



**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

**MANABÍ**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**SEDE MANABÍ**

**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**DETECCIÓN DE IMPACTOS DE DEFORESTACIÓN Y LULC (CAMBIOS DE USO  
Y COBERTURA DEL SUELO) EN LA CUENCA DEL RÍO QUININDÉ Y LA  
CUENCA DEL RÍO CHIMBO.**

**PREVIO AL TÍTULO DE:**

**INGENIERA HIDRÁULICA.**

**AUTORA:**

**JOSSELYN JAMILETH CASTILLO ALCIVAR**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**ING. ANDY MIGUEL GILER ORMAZA, M.Sc.**

**FEBRERO 2023**

**CHONE – MANABÍ – ECUADOR**

## **CERTIFICACIÓN**

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza, M.Sc

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

### **CERTIFICA:**

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

.....  
**Ing. Andy Miguel Giler Ormaza, M.Sc.**

## **ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

(f) \_\_\_\_\_

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza

(f) \_\_\_\_\_

Ing. John Enrique Félix Mera

(f) \_\_\_\_\_

Ing. José Ramón Alarcón Loor

## **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 soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

.....

**Josselyn Jamileth Castillo Alcívar**

**C.I. 131182874-1**

## **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.

FECHA: .....

FIRMA: .....

## **DEDICATORIA**

Este logro va dedicado especialmente a mi abuelo, mi padre, el Sr. Pedro Alcívar, solo me queda agradecer por todo, y por tanto amor que me brindó, sé que desde el cielo está observando y está orgulloso de cada paso y logro he tenido hasta ahora, a pesar de que su presencia física no está hoy conmigo, lo siento presente en cada momento de mi vida.

A mi madre la Sra. Mónica Alcívar por su apoyo incondicional en todo este camino de la carrera, por ser mi sustento, mi consejera, mi amiga, mi guía, por ayudarme a superar cada obstáculo que se presentó en el camino, y por enseñarme a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

*Josselyn Jamileth Castillo Alcívar*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios, por permitirme culminar una meta más de muchas en mi vida, a mi madre la Sra. Mónica Alcívar que ha estado incondicionalmente en todo el proceso de mi carrera, apoyándome y motivándome día a día a seguir adelante y facilitar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

A la Sra. Belky Preciado, mi segunda madre, por también ser parte del proceso, apoyarme con los recursos necesarios para poder iniciar esta carrera y hoy por hoy pueda presenciar con mucho amor y orgullo este logro tan esperado y anhelado.

También agradezco a mi tutor de investigación el Ing. Andy Giler por su paciencia y por el aporte de su conocimiento en las clases y guía en la estructuración del trabajo de integración curricular.

*Josselyn Jamileth Castillo Alcívar*

## Resumen

Esta investigación mixta detectó los impactos de deforestación y cambios de uso y cobertura de suelo en las cuencas de los ríos Quinindé y Chimbo mediante el cálculo de firmas hidrológicas, para así cuantificar el comportamiento de dichas cuencas. Por ello, este estudio de alcance correlacional se ejecutó entre septiembre y diciembre de 2022. Para la cuenca del río Quinindé (Estación H216), se usaron registros de los cambios ocurridos en el periodo 1996-2013, mientras que para la cuenca del río Chimbo (Estación H340), se usaron registros del periodo 1990–2013. Asimismo, se emplearon los programas *IHA*, *Excel* y *RStudio*, y se representaron los resultados mediante *boxplots*. Los hallazgos permiten apreciar un cambio significativo para la cuenca del río Chimbo en la firma de Coeficiente de Variación (CV) con un incremento de 25,14%, y dos cambios considerables en las firmas de Caudal Percentil 5 (Q5) disminuyendo 31,76%, y Alta Descarga de Flujo (HFD) disminuyendo 31,83%. Para la cuenca del río Quinindé, se obtienen dos cambios significativos en las firmas de Coeficiente de Variación en número anual de flujos altos (HighFrVar) disminuyendo 41,86%, y Coeficiente de Variación en duración anual de flujos bajos (LowDurVar) disminuyendo más del 100%; también se obtiene un cambio considerable en la firma de Índice de Flujo Base (BFI) incrementando 38,64%. Se concluye que los impactos de la deforestación generan la erosión del suelo y alteran la calidad del agua, provocando la reducción de caudales en las cuencas hidrográficas.

*Palabras clave:* Quinindé, Chimbo, deforestación, biodiversidad, firmas hidrológicas

## Abstract

This quantitative research study measured the impact of deforestation and land use and land cover changes in the *Quinindé* and *Chimbo* River Basins by calculating hydrological signatures, in order to quantify watershed behavior. Therefore, this correlational research study was conducted from September through December 2022. To gather data for the *Quinindé* River Basin (Station H216), records of changes for the period 1996-2013 were analyzed, while for the *Chimbo* River Basin (Station H340), records for the period 1990-2013 were used. Likewise, IHA, Excel and RStudio software were used, and the results were visually represented on boxplots. The findings make it possible to detect a significant change in the Coefficient of Variation (CVQ) with a 25.14% increase for the *Chimbo* River Basin, as well as two considerable changes in the hydrological indexes of the 5<sup>th</sup> Percentile Flow (Q<sub>5</sub>) decreasing 31.76% and High Flow Discharge (HFD) decreasing 31.83%. For the *Quinindé* River Basin, the findings show two significant changes in the hydrological indexes of the Coefficient of Variation (CVQ) in the annual number of high flows (HighFrVar) decreasing 41.86%, and in the Coefficient of Variation (CVQ) in the annual number of low flows (LowDurVar) decreasing more than 100%; a considerable change is also reported in the Base Flow Index (BFI) increasing 38.64%. It is conclusive that deforestation impact causes soil erosion and alters the quality of water, producing a reduction of the flow of hydrographic basins.

*Keywords:* *Quinindé*, *Chimbo*, deforestation, biodiversity, hydrological indexes

## TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción.....	9
2. Materiales y métodos.....	12
2.1. Área de estudio .....	12
2.2. Enfoque de la investigación.....	13
2.3. Recolección de datos .....	13
2.4. Cálculo de firmas hidrológicas .....	14
2.5. Representación gráfica de resultados .....	15
2.6. Diagrama de flujo de las actividades .....	15
2.7. Fórmula de firmas hidrológicas según <i>Kuentz y otros (2017)</i> .....	17
2.7.1. SESGO.....	17
2.7.2. Flujo específico medio.....	17
2.7.3. Coeficiente de variación .....	17
2.7.4. Índice de flujos bajos .....	17
2.7.5. Percentil 5 del flujo específico diario .....	17
2.7.6. Alta descarga del flujo .....	17
2.7.7. Percentil 95 del flujo específico diario .....	17
2.7.8. Número total de periodos de flujo bajo.....	17
2.7.9. Coeficiente de variación en número anual de flujo alto .....	17
2.7.10. Coeficiente de variación en duración anual de flujos bajos.....	18
2.7.11. Máxima media anual de 30 días.....	18
2.7.12. Constancia de flujo diario .....	18

2.7.13. Coeficiente de variación anual de revisiones .....	18
2.7.14. Índice de Flashiness .....	18
3. Resultados.....	18
4. Discusión .....	22
5. Conclusiones.....	23
6. Bibliografía.....	24
7. Anexos .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Fórmulas hidrológicas con sus respectivas variables y descripción según Kuentz y otros (2017).....	16
<b>Tabla 2.</b> Resultados de firmas hidrológicas según el comportamiento esperado de la cuenca del río Quinindé.....	32
<b>Tabla 3.</b> Resultados de firmas hidrológicas según el comportamiento esperado de la cuenca del río Chimbo .....	33
<b>Tabla 4.</b> Resultados porcentuales de firmas hidrológicas de la cuenca del río Chimbo y la cuenca del río Quinindé .....	34
<b>Tabla 5.</b> Resultados porcentuales de firmas hidrológicas de la cuenca del río Chimbo y la cuenca del río Quinindé .....	35
<b>Tabla 6.</b> Resultados de firmas hidrológicas de la cuenca del río Quinindé para ambos períodos .....	40
<b>Tabla 7.</b> Resultados de firmas hidrológicas de la cuenca del río Chimbo para ambos períodos .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca del río Chimbo a partir de la estación H340</i> .....	28
<i>Figura 2. Mapa de cobertura del suelo (2003) de la cuenca del río Chimbo</i> .....	29
<i>Figura 3. Mapa de ubicación de la cuenca del río Quinindé a partir de la estación H216</i> ...	30
<i>Figura 4. Mapa de cobertura de suelo (2003) de la cuenca del río Quinindé</i> .....	31
<i>Figura 5. Ingreso al software IHA mediante el asistente para ingresar los datos</i> .....	36
<i>Figura 6. Ingreso de los datos en bloc de notas al software IHA, con el nombre previo del archivo</i> .....	36
<i>Figura 7. Selección de opciones en el software IHA para comparar los periodos</i> .....	37
<i>Figura 8. Resultados obtenidos en IHA</i> .....	37
<i>Figura 9. Creación de boxplots mediante el software R-Studio</i> .....	38
<i>Figura 10. Representación de boxplots mediante el software R-Studio</i> .....	38
<i>Figura 11. Firmas hidrológicas empleadas en la investigación mediante boxplots</i> .....	39

## **1. Introducción**

Los procesos hidrológicos de una cuenca están altamente condicionados por la cobertura del suelo en la cuenca, por lo tanto, los cambios en la distribución de la cobertura tienen un impacto en los presupuestos de agua y energía. De acuerdo con (Pimentel & Arheimer, 2014), estos cambios llegan a brindar una oportunidad para obtener una comprensión hidrológica más profunda de las cuencas en estudio.

Las investigaciones de los cambios de uso y cobertura del suelo son el camino para identificar las trayectorias de los diferentes procesos asociados a la deforestación, degradación, erosión, pérdida de la biodiversidad, entre otras (Camacho Sanabria y otros, 2015). Es por ello que Arumí y otros, (2020) define el análisis hidrológico como una evaluación cuantitativa y cualitativa de la fluviometría y pluviometrías relacionadas en una cuenca, incluyendo los registros que se generan de la misma, con la finalidad de determinar los recursos hidrológicos aprovechables.

La deforestación y otros cambios negativos de uso del suelo no solo tienen implicaciones negativas en la cantidad de recursos, sino que también influye en la manera visual del paisaje. Las principales causas se basan en el aumento de población de manera descontrolada, de la misma manera que el desarrollo científico y tecnológico que le permite a la humanidad la capacidad de ocupar puestos o rangos cada vez más influyentes en la toma de decisiones referente al ecosistema.

El análisis del uso de suelo usa diferentes herramientas para comprender las consecuencias de los sistemas del uso del suelo sobre el ecosistema, para ello se utilizan varios índices espaciales que permiten estimar de forma descriptiva y visual los cambios. También se puede estudiar por medio de cálculos los cuales permiten realizar análisis en los

cambios de suelo, aumento o disminución de caudales entre otros factores que perjudican a la biodiversidad hoy en día (Galicia y otros, 2007).

Desde la década de 1990s aproximadamente, la deforestación en el Ecuador ha ido empeorando poco a poco. En el período 1990 – 2018 los bosques nativos del Ecuador redujeron su remanencia un 68% a 56% del área forestal original teórica. Entre 1990 – 2000 ocurrió la mayor pérdida ya que la remanencia cayó a 62%, siendo una reducción de más del 8% del área forestal en 1990. Al transcurrir los años la deforestación ha sido notoria ya que el 99% del área deforestada bruta entre 1990 y 2018 fue transformada en áreas agropecuarias, acuicultura, y plantaciones forestales (Sierra et al., 2021).

En el Ecuador existe un alto nivel de deforestación por el incremento de áreas agrícolas, ganaderas y el mal uso de las tierras cultivables afectando al manejo de cuencas hídricas. Además, Ecuador registra una las tasas más altas de deforestación en Latinoamérica, teniendo una pérdida anual entre 60.000 a 200.00 hectáreas de bosques, debido a diferentes factores como la tala ilegal, la expansión de cultivos, entre otros (Analuisa et al., 2018).

En el 2019 se realizó un análisis sobre el comportamiento hidrológico a tres microcuencas hidrográficas tropicales en la región costa del Ecuador utilizando índices de las cuales se registraron los caudales en alta resolución temporal, según los resultados obtenidos en la duración promedio de pulsos altos y bajos indicaron magnitudes de flujos rápidamente cambiantes a moderadamente cambiantes. (Giler Ormaza y otros, 2019).

Según la investigación realizada por la Asamblea General de la EGU 2021 establece que los cambios en el uso y la cobertura de la tierra (LULC) afectan a los caudales de las cuencas, es por ello que se deben realizar más estudios a otras cuencas o áreas tropicales del mundo con el fin de identificar los cambios en las cuencas hidrográficas (Giler Ormaza et al., 2021).

La presente investigación se basa en comparar dos periodos de tiempos, en base a una serie de datos hidrológicos, mediante firmas que demuestren los cambios que han tenido las mismas demostrando los impactos que ha causado la deforestación y el hombre con el mal manejo de áreas verdes, suelo etc.

Para realizar este tipo de estudio es necesario tener registros de cada río seleccionado, los cuales tengas años suficientes, al menos 20 años consecutivos con la finalidad de presentar una alternancia equilibrada entre años secos y húmedos. Si bien no siempre es posible encontrar esta secuencia de datos por lo que a veces es considerable realizar el estudio con menos años. Es por ello que se debe investigar con cautela que ríos deben ser analizados ya que en la actualidad existen muy pocos que no hayan sido alterados por el hombre o por la misma naturaleza (Hernández, 2017).

La mayoría de estudios realizados sobre el impacto de la deforestación en el sistema hidrológico, determinan que la deforestación afecta la propiedad hidráulica del suelo, provocando la reducción en la transmisión del suelo la cual afecta la tasa de infiltración, elevando la escorrentía superficial y reduciendo la recarga de los acuíferos. Sin embargo, esto genera cambios en el almacenamiento hidrológico de las cuencas, lo cual repercutirá en la disminución del caudal de los ríos, especialmente en tiempos de estiaje (Gonzales , 2015).

Con estos antecedentes, la investigación tiene como objetivo general detectar los impactos de deforestación y LULC (cambio de uso y cobertura de suelo) en la cuenca del Río Quinindé y la cuenca del Río Chimbo, mientras que los objetivos específicos son: analizar los datos hidrológicos de las cuencas estudiadas; calcular los índices y firmas de flujo para la estimación de la variabilidad hidrológica en las cuencas de estudio en dos periodos de tiempo; graficar los resultados obtenidos mediante boxplots o cajas y bigotes.

## **2. Materiales y métodos**

Los insumos necesarios para llevar a cabo esta investigación requieren de datos hidrológicos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Para analizar los datos se utilizaron los programas IHA, RStudio, y Microsoft Excel.

El software IHA (Indicadores de Alteraciones Hidrológicas) cumple con el objetivo de procesar de manera ágil los registros hidrológicos diarios, además permite caracterizar las condiciones naturales del agua, brindando una facilidad en las evaluaciones de los regímenes de flujo, debido a los cambios producidos por el hombre (Mathews y Richter, 2007).

RStudio es un software de programación impulsada por la disponibilidad de datos hidrometeorológicos y por el desarrollo de herramientas computacionales de códigos abiertos (Slater et al., 2019). Además, posee varios paquetes que permiten realizar diferentes funciones, como diagramas de barra, boxplots, entre otras gráficas.

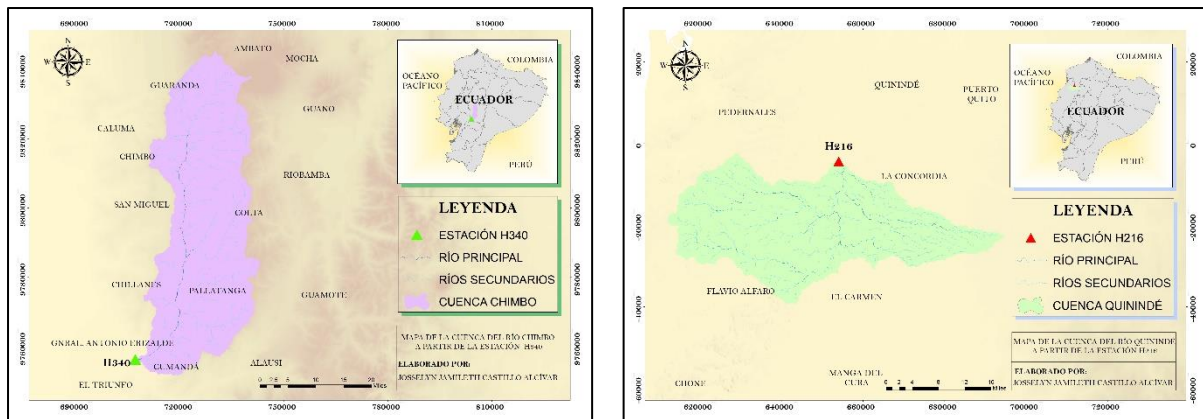
### **2.1. Área de estudio**

La presente investigación se basa en el análisis de cambios de cobertura y uso de suelo mediante firmas hidrológicas en las cuencas de los ríos Quinindé y Chimborazo. La cuenca del río Quinindé tiene un área de 3855 km<sup>2</sup>, y la cuenca del río Chimbo tiene un área de 2242 km<sup>2</sup>.

La cuenca del río Quinindé parte desde la estación H216, la cual pertenece a la red de estaciones hidrometeorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Está ubicada en la provincia Esmeraldas, parroquia La Unión del cantón Quinindé (GAD PARROQUIAL LA UNIÓN DE QUININDÉ, 2019).

La cuenca del río Chimbo abarca territorio de las provincias Bolívar y Chimborazo (Vallejo, 2014). La estación que demarca la cuenca es H340 con el nombre Chimbo en Bucay

perteneciente al INAMHI, posee coordenada UTM 17 a una altitud de 297 msnm y las coordenadas son: Este 707320; Norte 9756764.6 a una altitud de 297 msnm (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2016).



## 2.2. Enfoque de la investigación

El alcance de la investigación se basa en la representación de cambios hidrológicos durante una serie de 20 años consecutivos divididos en dos periodos de tiempo, de tal forma que permita graficar estadísticamente los resultados en base a los impactos generados en las cuencas seleccionadas. Según Neill & Cortez Suárez, (2018) la investigación cuantitativa se basa en recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados.

El enfoque es realizar una recopilación de anuarios hidrológicos disponibles en la biblioteca INAMHI de dos cuencas seleccionadas y calcular firmas hidrológicas que permitan realizar un análisis representativo estadísticamente con el fin de obtener conclusiones.

## 2.3. Recolección de datos

El análisis de las cuencas de los ríos Quinindé y Chimbo mediante las firmas hidrológicas según (Kuentz y otros, 2017), ver Tabla 1, dispone de datos hidrológicos obtenidos de la biblioteca del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

mediante las estaciones seleccionadas con un mínimo de 8 a 10 años por periodo, teniendo en cuenta que son dos periodos por cuenca.

En cualquier caso, la estadística utilizada debe comprender un período mínimo de 15 años consecutivos, con una antigüedad de la estadística recopilada cuyo primer año no supere los último 20 años (Arumí y otros, 2020), si bien es para tener un mejor análisis.

El primer paso para realizar el análisis de la investigación es descargar los anuarios hidrológicos de la biblioteca, para este caso se obtuvieron 17 años de datos consecutivos para la cuenca del río Quinindé, mediante la estación H216 – Búa Aj Quinindé y para la cuenca del río Chimbo se obtuvieron 20 años consecutivos, mediante la estación H340 – Chimbo en Bucay.

Una vez obtenidos los datos, se ordenan en una hoja de Microsoft Excel, para calcular ciertas firmas hidrológicas, estos datos ordenados también son exportamos a un bloc de notas para usarlos en el software IHA.

#### **2.4.Cálculo de firmas hidrológicas**

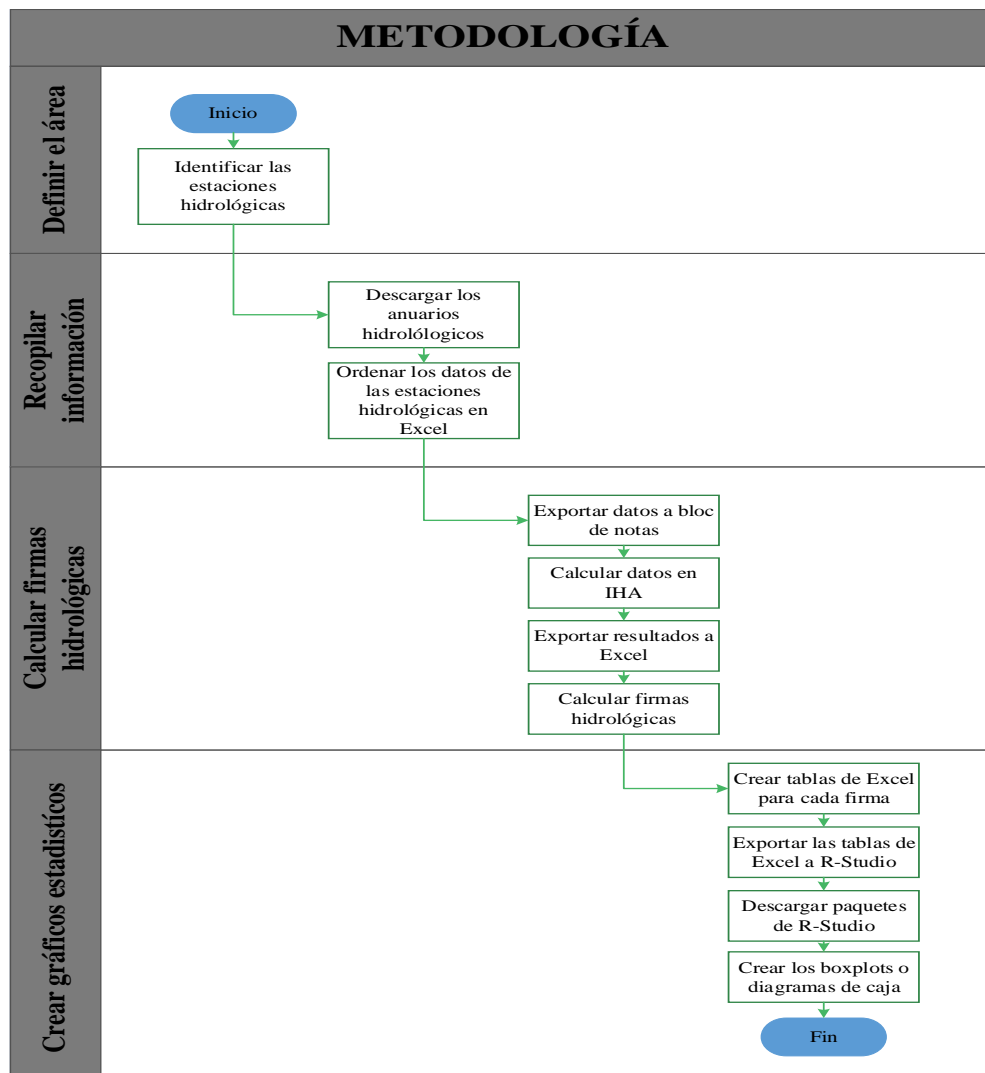
Para realizar los cálculos se utilizó el software IHA para el cual se debe tener los datos en formato de texto. Una vez abierto el programa lo primordial es fijar el directorio de trabajo, luego con la ayuda de un asistente el programa nos guía paso a paso, desde ingresar los datos, seleccionar los periodos de tiempo a comparar, hasta obtener los resultados requeridos.

Los datos obtenidos en IHA son guardados en una hoja de Excel para un mejor uso, una vez aquí se identifican las variables calculadas y los cambios existentes entre los periodos seleccionados, luego se analizan los cambios que han tenido las cuencas. Además, se seleccionan los parámetros y/o firmas hidrológicas calculadas que serán representadas mediante graficas estadísticas.

## 2.5.Representación gráfica de resultados

Los resultados obtenidos de las firmas hidrológicas son clasificados cada firma en una hoja de Excel, para luego exportar estos datos en el software RStudio, en el cual fijamos el directorio donde se guardarán el proceso, una vez realizado esto, los datos mediante una programación determinada en la cual se utilizan los paquetes del software RStudio como “grDevices” y “Graphics”. Por último, creamos los boxplots o diagramas de caja y bigotes, con el comando “boxplot ()” colocando color para identificar las cuencas, personalizando todo para así tener un mejor análisis visual de los cambios que han tenido las cuencas seleccionadas.

## 2.6.Diagrama de flujo de las actividades



**Tabla 1**

Formulas hidrológicas con sus respectivas variables y descripción según Kuentz y otros (2017).

COMPONENTE DEL RÉGIMEN DE FLUJO		VARIABLE	UNIDADES	DESCRIPCIÓN
Magnitud del evento de flujo.	Promedio de condiciones de flujo	<b>Sesgo</b>	- Ls-1km-2	Asimetría=media/mediana de los flujos diarios.
		<b>Qsp</b>	-	Flujo específico medio.
		<b>CVQ</b>	-	Coefficiente de variación=DE/media de los flujos diarios.
	Flujo Bajo	<b>BFI</b>		Índice de flujo base: flujo mínimo de 7 días dividido por flujo diario anual promedio entre años.
Magnitud del evento de flujo.	Flujo Alto.	<b>Q5</b>	Ls-1km-2	5 percentil del flujo específico diario.
		<b>HFD</b>	-	Alta descarga del flujo: percentil 10 del flujo diario dividido por el flujo medio diario.
Eventos de frecuencia de flujo.		<b>Q95</b>	Ls-1km-2	Percentil 95 del flujo específico diario.
	Flujo Bajo	<b>LowFr</b>	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	<b>HighFrVar</b>	-	Coef. De Var en número anual de flujo alto (umbral del percentil 75).
Duración de los eventos de flujo.	Flujo Bajo	<b>LowDurVar</b>	-	Coefficiente de variación en duración media anual de flujos bajos (umbral del percentil 25).
	Flujo Alto	<b>Mean30dMax</b>	-	Promedio anual máximo de 30 días dividido por flujo medio.
Calendario de eventos de flujo		<b>Const.</b>	-	Constancia de flujo diario.
Tasa de cambio en eventos de flujo		<b>RevVar.</b>	-	Coef. De Var anual de revisiones (cambio en el signo en la serie de tiempo de cambio del día a día.)

## 2.7.Fórmula de firmas hidrológicas según *Kuentz y otros (2017)*.

### 2.7.1. SESGO

$$\text{Sesgo} = \frac{\text{Promedio total}}{\text{Mediana del flujo anual}}$$

### 2.7.2. Flujo específico medio

$$QSP = \frac{\text{Promedio total}}{\text{Área de la cuenca} * 1000}$$

### 2.7.3. Coeficiente de variación

$$CVQ = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Media}}$$

### 2.7.4. Índice de flujos bajos

$$BFI = \frac{\text{Flujo mínimo de 7 días}}{\text{Promedio multianual de los flujos diarios}}$$

### 2.7.5. Percentil 5 del flujo específico diario

$$Q5 = \frac{(\text{Percentil. INC } 0,095)}{\text{Área de la cuenca} * 1000}$$

### 2.7.6. Alta descarga del flujo

$$HFD = \frac{(\text{Percentil. INC } 0,090)}{\text{Área de la cuenca} * 1000}$$

### 2.7.7. Percentil 95 del flujo específico diario

$$Q95 = \frac{(\text{Percentil. INC } 0,95)}{\text{Área de la cuenca} * 1000}$$

### 2.7.8. Número total de periodos de flujo bajo

$$\text{LowFr} = \frac{5\% \text{ del flujo medio diario}}{\text{Duración del registro}}$$

### 2.7.9. Coeficiente de variación en número anual de flujo alto

$$\text{HighFrVar} = \frac{\text{Desviación estándar del número de altos}}{\text{Promedio total de número anual de flujos altos}}$$

#### 2.7.10. Coeficiente de variación en duración anual de flujos bajos

$$LowDurVar = \frac{Desviación\ estándar}{Promedio\ total\ de\ duracion\ anual\ de\ flujos\ bajos}$$

#### 2.7.11. Máxima media anual de 30 días

$$Mean30dMax = \frac{Promedio}{Mediana\ total\ anual}$$

#### 2.7.12. Constancia de flujo diario

$$Const = Valor\ obtenido\ de\ software\ IHA$$

#### 2.7.13. Coeficiente de variación anual de revisiones

$$RevVar = \frac{Desviación\ estándar}{Promedio}$$

#### 2.7.14. Índice de Flashiness

$$FIy = \frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_{i-1})}{\sum_{i=1}^n q_i}$$

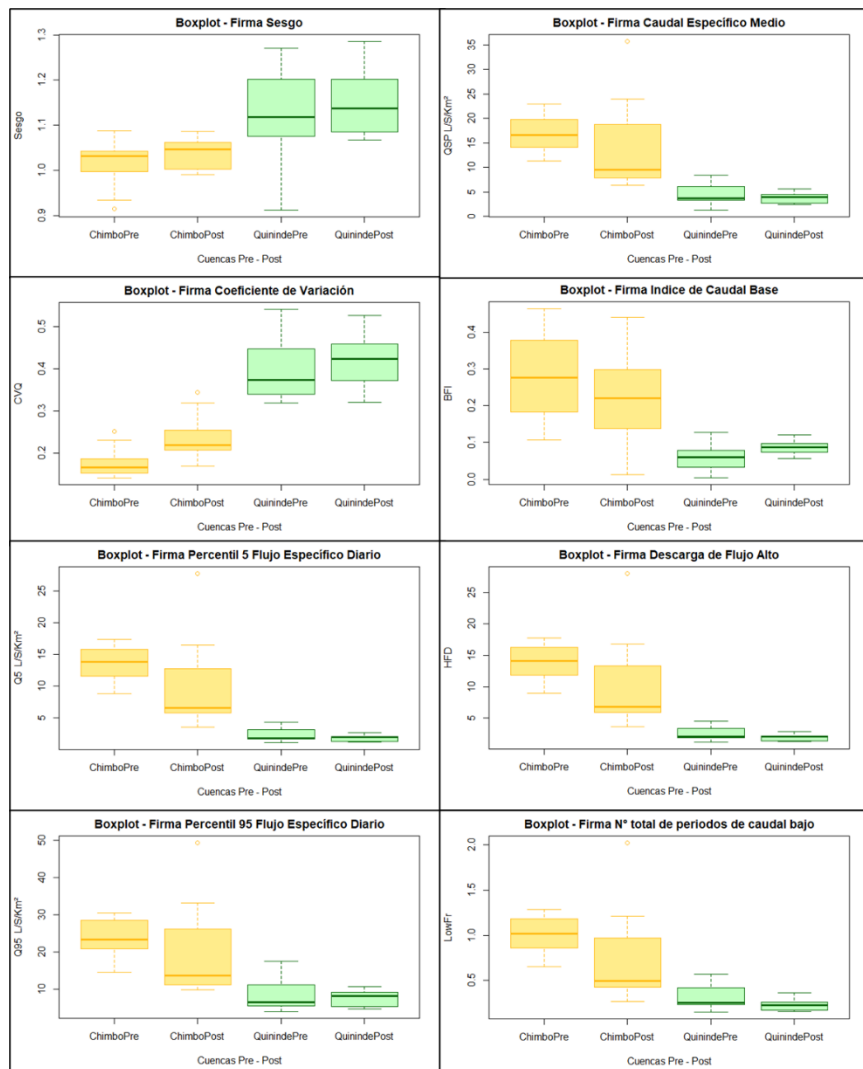
### 3. Resultados

Los resultados obtenidos se muestran mediante boxplot o cajas y bigotes, en los cuales se presenta el cálculo de los datos de cada firma hidrológica según *Kuentz y otros (2017)*, haciendo comparación en dos periodos de tiempo de las cuencas de los ríos Quinindé y Chimbo.

La cuenca del río Chimbo presentó datos consecutivos de 20 años con la estación H340 Chimbo en Bucay, siendo estos divididos en dos periodos de tiempo 1990 – 200 y 2001 – 2013, para la cuenca del río Quinindé se buscaron varias estaciones cercanas de la cuenca con datos consecutivos completos, la estación más cerca fue la H216 – Búa Aj Quinindé con 17 años divididos en 1996 – 2003 y 2004 – 2013.

El coeficiente de variación (CVQ) tuvo un cambio significativo para la cuenca del río Chimbo y el índice de caudal base cambio considerablemente para la cuenca del río Quinindé. Según Bloomfield y otros (2021), el índice de caudal base (BFI) se basa en un promedio temporal ya que la gestión de recursos hídricos modifica constantemente el BFI en el área de estudio, siendo la extracción de aguas subterráneas una de las prácticas más influyente.

Se realizó el cálculo de porcentajes de las firmas hidrológicas para analizar el incremento o la disminución para el segundo periodo. En la cuenca del río Chimbo el SESGO incremento 1,96% mientras que el caudal específico medio (QSP) disminuyó 16,20%, el cambio significativo se dio en el CVQ ya que incrementó 25,14%.



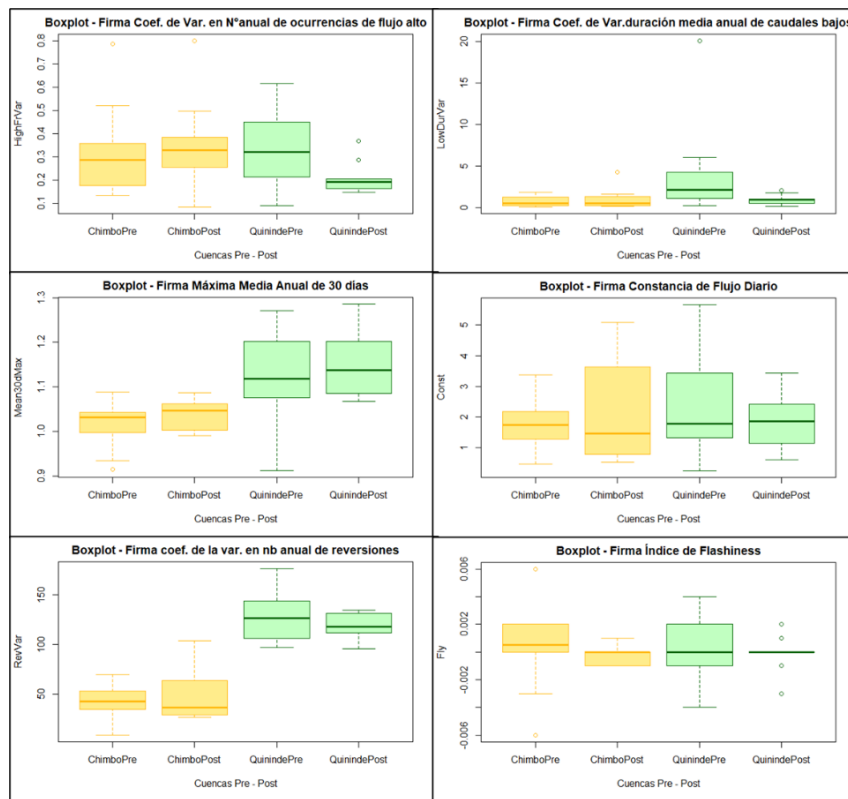
El SESGO es una firma hidrológica que indica la relación entre los valores del promedio y la mediana. Los percentiles de flujo estimados por separado de características climáticas tienden a crear un margen de error al momento de la representación, es por ello que se sugiere agregar un factor climático para analizar la influencia del clima en las evaluaciones (Ridolfi y otros, 2020). Para la cuenca del río Quinindé el SESGO incrementó 13,97% en el segundo periodo, al igual que el CVQ con el 14,64%, mientras que el QSP disminuyó 4,11%.

El percentil Q5 para el segundo periodo en la cuenca del río Chimbo tuvo un cambio considerable, al igual que el QSP. Generalmente el caudal específico tiene una variación entre 0,019 a 0,020 m<sup>3</sup>/s para cuencas en el tramo superior y de 0,015 a 0,020 m<sup>3</sup>/s para cuencas en el tramo inferior (Leli y otros, 2017). Dentro de los cambios considerables para la cuenca del río Chimbo se encuentra el Q5 con una disminución de 31,76% y la descarga de flujo alto (HFD) también disminuyó 31,83%.

En la cuenca del río Quinindé el BFI incrementó 38,64%, mientras que el HighFrVar disminuyó 41,86% siendo estos valores considerables. Además, el LowDurVar disminuyó más del 100%, según la Tabla 2 esta firma debería incrementar su valor para el segundo periodo, este tipo de resultados demuestran los impactos de la deforestación en las cuencas estudiadas.

Los porcentajes obtenidos de las firmas restantes de la cuenca del río Chimbo no fueron significativos ni considerables, pero siguen siendo importantes. La frecuencia de flujos bajos (LowFr) disminuyó 16,12%; mientras que las demás firmas incrementaron, el coeficiente de variación en número anual de flujos altos (HighFrVar), 4,20%; el coeficiente de variación de duración media anual de caudales bajos (LowDurVar), 30,15%; la máxima

media de 30 días (Mean30dMax), 1,96%; la constancia de flujo, 17,33%; y la reversas 11,43%; el índice de flashines no se calculó porcentualmente.



El LowDurVar de la cuenca del río Quinindé determinado por el percentil 25th cambio significativamente, mientras que el HighFrVar, determinado por el percentil 75th, cambio considerablemente, dado aquello el HighFrVar, es un cambio positivo ya que disminuye, mientras que el LowDurVar, disminuye cuando debería aumentar en relación a los flujos altos.

El cálculo porcentual de las firmas hidrológicas restantes para la cuenca del río Quinindé mostraron incremento en percentil 95 (Q95) 3,20%; Mean30dMax 13,97% y las reversiones 4,28%, mientras que para las demas firmas disminuyeron como el LowFr 2,35%; el HFD 12,98%; el Q5 11,13% y la contancia de flujos 12,83%, el índice flashiness no se cálculo porcentualmente.

Según Baker & Timothy (2004), el índice de flassiness aumenta a medida que el flujo incrementa la frecuencia y la magnitud y al contrario disminuye en relación al aumento del flujo base y el área de la cuenca. Esta firma hidrológica es muy útil en los análisis ya que determina los cambios graduales en el régimen de flujo y más aún si existen cambios de uso y cobertura de suelo (Martinez y otros, 2017). Para esta firma no fue posible realizar el cálculo ya que los valores obtenidos fueron menores igual a cero, como se puede observar en la gráfica para la cuenca del río Quinindé en el segundo periodo no se genero el boxplots debido a los datos obtenidos.

#### **4. Discusión**

Los resultados obtenidos de las firmas hidrológicas según Tabla 2 y 3 pueden ser comparados con la investigación realizada por Rafael Pimentel y Arheimer (2014). En la investigación sobre Hydrological impacts of a wildfire in a Boreal region: The Västmanland fire 2014 (Sweden), hace énfasis en los cambios que produjo el incendio en las áreas verdes, en el suelo y la contaminación del agua.

Pimentel y Arheimer, (2014) evaluaron los cambios existentes mediante el uso de firmas hidrológicas, las misma que al final graficaron en boxplots para una mejor comprensión, al igual que en este análisis se determinaron las cuencas que fueron evaluadas de la misma forma.

Gordillo & Pineda (2021), en el artículo de investigación Unravelling runoff processes in Andean basins in northern Ecuador through hydrological signatures detallan la evaluación en la cuenca del río Mira mediante 15 firmas hidrológicas. Se contemplaron datos climáticos para calcular y determinar las firmas, utilizando un modelado de regresión lineal múltiple. Al igual que en esta investigación se presentaron graficas estadísticas representando los valores obtenidos de las firmas.

## 5. Conclusiones

El análisis a los datos hidrológicos de las cuencas del río Chimbo y río Quinindé, permitió realizar el cálculo de las firmas hidrológicas mediante los softwares IHA y Excel. Además, se utilizó R-Studio para representar dichos resultados mediante boxplots, y así detectar los impactos de la deforestación y cambios de uso y cobertura del suelo en las cuencas hidrográficas.

Evidentemente se requiere de una investigación exhaustiva sobre las cuencas que necesitan estos análisis, pero además se debe escoger la estación que mayor datos hidrológicos posea en relación a la misma, ya que a pesar de que están en la nube cargados por el INAMHI, existen estaciones hidrológicas que poseen datos incompletos e incluso carecen hasta de años sin datos, o algunas actualmente ya se encuentran inactivas.

Los impactos de la deforestación y el cambio de uso y cobertura de suelo generan la erosión del suelo y alteran la calidad del agua, provocando la reducción de caudales y escorrentía en las cuencas hidrográficas. Probablemente los caudales pico en los periodos lluviosos incrementen y se disminuyen durante los periodos secos (Proveda Jaramillo & Meza Sánchez, 1995).

La cuenca del río Chimbo posee una variedad de áreas verdes donde la deforestación no ha sido tan invasiva, es por ello que solo se obtuvo un cambio significativo en la firma de Coeficiente de Variación (CV), mientras que la cuenca del río Quinindé a medida de los años ha incrementado su población, entre otras actividades humanas que han deforestado gran parte de las áreas verdes afectando los caudales, es por ello que el Coeficiente de Variación en duración anual de flujos bajos (LowDurVar) disminuyó más del 100%. Cabe recalcar que todas las firmas hidrológicas se calcularon en números anuales.

## 6. Bibliografía

- Analuisa , I. A., Moreira , G. N., Medina, D. L., y Muñoz, J. P. (2018). Reforestación de las cuencas hídricas del sitio Mosquito. *REVISTA SAN GREGORIO*(28).
- Arumí, J. L., Jara, J., y Salgado, L. (2020). ANALISIS HIDROLOGICO. *Facultad de Ingenieria Agricola - Universidad de Concepción*.
- Baker, R., y Timothy , K. (2004). A new flashiness index: characteristics and applications to Midwestern rivers and streams. *Journal of the American Water Resources Association*.
- Bloomfield, J. P., Gong, M., Marchant, B., Coxon, G., y Addor, N. (2021). How is Baseflow Index (BFI) impacted by water resource management practices? 25.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.5194/hess-25-5355-2021>
- Camacho Sanabria, J. M., Pineda Jaimes, N. B., Cadena Vargas, E. G., Bravo Peña, L. C., Sánchez López, M., y Pérez, J. (2015). Coverage/land use changes in a portion of the Mountainous Mexican Transition Zone. *Madera bosques*, 21(1).  
<https://doi.org/Xalapa> mar./jun. 2015
- Espinoza Casanova, J. C. (2021). *EVALUACIÓN DE CAMBIOS EN COBERTURA DEL SUELO EN CUENCAS DE LAS CORDILLERAS OCCIDENTAL Y COSTERA*.  
Portoviejo.
- GAD PARROQUIAL LA UNIÓN DE QUININDÉ. (2019). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial.
- Galicia, L., García Romero, A., Gómez Mendoza , L., y Ramirez , I. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación ambiental. 58(4).

- Giler Ormaza, A., Pimentel, R., y Aguilar, C. (2021). Evaluación de los cambios en el uso del suelo y sus efectos en los caudales de los ríos en las cuencas tropicales de Ecuador. *Asamblea General de la EGU 2021*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-13190>
- Giler Ormaza, A., Zambrano, X., Chila, J., Arcentales, D., Guadamud, J. P., Félix, J., . . . Alarcón, J. (2019). Análisis del comportamiento hidrológico de cuencas hidrográficas tropicales utilizando índices: estudio de caso en la región costa del Ecuador. *Terra. Nueva Etapa*. <https://www.redalyc.org/journal/721/72164777003/72164777003.pdf>
- Gonzales , C. A. (2015). *Evaluación de los efectos de la deforestación en la hidrología y pérdida lateral de carbono orgánico del suelo de la cuenca del Alto Mayo*. Universidad de Turku, Finlandia; Universidad Agraria la Molina, Lima. [https://www.conservation.org/docs/default-source/peru/carlos\\_gonzales\\_inca.pdf?Status=Master&sfvrsn=ef831abf\\_5](https://www.conservation.org/docs/default-source/peru/carlos_gonzales_inca.pdf?Status=Master&sfvrsn=ef831abf_5)
- Gordillo, J., y Pineda, L. (2021). Unravelling runoff processes in Andean basins in northern Ecuador through hydrological signatures. *Hydrological Processes*, 9(35). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hyp.14354>
- Hernández, F. (Septiembre de 2017). DETERMINACIÓN DEL RÉGIMEN DE CAUDALES MÍNIMOS EN CAUCES DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL RÍO ÓRBIGO. *MIHMA - Máster en ingeniería hidráulica y medio ambiente*. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/90238/HERN%C3%81NDEZ%20-%20DETERMINACI%C3%93N%20DEL%20R%C3%89GIMEN%20DE%20CAUDALES%20M%C3%8DNIMOS%20EN%20CAUCES%20DEL%20SISTEMA%20DE%20EXPLOTACI%C3%93N%20D....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2016). *Biblioteca*. Ministerio de Ambiente: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>

Kuentz, A., Arheimer, B., Hundecha, Y., y Wagener, T. (2017). Comprensión de la variabilidad hidrológica en toda Europa a través de la clasificación de cuencas. *Hydrology and Earth System Sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/hess-21-2863-2017>

Leli, I., Stevaux, J., Cremon, É., y da Nóbrega, M. (2017). ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO FLUVIAL A PARTIR DO ESTUDO DA DESCARGA DE ÁGUA E SEDIMENTO SUSPENSO: O CASO DO RIO IVAÍ, SUL DO BRASIL. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 18(1), 135. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i1.1139>

Martinez , E., Coello, C., y Feyen, J. (2017). Análisis comparativo del comportamiento de la esorrentía de tres microcuencas andinas con diferente régimen de precipitación y cobertura vegetal. *MASKANA*, 8(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.18537/mskn.08.01.12>

Mathews, R., y Richter, B. (01 de Noviembre de 2007). Application of the Indicators of Hydrologic Alteration Software in Environmental Flow Setting. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 43. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2007.00099.x>

Neill, D. A., y Cortez Suárez, L. (2018). En *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Machala , Ecuador: UTMACH.

Pimentel , R., y Arheimer, B. (2014). Impactos hidrológicos de un incendio forestal en una región boreal: el incendio de Västmanland. *Ciencia del Medio Ambiente Total*.

Proveda Jaramillo, G., y Meza Sánchez, Ó. (1995). Efectos hidrológicos de la deforestación.

*Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.*

<https://doi.org/https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57099>

Ridolfi, E., Kumar, H., y Bárdossy, A. (2020). A methodology to estimate flow duration curves at partially ungauged basins. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(4).

<https://doi.org/https://doi.org/10.5194/hess-24-2043-2020>

Sierra, R., Calva, O., y Guevara, A. (2021). *La deforestación en el Ecuador 1990-2018:*

*Factores promotores y tendencias recientes.* Quito - Ecuador: Ministerio de Ambiente y Agua; Ministerio de Agricultura del Ecuador; Programa Integral Amazónico de Conservación de Bosques y Producción Sostenible.

Slater, L., Thirel, G., Harrigan, S., Delaigue, O., Hurley, A., Khouakhi, A., . . . Smith, K.

(2019). Using R in hydrology: a review of recent developments and future directions.

*Hydrology and Earth System Sciences.* <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/hess-23-2939-2019>

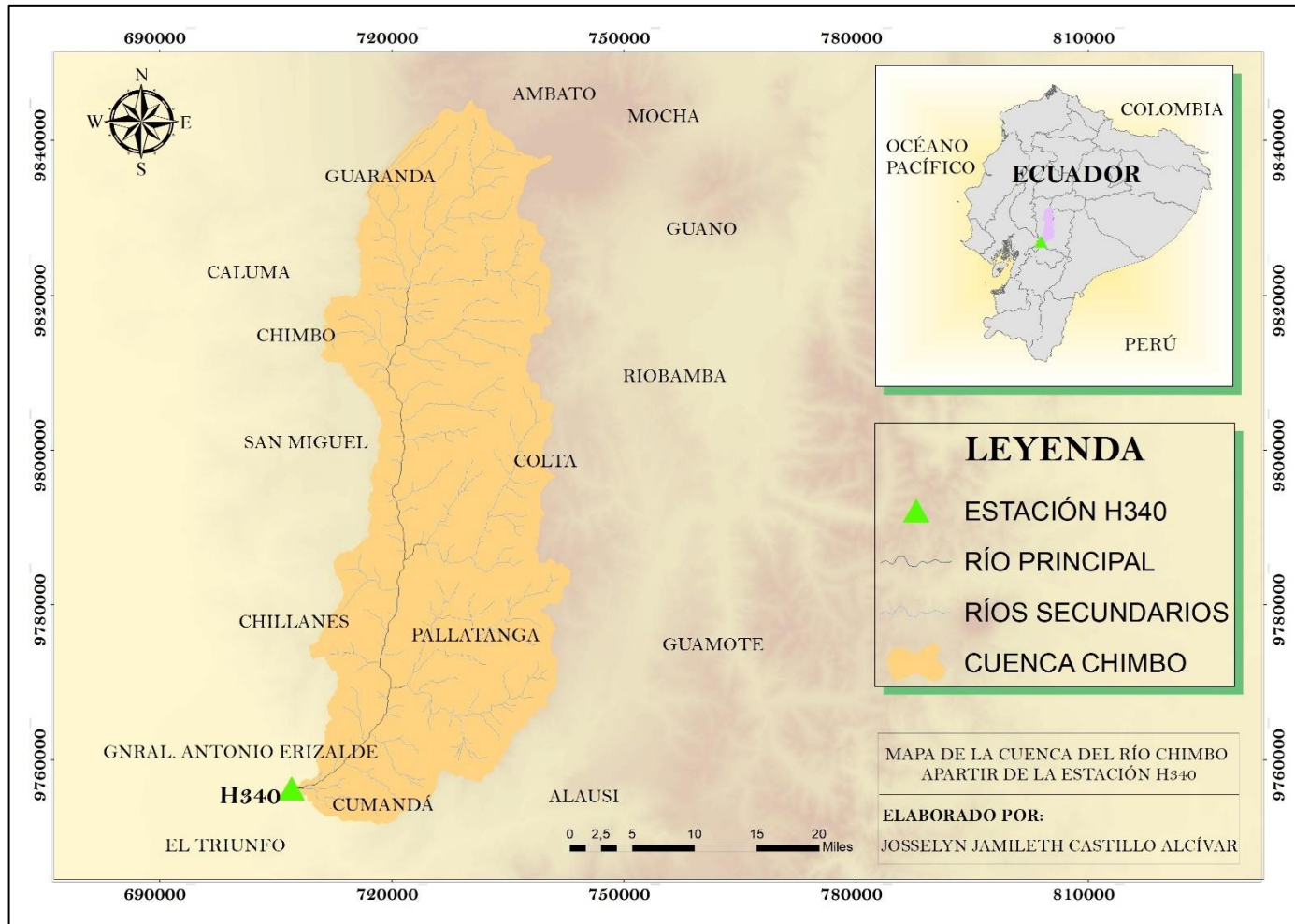
Vallejo, V. M. (2014). *Estudio hidrológico del río Chimbo en Bucay.* Cuenca: Universidad de

Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/6772>

## 7. Anexos

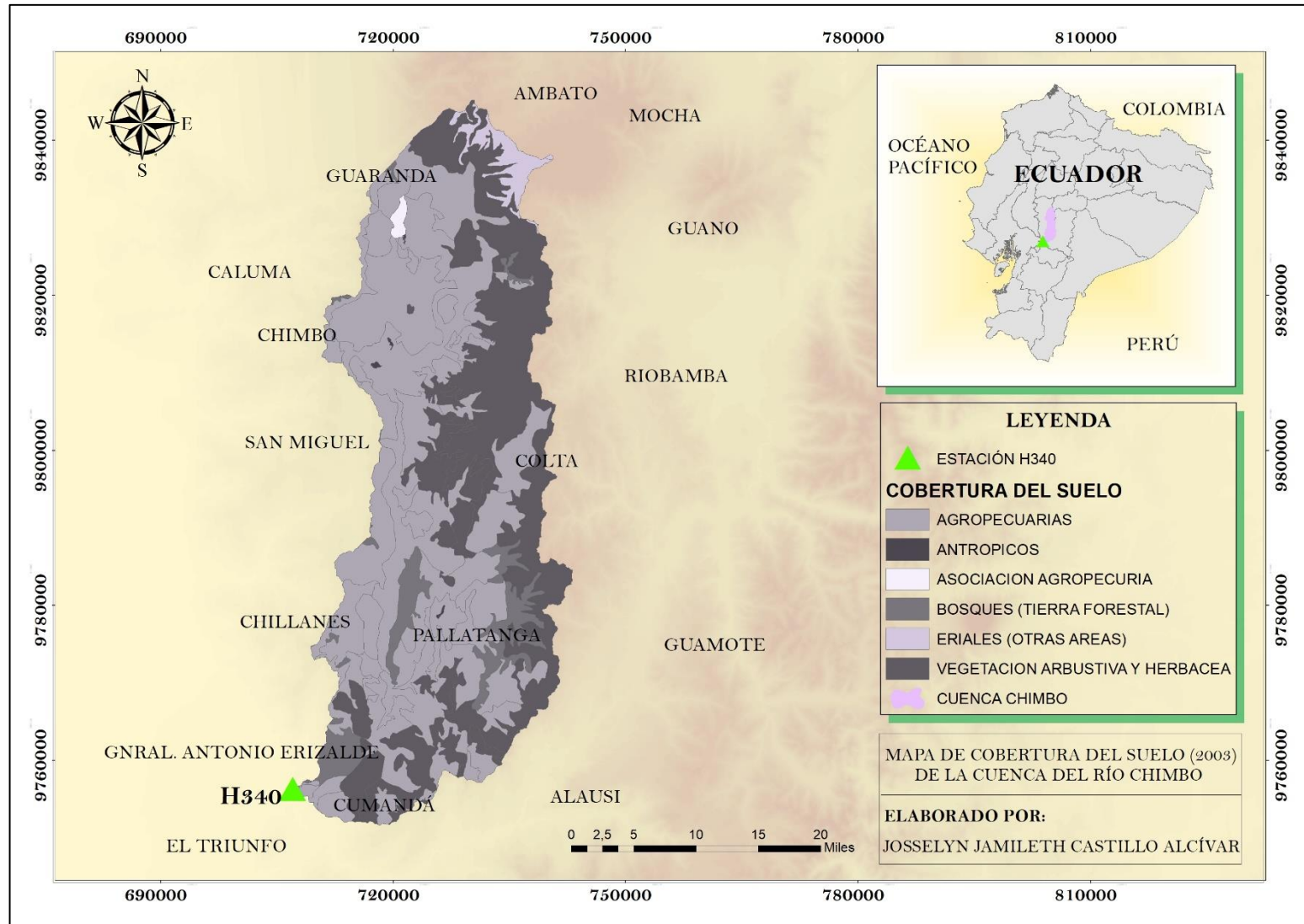
**Figura 1**

Mapa de ubicación de la cuenca del río Chimbo aguas arriba de la estación H340. Fuente: Autor (2022).



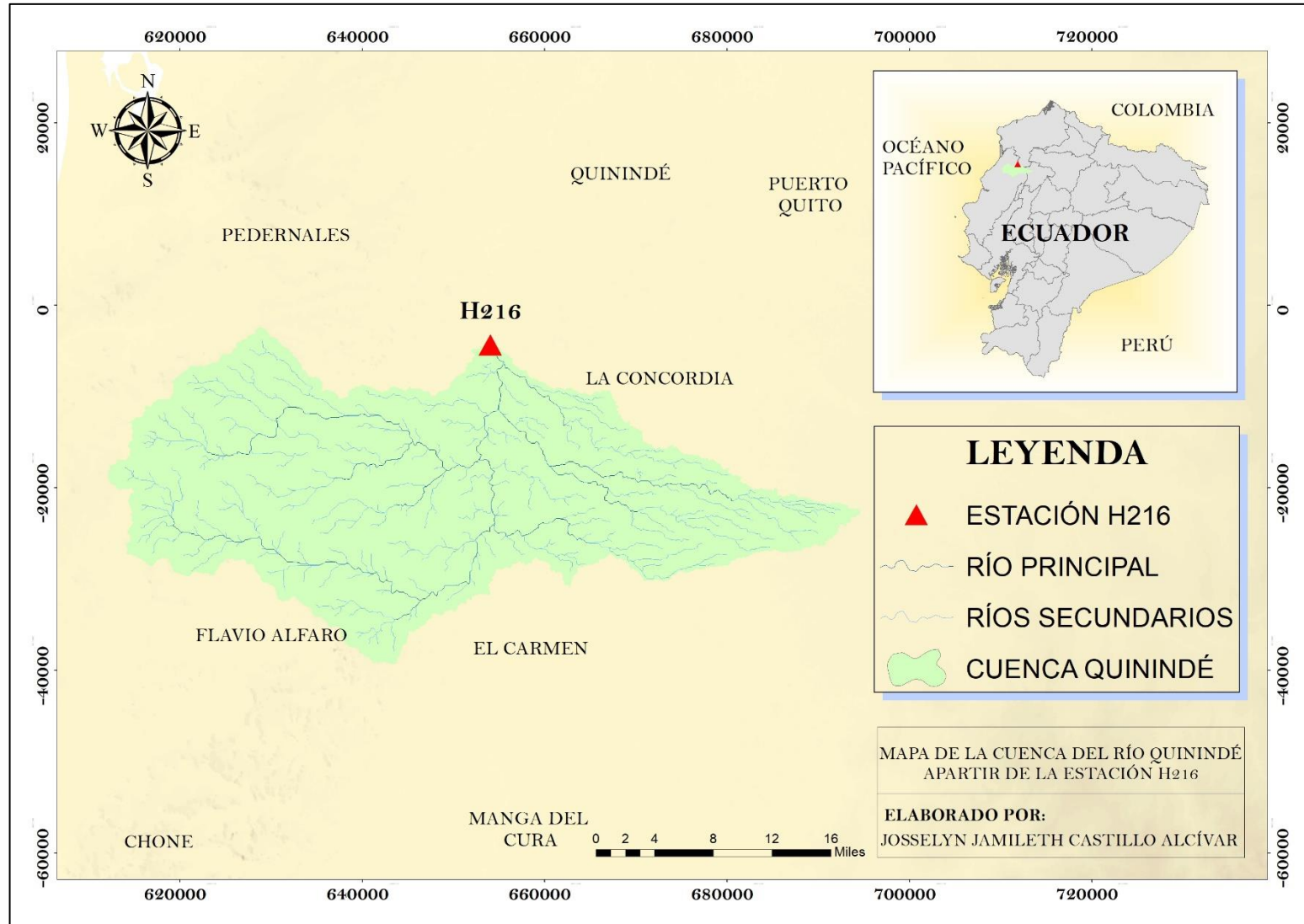
**Figura 2**

Mapa de cobertura del suelo (2003) de la cuenca del río Chimbo. Fuente: Autor (2022).



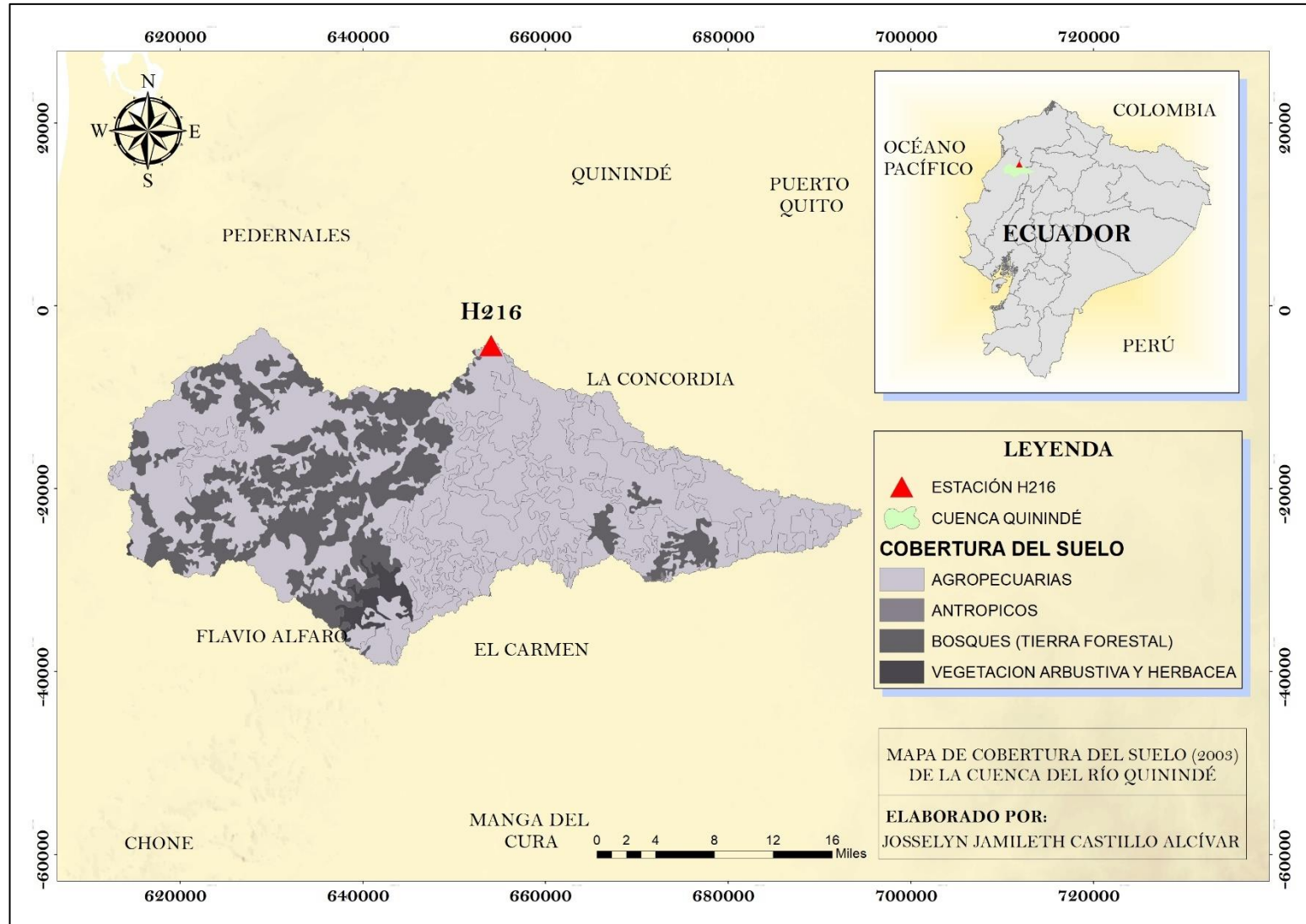
**Figura 3**

Mapa de ubicación de la cuenca del río Quinindé a partir de la estación H216. Fuente: Autor (2022).



**Figura 4**

Mapa de cobertura de suelo (2003) de la cuenca del río Quinindé. Fuente: Autor (2022).



**Tabla 2**

Resultados de firmas hidrológicas según el comportamiento esperado de la cuenca del río Quinindé.

<b>FIRMA</b>	<b>Comportamiento esperado por actividades trópicas</b>	<b>QUININDÉ</b>
sesgo	<b>Aumenta</b>	<b>Aumenta</b>
QSP	Disminuye	Aumenta
<b>CVQ</b>	<b>Aumenta</b>	<b>Aumenta</b>
BFI	Disminuye	Aumenta
<b>Q5</b>	<b>Disminuye</b>	<b>Disminuye</b>
HFD	Aumenta	Disminuye
<b>Q95</b>	<b>Aumenta</b>	<b>Aumenta</b>
LowFr	Aumenta	Disminuye
<b>HighFrVar</b>	<b>Disminuye</b>	<b>Disminuye</b>
<b>LowDurVar</b>	Aumenta	Disminuye
<b>Mean30max</b>	<b>Aumenta</b>	<b>Aumenta</b>
<b>Const</b>	Disminuye	Aumenta
<b>RevVar</b>	<b>Disminuye</b>	<b>Disminuye</b>
<b>Fly</b>	Aumenta	No se presentaron cambios

*Nota: Los cambios positivos están resaltados con **Negrita**.*

**Tabla 3**

Resultados de firmas hidrológicas según el comportamiento esperado de la cuenca del río Chimbo.

<b>FIRMA</b>	<b>Comportamiento esperado por actividades trópicas</b>	<b>CHIMBO</b>
sesgo	<b>Aumenta</b>	<b>Aumenta</b>
QSP	Disminuya	Disminuye
CVQ	<b>Aumenta</b>	<b>Aumenta</b>
BFI	Disminuya	Disminuye
Q5	Disminuya	Disminuye
HFD	Aumenta	Disminuye
Q95	Aumenta	Disminuye
LowFr	Aumenta	Disminuye
<b>HighFrVar</b>	Disminuye	Aumenta
<b>LowDurVar</b>	Aumenta	No se presentaron cambios
<b>Mean30max</b>	<b>Aumenta</b>	<b>Aumenta</b>
<b>Const</b>	<b>Disminuye</b>	<b>Disminuye</b>
<b>RevVar</b>	<b>Disminuye</b>	<b>Disminuye</b>
<b>Fly</b>	Aumenta	Disminuye

*Nota: Los cambios positivos están resaltados con **Negrita**.*

**Tabla 4**

Resultados porcentuales de firmas hidrológicas de la cuenca del río Chimbo y la cuenca del río Quinindé.

CUENCA DEL RÍO CHIMBO				CUENCA DEL RÍO QUININDÉ			
	PRE	POST	DIFERENCIA PORCENTUAL		PRE	POST	DIFERENCIA PORCENTUAL
Sesgo	10,17	10,37	1,96	Sesgo	8,97	10,43	13,97
QSP	166,30	143,11	-16,20	QSP	35,77	34,36	-4,11
CVQ	<b>1,78</b>	<b>2,37</b>	<b>25,14</b>	CVQ	3,19	3,73	14,64
BFI	2,83	2,26	-25,45	BFI	<b>0,48</b>	<b>0,78</b>	<b>38,64</b>
Q5	134,84	102,33	-31,76	Q5	18,98	17,08	-11,13
HFD	<b>137,98</b>	<b>104,67</b>	<b>-31,83</b>	HFD	20,23	17,91	-12,98
Q95	<b>235,78</b>	<b>203,05</b>	<b>-16,12</b>	Q95	67,93	70,17	3,20
LowFr	16,99	14,63	-16,12	LowFr	8,45	8,25	-2,35
HighFrVar	3,27	3,41	4,20	HighFr Var	<b>2,68</b>	<b>1,89</b>	<b>-41,86</b>
LowDurVar	6,56	9,38	30,15	LowDurVar	<b>35,09</b>	<b>8,11</b>	<b>-332,52</b>
Mean30dMax	10,17	10,37	1,96	Mean30dMax	8,97	10,43	13,97
Const	17,64	21,33	17,33	Const	19,00	16,84	-12,83
Revar	426,00	481,00	11,43	Revar	1028,00	1074,00	4,28
FIy	0,00	0,00	0,00	FIy	0,00	0,00	0,00

*Nota: Los valores con rojo representan los resultados significativos y los verdes representan los valores considerables.*

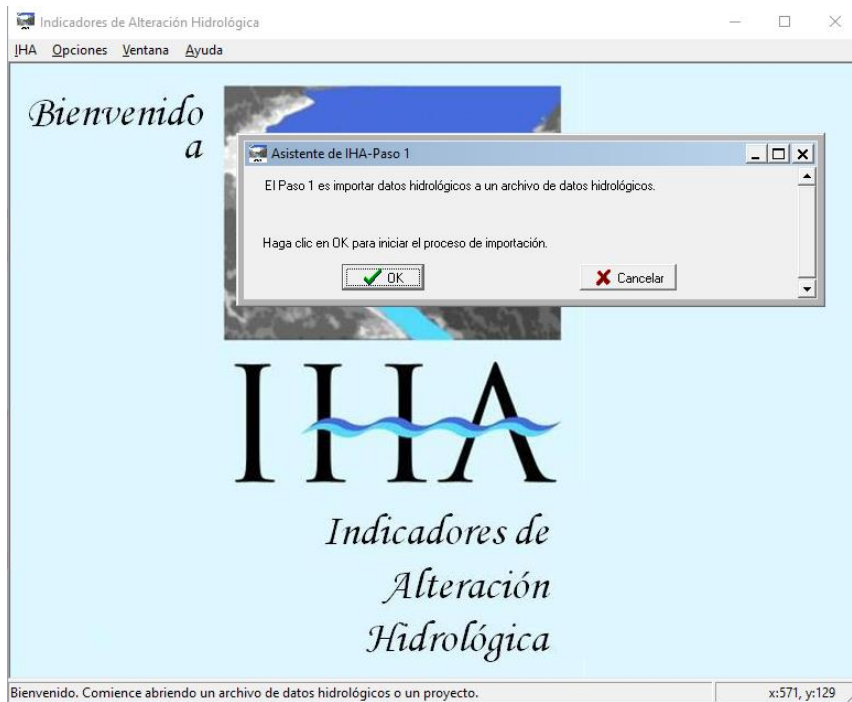
**Tabla 5**

Resultados porcentuales de la mediana de firmas hidrológicas de la cuenca del río Chimbo y la cuenca del río Quinindé.

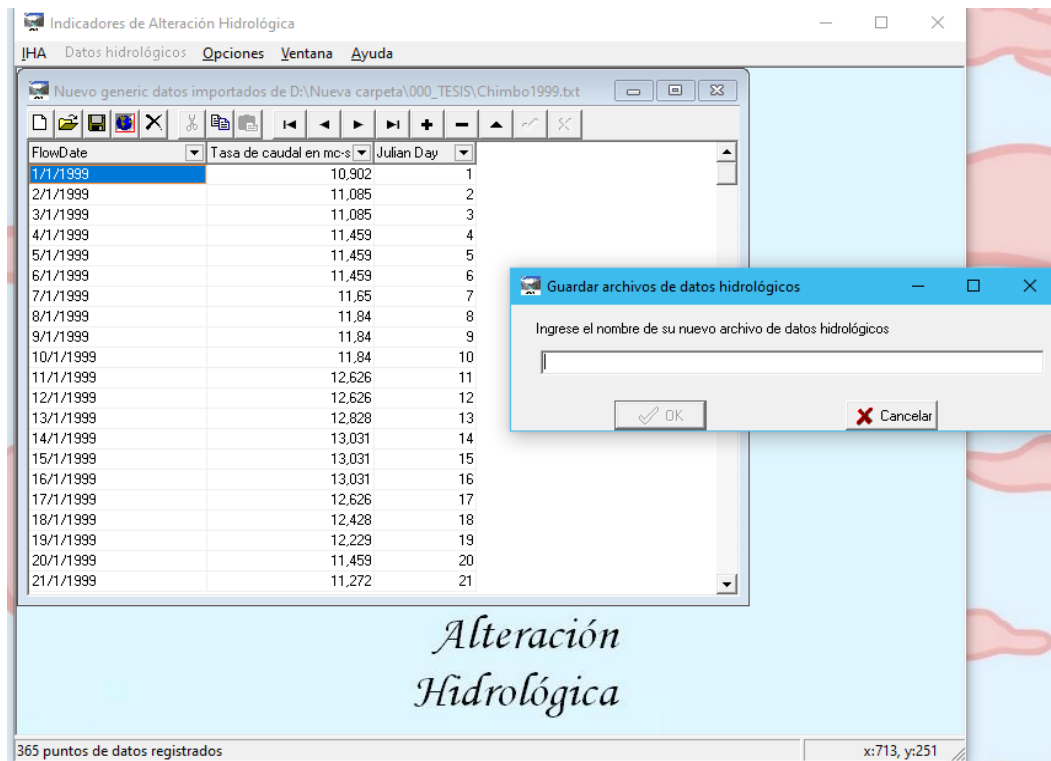
<b>CUENCA DEL RÍO QUININDÉ</b>			
	<b>PRE</b>	<b>POST</b>	<b>DIFERENCIA PORCENTUAL</b>
<b>Sesgo</b>	1,12	1,14	1,73
<b>QSP</b>	3,69	3,91	5,61
<b>CVQ</b>	0,37	0,42	11,64
<b>BFI</b>	0,06	0,09	30,21
<b>Q5</b>	1,85	2,00	7,44
<b>HFD</b>	2,04	2,08	1,97
<b>Q95</b>	6,52	8,20	20,46
<b>LowFr</b>	0,81	0,94	14,08
<b>HighFrVar</b>	0,32	0,19	-66,74
<b>LowDurVar</b>	2,13	0,90	-137,32
<b>Mean30dMax</b>	1,12	1,14	1,73
<b>Const</b>	1,78	1,86	4,22
<b>Revar</b>	127	118	-7,20
<b>FIy</b>	0,00	0,00	0,00

<b>CUENCA DEL RÍO CHIMBO</b>			
	<b>PRE</b>	<b>POST</b>	<b>DIFERENCIA PORCENTUAL</b>
<b>Sesgo</b>	1,03	1,05	1,49
<b>QSP</b>	16,60	9,55	-73,82
<b>CVQ</b>	0,17	0,22	24,20
<b>BFI</b>	0,28	0,22	-25,53
<b>Q5</b>	13,79	6,62	-108,26
<b>HFD</b>	14,11	6,86	-105,83
<b>Q95</b>	23,27	13,65	-70,48
<b>LowFr</b>	1,68	0,98	-70,48
<b>HighFrVar</b>	0,29	0,33	13,22
<b>LowDurVar</b>	0,47	0,48	1,66
<b>Mean30dMax</b>	1,03	1,05	1,49
<b>Const</b>	1,74	1,45	-19,89
<b>Revar</b>	43	37	-17,81
<b>FIy</b>	0,00	0,00	0,00

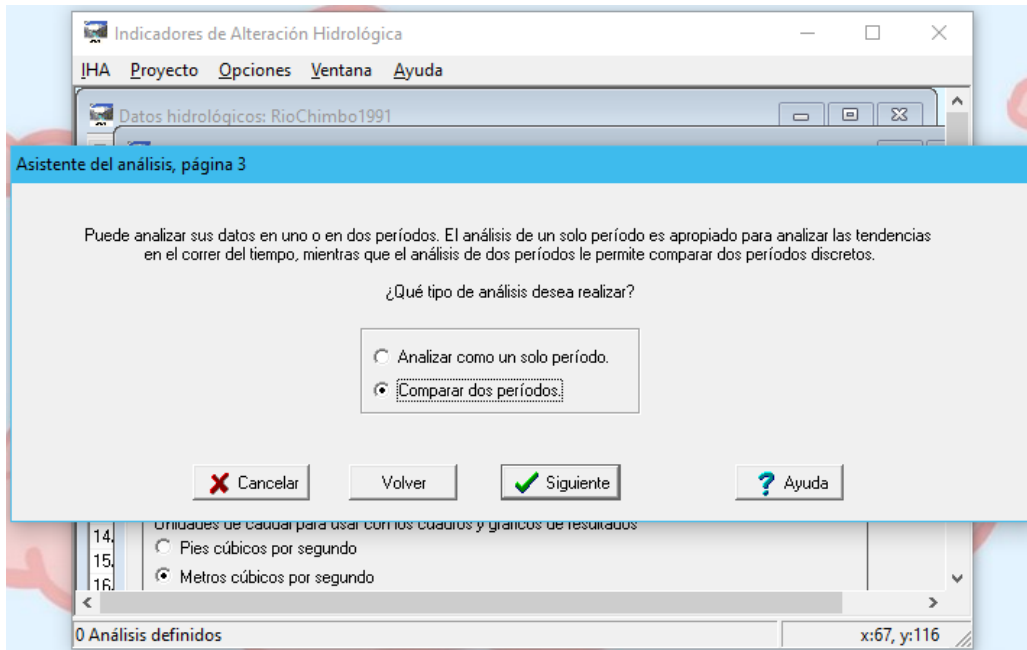
**Figura 5**  
Ingreso al software IHA mediante el asistente para ingresar los datos.



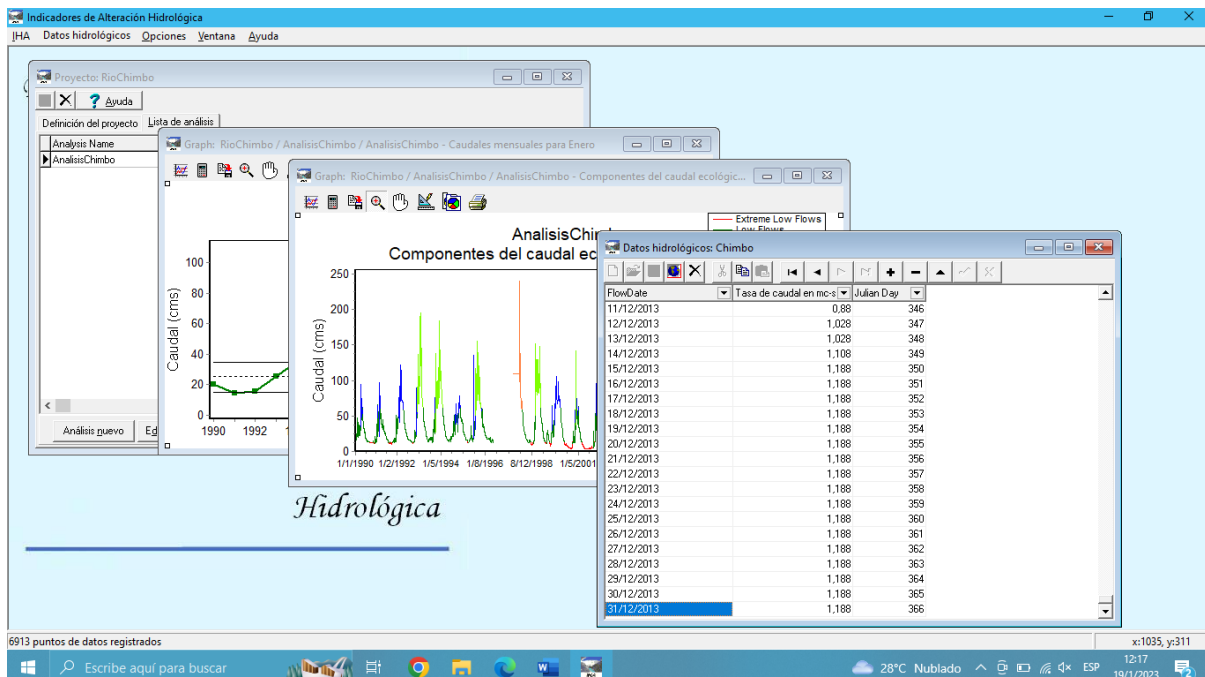
**Figura 6**  
Ingreso de los datos en bloc de notas al software IHA, con el nombre previo del archivo.



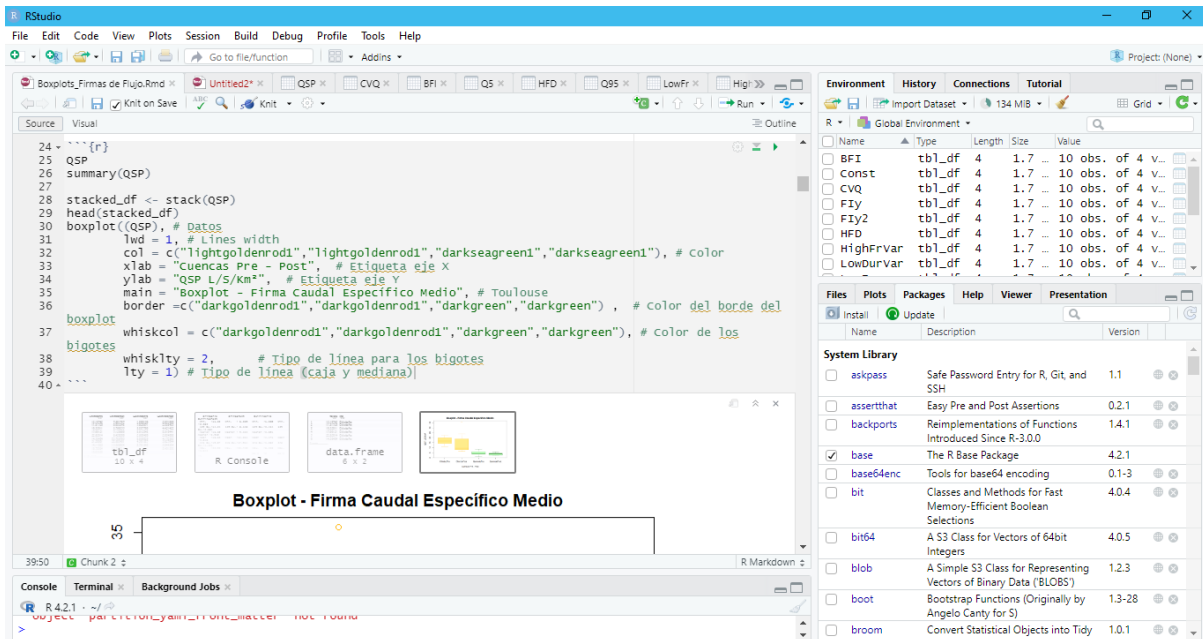
**Figura 7**  
Selección de opciones en el software IHA para comparar los periodos.



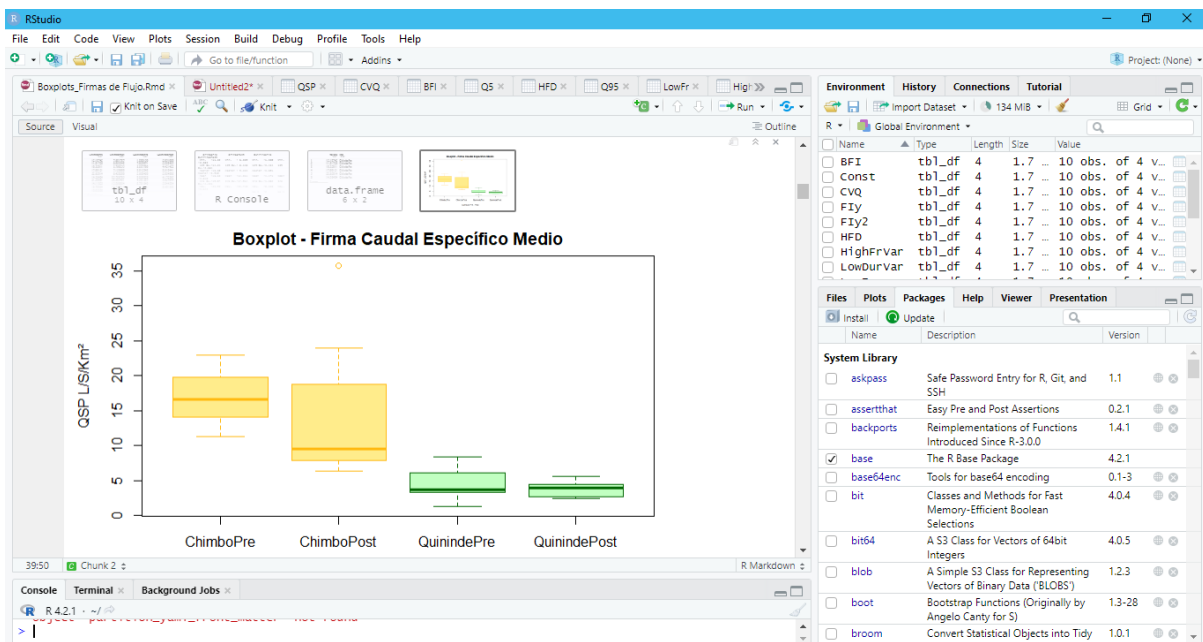
**Figura 8**  
Resultados obtenidos en IHA.



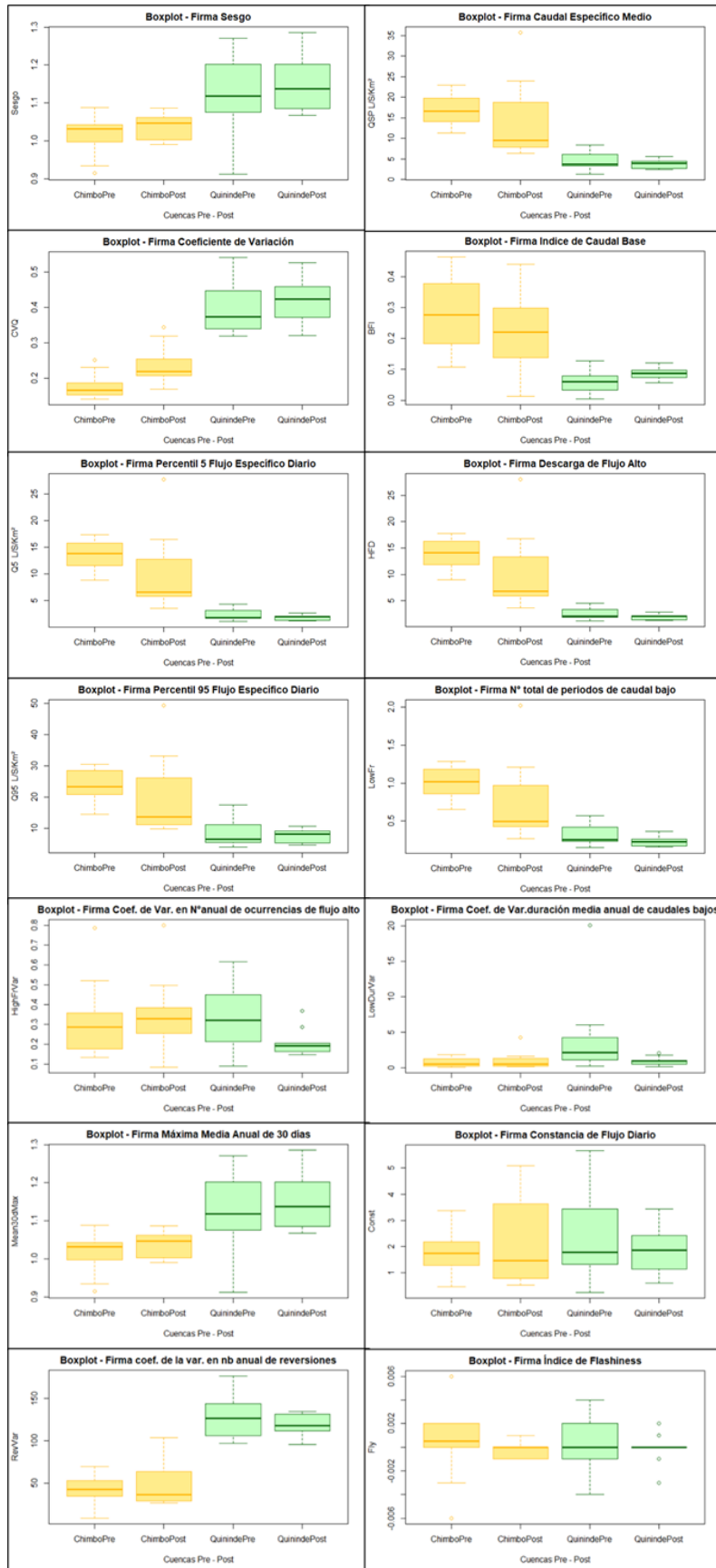
**Figura 9**  
Creación de boxplots mediante el software R-Studio.



**Figura 10**  
Representación de boxplots mediante el software R-Studio.



**Figura 11**  
Firmas hidrológicas empleadas en la investigación mediante boxplots.



**Tabla 6**

Resultados de firmas hidrológicas de la cuenca del río Quinindé para ambos períodos. Fuente: Autor (2022).

Periodos	Año	Sesgo	QSP	CVQ	BFI	Q5	HFD	Q95	LowFr	HighFr Var	LowDur Var	Mean30 dMax	Const	Revar	FIy
<b>Pre</b>	1996	0,91	1,33	0,35	0,01	1,17	1,23	4,07	0,51	0,62	1,42	0,91	0,25	97	0,000
	1997	1,27	7,62	0,45	0,02	4,35	4,55	13,67	1,70	0,15	6,00	1,27	4,26	177	0,002
	1998	1,17	8,34	0,45	0,05	4,17	4,27	17,44	2,17	0,09	20,11	1,17	5,67	147	-0,002
	1999	1,06	3,61	0,34	0,13	1,69	1,82	6,03	0,75	0,35	2,41	1,06	1,20	141	0,000
	2000	1,10	2,98	0,40	0,09	1,79	1,87	4,99	0,62	0,30	0,67	1,10	1,59	129	0,004
	2001	1,09	3,68	0,32	0,05	1,74	1,90	6,81	0,85	0,55	2,24	1,09	1,98	104	-0,004
	2002	1,23	4,50	0,54	0,07	2,18	2,42	8,68	1,08	0,34	2,02	1,23	1,45	124	0,002
	2003	1,14	3,70	0,34	0,07	1,91	2,17	6,24	0,78	0,28	0,21	1,14	2,60	109	0,000
<b>Post</b>	2004	1,07	2,65	0,32	0,09	1,26	1,32	4,63	0,58	0,20	0,98	1,07	1,14	131	0,000
	2005	1,13	2,38	0,38	0,07	1,24	1,27	5,12	0,64	0,19	1,71	1,13	0,60	96	0,000
	2007	1,19	4,42	0,42	0,08	2,09	2,16	10,37	1,29	0,29	0,38	1,19	2,41	112	0,000
	2008	1,26	3,91	0,53	0,12	2,00	2,11	8,20	1,02	0,15	2,02	1,26	2,40	134	0,000
	2009	1,20	2,68	0,46	0,07	1,36	1,39	5,33	0,66	0,37	0,14	1,20	2,61	99	0,002
	2010	1,29	4,17	0,46	0,10	2,01	2,08	9,26	1,15	0,17	0,49	1,29	1,86	118	0,001
	2011	1,14	5,03	0,37	0,11	2,71	2,83	9,06	0,65	0,16	0,53	1,14	0,86	132	-0,003
	2012	1,08	5,64	0,34	0,06	2,63	2,91	10,62	1,32	0,20	0,96	1,08	3,44	135	-0,001
2013	1,08	3,46	0,46	0,09	1,79	1,84	7,59	0,94	0,16	0,90	1,08	1,51	117	0,000	

**Tabla 7**

Resultados de firmas hidrológicas de la cuenca del río Chimbo para ambos períodos. Fuente: Autor (2022).

Periodos	Año	Sesgo	QSP	CVQ	BFI	Q5	HFD	Q95	LowFr	HighFr Var	LowDur Var	Mean30 dMax	Const	Revar	FIy
<b>Pre</b>	1990	1,04	12,14	0,15	0,46	9,14	9,37	15,24	1,10	0,52	0,26	1,04	0,47	65	0,002
	1991	1,02	11,32	0,15	0,41	8,86	9,02	14,53	1,05	0,16	1,82	1,02	1,29	70	0,000
	1992	1,03	16,52	0,14	0,32	13,26	13,45	20,83	1,50	0,36	1,19	1,03	2,45	49	0,000
	1993	0,93	17,06	0,19	0,27	16,00	16,43	30,26	2,18	0,22	0,66	0,93	1,72	46	0,002
	1994	1,04	22,93	0,17	0,28	17,31	17,75	30,44	2,19	0,33	1,31	1,04	3,38	39	0,000
	1995	1,09	14,59	0,23	0,38	11,63	11,89	21,50	1,55	0,18	0,20	1,09	1,77	20	0,006
	1996	1,07	21,20	0,18	0,26	15,81	16,32	28,57	2,06	0,24	0,60	1,07	1,96	53	-0,006
	1998	0,91	14,12	0,14	0,15	15,25	15,54	25,04	1,80	0,79	0,12	0,91	0,82	9	0,001
	1999	1,04	19,74	0,25	0,18	13,92	14,40	28,43	2,05	0,13	0,34	1,04	1,62	40	0,002
	2000	1,00	16,69	0,16	0,11	13,67	13,83	20,93	1,51	0,34	0,06	1,00	2,18	35	-0,003
<b>Post</b>	2001	1,06	7,93	0,21	0,21	5,79	5,95	11,25	0,81	0,33	0,11	1,06	1,21	28	0,000
	2002	1,09	9,69	0,22	0,22	6,84	7,13	14,35	1,03	0,27	0,20	1,09	0,78	29	0,001
	2003	1,01	8,80	0,17	0,30	6,40	6,59	11,87	0,86	0,37	0,52	1,01	1,30	29	-0,001
	2004	1,05	7,12	0,21	0,44	5,35	5,44	10,19	0,73	0,38	0,31	1,05	0,77	37	0,000
	2005	1,00	9,42	0,21	0,44	6,15	6,25	12,96	0,93	0,80	1,27	1,00	1,61	27	-0,001
	2008	1,05	35,74	0,24	0,26	27,72	28,05	49,37	3,56	0,08	4,22	1,05	3,87	104	0,001
	2009	0,99	23,91	0,19	0,14	16,45	16,76	33,22	2,39	0,33	0,57	0,99	5,08	53	-0,001
	2010	0,99	15,40	0,25	0,22	11,23	11,48	23,85	1,72	0,26	1,61	0,99	2,56	64	-0,001
	2012	1,08	18,75	0,32	0,01	12,78	13,31	26,13	1,88	0,08	0,43	1,08	3,63	74	0,000
	2013	1,05	6,36	0,34	0,03	3,62	3,71	9,87	0,71	0,50	0,12	1,05	0,53	36	0,000