding hydrologic variability across Europe through catchment  
classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(6), 2863–  
2879. <https://doi.org/10.5194/hess-21-2863-2017>

McMillan, H. (2020). Linking hydrologic signatures to hydrologic

processes: A review. *Hydrological Processes*, 34(6), 1393–1409.

<https://doi.org/10.1002/hyp.13632>

Muñoz, E., Billib, M., Arumí, J., & Riveras, D. (2011). *El uso de datos*

*grillados en un modelo hidrológico construido para una cuenca*

*andina con escasez de datos hidrometeorológicos . October 2015.*

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/SOCHID->

[2011\\_Munoz\\_Billib\\_Arumi\\_Rivera.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/SOCHID-2011_Munoz_Billib_Arumi_Rivera.pdf)

Olden, J. D., & Poff, N. L. (2003). Redundancy and the choice of

hydrologic indices for characterizing streamflow regimes. *River Research and Applications*, 19(2), 101–121.

<https://doi.org/10.1002/rra.700>

Reyes Cedeño, G. I. (2018). *PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELACIÓN ECO-HIDRÁULICA PARA DETERMINAR EL RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN CAUCES INTERMITENTES.*

<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/1563>

Slater, L. J., Thirel, G., Harrigan, S., Delaigue, O., Hurley, A., Khouakhi, A., Prosdocimi, I., Vitolo, C., & Smith, K. (2019). Using R in hydrology: A review of recent developments and future directions. *Hydrology and Earth System Sciences*, 23(7), 2939–2963.

<https://doi.org/10.5194/hess-23-2939-2019>

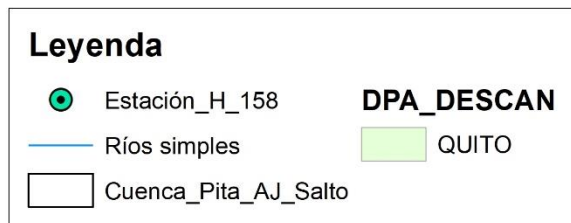
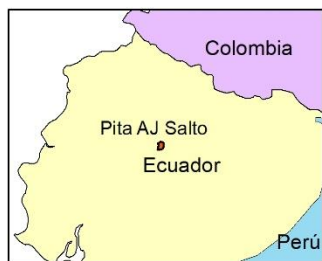
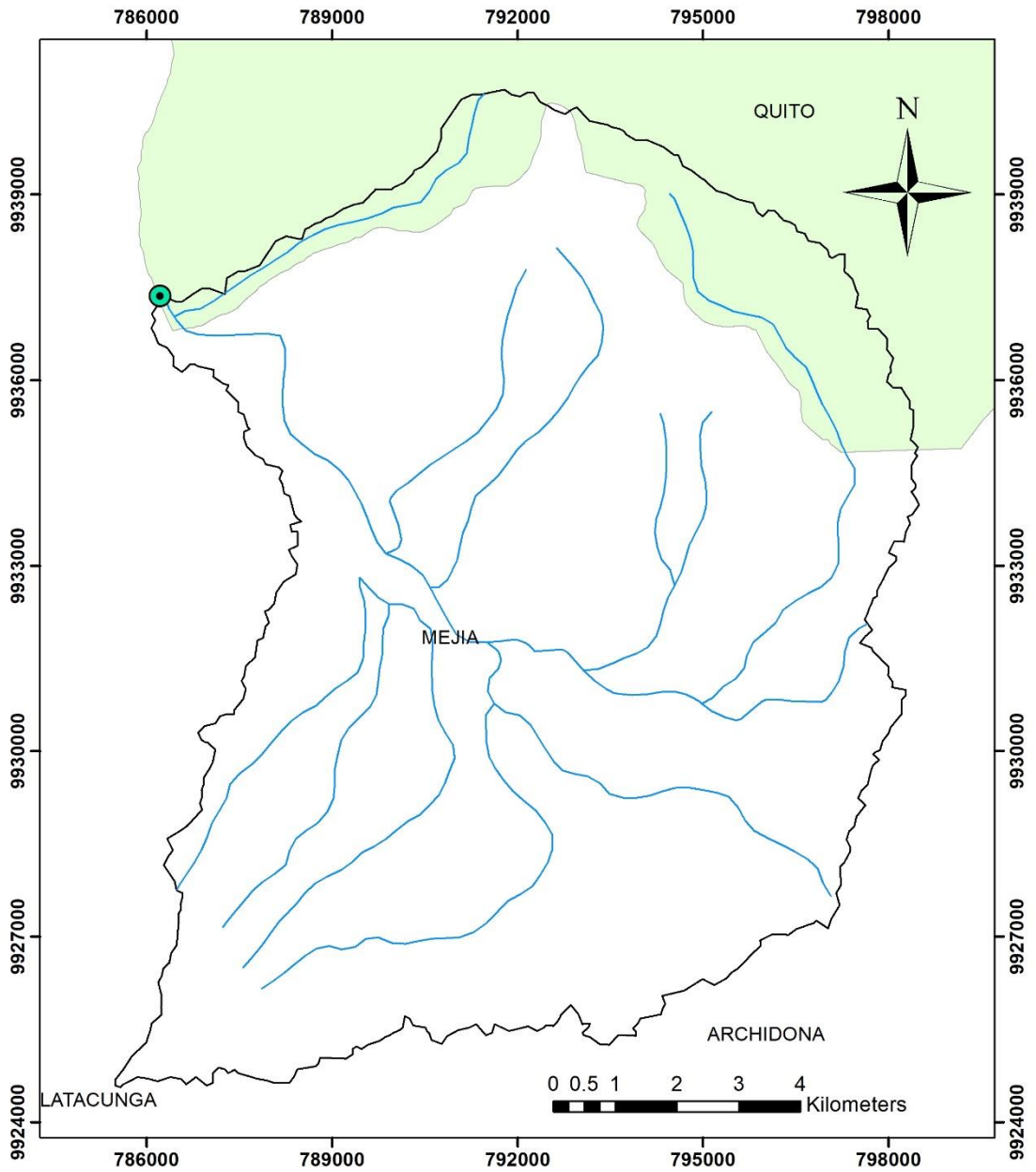
Verduga, L. (2021). *UTILIZACIÓN DE FIRMAS DE FLUJO PARA ENTENDER LA VARIABILIDAD HIDROLÓGICA EN CUENCAS DE LA COSTA ECUATORIANA . TESIS DE GRADO INGENIERIA HIDRAULICA.*

Vimos, D. (2017). *Influencia de las condiciones hidráulicas e hidrológicas en la variación espacial y temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los ríos altoandinos de cabecera al sur del Ecuador* [Universidad Politecnica de Valencia].

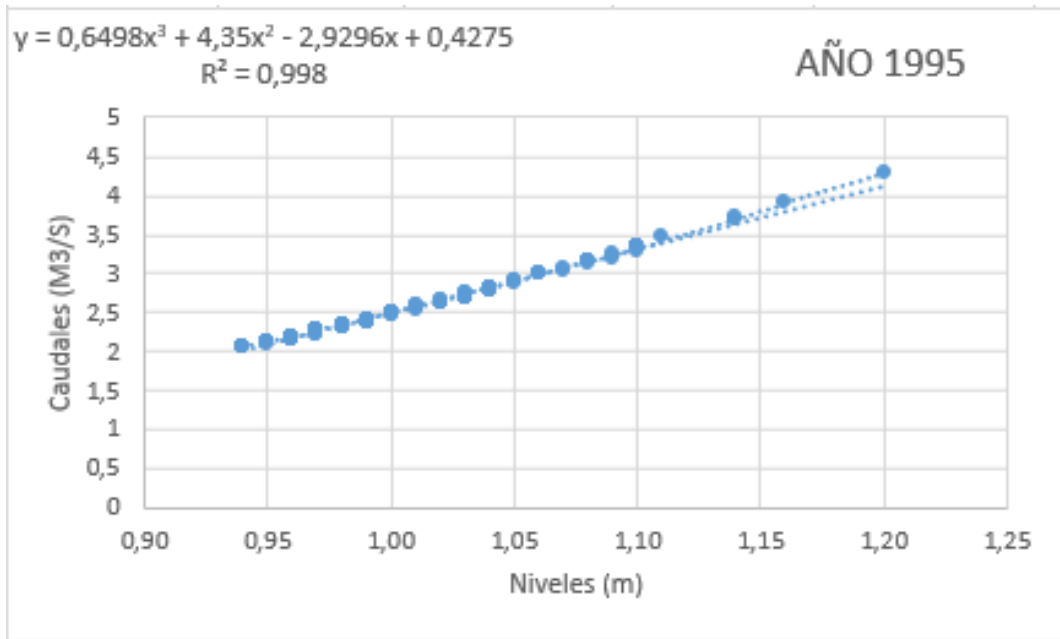
<http://hdl.handle.net/10251/86217>

## **ANEXOS**

**Anexo No.1:** Ubicación de la cuenca Pita Aj Salto.



**Anexo N. 2:** Curva de descarga de la cuenca Pita Aj Salto.



**Anexo N. 3:** Descripción de las 13 firmas hidrológicas.

Componente del régimen de flujo.		Variable.	Unidades.	Descripción.
Magnitud del evento de flujo.	Promedio de condiciones de flujo.  Flujo Bajo	Sesgo	-	Asimetría=media/mediana de los flujos diarios.
		Qsp	Ls-1km-2	Flujo específico medio.
		CVQ	-	Coefficiente de variación=DE/media de los flujos diarios.
		BFI	-	Índice de flujo base: flujo mínimo de 7 días dividido por flujo diario anual promedio entre años.
Magnitud del evento de flujo.	Flujo Alto.	Q5	Ls-1km-2	5 percentil del flujo específico diario.
		HFD	-	Alta descarga del flujo: percentil 10 del flujo diario dividido por el flujo medio diario.
Eventos de frecuencia de flujo.	Flujo Bajo.	Q95	Ls-1km-2	Percentil 95 del flujo específico diario.
	Flujo Alto.	LowFr	Year-1	Número total de periodos de flujo bajo (umbral igual a 5% del flujo medio diario) dividido por la duración del registro.
		HighFrVar	-	Coef. De Var en número anual de flujo alto (umbral del percentil 75).

Duración de los eventos de flujo.	Flujo Bajo.	LowDurVar	-	Coeficiente de variación en duración media anual de flujos bajos (umbral del percentil 25). Promedio anual máximo de 30 días dividido por flujo medio.
	Flujo Alto.	Mean30dMax	-	
Calendario de eventos de flujo.  Tasa de cambio en eventos de flujo.	Const.		-	Constancia de flujo diario. Coef. De Var anual de revisiones (cambio en el signo en la serie de tiempo de cambio del día a día.) Fluidez de Richard Baker: suma de los valores absolutos de los cambios diarios en el flujo medio diario dividido por la suma de todos los flujos diarios.
	RevVar.		-	
	RbFlash.		-	
Respuesta de la cuenca.	RunoffCo.		-	Ratio de escorrentía: flujo medio anual (en mmyr-1) dividido por la precipitación media anual. Evapotranspiración real= precipitación anual media menos flujo anual medio (en mmyr-1).
	ActET.		Mmyr-1.	

#### Anexo N. 4: Firmas hidrológicas.

##### SESGO

PROMEDIO m3/s	<b>2,60967051</b>
MEDIANA m3/S	<b>2,735</b>
SESGO	<b>0,95417569</b>

##### QSP

ÁREA DE LA CUENCA KM2	<b>260,31</b>
PROMEDIO DEL CAUDAL ESPECÍFICO (L/S/KM2)	<b>0,01002524</b>

<b>QSP</b>	<b>0,00954534</b>
------------	-------------------

### CVQ

<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>0,85180763</b>
<b>MEDIA</b>	<b>2,60967051</b>
<b>CVQ</b>	<b>0,32640428</b>

### BFI

```

8
9
10 #para pita aj saltos
11
12 pita90<-read.csv(file.choose())
13 pita90
14
15 #Convert to time series:
16 time <- ts(pita90)
17 time
18 #Lets say our data contains values from one hydrological year (jan-dec)
19 #starting on 1 jan 1990:
20 myriver <- createlfobj(time, startdate = "01/01/1990",hyearstart = 1)
21 myriver
22 #Add meta-data
23 createlfobj(myriver, meta = list(river = "myriver"))
24
25
26 BFI(myriver, year = "any",breakdays = NULL, yearly = FALSE)
27
27:1 (Top Level)
R Script

```

```

~/ |
157 6 6 1990 5135 1990 4634.667
158 7 6 1990 5154 1990 4636.778
159 8 6 1990 5173 1990 4638.889
160 9 6 1990 4641 1990 4641.000
161 10 6 1990 4660 1990 4660.000
162 11 6 1990 4679 1990 4679.000
163 12 6 1990 4698 1990 4698.000
164 13 6 1990 4717 1990 4717.000
165 14 6 1990 4736 1990 4736.000
166 15 6 1990 4755 1990 4755.000
[ reached 'max' / getOption("max.print") -- omitted 13712 rows ]
> BFI(myriver, year = "any",breakdays = NULL, yearly = FALSE)
[1] 0.8744297
> |

```

### Q5

<b>Q5</b>	<b>3,7</b>
<b>L/S/KM2</b>	<b>14,213822</b>

## HFD

HFD	<b>3,384</b>
HFD/MEDIANA	<b>1,23729433</b>

## Q95

Q95	<b>0,187</b>
L/S/KM2	<b>0,71837425</b>

## LowFr

```

RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function Addins
Flujos bajos.R* x Constanca.R x FLUJOS BAJOS.R x
Source on Save Run Source
1 ## install and load the required packages:
2 install.packages("hydrostats")
3 library(hydrostats)
4
5
6 cuenca9013<-read.csv(file.choose())
7 cuenca9013
8
9 flow.ts<-ts.format(cuenca9013, format="%d/%m/%Y", cols=c(1,2))
10 flow.ts
11
12 ## Obteniendo el LowFr total number of low flow spells
13 ## (threshold equal to 5 % of mean daily flow)
14 ## CUIDADO AQUI divided by the record length, so for Bucay = 0.05* 2.48 = 0.12
15
16 low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=0.12,
17 duration = T, volume = T, plot = T, ann.stats = T, ann.stats.only = F,
18 hydro.year=FALSE)
19
20
19:1 (Top Level) R Script
Console Terminal Jobs
~/
497 1991-05-13 0.1790
498 1991-05-14 0.1790
499 1991-05-15 0.1770
500 1991-05-16 0.1790
[ reached 'max' / getoption("max.print") -- omitted 4978 rows ]
> low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=0.12,
+ duration = T, volume = T, plot = T, ann.stats = T, ann.stats.only = F,
+ hydro.year=FALSE)
low.spell.threshold min.low.spell.duration avg.low.spell.duration
1 0.12 1
med.low.spell.duration max.low.duration low.spell.freq avg.min.ann cv.min.ann
1 1 0.06666667 1.4582 60.80473
ann.min.timing ann.min.timing.sd ann.min.min.dur ann.min.avg.dur ann.min.max.dur
1 156 111 1 29.61538 365

```

## HighFrVr

SD	<b>3,591877935</b>
MEAN	<b>3,476769231</b>

HIGHFRVR	1,033107951
----------	-------------

### LowDurVar.

SD	141,3033822
MEAN	95,25
LOWDURVAR	1,483500076

### 30 días Max

PROMEDIO	3,10082
MEDIANA	2,705
30DMAX	1,14632902

### Constancia.

The screenshot shows an R Studio window with the following R code in the editor:

```

1
2
3 ## install and load the required packages:
4 install.packages("hydrostats")
5 library(hydrostats)
6
7 ## Colwells indices
8 colwells(flow.ts, fn = "mean",
9           boundaries = "transform", s = 11,
10          base.binning = 2, from = 0.5, by = 0.25, base.entropy=2, indices.only=FALSE)
11

```

The console output shows the results of the `colwells` function for four different flow types:

```

$C
[1] 0.33

$M
[1] 0.07

$CP
[1] 0.825

$MP
[1] 0.175

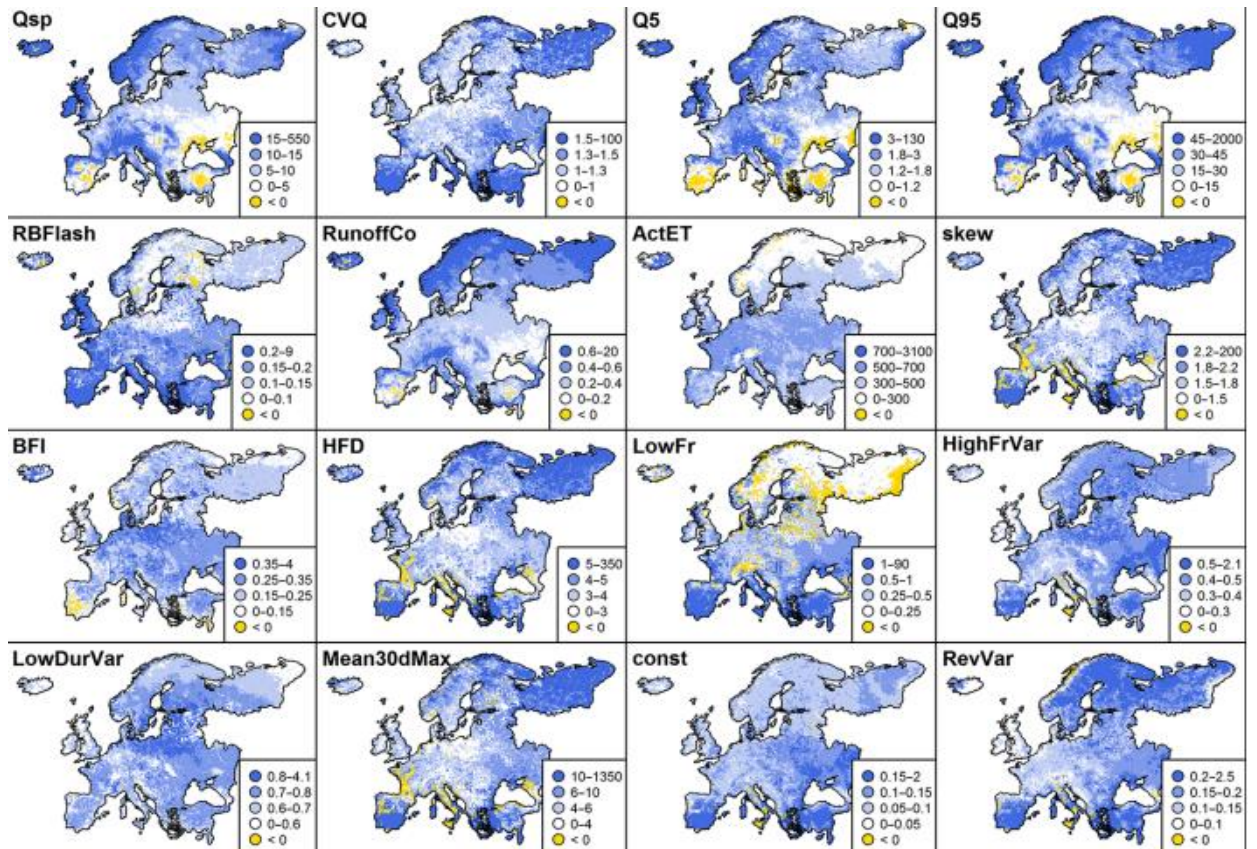
>

```

**RevVar.**

SD	<b>34,88992214</b>
MEAN	<b>97,6</b>
REVVAR	<b>0,35747871</b>

**Anexo N. 5: Rango de resultados.**



**Anexo N. 6: Comparación de resultados.**

<b>CHIMBO BUCAY</b>	<b>PITA AJ SALTO</b>
SESGO: 1,65079116	SESGO: 0,95417569
QSP: 16,0419803	QSP: 0,00954534
CVQ: 1,07978759	CVQ: 0,40334171
BFI: 0,926476	BFI: 0,8744297
Q5: 50,3568243	Q5: 14,047866
HFD: 3,97004608	HFD: 1,23475046
Q95: 1,87388492	Q95: 0,71837425
LOWFR: 0,2916667	LOWFR: 0,06666667
HIGHFRVAR: 1,20930654	HIGHFRVAR: 1,03310795

LOWDURVAR: 1,02242899	LOWDURVAR: 1,48350008
MEAN30D: 4,33819124	MEAN30D: 1,14632902
CONST: 0,1	CONST: 0,33
REVVVAR: 0,36518134	REVVVAR: 0,35747871