PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABÍ

CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN:

UTILIZACIÓN DE FIRMAS DE FLUJO PARA ENTENDER LA VARIABILIDAD HIDROLÓGICA EN CUENCAS DE LA COSTA ECUATORIANA.

PREVIO AL TÍTULO:

INGENIERA HIDRÁULICA.

AUTORA:

LILIAN LILIBETH VERDUGA LOOR.

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 Pontifica 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. Ing. John Felix Mera.Mg.

PRIMER LECTOR 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.



Verduga Loor Lilian Lilibeth

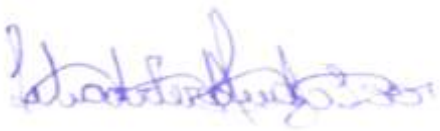
Dirección: Chone – El Vergel

E-mail: he-464@pucem.edu.ec

Celular: 0985462548

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.



_____

Verduga Loor Lilian Lilibeth

C.I. 1724466881

DEDICATORIA

Este logro tan especial va dedicado a Dios que con su infinita gracia y misericordia me permitió hacerlo posible, lo dedico a mis papitos hermosos John Verduga y Carmen Loor, me apoyaron, me contuvieron, me sostuvieron y llenaron de fuerzas todos los días, creyeron en mí y su amor estuvo presente en cada momento, a mis hermanas Lindy y Liritsa, son unas mujeres fuertes e inteligentes y fueron mi inspiración, así como también me supieron sostener la mano cuando más lo necesité.

Mi agradecimiento y dedicatoria especial está dirigida a Humberto Verduga, quien con sus palabras de aliento me supo fortalecer y creyó en mi en todo momento, ha estado presente en mi mente y corazón durante todos estos años y cada palabra que me dedicó con todo su amor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa en mi vida, sin Él esto realmente no hubiera sido posible, a mis papitos por haber sido desde el día uno, mi soporte y haberme llenado de fuerzas, a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, por haber sido parte de mi formación académica, haberme formado como una profesional pero también por haberme ayudado a forjarme en carácter y actitud, al Ing. Andy Giler por ser el profesor tutor que me acompañó en este camino de mi formación académica, lleno de paciencia y comprensión aparte de todo el conocimiento que me enseñó y dejó en mí, a mis tías Janeth Loor y Ruth Loor por haberme llenado de palabras de afirmación cuando sentía que no lograría continuar, a mis amigos con los que caminé durante 5 años, en medio de días difíciles, alegres y emocionantes, cada uno han sido parte de este hermoso recorrido que hoy culmino con la mayor satisfacción y gratitud.

Resumen

Este estudio cuantitativo entendió la variabilidad hidrológica en cuencas de la costa ecuatoriana utilizando firmas de flujo, al no existir en el país una investigación de este tipo, pese a la importancia de conocer las características y alteraciones físicas que experimentan las cuencas con el transcurso del tiempo. Consecuentemente, esta investigación se realizó en un periodo de 6 meses del año 2020, usando datos de las subcuencas Chimbo Bucay (1990-2013) y Chimbo AJ Milagro (1995-2013), obtenidos en los anuarios hidrológicos del Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI), utilizando 13 firmas hidrológicas. Los resultados de los datos de las subcuencas Chimbo Bucay y Chimbo AJ Milagro muestran que, pese a desprenderse de la misma cuenca principal del río Chimbo, ambas subcuencas comprenden una variabilidad hidrológica en magnitudes distintas, atribuible a cambios anuales, climáticos y de suelos, así como a evaporación, precipitación e intervención humana. Entre los resultados de las firmas hidrológicas destaca el de Flujos bajos (LowFr), con un valor de 0.2916 entre 0.8-4.1, límite inferior del rango más alto respecto a la literatura científica en la subcuenca Chimbo Bucay, y LowFr con un valor de 3.736842 entre 1-90, límite inferior del rango primero respecto a la literatura científica en la subcuenca Chimbo AJ Milagro, encontrándose dentro de los rangos establecidos. En conclusión, esta investigación logra determinar y comprender la variabilidad hidrológica de estas dos subcuencas, a partir de la literatura científica existente, cumpliendo así con los objetivos planteados.

Palabras clave: variabilidad hidrológica, firmas hidrológicas, evaporación

Abstract

This quantitative research study aimed to understand hydrological variability across Ecuadorian coast basins using hydrological signatures, since there are no similar research studies in this country, despite the importance of knowing the characteristics and physical changes experienced by basins over time. Therefore, this research study was conducted over a six-month period in 2020, using data of the *Chimbo Bucay* Sub-Basin (1990-2013) and the *Chimbo AJ Milagro* Sub-Basin (1995-2013), from the yearbooks provided by the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI, for its initials in Spanish), and using 13 hydrological signatures. The findings from the *Chimbo Bucay* and *Chimbo AJ Milagro* Sub-basins data show that in spite of originating from the same *Chimbo* River main basin, both sub-basins have different types of hydrological variability due to annual, climate and soil changes, as well as to evaporation, rainfall and human intervention. As per the findings of the hydrological signatures, that of the Low Flows (Low Fr) stand out with a value of 0.2916 between 0.8-4.1, corresponding to the lower limit of the highest range compared to scientific literature in the *Chimbo Bucay* Sub-Basin, and LowFr with a value of 3.736842 between 1-90, corresponding to the lower limit of the first range with respect to scientific literature in the *Chimbo AJ Milagro* Sub-Basin, which are within the established ranges. In conclusion, this research manages to determine and understand the hydrological variability of these two sub-basins based on existing scientific literature, thus meeting its objectives.

Keywords: hydrological variability, hydrological signatures, evaporation

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL ii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD iii
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR iv
DEDICATORIA v
AGRADECIMIENTO vi
Resumen vii
Abstract vii
INTRODUCCIÓN 1
OBJETIVOS. 4
Objetivo General 4
Objetivos Específicos. 4
MATERIALES Y MÉTODOS 5
CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR. 5
Localización 5
Chimbo Bucay 5
Milagro 5
EQUIPOS Y MATERIALES 7
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN 7
MÉTODOS 7
Procedimiento para obtener la variabilidad hidrológica de la cuenca 8
FORMULAS DE LAS 13 FIRMAS HIDROLÓGICAS 13
1.SESGO. 13
2.QSP. 13
3.CVQ. 14
4. BFI. 15
5.Q5. 16
6.HFD. 17
7.Q95. 17
8.LowFR. 18
9.HighFrVr. 20
10.LowDurVar. 21
11.30 diasMax 21
12.Constancia 22

13.RevVar. 23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 24
CONCLUSIONES 28
BIBLIOGRAFÍA 29
ANEXOS 33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. Descripción de las 13 firmas hidrológicas. 12
Tabla 4. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 13
Tabla 5. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 13
Tabla 6. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 14
Tabla 7. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 14
Tabla 8. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 14
Tabla 9. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 14
Tabla 10. Firma hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Bucay. 15
Tabla 11. Firma hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 16
Tabla 12. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 16
Tabla 13. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 17
Tabla 14. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 17
Tabla 15. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 17
Tabla 16. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 17
Tabla 17. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 17
Tabla 18. Firma hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Bucay. 18
Tabla 19. Firma hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 18
Tabla 20. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 20
Tabla 21. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 21
Tabla 22. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 21
Tabla 23. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 21
Tabla 24. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 22
Tabla 25. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 22
Tabla 26. Firma Hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Bucay. 22
Tabla 27. Firma Hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 23
Tabla 28. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay. 23
Tabla 29. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 23
Tabla 30. Resultados de las subcuencas Chimbo Bucay y Chimbo Aj Milagro. 25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las subcuencas Chimbo Bucay y Chimbo Aj Milagro. 6
Figura 2. Curva de descarga de la subcuenca Chimbo Bucay del año 1996. 9
Figura 3. Curva de descarga de la subcuenca Chimbo Bucay del año 2003. 10
Figura 6. Umbral mínimo de flujos bajos de la subcuenca Chimbo Bucay. 19
Figura 7. Umbral mínimo de flujos bajos de la subcuenca Chimbo Aj Milagro. 20

INTRODUCCIÓN

En regiones tropicales y montañosas, hay una escasa investigación acerca de temas hidrológicos. Existen muchas herramientas que apoyan la planificación y gestión de recursos hídricos, favoreciendo investigaciones para mejorar la compresión de procesos hidrológicos, recursos hidrológicos, impactos por variabilidad climática. Sin embargo, la aplicación en investigaciones hídricas sigue estando limitada por disponibilidad de datos. Tener escases de información y de estudios es una gran desventaja, ya que el tema hidrológico es fundamental para la humanidad y conocer las características hidrológicas en regiones tropicales puede ayudar en mantener una óptima calidad y cantidad en los recursos hídricos(Muñoz et al., 2011).

En Latinoamérica se han realizado investigaciones en donde se profundiza la relevancia de los estudios hídricos, haciendo énfasis en la variabilidad climática que se producen en las cuencas por diversos factores(Alvarado, 2017)(Andrade-Valdospino et al., 2017)(Vimos, 2017)(Cárdenas & Tobón, 2017).

En el Ecuador se han realizado investigaciones sobre la variabilidad hidrológica de las cuencas, aun así, los estudios que se han realizado no cuentan con una amplia utilización en índices que permiten comprender los cambios y alteraciones físicas de las cuencas y subcuencas. Hasta el momento no se ha realizado una caracterización de cuencas utilizando las 13 firmas de flujos que este estudio aplicó, para tener una mejor comprensión en los cambios físicos de manera cuantitativa en las cuencas(Alomía & Chimbo, 2014)(Ortiz Vasquez Ruben, 2016)(Chávez-Jiménez & González-Zeas, 2015)(Vimos, 2017)(Cárdenas & Tobón, 2017)(Guerrero Perez, 2015)(Giler-Ormaza et al., 2020).

Kuentz y otros (2017) realizaron una investigación para comprender la variabilidad hidrológica en Europa a través de la clasificación de las cuencas, con el objetivo de comprender mejor los controles físicos sobre los patrones de las firmas de flujo, aprovechando los datos abiertos para así optar por una clasificación de cuencas utilizando firmas de flujo en cuencas de Europa.

Las firmas hidrológicas son índices que caracterizan el comportamiento hidrológico, en la actualidad se usan normalmente para comprender la variabilidad espacio-tiempo en los procesos hidrológicos, también se pueden diagnosticar debilidades en los modelos hidrológicos. Con una amplia gama de fuentes de datos se pueden calcular las firmas hidrológicas, pero cuando se lleva a la práctica se calculan con mayor frecuencia utilizando series de descarga y a eso se le conoce como índices de flujo o características de flujo(Addor et al., 2018).

Las firmas de flujo ayudan a cuantificar el comportamiento hidrológico, es decir forman una base sensata para un marco de clasificación. Debe guiarse por el intento de describir el comportamiento hidrológico básico a la elección de firmas que serán utilizadas. Se puede mejorar la comprensión de los procesos hidrológicos al estudiar las diferencias y similitudes en las firmas de flujo, así como también en las características de las cuencas(Kuentz et al., 2017).

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 variabilidad 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).

Cuando se usa una firma para evaluar el realismo de algún modelo, permite tratar esos modelos como hipótesis que se pueden comprobar sobre el comportamiento de la cuenca. Para poder ser útiles al momento de realizar una clasificación, las firmas hidrológicas deben tener un vínculo directo con las funciones de la cuenca(McMillan, 2020).

En esta investigación con la utilización de 13 firmas de flujo se pretende comprender la variabilidad hidrológica de la subcuenca Chimbo Bucay H340 y la subcuenca Chimbo Aj Milagro H390, brindando información sobre las características y alteraciones físicas, naturales o producidas por el hombre, fundamental para investigaciones futuras.

OBJETIVOS.

Objetivo General.

- Determinar la variabilidad hidrológica en cuencas de la Costa Ecuatoriana utilizando firmas de flujo.

Objetivos Específicos.

- Seleccionar las cuencas de estudio en base a la disponibilidad de datos hidrometeorológicos.
- Definir los índices y firmas de flujo apropiadas para las cuencas de estudio en base a la literatura científica existente.
- Calcular los índices y firmas de flujo para la estimación de la variabilidad hidrológica en las áreas de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR.

Localización

Chimbo Bucay

La primera subcuenca en la que se realizó el estudio se llama Chimbo Bucay, pertenece a la provincia del Guayas y Bolívar, parroquia General Antonio, el área que comprende es aproximada de 2242km2. Su delimitación se genera a partir de la estación H340 y toma el nombre de Chimbo en Bucay, sus coordenadas UTM son: Este707320; Norte 9756764.6 a una altitud de 297 msnm.

Milagro

La segunda subcuenca en la que se realizó el estudio se llama Chimbo Milagro, es un cantón que pertenece a la provincia del Guayas y Bolívar, su red hidrográfica está conformada principalmente por el rio Chimbo, el área que comprende es aproximada de 3487 km2. Su delimitación se genera a partir de la estación H390 y toma el nombre de Chimbo Aj Milagro, sus coordenadas UTM son: Este 645191; Norte 9767641 a una altitud de 30 msnm.

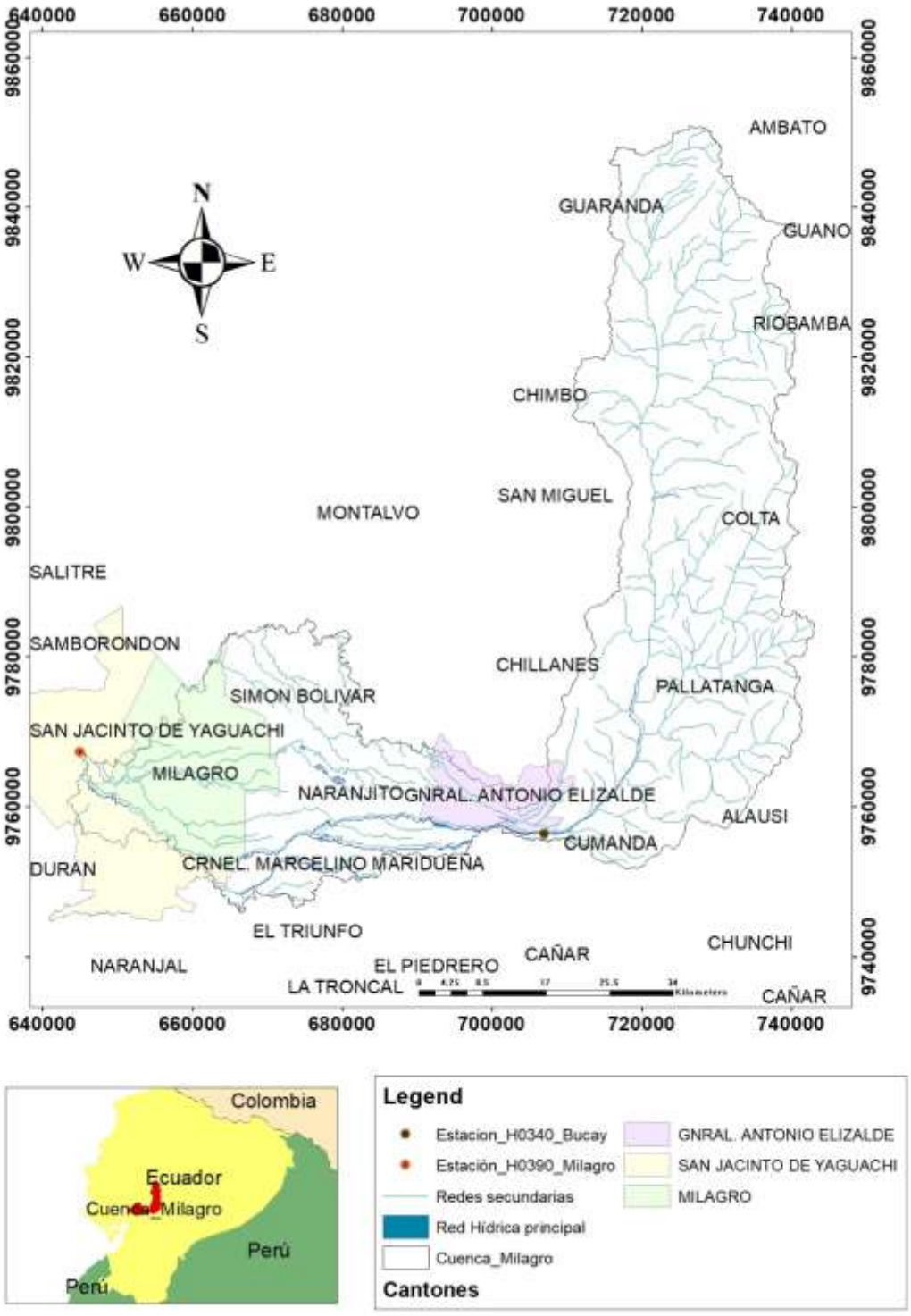


Figura 1. Ubicación de las subcuencas Chimbo Bucay y Chimbo Aj Milagro.

EQUIPOS Y MATERIALES

Los materiales que se usaron y facilitaron el desarrollo de la investigación, fueron: cuadernos, lapiceros, laptop, calculadora, software de Excel, software de Word, software RStudio, software IHA.

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Las subcuencas cumplieron con todos los requisitos para la selección de tal, ambas contaron con las estaciones hidrometeorológicas, Chimbo Bucay tiene 24 años de datos en las estaciones hidrológicas, Chimbo Aj Milagro tiene 19 años de datos en las estaciones hidrológicas, son cuencas que al cumplir con un criterio mínimo establecido de 10 años de datos hidrológicos facilitaron la obtención de resultados.

MÉTODOS

En la investigación presente los datos que se utilizaron fueron buscados en los anuarios hidrológicos del INAMHI, los programas que ayudaron a la realización de la investigación fueron software IHA y el software RStudio.

INAMHI: El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en el Ecuador, desde la década de 1960 es el encargado de la recopilación y publicación de los datos meteorológicos en el país. La información antiguamente se registraba de manera manual por el operario de la estación, ocasionando errores involuntarios por diversos factores. Un estudio ambiental representativo requiere de datos históricos confiables y validos para poder realizar cualquier tipo de análisis(Carrera-Villacrés et al., 2016).

Para la presente investigación se solicitó información del INAMHI, accediendo a los anuarios hidrológicos en la web, se pudo realizar una búsqueda de cuencas de la Costa

Ecuatoriana, el criterio establecido para la selección de cuencas es de mínimo de 10 años, se seleccionaron las subcuencas Chimbo Bucay y Chimbo Aj Milagro las cuales cumplieron con el criterio establecido.

IHA: Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) es un software que fue desarrollado originalmente por The Nature Conservancy en la década de 1990, para procesar de una manera rápida los registros hidrológicos diarios, permite que se pueda caracterizar las condiciones naturales del agua y brinda una facilidad en las evaluaciones en los regímenes de flujos, por de los cambios que son inducidos por el hombre(Mathews & Richter, 2017).

RStudio: R es un software de programación, tiene lugar a ciencias hidrológicas en las últimas décadas, impulsada por la disponibilidad de datos hidrometeorológicos y el desarrollo de herramientas computacionales de códigos abiertos. El crecimiento del uso de R se refleja en la cantidad de paquetes hidrológicos que han sido recientemente publicados(Slater et al., 2019).

En la presente investigación se utilizaron los paquetes Hydrologic Indices for Daily Time Series Data (hydrostat), que calcula los índices hidrológicos para datos de series de tiempo diarios que se utilizan ampliamente en hidrología. Y el paquete Calculation of Low Flow Statistics for Daily Stream Flow Data (lfstat), es un manual de estimación y predicción de caudales bajos, publicado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), ofrece un resumen completo sobre como analizar datos de caudales, centrándose en caudales bajos. (Bond, 2019)(Koffler et al., 2016).

Procedimiento para obtener la variabilidad hidrológica de la cuenca

- El primer paso que se realizó fue la selección de la cuenca que queríamos estudiar, tuvimos que hacer una búsqueda en los anuarios hidrológicos y meteorológicos para comprobar si la cuenca cumplía con un mínimo de 10 años de datos.

- Por falta de disponibilidad de datos en cuencas principales de la Costa Ecuatoriana, se seleccionaron la subcuenca Chimbo Bucay y la subcuenca Chimbo Aj Milagro, que, a pesar de no ser cuencas principales, el proceso de la investigación es la misma que se llevaría en una cuenca principal.
- Cuando se obtuvieron los datos de caudales y precipitación se pasaron a un formato de Excel, desde el mes de enero hasta diciembre, en la subcuenca Chimbo Bucay desde el año 1990 hasta el 2013, en la subcuenca Chimbo Aj Milagro desde el año 1995 hasta el 2013.
- Analizamos los años que no tenían los datos completos, fueron seleccionados en la subcuenca Chimbo Bucay los años 1997, 2006, 2007,2011 como años que no contaban con datos de caudales, por lo que se procedió a realizar tres curvas de descarga, en los años 1996, 2003 y 2013, en Chimbo Aj Milagro fueron seleccionados los años 1997, 1999, 2006, 1998,2000, 2013 como años que no contaban con datos de caudales por lo cual se procedió a realizar una curva de descarga en el año 2003.

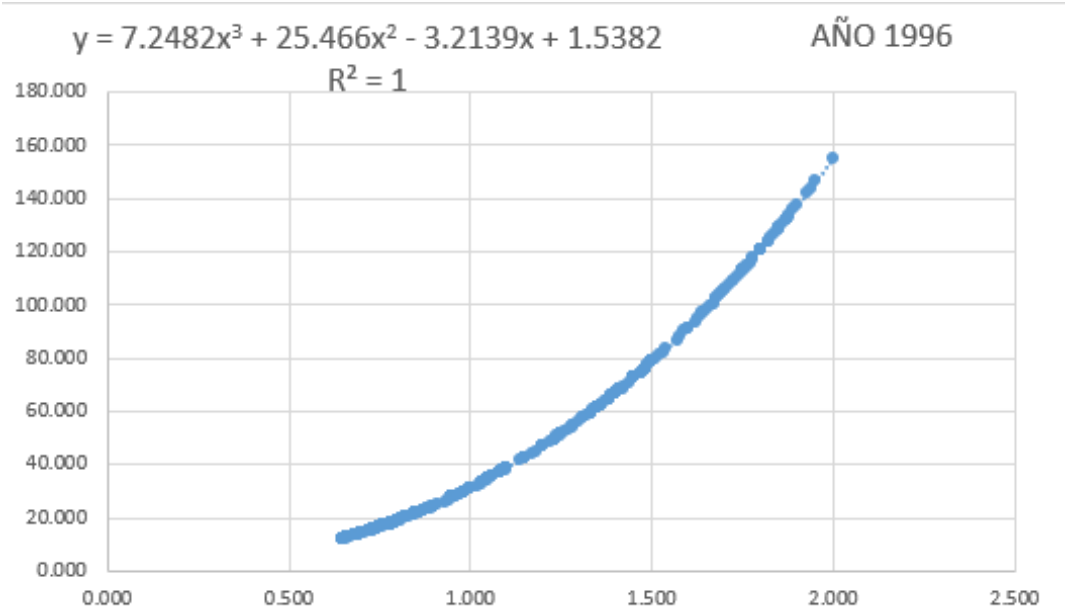


Figura 2. Curva de descarga de la subcuenca Chimbo Bucay del año 1996.

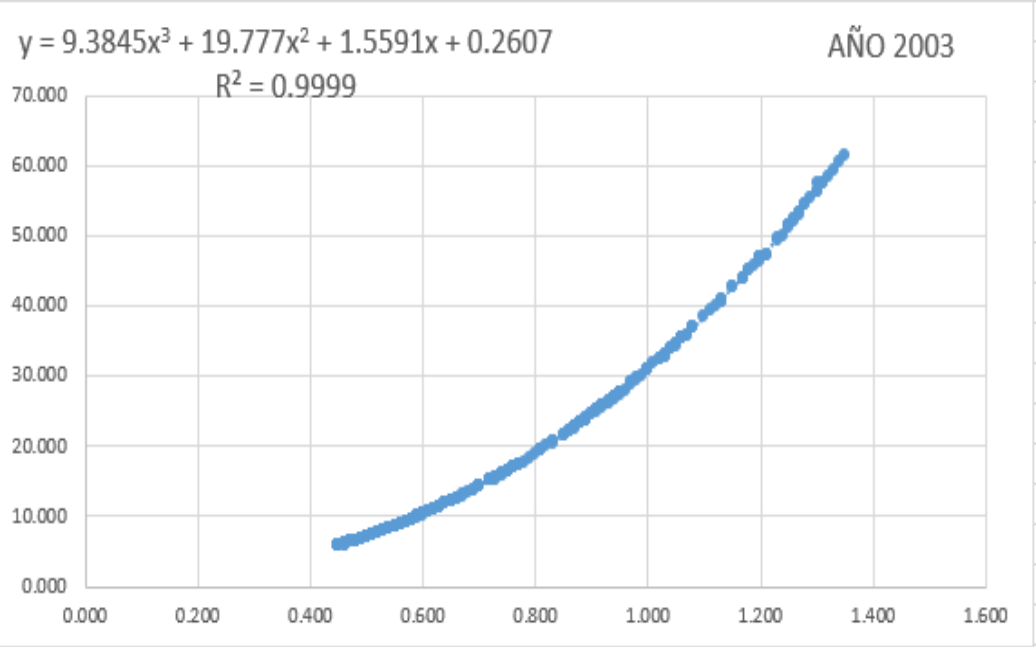


Figura 3. Curva de descarga de la subcuenca Chimbo Bucay del año 2003.

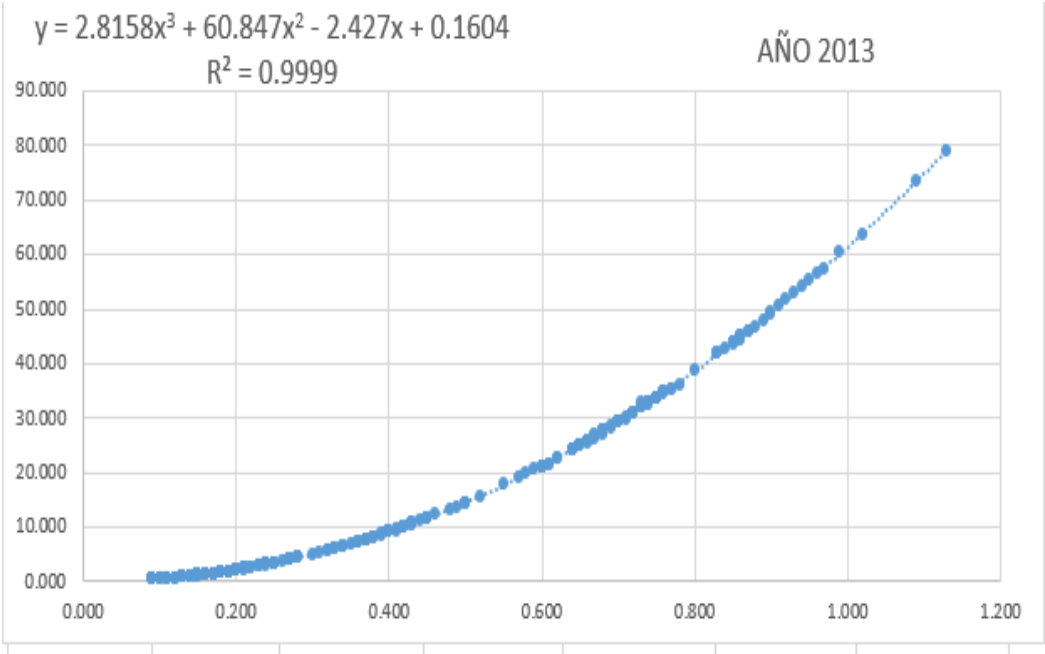


Figura 4. Curva de descarga de la subcuenca Chimbo Bucay del año 2013.

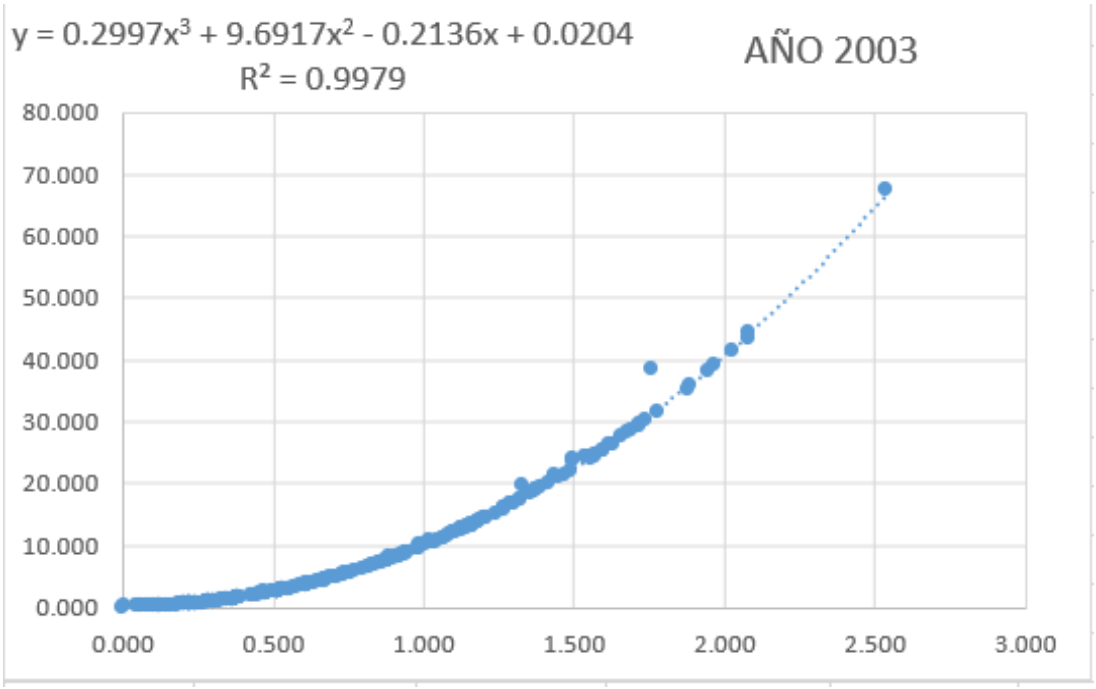


Figura 5. Curva de descarga de subcuenca Chimbo Aj Milagro del año 2003

- Una vez realizadas las curvas de descarga, se rellenaron los datos, en la subcuenca Chimbo Bucay el año 1997 fue rellenado con la curva del año 1996, los años 2006 y 2007 fueron rellenados con la curva del año 2003 y el año 2011 fue rellenado con la curva de descarga del 2013, las curvas de descarga se escogieron de acuerdo a la semejanza de los datos de los años que se debían rellenar. En el caso de la subcuenca Chimbo Aj Milagro los años de caudales faltantes se rellenaron con la curva generada en el año 2003, esto es debido a que fue la curva con más semejanzas en datos que tuvo con los años de caudales que había que rellenar.
- Luego se procedió a pasar los datos del formato de Excel a un bloc de notas ya que había años que no tenían datos de caudales completos y en el programa IHA esos datos faltantes se rellenaron.
- Una vez pasado los datos al bloc de notas se hizo el procedimiento de rellenar los datos de los caudales de los años faltantes, en la subcuenca Chimbo Bucay fueron octubre y noviembre de 1990, noviembre del año 2000, septiembre del año 2004.

En la subcuenca Chimbo Aj Milagro fueron enero, febrero, diciembre del año 1995, mayo, septiembre de 2002, noviembre de 2007, octubre de 2009, julio, agosto, septiembre de 2010, septiembre, octubre, noviembre de 2011, junio, julio, agosto de 2012.

- Teniendo los datos de caudales rellenos se procedió a realizar el cálculo de las 13 firmas que fueron escogidas en base a en la literatura de Kuentz y otros (2017).

Tabla 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.	Sesgo	-	Asimetría=media/mediana de los flujos diarios.
		Qsp	Ls-1km-2	Flujo especifico medio.
		CVQ	-	Coeficiente de variación=DE/media de los flujos diarios.
	Flujo Bajo	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 especifico diario.
		LowFr	Year-1	Número total de periodos de flujo bajo (umbral igual a 5% del flujo medio diario) dividido por la duración del registro.
	Flujo Alto.	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).
	Flujo Alto.	Mean30dMax	-	Promedio anual máximo de 30 días dividido por flujo medio.

Calendario de eventos de flujo. Tasa de cambio en eventos de flujo.	Const. RevVar.	- -	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

Fuente: Understanding hydrologic variability across Europe Through catchment classification(Kuentz et al., 2017).

FÓRMULAS DE LAS 13 FIRMAS HIDROLÓGICAS

1. **SESGO.**

Sesgo= Promedio total /mediana del flujo anual.

Unidades: n/a.

Tabla 4. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

PROMEDIO m3/s	**35.9661198**
MEDIANA m3/s	**21.7**
SESGO	**1.65742487**

Tabla 5. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

PROMEDIO m3/s	**29.4554607**
MEDIANA m3/s	**10.585**
SESGO	**2.7827549**

2. **QSP.**

Qsp= Promedio total/ área de la cuenca*1000

Unidades= L/S/ Km^2

Tabla 6. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

ÁREA DE LA CUENCA KM2	**2242**
PROMEDIO DEL CAUDAL ESPECÍFICO (L/S/KM/KM)	**16.0419803**
QSP	**16.0419803**

Tabla 7. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

ÁREA DE LA CUENCA KM2	**3487**
PROMEDIO DEL CAUDAL ESPECÍFICO (L/S/KM/KM)	**8.44722129**
QSP	**8.44722129**

3. **CVQ.**

Cvq= Desviación estándar/ media

Tabla 8. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR	**38.8357697**
MEDIA	**35.9661198**
CVQ	**1.07978759**

Tabla 9. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR	**39.3688554**

MEDIA	**29.4554607**
CVQ	**1.33655541**

4. **BFI.**

Índices de flujos bajos.

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

Unidades= n/a.

Tabla 10. Firma hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Bucay.

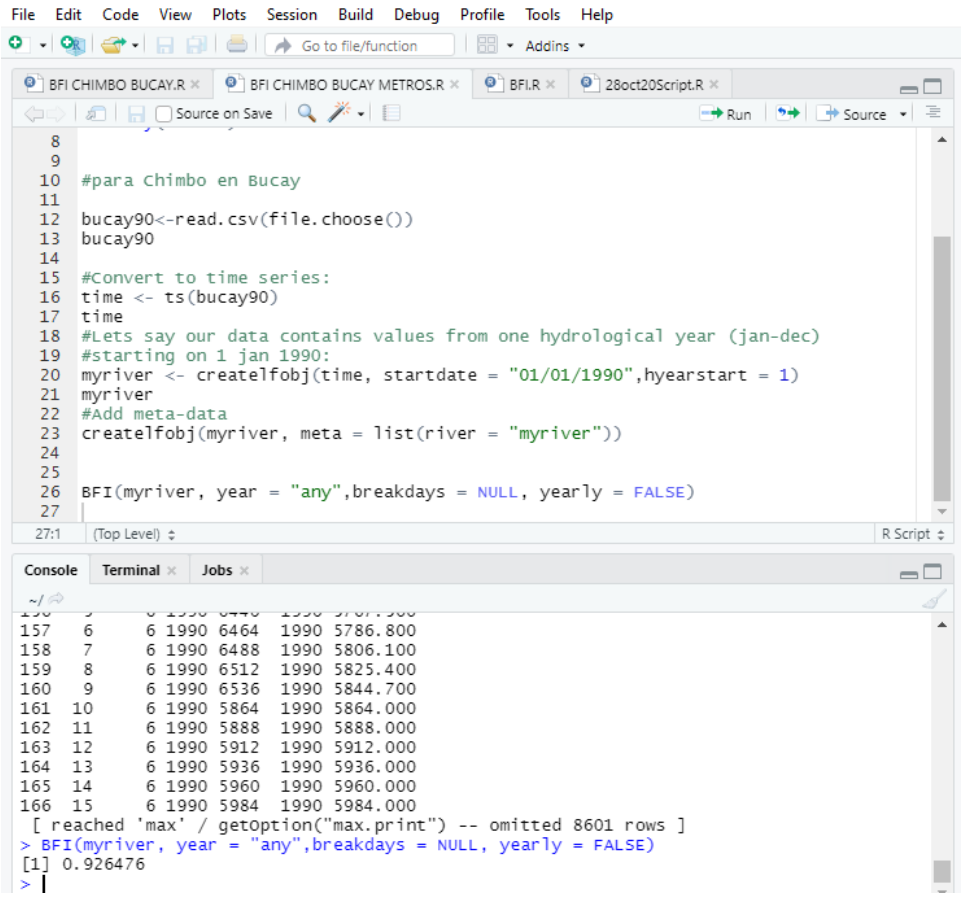
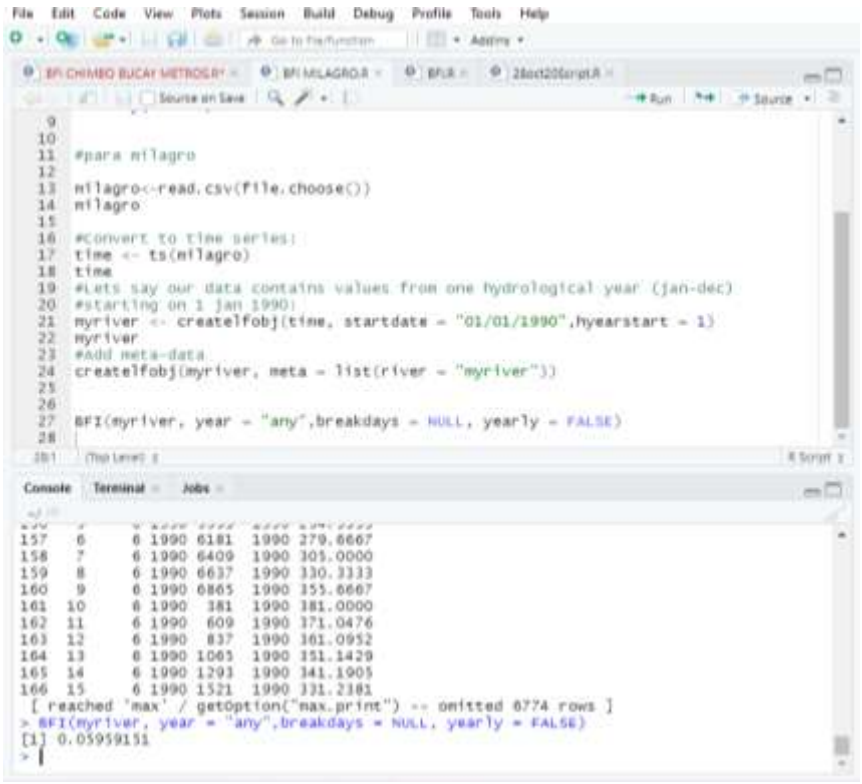


Tabla 11. Firma hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.



5. **Q5.**

Q5= **(**Percentil.INC, 0.095)/área de la cuenca*1000

Unidades lts/s/km/km

Tabla 12. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay**.**

Q5	**112.9**
L/S/KM/KM	**50.3568243**

Tabla 13. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

Q5	**117.9**
L/S/KM/KM	**33.8112991**

6. **HFD.**

HFD = (Percentil.INC, 0.90)/ mediana total.

Tabla 14. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

HFD	**86.15**
HFD/MEDIANA	**3.97004608**

Tabla 15. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

HFD	**88.931**
HFD/MEDIANA	**8.40160605**

7. **Q95.**

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

Unidades lts/s7km/km.

Tabla 16. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

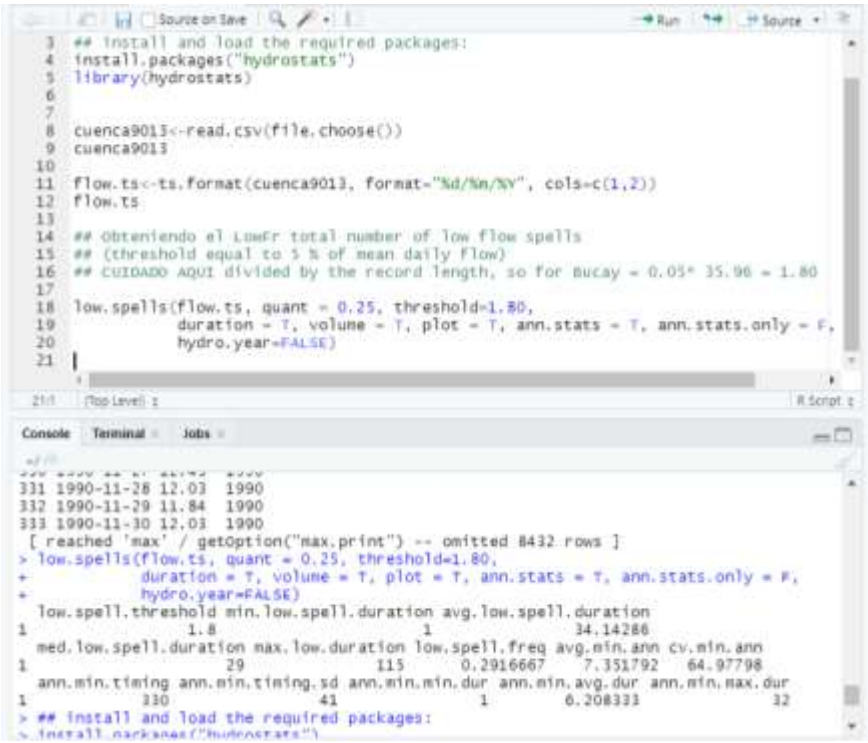
Q95	**4.20125**
L/S/KM/KM	**1.87388492**

Tabla 17. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

Q95	0.112465
L/S/KM/KM	0.03225265

8. LowFr

Tabla 18. Firma hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Bucay.



```
## Install and load the required packages:
install.packages("hydrostats")
library(hydrostats)


cuenca9013<-read.csv(file.choose())
cuenca9013

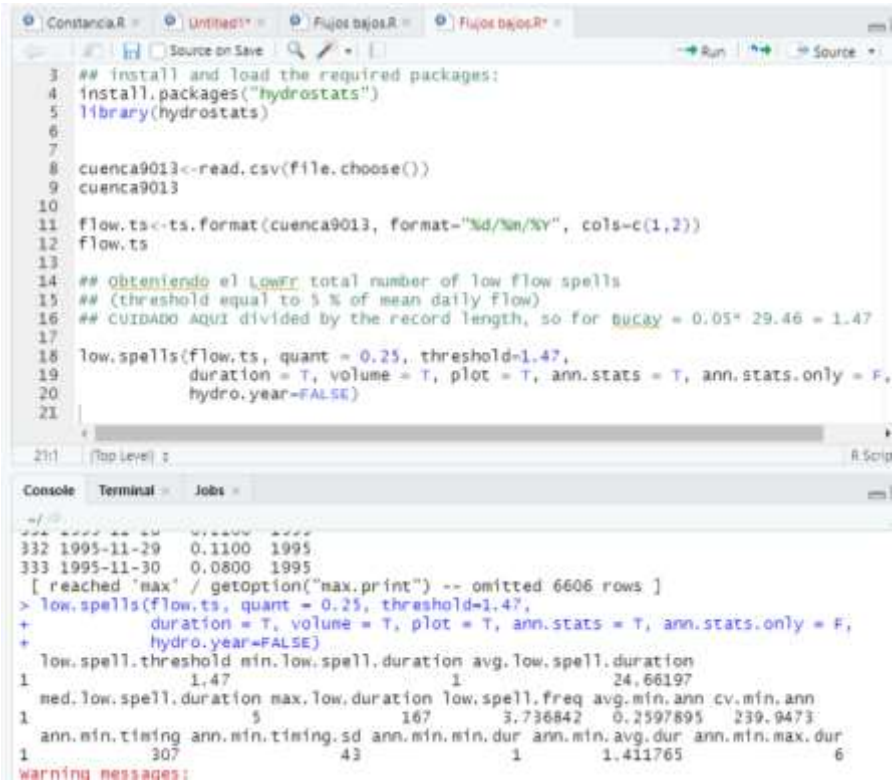
flow.ts<-ts.format(cuenca9013, format="%d/%m/%Y", cols=c(1,2))
flow.ts

## Obteniendo el LowFr total number of low flow spells
## (threshold equal to 5 % of mean daily flow)
## CUIDADO AQUI divided by the record length, so for Bucay = 0.05* 35.96 = 1.80

low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=1.80,
           duration = T, volume = T, plot = T, ann.stats = T, ann.stats.only = F,
           hydro.year=FALSE)
```

```
331 1990-11-28 12.03  1990
332 1990-11-29 11.84  1990
333 1990-11-30 12.03  1990
 [ reached 'max' / getOption("max.print") -- omitted 8432 rows ]
> low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=1.80,
+            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                 1.8                      1                34.14286
  med.low.spell.duration max.low.duration low.spell.freq avg.min.ann cv.min.ann
1                     29              115      0.2916667    7.351792   64.97798
  ann.min.timing ann.min.timing.sd ann.min.min.dur ann.min.avg.dur ann.min.max.dur
1            330               41                1        6.208333              32
> ## Install and load the required packages:
```

Tabla 19. Firma hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.



```
## Install and load the required packages:
install.packages("hydrostats")
library(hydrostats)


cuenca9013<-read.csv(file.choose())
cuenca9013

flow.ts<-ts.format(cuenca9013, format="%d/%m/%Y", cols=c(1,2))
flow.ts

## Obteniendo el LowFr total number of low flow spells
## (threshold equal to 5 % of mean daily flow)
## CUIDADO AQUI divided by the record length, so for Bucay = 0.05* 29.46 = 1.47

low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=1.47,
           duration = T, volume = T, plot = T, ann.stats = T, ann.stats.only = F,
           hydro.year=FALSE)
```

```
332 1995-11-29   0.1100  1995
333 1995-11-30   0.0800  1995
 [ reached 'max' / getOption("max.print") -- omitted 6606 rows ]
> low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=1.47,
+            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                1.47                      1                24.66197
  med.low.spell.duration max.low.duration low.spell.freq avg.min.ann cv.min.ann
1                      5              167       3.736842   0.2597895   239.9473
  ann.min.timing ann.min.timing.sd ann.min.min.dur ann.min.avg.dur ann.min.max.dur
1            307               43                1        1.411765               6
warning messages:
```

En esta grafica se pueden observar el umbral mínimo de flujos bajos que es la subcuenca Chimbo Bucay fue de 0.2916.

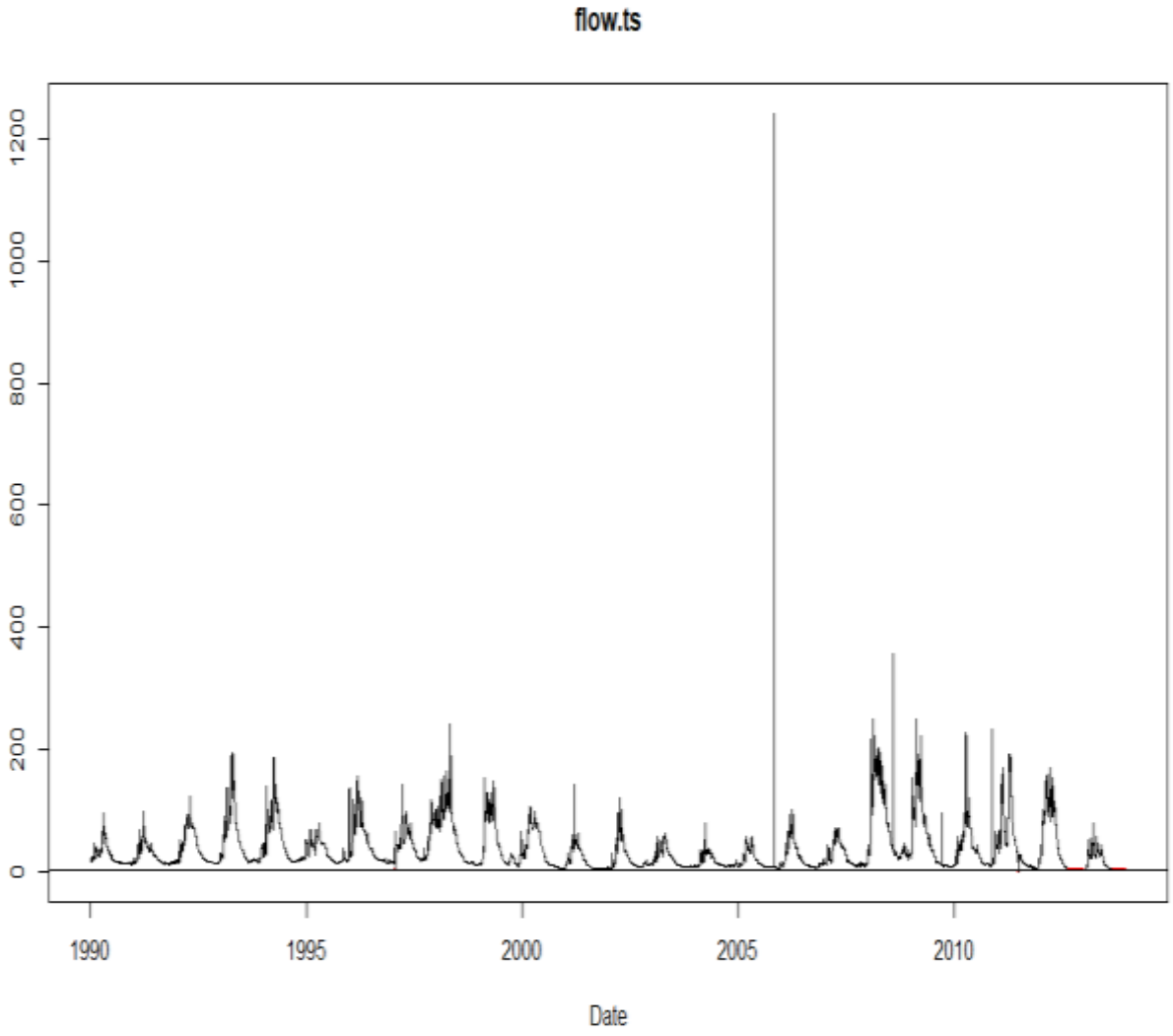


Figura 6. Umbral mínimo de flujos bajos de la subcuenca Chimbo Bucay.

En esta grafica se pueden observar el umbral mínimo de flujos bajos que es la subcuenca Chimbo Bucay fue de 3.7894.

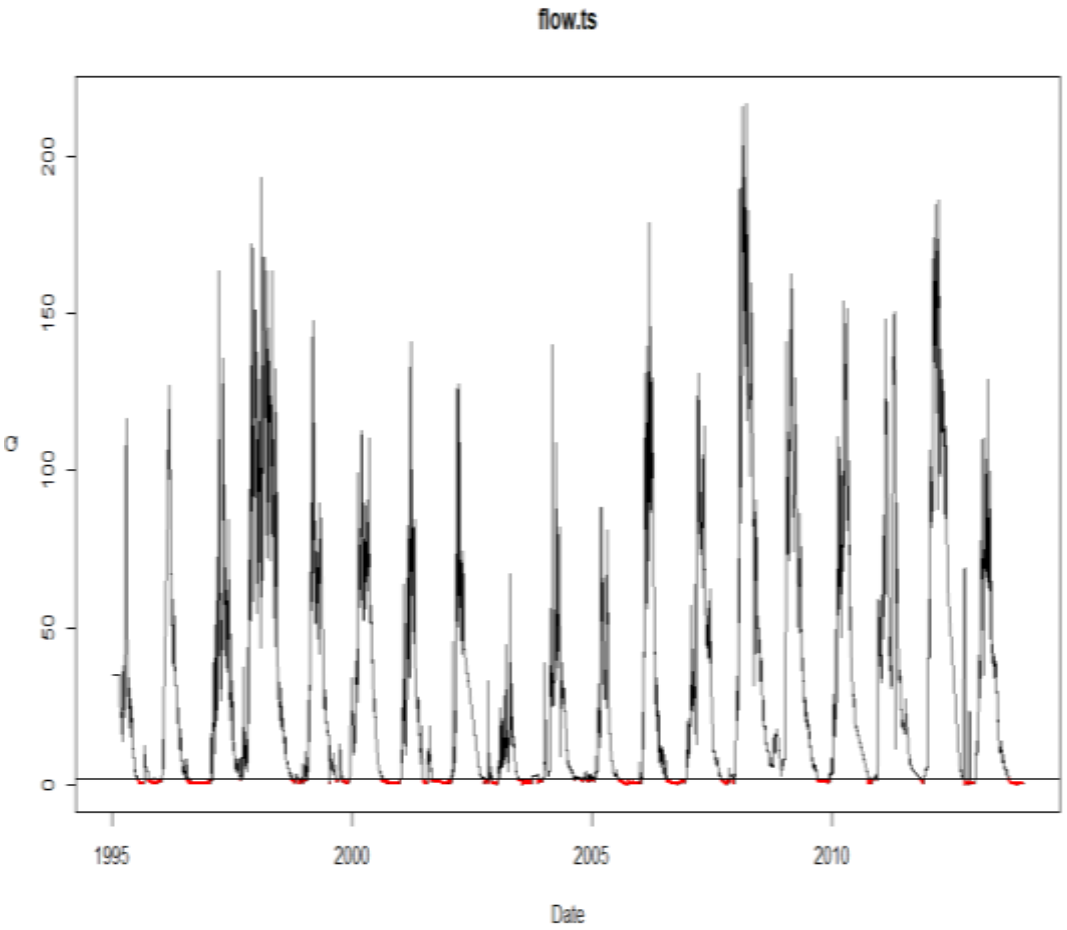


Figura 7. Umbral mínimo de flujos bajos de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

8. **HighFrVr.**

   HighFrVr = Desviación estándar/ promedio total.

Tabla 20. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

SD	**22.78185105**
MEAN	**18.83877273**

HIGHFRVR	**1.209306539**

Tabla 21. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

SD	**15.8284617**
MEAN	**14.88177778**
HIGHFRVR	**1.063613631**

9. LowDurVar.

LowDurVar = Desviación estándar/ promedio

Tabla 22. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

SD	**69.35942994**
MEAN	**67.83789474**
LOWDURVAR	**1.022428986**

Tabla 23. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

SD	**21.89669649**
MEAN	**30.97516667**
LOWDURVAR	**0.706911337**

10. 30 diasMax

M30 diasMax = Promedio/ mediana total anual.

Tabla 24. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

PROMEDIO	**94.13875**
MEDIANA	**21.7**
30 DIAS MAX	**4.338191244**

Tabla 25. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

PROMEDIO	**99.17684211**
MEDIANA	**10.585**
30 DIAS MAX	**9.369564677**

11. Constancia

Tabla 26. Firma Hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Bucay.

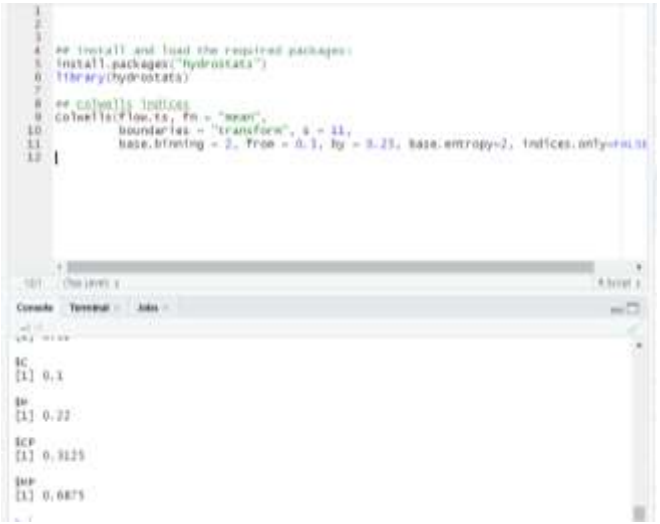
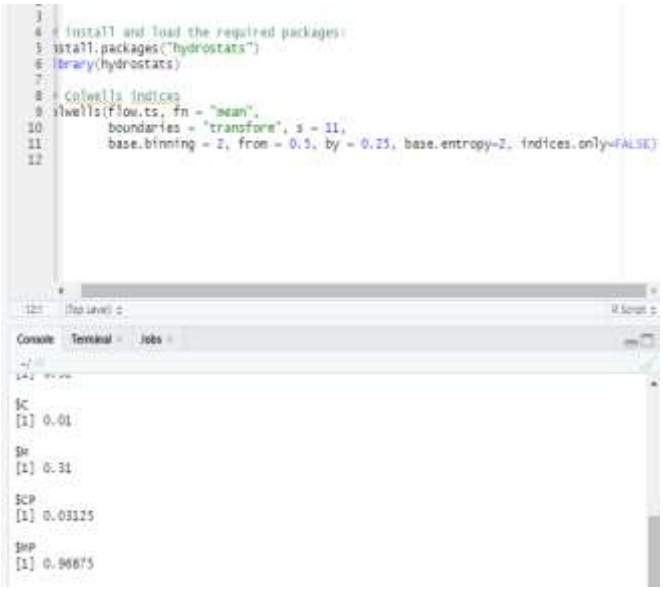


Tabla 27. Firma Hidrológica realizada en RStudio de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.



12. RevVar.

RevVar = Desviación estándar/ promedio

Tabla 28. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Bucay.

SD	**18.0460445**
MEAN	**49.41666667**
REVVAR	**0.365181339**

Tabla 29. Firma hidrológica realizada en Excel de la subcuenca Chimbo Aj Milagro.

SD	**29.94112413**
MEAN	**133.0526316**
REVVAR	**0.225032183**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primero se realizó la selección de las dos cuencas basadas en la cantidad de datos hidrológicos existentes, se procedió a completar datos y luego se realizó la selección de firmas mediante la literatura de Kuentz y otros (2017).

La comprensión de los procesos principales en la generación de flujo y comportamiento de captación, entre ellos la lluvia, evapotranspiración, capacidad de almacenamiento y alteración humanas, pueden ser las causantes de la variabilidad hidrológica de las subcuencas Chimbo Bucay y Chimbo Aj Milagro.

La presente investigación se realizó con datos de la subcuenca Chimbo Bucay y la subcuenca Chimbo Aj Milagro, a pesar de ser dos subcuencas que desprenden de la misma cuenca principal del rio Chimbo, al momento de obtener los resultados pudimos darnos cuenta de las variabilidades hidrológicas que cada una posee.

Esto se atribuye a los cambios que se generan a lo largo de los años en cada subcuenca, cambios climáticos, incluye cambios de suelos, evaporación, precipitación, alteraciones humanas, entre otros.

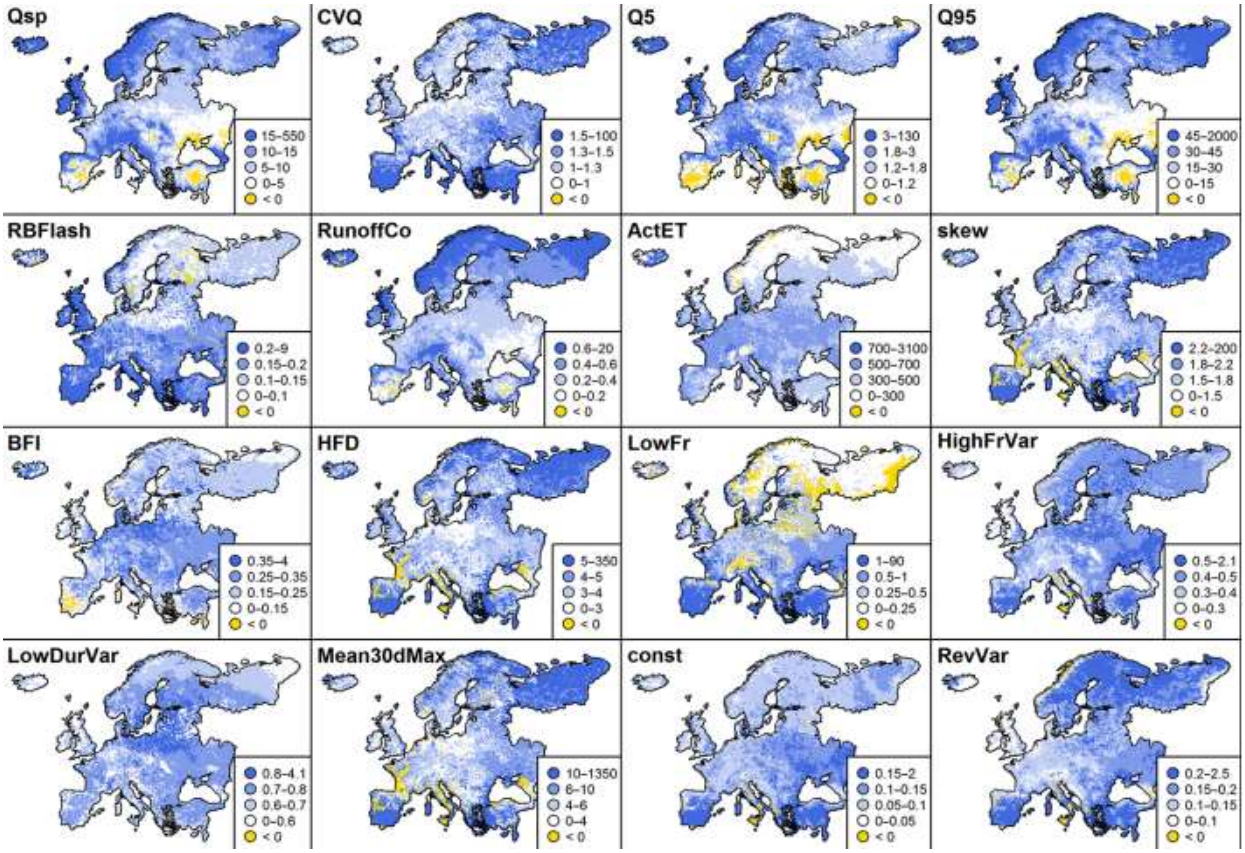
Todo eso se pudo determinar mediante los resultados de cada firma hidrológica que se implementaron a lo largo de la investigación y se pudo cumplir con el objetivo general y específicos que nos llevaba a determinar la variabilidad hidrológica mediante la literatura de Kuentz y otros (2017).

Kuentz y otros (2017) realizaron una investigación para comprender la variabilidad hidrológica en Europa a través de la clasificación de cuencas, mediante las firmas hidrológicas que se utilizaron en la presente investigación.

Tabla 30. Resultados de las subcuencas Chimbo Bucay y Chimbo Aj Milagro.

Chimbo Bucay		Chimbo Aj Milagro	
SESGO	1.65079116	SESGO	2.782754903
QSP	16.0419803	QSP	8.44722129
CVQ	1.07978759	CVQ	1.33655541
BFI	0.926476	BFI	0.05959151
Q5	50.3568243	Q5	33.8112991
HFD	3.97004608	HFD	8.40160605
Q95	1.87388492	Q95	0.03225265
LOWFR	0.2916667	LOWFR	3.736842
HIGHFRVAR	1.20930654	HIGHFRVAR	1.06361363
LOWDURVAR	1.02242899	LOWDURVAR	0.70691134
30 DIAS MAX	4.33819124	30 DIAS MAX	9.36956468
CONSTANCIA	0.1	CONSTANCIA	0.01
REVVAR	0.36518134	REVVAR	0.22503218

Se pudo comparar los rangos de flujos respecto a las firmas hidrológicas, todos los resultados están en los rangos de la categoría de Kuentz y otros (2017).



Fuente: Understanding hydrologic variability across Europe Through catchment classification(Kuentz et al., 2017).

En la subcuenca Chimbo Bucay:

- Sesgo: Resultado entre 1.5-1.8, límite inferior del rango intermedio.
- QSP: Resultado entre 15-550, límite inferior del rango primero.
- CVQ: Resultado entre 1-1.3, límite inferior del rango intermedio.
- BFI: Resultado entre 0.35-4, límite inferior del rango primero.
- Q5: Resultado entre 3-130, limite intermedio del rango primero.
- HFD: Resultado entre 3-4, límite inferior del rango intermedio.
- Q95: Resultado entre 0-15, límite inferior del rango penúltimo.
- LOWFR: Resultado entre 0.5-1, límite superior del rango segundo.
- HIGHFRVAR: Resultado entre 0.5-2.1, cerca del límite inferior.
- LOWDURVAR: Resultado entre 0.8-4.1, límite inferior del rango más alto.
- 30 DIAS MAX: Resultado entre 4-6, límite inferior del rango intermedio.
- CONSTANCIA: Resultado entre 0.1-0.15, límite inferior del rango segundo.
- REVVAR: Resultado entre el rango más alto, en el límite inferior.

En la subcuenca Chimbo Aj Milagro:

- Sesgo: Resultado entre 2.2-200, límite inferior del rango primero.
- QSP: Resultado entre 5-10, limite medio del rango intermedio.
- CVQ: Resultado entre 1.3-1.5, límite inferior del rango segundo.
- BFI: Resultado entre 0-0.15, límite inferior del rango penúltimo.
- Q5: Resultado entre 3-130, limite medio del rango primero.
- HFD: Resultado entre 5-350, límite inferior del rango primero.
- Q95: Resultado entre 0-15, límite inferior del rango penúltimo.
- LOWFR: Resultado entre 1-90, límite inferior del rango primero.
- HIGHFRVAR: Resultado entre 0.5-2.1, limite medio del rango primero.

- LOWDURVAR: Resultado entre 0.7-0.8, límite inferior del rango segundo.
- 30 DIAS MAX: Resultado entre 6-10, límite superior del rango segundo.
- CONSTANCIA: Resultado entre 0.1-0.15, límite inferior del rango segundo.
- REVVAR: Resultado entre 0.2-2.5, límite inferior del rango primero.

Se puede notar las características hidrológicas diferentes en cada subcuenca debido a los cambios o alteraciones que cada una ha tenido a lo largo de los años.

CONCLUSIONES

- Se determinó la variabilidad hidrológica de las subcuencas Chimbo Bucay y Chimbo Aj Milagro, sus alteraciones, cambios surgidos con el paso de los años, el comportamiento de las cuencas de manera cuantificativa mediante las 13 firmas que se utilizaron y nos ayudaron a llegar al objetivo de la investigación.
- Se logró seleccionar dos subcuencas que cumplían con el criterio mínimo establecido, se utilizaron datos abiertos encontrados en los anuarios hidrológicos del INAMHI y los análisis estadísticos que nos llevaron a concluir que se puede determinar la variabilidad en los procesos de cada cuenca.
- Se utilizaron 13 índices de flujos que se seleccionaron mediante la literatura de Kuentz y otros (2017), todos los índices que se utilizaron se correlacionaron con al menos un descriptor de cada cuenca
- Se realizó el cálculo de las 13 firmas de flujo y pudimos notar que a pesar de ser subcuencas que desprenden de una misma cuenca principal, ambas tuvieron datos diferentes con relación a las firmas que se utilizaron, quiere decir que las variabilidades causadas en cada una son diferentes o se han producido en diferente magnitud.
- Para investigaciones futuras se debe tomar en cuenta dejar a un lado los años en los que se ha generado el fenómeno del niño para que los datos no tengan alteraciones, ya que es un acontecimiento que no ocurre todos los años.

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 Labrado 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.

Andrade-Valdospino, A., Zapata-Rios, X., & Manciati-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/5de73f8ba6fdcc2837035f8e/VCongresoREDU.pdf#page=19

Bond, M. N. (2019). *Hydrologic Indices for Daily Time Series Data. Package ‘ hydrostats ’* (0.2.7). 2019-05-05.

Cárdenas, M. F., & Tobón, C. (2017). Rehabilition of hydrological funtioning of páramo ecosystems in Colombia. *Actualidad y Divulgación Científica*, *20*(2), 403–412. http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a18.pdf

Carrera-Villacrés, D. V., Guevara-García, P. V., Tamayo-Bacacela, L. C., Balarezo-Aguilar, A. L., Narváez-Rivera, C. A., & Morocho-López, D. R. (2016). Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media. *Idesia*, *34*(3), 81–90. https://doi.org/10.4067/S0718-34292016000300010

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

Giler-Ormaza, A., Navarrete, Z., Alejandra, X., José, C. Z., Vera, A., Armando, D., Sánchez, G., Paul, J., Mera, F., Enrique, J., Toro, C., David, M., Loor, A., & Ramón, J. (2020). *UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA Facultad de Humanidades y Educación Instituto de Geografía Revista Terra. Nueva Etapa*. 2020.

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

Koffler, A. D., Gauster, T., Laaha, G., & Gauster, M. T. (2016). *Calculation of Low Flow Statistics for Daily Stream Flow Data. Package ' lfstat '* (0.9.4; p. 63). 2016-08-24.

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

Mathews, R., & Richter, B. (2017). Application of the Indicators of Hydrologic Alteration Software in Environmental Flow Setting. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, *43*, 1400–1413. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2007.00099.x

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*.

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

Ortiz Vasquez Ruben. (2016). "CARACTERIZACIÓN DE SEQUIAS EN LA CUENCA DEL RIO PUYANGO-TUMBES EN BASE A LOS ÍNDICES DE FLUJO BASE Y PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADA." In *Universidad de Cajamarca* (Vol. 3, Issues 3–24). Universidad Nacional de Cajamarca.

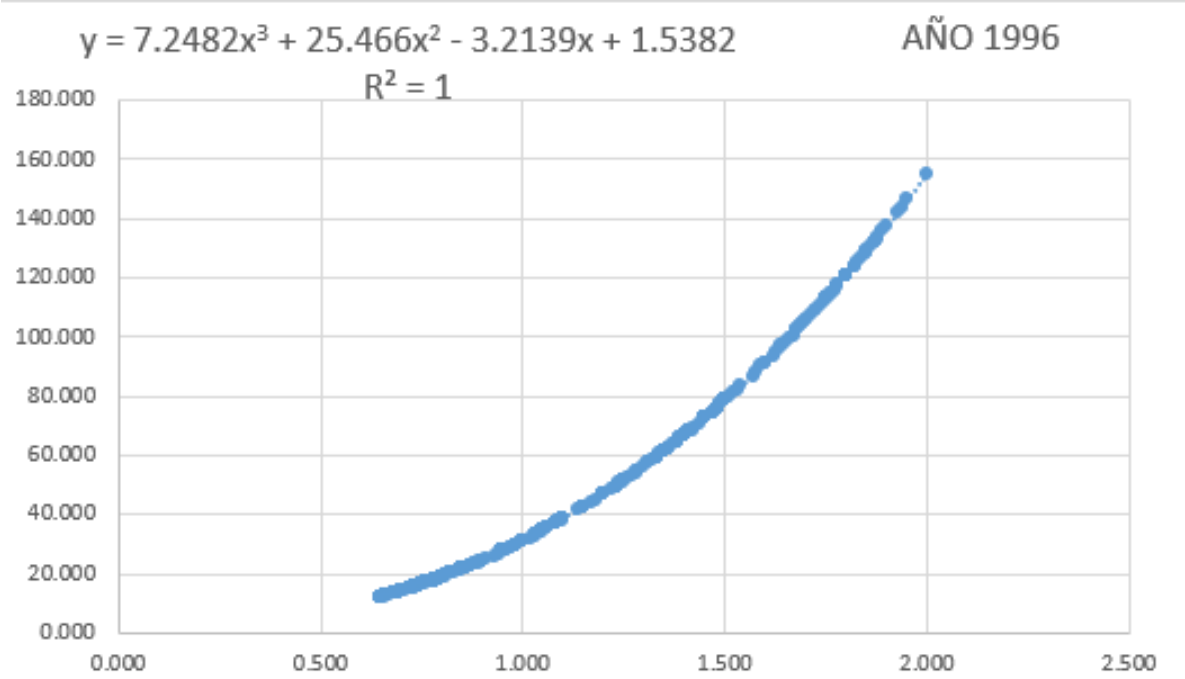
Slater, L. J., Thirel, G., Harrigan, S., Delaigue, O., Hurley, A., Khouakhi, A., Prosdocimi, I., Vitolo, C., & Smith, K. (2019). Using R in hydrology: A review of recent developments and future directions. *Hydrology and Earth System Sciences*, *23*(7), 2939–2963. https://doi.org/10.5194/hess-23-2939-2019

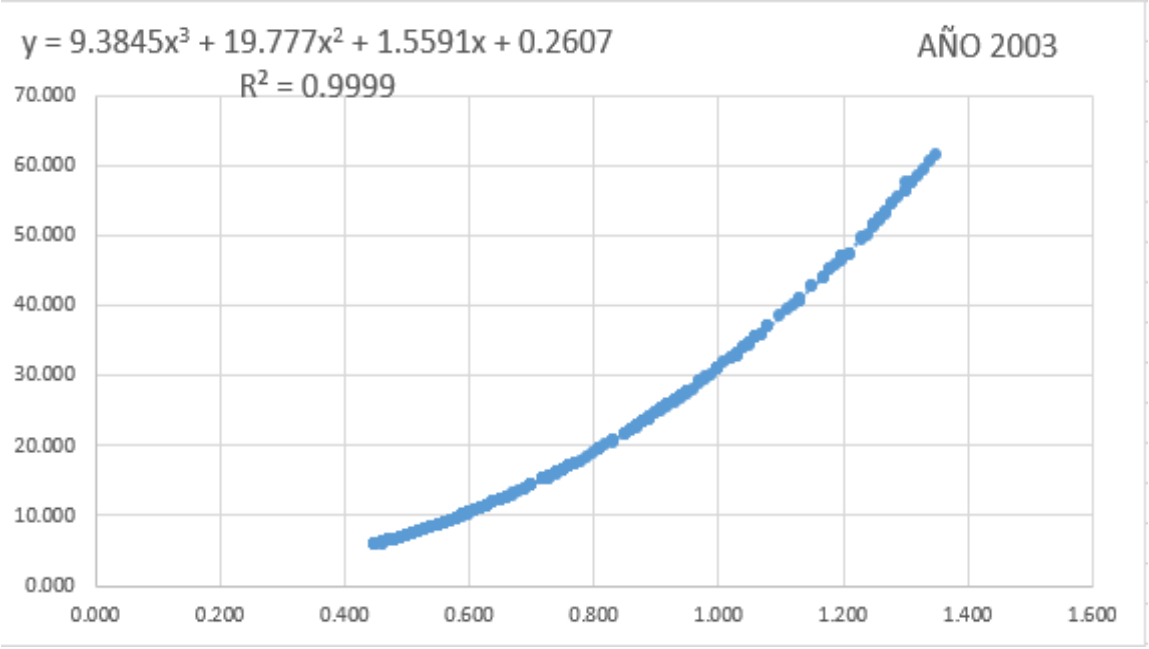
Vimos, D. (2017). *Influencia de las condiciones hidráulicas e hidrológicas en la variación espacial y temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en los ríos altoandinos de cabecera al sur del Ecuador* [Universidad Politecnica de Valencia]. http://hdl.handle.net/10251/86217

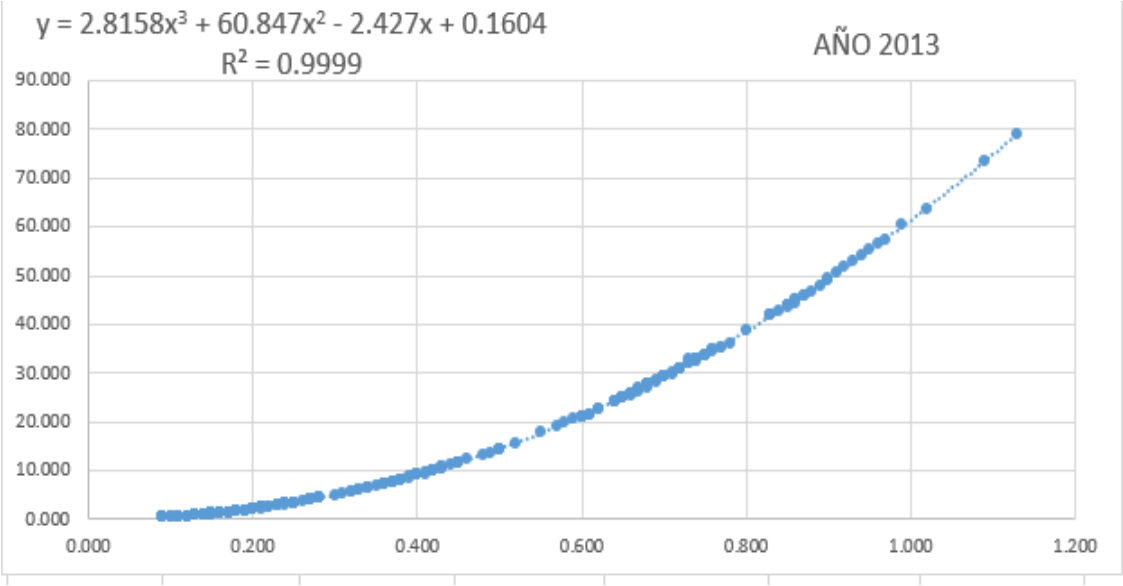
ANEXOS

Anexo No. 1: Curvas de descarga.

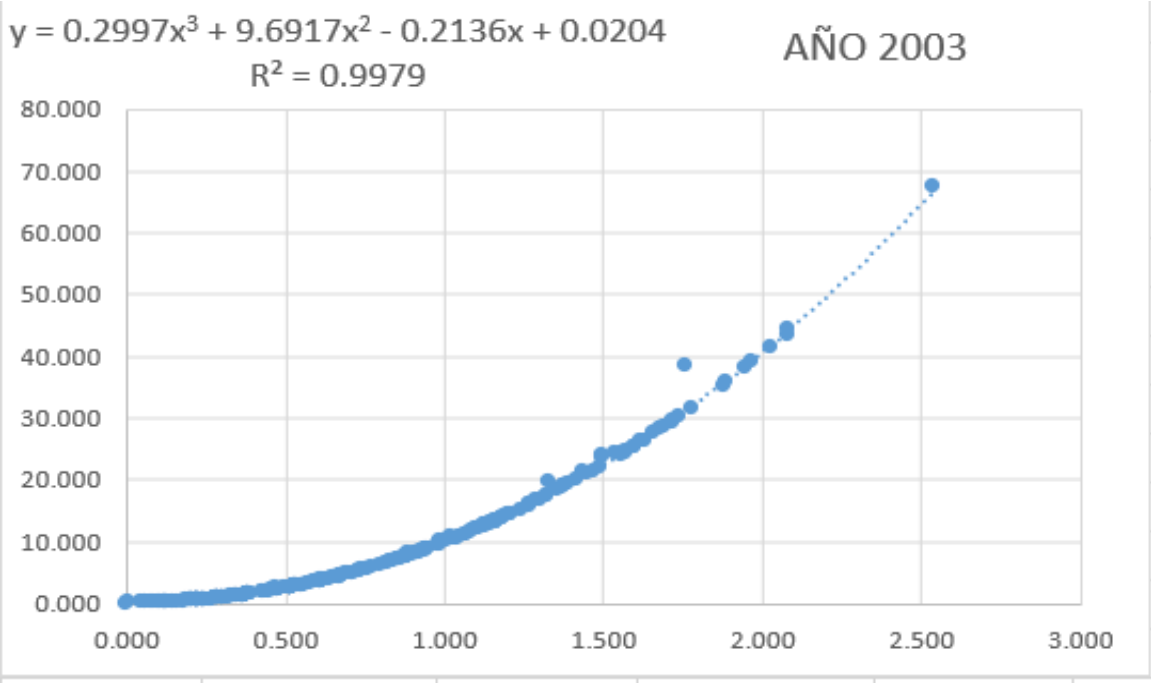
Subcuenca Chimbo Bucay.



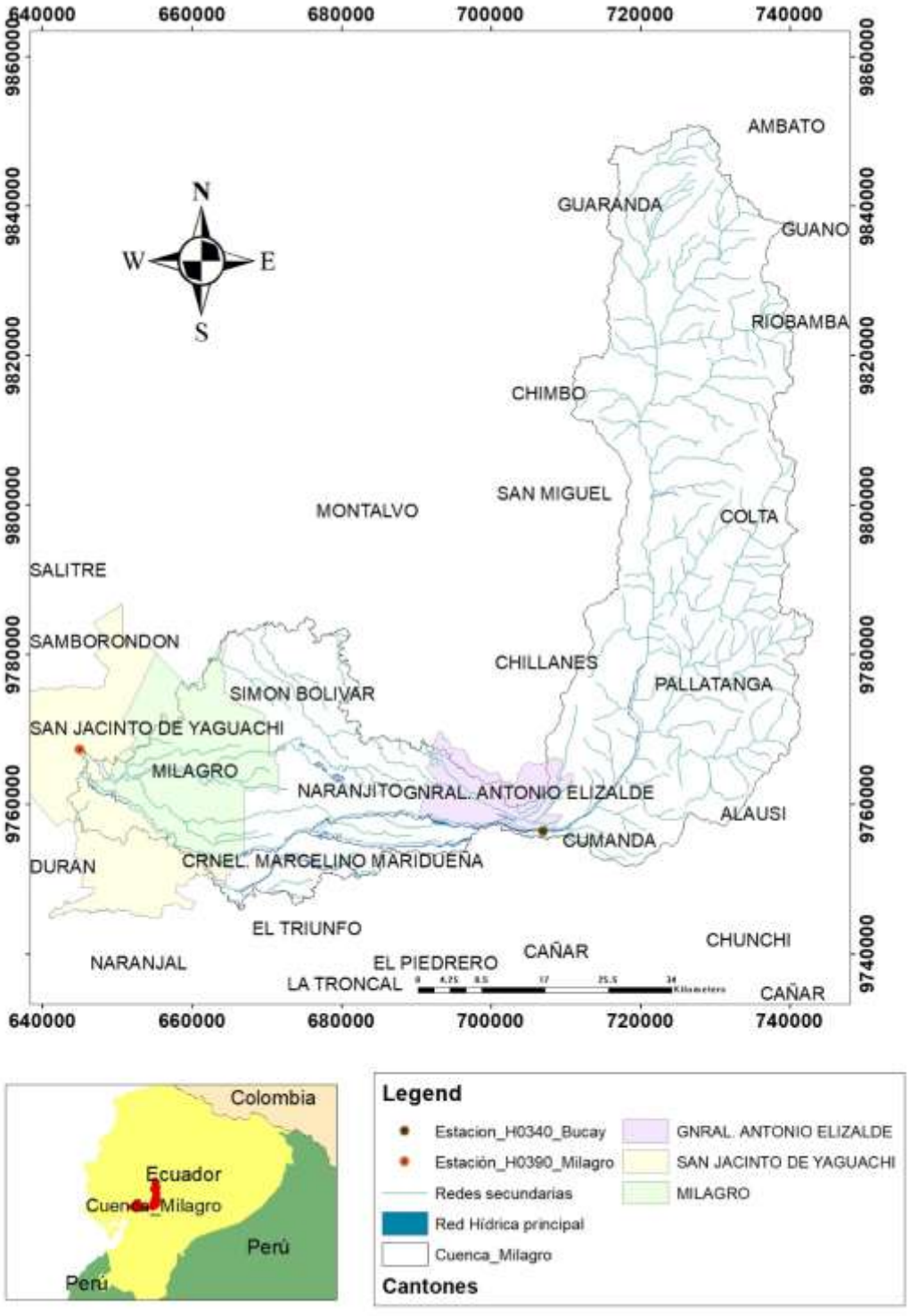




Subcuenca Chimbo Aj Milagro.



Anexo No. 2: Mapa de ubicación de las subcuencas.



Anexo No. 3: Tabla de 13 firmas de flujo.

Componente del régimen de flujo.		Variable.	Unidades.	Descripción.
Magnitud del evento de flujo.	Promedio de condiciones de flujo.	Sesgo	-	Asimetría=media/mediana de los flujos diarios.
		Qsp	Ls-1km-2	Flujo especifico medio.
		CVQ	-	Coeficiente de variación=DE/media de los flujos diarios.
	Flujo Bajo	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 especifico diario.
		LowFr	Year-1	Número total de periodos de flujo bajo (umbral igual a 5%
	Flujo Alto.	HighFrVar	-	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.	LowDurVar	-	Coeficiente de variación en duración media anual de
	Flujo Alto.	Mean30dMax	-	flujos bajos (umbral del percentil 25).
				Promedio anual máximo de 30 días dividido por flujo medio.
Calendario de eventos de flujo.		Const.	-	Constancia de flujo diario.
Tasa de cambio en eventos de flujo.		RevVar.	-	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

Anexo N0. 4: Firmas de flujo.

Sesgo subcuenca Chimbo Bucay.

PROMEDIO m3/s	**35.9661198**
MEDIANA m3/s	**21.7**
SESGO	**1.65742487**

Sesgo subcuenca Chimbo Aj Milagro.

PROMEDIO m3/s	**29.4554607**
MEDIANA m3/s	**10.585**
SESGO	**2.7827549**

QSP subcuenca Chimbo Bucay.

AREA DE LA CUENCA KM2	**2242**
PROMEDIO DEL CAUDAL ESPECIFICO (L/S/KM/KM)	**16.0419803**
QSP	**16.0419803**

QSP subcuenca Chimbo Aj Milagro.

AREA DE LA CUENCA KM2	**3487**
PROMEDIO DEL CAUDAL ESPECIFICO (L/S/KM/KM)	**8.44722129**

QSP	**8.44722129**

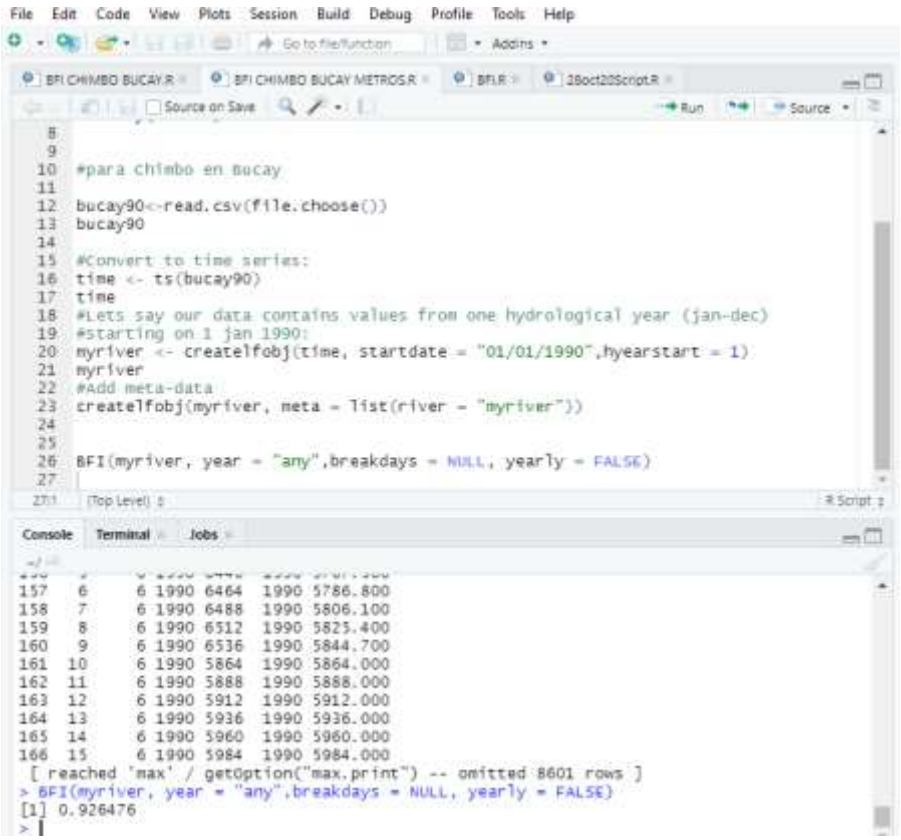
CVQ subcuenca Chimbo Bucay.

DESVIACION ESTANDAR	**38.8357697**
MEDIA	**35.9661198**
CVQ	**1.07978759**

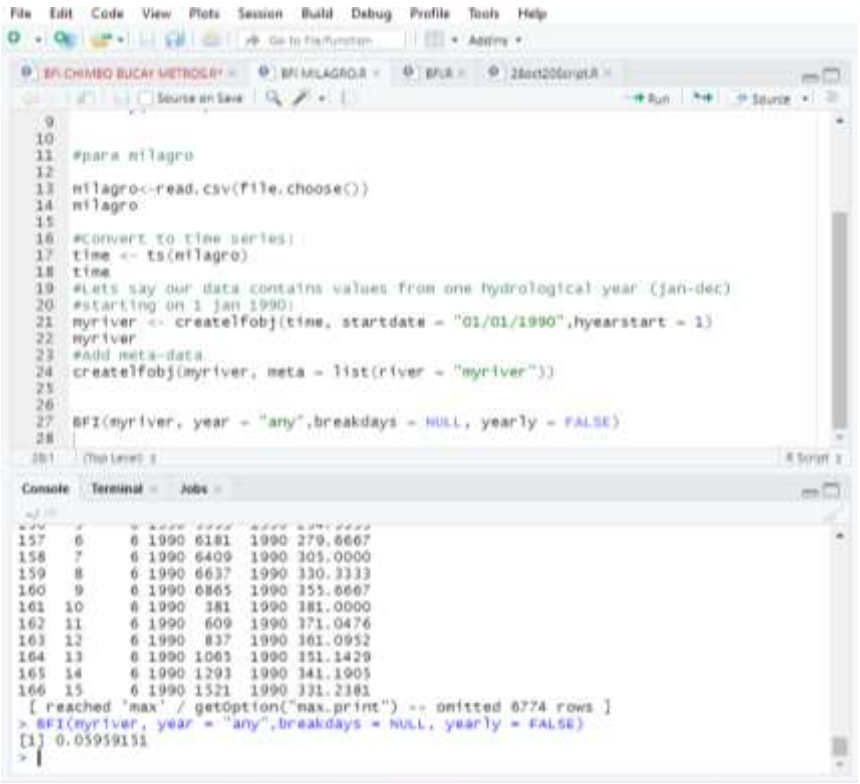
CVQ subcuenca Chimbo Aj Milagro.

DESVIACION ESTANDAR	**39.3688554**
MEDIA	**29.4554607**
CVQ	**1.33655541**

BFI subcuenca Chimbo Bucay.



BFI subcuenca Chimbo Aj Milagro.



Q5 subcuenca Chimbo Bucay.

Q5	**112.9**
L/S/KM/KM	**50.3568243**

Q5 subcuenca Chimbo Aj Milagro.

Q5	**117.9**
L/S/KM/KM	**33.8112991**

HFD subcuenca Chimbo Bucay.

HFD	**86.15**
HFD/MEDIANA	**3.97004608**

HFD subcuenca Chimbo Aj Milagro.

HFD	**88.931**
HFD/MEDIANA	**8.40160605**

Q95 subcuenca Chimbo Bucay.

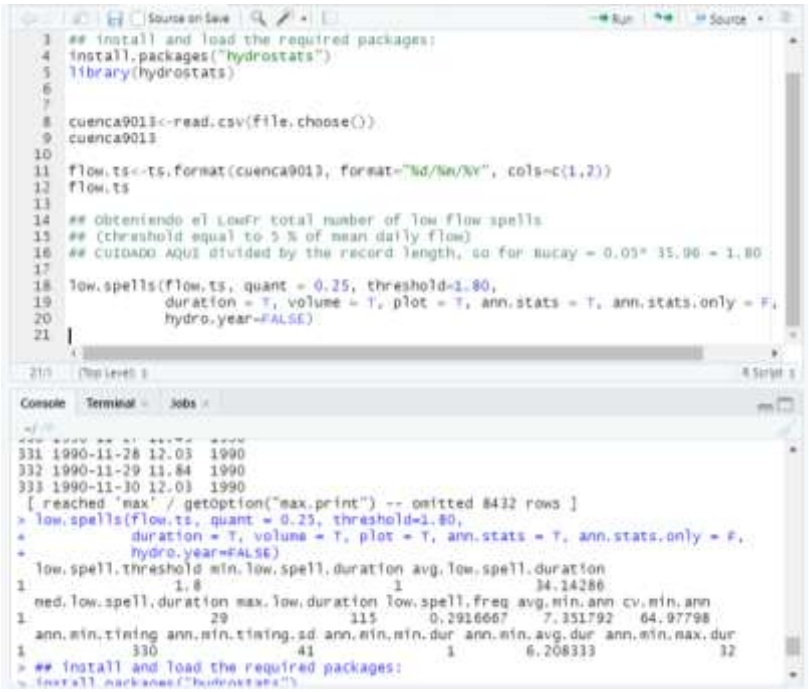
Q95	**4.20125**
L/S/KM/KM	**1.87388492**

Q95 subcuenca Chimbo Aj Milagro.

Q95	**0.112465**

L/S/KM/KM	**0.03225265**

LOWFR subcuenca Chimbo Bucay.



```
## install and load the required packages:
install.packages("hydrostats")
library(hydrostats)


cuenca9013<-read.csv(file.choose())
cuenca9013

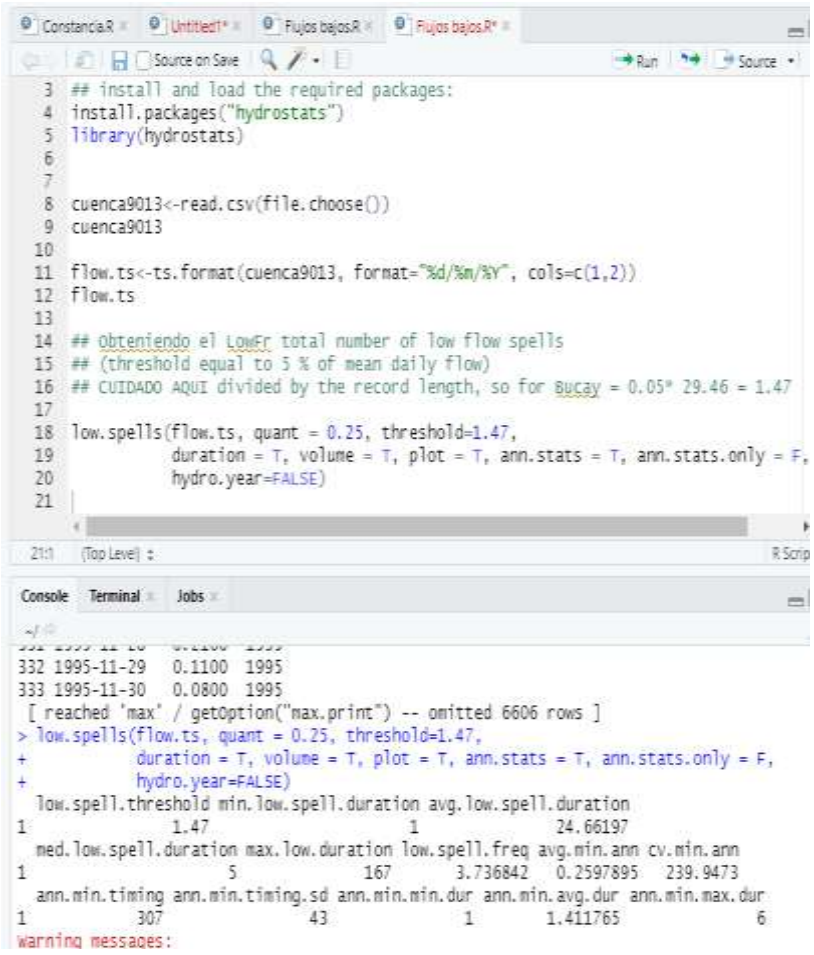
flow.ts<-ts.format(cuenca9013, format="%d/%m/%Y", cols=c(1,2))
flow.ts

## Obteniendo el LowFr total number of low flow spells
## (threshold equal to 5 % of mean daily flow)
## CUIDADO AQUI divided by the record length, so for Bucay = 0.05* 35.90 = 1.80

low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=1.80,
           duration = T, volume = T, plot = T, ann.stats = T, ann.stats.only = F,
           hydro.year=FALSE)
```

```
331 1990-11-28 12.03  1990
332 1990-11-29 11.84  1990
333 1990-11-30 12.03  1990
 [ reached 'max' / getOption("max.print") -- omitted 8432 rows ]
> low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=1.80,
+            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                 1.8                      1                34.14286
  med.low.spell.duration max.low.duration low.spell.freq avg.min.ann cv.min.ann
1                     29              115       0.291667    7.351792   64.97798
  ann.min.timing ann.min.timing.sd ann.min.min.dur ann.min.avg.dur ann.min.max.dur
1            330              41                1        6.208333              32
> ## install and load the required packages:
> install.packages("hydrostats")
```

LOWFR subcuenca Chimbo Aj Milagro.



```
## install and load the required packages:
install.packages("hydrostats")
library(hydrostats)


cuenca9013<-read.csv(file.choose())
cuenca9013

flow.ts<-ts.format(cuenca9013, format="%d/%m/%Y", cols=c(1,2))
flow.ts

## Obteniendo el LowFr total number of low flow spells
## (threshold equal to 5 % of mean daily flow)
## CUIDADO AQUI divided by the record length, so for Bucay = 0.05* 29.46 = 1.47

low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=1.47,
           duration = T, volume = T, plot = T, ann.stats = T, ann.stats.only = F,
           hydro.year=FALSE)
```

```
332 1995-11-29   0.1100  1995
333 1995-11-30   0.0800  1995
 [ reached 'max' / getOption("max.print") -- omitted 6606 rows ]
> low.spells(flow.ts, quant = 0.25, threshold=1.47,
+           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                1.47                      1                24.66197
  med.low.spell.duration max.low.duration low.spell.freq avg.min.ann cv.min.ann
1                      5              167       3.736842   0.2597895   239.9473
  ann.min.timing ann.min.timing.sd ann.min.min.dur ann.min.avg.dur ann.min.max.dur
1            307               43                1        1.411765               6
warning messages:
```

HIGHFRVR subcuenca Chimbo Bucay.

SD	**22.78185105**
MEAN	**18.83877273**
HIGHFRVR	**1.209306539**

HIGHFRVR subcuenca Chimbo Aj Milagro.

SD	**15.8284617**
MEAN	**14.88177778**
HIGHFRVR	**1.063613631**

LOWDURVAR subcuenca Chimbo Bucay.

SD	**69.35942994**
MEAN	**67.83789474**
LOWDURVAR	**1.022428986**

LOWDURVAR subcuenca Chimbo Aj Milagro.

SD	**21.89669649**
MEAN	**30.97516667**
LOWDURVAR	**0.706911337**

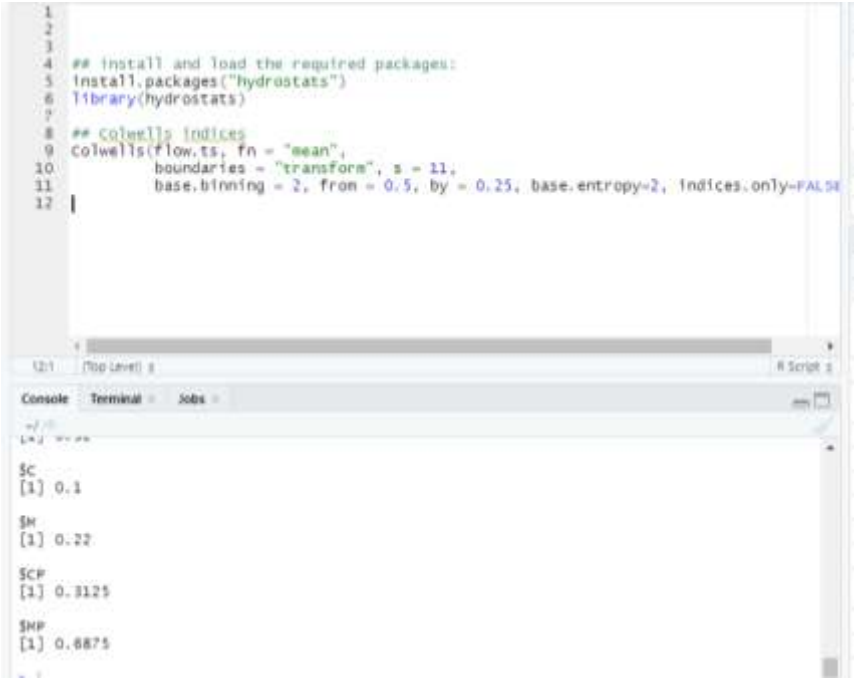
30 DIAS MAX subcuenca Chimbo Bucay.

PROMEDIO	**94.13875**
MEDIANA	**21.7**
30 DIAS MAX	**4.338191244**

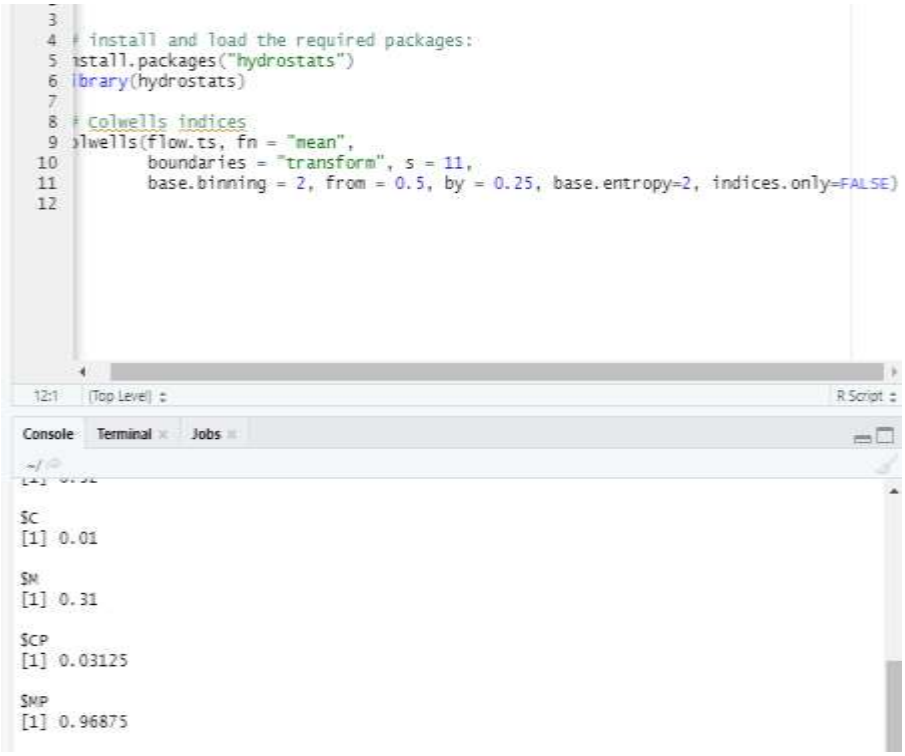
30 DIAS MAX subcuenca Chimbo Aj Milagro.

PROMEDIO	**99.17684211**
MEDIANA	**10.585**
30 DIAS MAX	**9.369564677**

CONSTANCIA subcuenca Chimbo Bucay.



CONSTANCIA subcuenca Chimbo Aj Milagro.



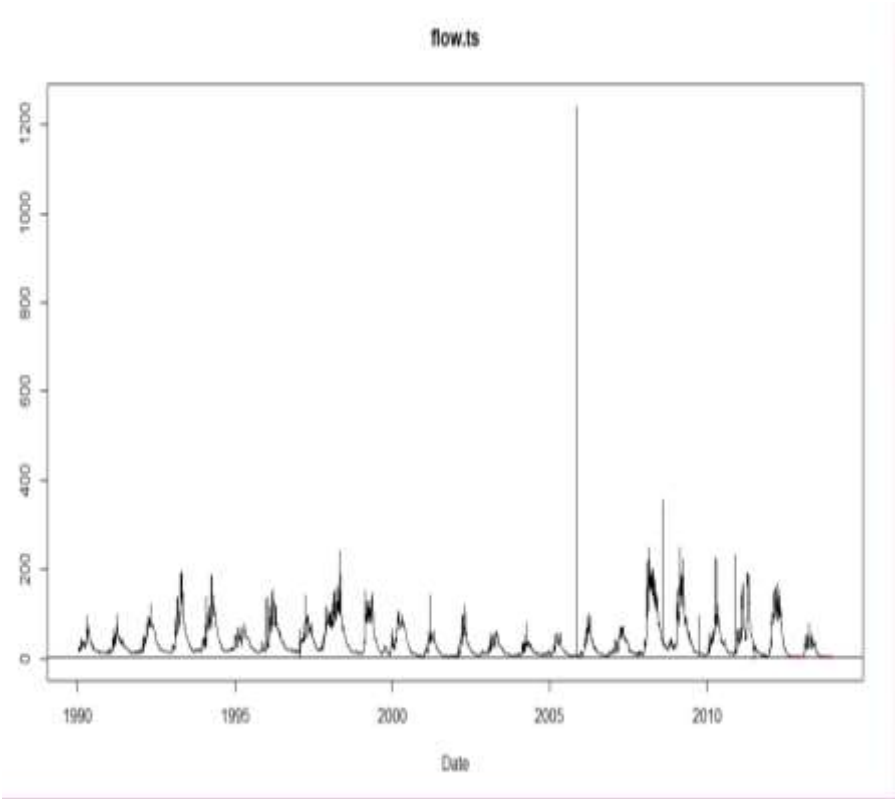
REVVAR subcuenca Chimbo Bucay.

SD	**18.0460445**
MEAN	**49.41666667**
REVVAR	**0.365181339**

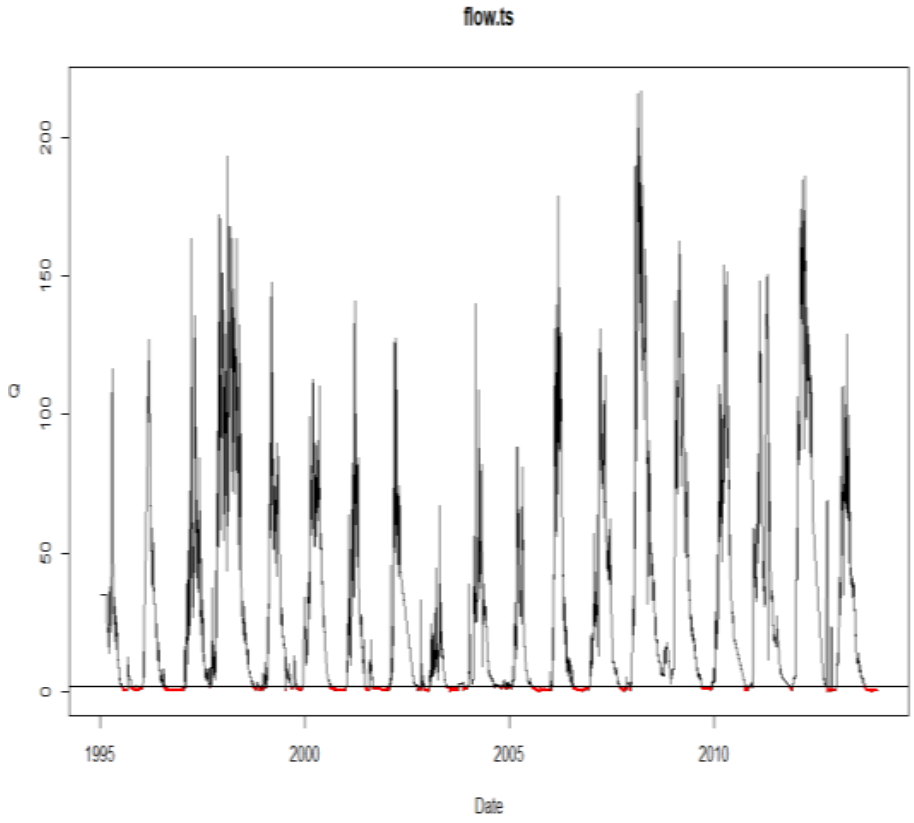
REVVAR subcuenca Chimbo Aj Milagro.

SD	**29.94112413**
MEAN	**133.0526316**
REVVAR	**0.225032183**

Anexo No. 5: Umbral mínimo de flujos bajos subcuenca Chimbo Bucay.



Umbral mínimo de flujos bajos subcuenca Chimbo Aj Milagro.



Anexo No. 6: Tabla de resultados.

Chimbo Bucay		Chimbo Aj Milagro	
SESGO	1.65079116	SESGO	2.782754903
QSP	16.0419803	QSP	8.44722129
CVQ	1.07978759	CVQ	1.33655541
BFI	0.926476	BFI	0.05959151
Q5	50.3568243	Q5	33.8112991
HFD	3.97004608	HFD	8.40160605
Q95	1.87388492	Q95	0.03225265
LOWFR	0.2916667	LOWFR	3.736842
HIGHFRVAR	1.20930654	HIGHFRVAR	1.06361363
LOWDURVAR	1.02242899	LOWDURVAR	0.70691134
30 DIAS MAX	4.33819124	30 DIAS MAX	9.36956468
CONSTANCIA	0.1	CONSTANCIA	0.01
REVVAR	0.36518134	REVVAR	0.22503218

Anexo No. 7: Rangos de resultados de las firmas hidrológicas.

