



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABÍ

CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“TEMPORALIDAD HIDROLÓGICA DE EVENTOS EXTREMOS ANUALES EN LA
CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

HIDROLOGÍA

PREVIO AL TÍTULO DE

INGENIERO HIDRÁULICO

AUTOR

FERNANDO STEWART RODRÍGUEZ ESTUPIÑÁN

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ING. ANDY GILER ORMAZA, M. Sc.

JULIO 2021

PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR

CERTIFICACIÓN

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza, M. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

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

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza, M.Sc.

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, M.Sc.

PRIMER LECTOR

Ing. John Félix Mera, M.Sc.

SEGUNDO LECTOR

Ing. José Ramon Alarcón, M.Sc.

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.

FECHA: 16 de julio de 2021

Rodríguez Estupiñán Fernando Stewart

Dirección: Portoviejo, ciudadela el Maestro conjunto “La Campiña”.

E-mail: he-502@pucem.edu.ec

fernando98106@gmail.com

Celular: 0985582634

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR Y CO-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.

Rodríguez Estupiñán Fernando Stewart

C.I. 1316057916

DEDICATORIA

*A mi amado Padre Fernando Rodríguez, mi incondicional Abuela María Eugenia Zambrano,
y mi ángel de la guarda y amada prima Sayira Zambrano que en paz descanse...*

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la fuerza, la fortaleza y persistencia necesaria para llegar a mi meta fuera de todos los obstáculos.

A ti padre amado por el apoyo incondicional en mi vida personal, deportiva y académica.

A ti bendita seas abuela paterna, María Eugenia Zambrano, tú eres como un sol en mi vida, me aconsejas, me ayudas y siempre estás pendiente de mí a usted le debo todo lo que tengo.

A mi madre Lucy Johanna Estupiñán Toro, por ser el soporte de todos los problemas diarios que se me presentan en mi cotidiana vida.

A mi amada abuela materna, Blanca Lucciola Toro Andrade, luz, sendero y fundamento espiritual en la vida de todos y cada uno de los integrantes de mi hermosa familia, gracias por cuidar de mis sobrinos, verlos cada día es como si pudiera crecer a través de ellos.

A mi amado abuelo, Edilberto Enrique Estupiñán Molina, genearca de la familia gracias por todo el conocimiento impartido a lo largo de mi formación académica universitaria. No sabe cuánto le agradecí y le seguiré agradeciendo durante toda una vida de mutuo conocimiento.

A mis docentes, Ingeniero Andy Giler Ormaza, mi tutor y guía de tesis; Ingeniero José Ramón Alarcón, un formador de conocimiento; Ingeniero John Félix Mera, grande mentor de la enseñanza, y con todo el corazón del mundo, a ti maestro y amigo Ingeniero Micheal Caicedo Toro, por la confianza que depositó en mí, durante mi permanencia en la Pontificia Universidad Católica, que en paz descansa gran erudito.

RESUMEN

Esta investigación cuantitativa analizó la temporalidad hidrológica en la cuenca del río Esmeraldas, utilizando un modelo unidireccional como metodología eficiente en la predicción de acontecimientos hidrológicos extremos, que sufren las cuencas en el transcurso de los años. Por ello, la presente investigación fue realizada desde enero hasta abril de 2021, utilizando datos de la estación del río Toachi en Las Pampas y Bua AJ Quinindé, periodo 1990-2013, enfocándose en las fechas julianas como indicativos de flujo máximo anual (AMD) y flujo mínimo anual (AMD), así como el coeficiente de variación anual (QVAR) y regularidad del fenómeno (r). Para la metodología y análisis de patrones de estacionalidad, se adjuntó la utilización del *software RStudio*. Los resultados indican que para el río Toachi, la fecha juliana 78 representa el AMD máximo anual y 302 para el AMD mínimo, a diferencia del río Bua AJ, que muestra una cifra de 82 en AMD máximo y 341 para flujo mínimo. Los resultados de QVAR presentan 1,44 para Bua AJ Quinindé y 0,89 en Toachi; este último valor expone una menor variación por su gran pluviosidad correspondida en las estribaciones de la cordillera de los Andes. La regularidad del fenómeno para ambos ríos presenta un valor mayor a 0,76; dicho valor de regularidad para ambas estaciones da como resultado una estacionalidad fuerte. Se concluye que, los caudales se están dando con cierta frecuencia, tanto para eventos máximos como para eventos mínimos.

Palabras clave: temporalidad hidrológica, *RStudio*, estadística direccional, flujo máximo anual, flujo mínimo anual

ABSTRACT

This quantitative research study assessed stream flow seasonality of the *Esmeraldas* River basin through a unidirectional model, as an efficient methodology in the prediction of extreme hydrological events experienced by river basins over time. Hence, this research study was carried out from January through April 2021; it used data from the *Toachi* River Station in *Las Pampas* and *Bua AJ Quinindé*, period 1990-2013, and focused on Julian dates as indicative of the annual maximum discharge (AMD) and annual minimum discharge (AMD), as well as the annual coefficient of variation in discharge (QVAR) and the regularity of recurrence of the phenomenon (r). RStudio software was used for the methodology and analysis of seasonality patterns. The findings reveal that for the *Toachi* River, the Julian date 78 represents the maximum annual AMD, and 302 for the minimum annual AMD, in contrast with the *Bua AJ* River that shows 82 for the maximum annual AMD, and 341 for the minimum annual flow. The results from QVAR correspond to 1.44 for *Bua AJ Quinindé*, and 0.89 for *Toachi*; this last value has lower variability because of its high rainfall in the foothills of the Andes Mountain range. The phenomenon recurrence regularity for both rivers presents a value greater than 0.76; this value of regularity results in a strong seasonality pattern. It is concluded that streamflows occur for both maximum and minimum events at a given frequency.

Keywords: stream flow seasonality, RStudio, directional statistics, maximum annual discharge, minimum annual discharge

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	I
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	II
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	III
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR Y CO-AUTOR	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	13
OBJETIVOS.....	16
General.....	16
Específicos.....	16
2. MATERIALES Y MÉTODOS	17
Área de Estudio.....	17
Límites de la Cuenca del Río Esmeraldas	17
Localización.....	17
Descripción del ámbito geográfico	18
Mapa Hidrográfico de la Estación Toachi en las Pampas.....	13
Mapa Hidrográfico de la Estación Bua Aj Quinindé	14
Características del Área de Investigación	13
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	14
Datos de entrada	14
Curva de Descarga	15
Relleno de datos	18
Estadísticos direccionales (índices de estacionalidad).....	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Cálculo de indicadores	23
Patrones de Estacionalidad de los flujos diarios máximos y mínimos anuales en Rstudio	25
Representación espacial de estacionalidad en la estación del río Toachi en Las Pampas	25
Representación espacial de estacionalidad en la estación del río Bua AJ Quinindé	28
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
CONCLUSIONES.....	32
RECOMENDACIONES.....	34

6. REFERENCIAS.....	35
7. ANEXOS	38
ANEXOS 1: RELLENO DE DATOS (PROCESAMIENTO, RECOPIACIÓN)	38
ANEXOS 2: IMÁGENES (INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA IHA).....	38
ANEXOS 3: TABLAS (RESUMEN DE ESTADÍSTICAS).....	38
ANEXOS 4: GRÁFICAS (CURVAS, CAUDALES Y DATOS ANUALES)	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Delimitación hidrográfica de la estación Toachi en Las Pampas, SIG.	13
Figura 2.2. Delimitación hidrográfica de la estación Bua Aj Quinindé, SIG.	14
Figura 3.1. Curva de Descarga en la estación del río Toachi en Las Pampas, modelo de año 1990.....	16
Figura 3.2. Curva de Descarga en la estación del río Bua A.J. Quinindé, modelo de año 2004.	17
Figura 4.1. Representación espacial de estacionalidad de los flujos diarios máximos anuales (AMD) y los eventos de flujo alto en la estación del río Toachi en Las Pampas.	26
Figura 4.2. Representación espacial de estacionalidad de los flujos diarios mínimos anuales (AMD) en la estación del río Toachi en Las Pampas.	27
Figura 4.3. Representación espacial de estacionalidad de los flujos diarios máximos anuales (AMD) y los eventos de flujo alto en la estación del río Bua AJ Quinindé.	28
Figura 4.4. Representación espacial de estacionalidad de los flujos diarios mínimos anuales (AMD) en la estación del río Bua AJ Quinindé.....	29
Figura 4.5. Hidrograma cronológico de componentes del caudal ecológico (EFC) para cinco tipos de eventos de caudales anuales: caudales bajos, caudales extremadamente bajos, pulsos de caudal alto, pequeñas inundaciones y grandes inundaciones en la estación del río Toachi en Las Pampas.....	30
Figura 4.6. Hidrograma cronológico de componentes del caudal ecológico (EFC) para cinco tipos de eventos de caudales anuales: caudales bajos, caudales extremadamente bajos, pulsos de caudal alto, pequeñas inundaciones y grandes inundaciones en la estación del río Bua Aj Quinindé.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Disponibilidad de datos anuales en las estaciones del río Toachi y Quinindé....	22
Tabla 4.2. Tabla de resultados paramétricos de IHA en la estación del río Toachi en Las Pampas.	23
Tabla 4.3. Tabla de resultados paramétricos de IHA en la estación del río Bua AJ Quinindé.	23
Tabla 4.4. Valor de regularidad máxima del evento, media de ocurrencia máxima expresada en día juliano y dispersión del tiempo ejecutados en el software Rstudio en la estación del río Toachi en Las Pampas.	25
Tabla 4.5. Valor de regularidad mínima del evento, media de ocurrencia mínima expresada en día juliano y dispersión del tiempo ejecutados en el software Rstudio en la estación del río Toachi en Las Pampas.	27
Tabla 4.6. Valor de regularidad máxima del evento, media de ocurrencia máxima expresada en día juliano y dispersión del tiempo ejecutados en el software Rstudio en la estación del río Bua AJ Quinindé.....	28
Tabla 4.7. Valor de regularidad mínima del evento, media de ocurrencia mínima expresada en día juliano y dispersión del tiempo ejecutados en el software Rstudio en la estación del río Bua AJ Quinindé.....	29

1. INTRODUCCIÓN

Según el criterio de (Sedano, 2017) en su investigación de tesis doctoral manifiesta que, ciertos fenómenos hidrológicos como “La Niña” han disminuido la precipitación y caudales máximos en los ríos, incitando 12 sequías severas cuando menos en las últimas cinco décadas. Por otro lado, Oscilación del Sur ENSO “El Niño”, provoca una secuela contraria relacionadas con desastres por inundaciones y deslizamientos de tierra que, a su vez, afectan a más de 500.000 habitantes con dicha frecuencia de 2 a 4 años. Es por esto, que estudios hidrológicos de crecidas extremas, son las principales cartas de investigación en la ingeniería del agua. Por ende, un inapropiado estudio tomaría un gran perjuicio en cuanto a recursos se refiere, provocando pérdidas de infraestructura, sobredimensiones, déficits socioeconómicos y más aún vidas humanas (Francés, 1998).

En el Ecuador continental, las inundaciones en su mayoría se suscitan originalmente por las altas y aceleradas precipitaciones en cotas elevadas, agregando el resultado de aguajes, mareas de alto nivel y, acrecentamiento de los caudales en los ríos o ambientes lénticos (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias [SNGR], 2012). En base a esto, ciertas metodologías respecto a la modelación estadística de frecuencias, son relevantes para una óptima proyección, planificación, mitigación del riesgo de ocurrencia de una creciente igual o menor, sequías e inclusive predicciones en el diseño de obras hidráulicas y reutilización de los recursos hídricos, a partir de estudios probabilísticos (Chow *et al.*, 1988).

El régimen climático estacional e interanual de los Andes ecuatorianos ha sido estudiado por (Andrade & Ríos, 2014) quienes destacan que, la estructura estacional e interanual de precipitaciones, está condicionada por fenómenos de grado regional, como son: la ZCIT; la circulación del aire que distribuye humedad del Pacífico, Amazonía, del Atlántico Norte y el ENSO”. Esto se acondiciona gracias a la existencia de la cordillera de los Andes. Por otra

parte, los valles interandinos se manifiestan mediante dos períodos de sequía: junio – septiembre (más pronunciado) y diciembre – enero.

Esmeraldas como provincia del Ecuador es una de las zonas que ostentan un alto grado de amenaza por inundación, siendo así encasillado categóricamente zona de mayor a menor riesgo a lo largo de los ríos, Esmeraldas, Blanco, Toachi, Santiago y Cayapas, extendiéndose en los valles, envolviendo un área de 3.17% las de mayor peligro, y 2.44% del total de la superficie provincial las de menor peligro (Sistema Nacional de Información [SNI], 2015).

Por otro lado, la temporalidad de precipitaciones y el incremento de población, son factores iniciales en la falta de abastecimiento de agua en el país. Tomando como dato la precipitación media anual en el Ecuador es de 1,200 milímetros, solamente recibiendo un volumen de 250 milímetros en ciertas áreas, quedándose 6,000 milímetros en otras zonas por año (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos [USACE], 1998). En el presente se vive un consentimiento arduo, donde se cubre la importancia de indagar el conocimiento que presenta la variabilidad espacio-temporal de la precipitación (Guenni et al., 2008).

Interpretando estos análisis también existen conclusiones sobre el cambio climático donde se evidencia que, el análisis de estacionariedad debe eliminar su intuición sobre las observaciones hidrológicas y, así mismo, es inevitable profundizar en metodologías de estimación estadística y modelos unidireccionales que sujeten la dinámica de probabilidad a través del tiempo (Milly, P *et al.*, 2008, 2015). Cabe mencionar que, es preciso contar con nuevas herramientas de estudio que permitan tomar decisiones de manera instruida en el tema hidrológico, haciendo mención en la estimación de eventos de diseño que, hoy por hoy, continúa siendo una incertidumbre, inspirando numerosas investigaciones (Stehr et al., 2010).

En base a esto, la estadística direccional nos proporciona en tal grado múltiples maneras de estudiar los comportamientos de una precipitación, así como variables hidrológicas de las estaciones en un área determinada. Siempre y cuando se obtengan información local de la caracterización de la lluvia en esa zona, la escala espacio-temporal en la que se está presentando el análisis, y su necesidad de aplicación (Grimes & Pardo, 2010).

OBJETIVOS

General

Determinar la temporalidad hidrológica de eventos extremos anuales en los ríos Toachi y Quinindé utilizando estadística unidireccional.

Específicos

- Obtener datos hidrometeorológicos para los ríos Toachi y Quinindé.
- Seleccionar una metodología para automatizar los cálculos del método de estadística unidireccional.
- Analizar los patrones de la estacionalidad de los ríos Toachi y Quinindé con estadística unidireccional.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El área de estudio contempla la zona norte de la provincia de Cotopaxi, región Sierra del Ecuador, así como la zona sur de la provincia de Esmeraldas, región Costa, las mismas que están arraigada a la demarcación de la cuenca perteneciente al río Esmeraldas, la cual consta de 21.669 km². Dicha cuenca se encuentra ubicada al norte del Ecuador abarcando a las provincias de Esmeraldas, Cotopaxi, Imbabura, Manabí, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas (Rosas, 2011).

Límites de la Cuenca del Río Esmeraldas

- **Norte:** Provincia de Esmeraldas e Imbabura.
- **Sur:** Provincia de Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas y Manabí.
- **Este:** Provincia de Sucumbíos y Napo
- **Oeste:** Provincia de Esmeraldas y Manabí

Localización

Considerando un total de 2 estaciones Hidrológicas, la metodología de clasificación fue aplicada específicamente para los ríos Toachi y Quinindé cuya estación son:

- **Toachi en Las Pampas**

La primera estación hidrológica en la que se realizó el estudio es Toachi en Las Pampas, con código H166 ubicado al norte de la provincia de Cotopaxi, cantón Sigchos (Región Sierra) cuya red hidrológica está conformada principalmente por el río Toachi.

- **Bua A.j. Quinindé**

Cuenta como la segunda estación hidrológica en la que se realizó el estudio, con código H216 ubicado en la provincia de Esmeraldas, cantón Quinindé (Región Costa) en unión política con la provincia de Manabí cuya red hidrológica está conformada principalmente por el río Quinindé.

Las estaciones Hidrológicas estudiadas se encuentran a diferentes alturas y exteriorizan localizaciones desde la cordillera Occidental hasta la costa ecuatoriana. Cuyas alturas varían para la estación Bua A.j. Quinindé con una elevación mínima de 123 m.s.n.m, muy divergente en Toachi en Las Pampas con una elevación de 1110 m.s.n.m.

Descripción del ámbito geográfico

- **Coordenadas Geográficas**

-Toachi en las Pampas: 78° 58' 55" W 0° 26' 12" S

-Bua A.J. Quinindé: 79° 36' 2" W 0° 1' 15" S

Mapa Hidrográfico de la Estación Toachi en las Pampas

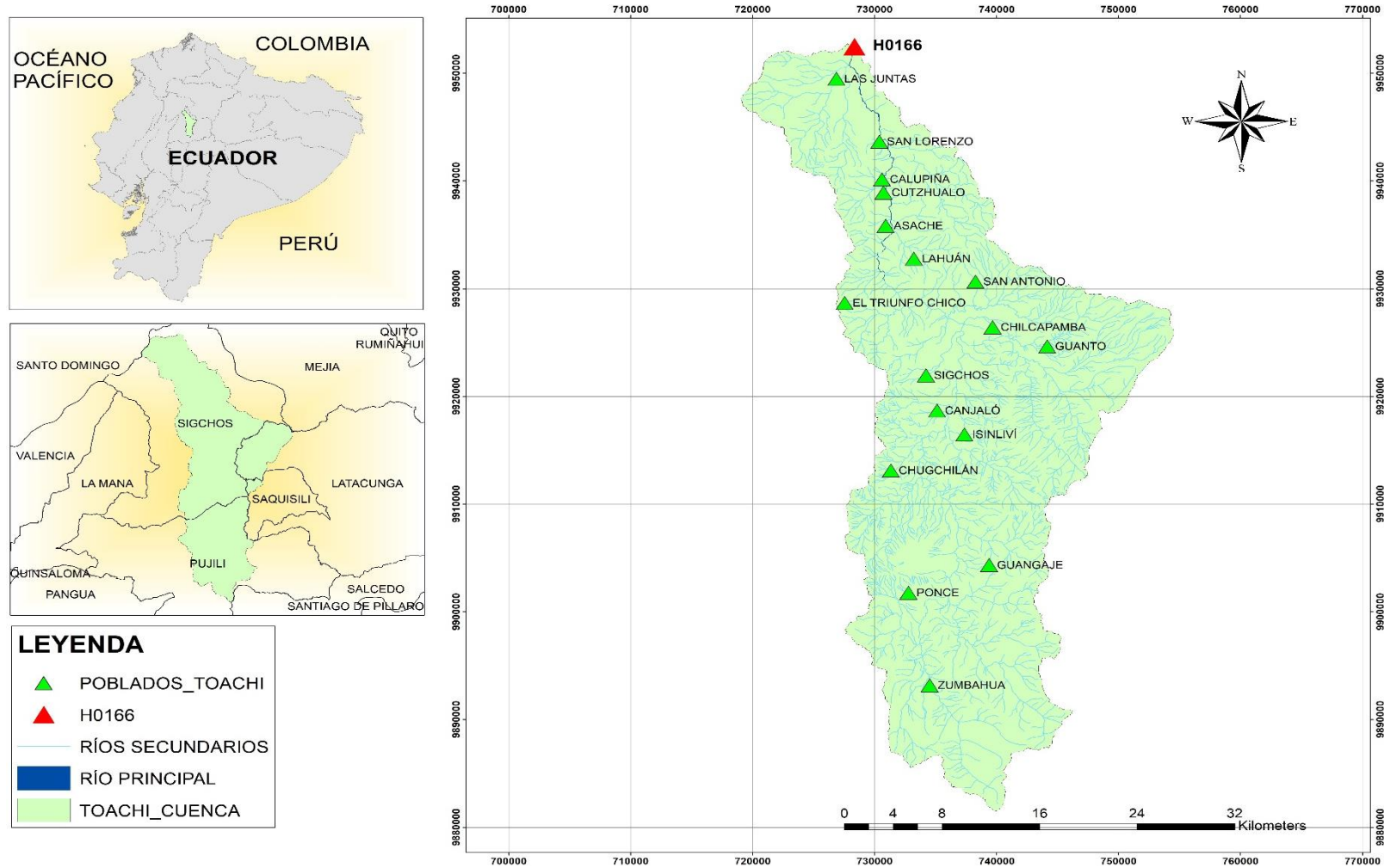


Figura 2.1. Delimitación hidrográfica de la estación Toachi en Las Pampas, SIG.

Fuente: Elaboración Propia.

Mapa Hidrográfico de la Estación Bua Aj Quinindé

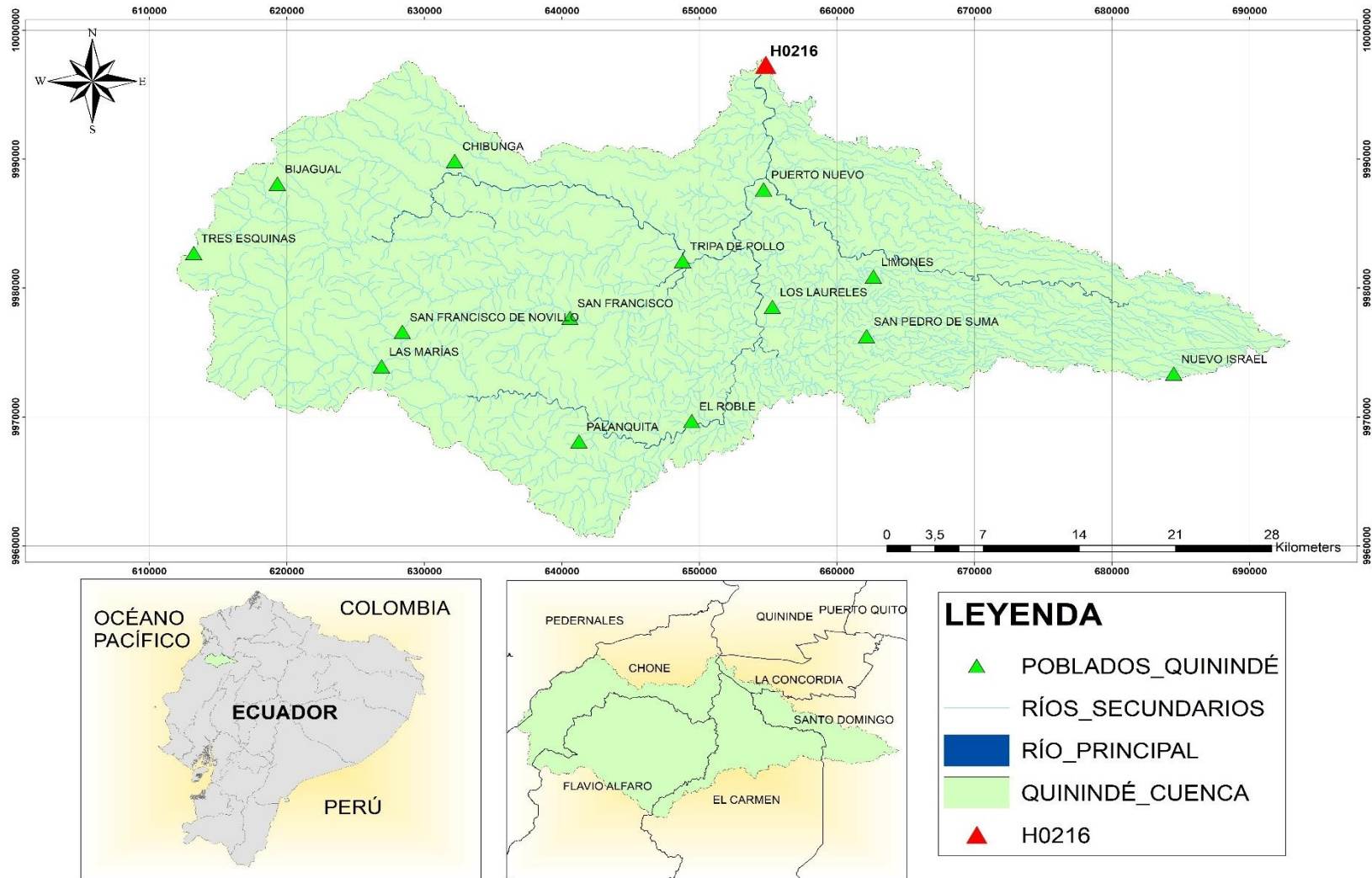


Figura 2.2. Delimitación hidrográfica de la estación Bua Aj Quinindé, SIG.

Fuente: Elaboración Propia.

Características del Área de Investigación

La cuenca del río Esmeraldas cumplió con todos los requisitos para su investigación, se pudo contar con la selección de ambas estaciones hidrológicas. Toachi en Las Pampas posee 24 años de datos en su estación tanto para niveles y caudales, si bien esta fue elegida con el fin de apreciar de una mejor manera la dinámica hidrológica dentro de la región sierra, cuyo comportamiento suele ser adverso a una estación de la costa. Por otro lado, Bua A.J. Quinindé mantiene 20 años de niveles y 17 años de caudales para su estación.

Son ríos cuyas estaciones cumplen un requisito mínimo de 15 años de datos hidrológicos en su haber, la cual facilita la obtención de resultados.

Según los antecedentes el río Esmeraldas se caracteriza por ser muy caudaloso, en constancia con la información que proporciona el (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2013), se han inscrito caudales máximos que oscilan los 3.500 y 4.000 m³/s, en consecuencia su cuenca hidrográfica es muy amplia territorialmente, precipitando geográficamente en zonas cuyas lluvias forman los ríos: Blanco, Guayllabamba, Toachi y Quinindé (Rosas, 2011).

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para lograr el cumplimiento de los objetivos ya planteados se llevarán a cabo los siguientes procesos.

¿Cómo evaluar la disponibilidad y recopilar información de datos para los ríos Toachi en Las Pampas y Bua A.J. Quinindé?

En el Ecuador entidades como (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2020) son referentes desde varias generaciones ya que propagan una información hidrometeorológica muy importante y accesible para la procesamiento, recopilación y evaluación de datos, garantizando una eficacia referente a la conducta del clima, tiempo y agua.

Estaciones Hidrológicas

- Río Toachi en la Pampas código de cuenca H166
- Río Bua A.j Quinindé código de cuenca H216

Datos de entrada

Los principales factores a recopilar son datos históricos anuales de caudales (m³/s) que para el (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2013) es el volumen de agua que fluye por una sección transversal de una corriente sobre una unidad de tiempo. Así como obtención de registros históricos anuales de la altura limnimétrica o nivel de agua (m) que se define como cota de la superficie del agua en relación a un determinado punto de referencia.

Curva de Descarga

La curva de descarga toma como base a la dependencia funcional entre el caudal del curso de un río (Q) respecto a un nivel de referencia, ordinariamente la altura Limnimétrica (h), obteniendo así la función $Q = f(h)$. Basta entonces con medir el nivel para conocer el comportamiento o conducta progresiva del caudal (Dirección General de Aguas [DGA], 2007).

Logrando así ejecutar ciertas metodologías de relleno de datos, específicamente para aquellos años que no se obtiene información de caudales de manera completa o nula.

- **Ejecución**

Analizando una búsqueda entre los años que no tenían los datos completos, se observó que en la estación del río Toachi en Las Pampas no necesitó tal metodología, motivo por el cual ésta mantenía una completa información tanto en niveles (m) como en caudales (m^3/s) en el rango de años ejecutados en dicha investigación.

Caso contrario fue para la estación del río Bua A.J. Quinindé, al no tener una información de caudales (m^3/s) en los años 1992 y 1993 y el año 2006 se optó por aplicar la metodología de la curva de descarga.

Para su ejecución es necesario obtener un modelo de año en específico cuyo dato de información sean netamente completos, debido a la tendencia que tendrá su ecuación. Para así asumir una calibración respecto a la relación del caudal y nivel de agua en un año a completar.

- Ecuación y Gráfica

Nombre de Estación:	TOACHI EN LAS PAMPAS-H166
Ecuación de descarga:	$y = 19,011x^3 + 11,943x^2 + 14,982x + 2,4796$

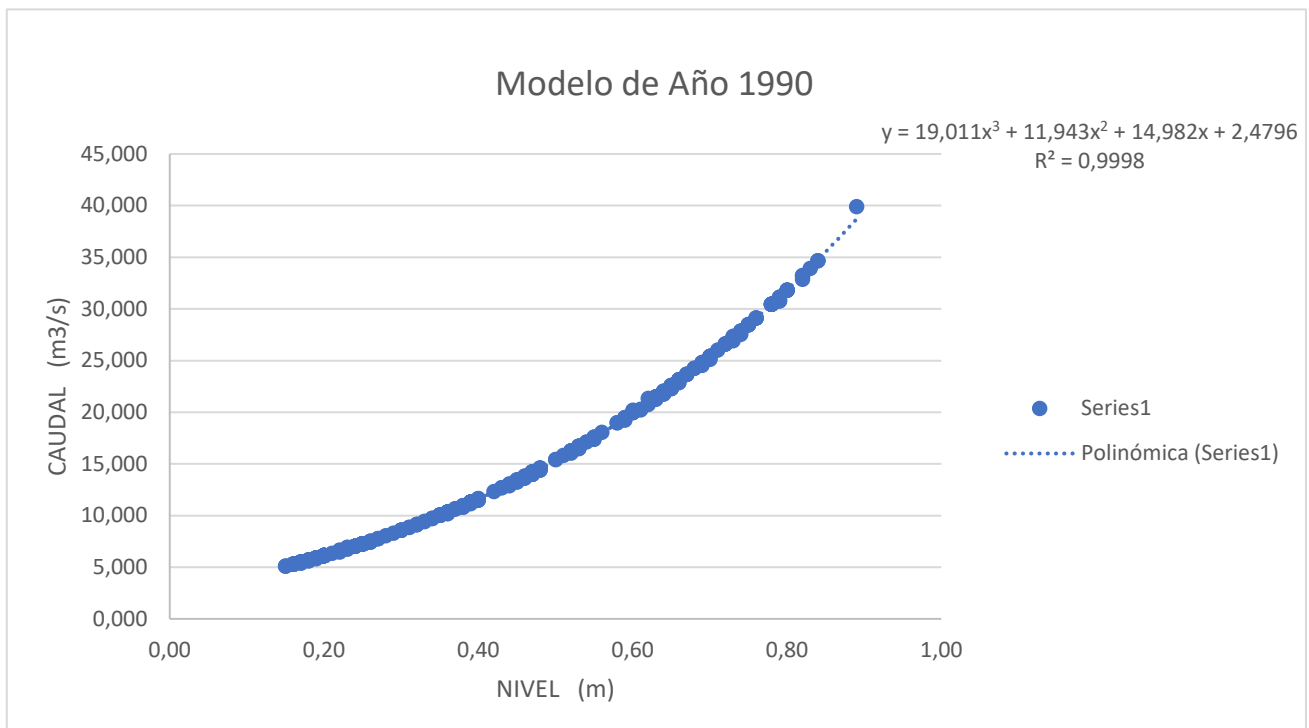


Figura 3.1. Curva de Descarga en la estación del río Toachi en Las Pampas, modelo de año 1990.

Fuente: Elaboración Propia

Nombre de Estación:	BUA AJ QUININDÉ- H216
Ecuación de descarga:	$y = 0,325x^3 + 17,179x^2 - 3,7457x + 0,5178$

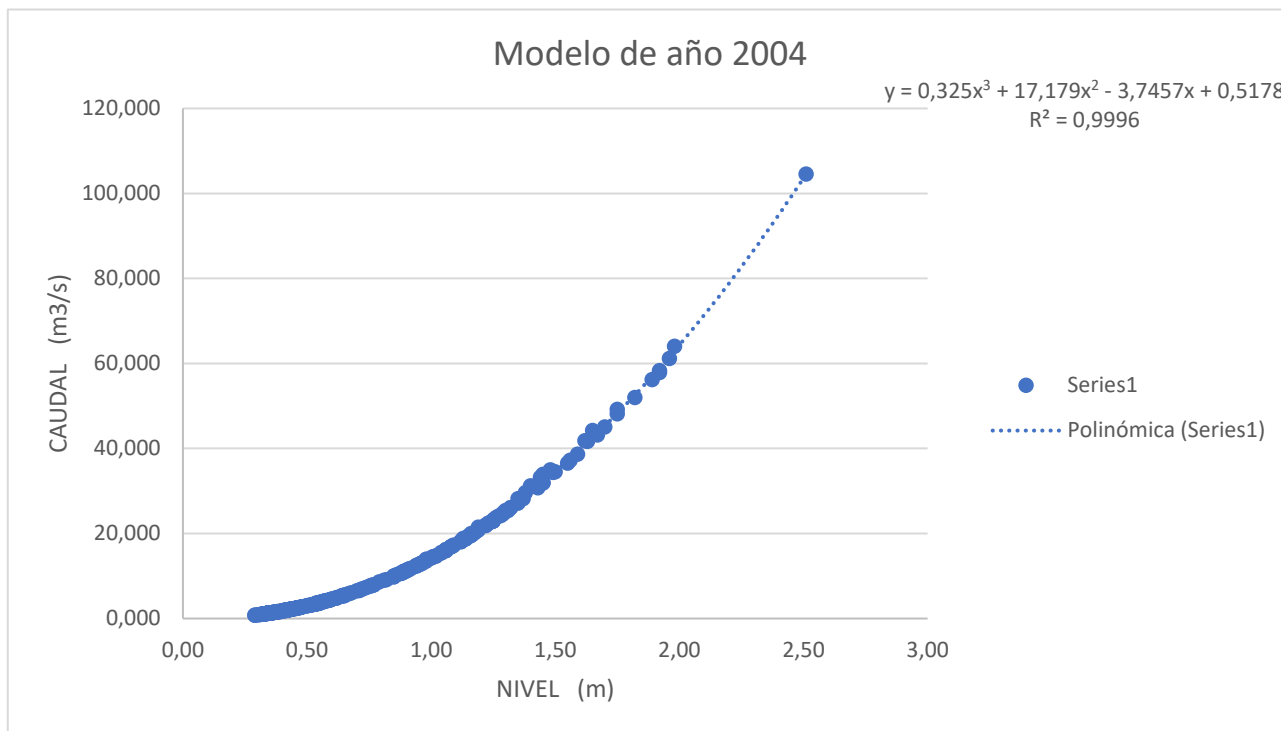


Figura 3.2. Curva de Descarga en la estación del río Bua A.J. Quinindé, modelo de año 2004.

Fuente: Elaboración Propia

Aplicando un modelo de año específico, ajusta los caudales a la realidad en base a la dependencia de niveles, mostrando un mínimo margen de error en caudales tanto máximos como mínimos dentro de la medición. De esta manera la curva se ajusta al buen comportamiento del cauce.

Relleno de datos

(The Nature Conservancy [TNC], 2011) ha implementado un software para los Indicadores de Alteraciones Hidrológicas del mismo nombre. Basándose en un instrumento útil y sencillo de manipular con el fin de calcular las particularidades de los regímenes hidrológicos naturales y alterados, trabajando con diferentes registros de notas hidrológicas diarias, entre ellos, niveles hidrométricos ya sea de aguas subterráneas o de ambientes lénticos y caudales de corriente.

El software IHA busca el estudio de distintas sistemáticas para aumentar ciertos registros hidrológicos (Richter *et al.*, 1997); suplementar datos carentes o simplemente evaluar datos hidrológicos mediante modelaciones simuladas, basado en interpolaciones de base lineal para rellenar los vacíos.

Estadísticos direccionales (índices de estacionalidad)

Mardia (1972) mantiene un criterio sobre la estadística direccional la cual enfatiza como una metodología eficiente en la predicción de acontecimientos hidrológicos extremos, en base a esto, distintos autores han seguido su criterio (Castellarin *et al.*, 2001) (Cunderlik & Burn, 2002) (Baratti *et al.*, 2012). Por otra parte, el criterio de (Bayliss & Jones, 1993) manifiesta que un flujo diario máximo anual, en relación a la fecha de temporalidad de un evento (i) se convierte direccionalmente en una estadística al convertir en una medida angular (θ_i) la fecha juliana de ocurrencia (J di) por medio de la siguiente Ec. (1):

$$\theta_i = Jdi * (2\pi * 365^{-1})$$

(1)

Según (Bayliss & Jones, 1993) “Cada fecha de ocurrencia podría escribirse en coordenadas polares mediante de un vector con una unidad de magnitud y la dirección especificada por la Ec. (1). De modo que, las coordenadas (X_p) y (Y_p) de la media de la muestra de (n) fechas de ocurrencia se logra calcular por medio de la ecuación (2)”:

$$X_p = n^{-1} \sum_{i=1}^n \cos(\theta_i) \quad Y_p = n^{-1} \sum_{i=1}^n \sin(\theta_i) \quad (2)$$

La dirección, θ , y la magnitud, r , de la media en coordenadas polares se la logra estimar mediante las ecuaciones (3) y (4).

Día Medio de las Crecientes (DMC) o (AMD)

En consecuencia, la dirección media $\bar{\theta}$ del DMC se mantendrá:

$$\bar{\theta} = \arctan(Y_p * X_p^{-1}) \quad (3)$$

- Cabe recalcar que la ecuación anterior se aplica para $\bar{\theta}$ obteniendo primero el ángulo tangente de Y_p entre X_p , ambas con signo positivo la cual denominará un nuevo ángulo llamado “ α ”; aplicando las siguientes condicionantes:

Si X_p y Y_p son positivas, entonces $\bar{\theta} = \alpha$; si $X_p < 0$ y $Y_p > 0$, entonces $\bar{\theta} = 180^\circ - \alpha$; si ambas son negativas, entonces $\bar{\theta} = 180^\circ + \alpha$; y si $X_p > 0$ y $Y_p < 0$ $\bar{\theta} = 360^\circ - \alpha$. El valor de DMC en día juliano se obtiene al dividir $\bar{\theta}$ entre 0.9863014 (Campos, 2014).

El índice (DMC) día medio de las crecientes o (AMD) muestra el tiempo promedio de ocurrencia de los gastos máximos anuales en una cuenca dada, en otras palabras, es el valor numérico cuya conversión a día juliano revela el día exacto donde se presentará la ocurrencia del fenómeno. Por otro lado (Aguilar *et al.*, 2017) mediante la Ec. (4) señala la regularidad del fenómeno.

$$r = (x^2 + y^2)^{0.5} \quad (4)$$

Regularidad del fenómeno (r)

En registro los valores de (r) cercanos a 1 implican una fuerte regularidad en las fechas de ocurrencia del evento estimado eso quiere decir que todas las crecientes ocurren en una misma fecha. Por el contrario, los valores de (r) cercanos a 0 indica una gran dispersión, por lo tanto, durante todo el año presentan una gran variabilidad en las fechas de ocurrencia del evento considerado, (Ramírez *et al.*, 2009) instituyen las sucesiones de regularidad entre cinco grados de estacionalidad:

1. muy fuerte, cuando $\bar{r} > 0.90$;
2. fuerte, cuando \bar{r} fluctúa entre 0.70 y 0.90;
3. media, cuando \bar{r} varía de 0.50 a 0.70;
4. baja, cuando T cambia de 0.10 a 0.50; y
5. muy baja o débil, cuando $\bar{r} < 0.10$.

Finalmente, los límites de ocurrencia del fenómeno se identifican cuantitativamente sumando y restando a θ , la desviación estándar en radianes, σ , presentado en la ecuación (5):

$$\sigma = (-2 * \ln(r))^{0.5} \quad (5)$$

¿Cómo seleccionar una metodología de automatización de cálculo aplicando la estadística unidireccional?

Con el fin de obtener series homogéneas para desarrollar el cálculo de indicadores hidrológicos es importante seguir distintos pasos de limpieza y relleno. Se pueden automatizar los cálculos con varias opciones, entre ellas están ciertos software de programación, tales como: Excel y Macros, Matlab u Octave, R o R Studio.

Hay aspectos comunes de programación en Macros, Matlab, Octave, R o R Studio cuando queremos programar, la cual se analiza los distintos usos de lenguaje de programación acorde a cada programa distinto, por ejemplo, el uso de: *If Else statements, true or false*, uso de *Loops, for-loops*, entre otros.

En esta investigación para la metodología de cálculos y resultados mediante el método de estadística unidireccional se utilizó el *software RStudio*, siendo un programa cuyo, lenguaje, gráfica y computación estadística R, proporciona un diverso desarrollo de técnicas estadísticas tales como: modelos lineales y no lineales, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series de tiempo, clasificación, agrupamiento, gráficas, entre otros (R, s/f).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la recopilación, asimilación de caudales y rellenos de datos en las dos estaciones, Bua Aj Quinindé, estación cuya información resultaba carente en años de información principalmente en su inicio, progresivamente fue entrando en la órbita necesaria que se necesitó en la investigación de este proyecto.

Si bien a raíz de sus figuras, es alcanzable sujetar una visión aproxima del comportamiento que tienen las precipitaciones en los ríos Toachi y Quinindé en la cuenca general del río Esmeraldas.

Tratamiento de datos

Cada estación posee un número de datos distinto de cada año recuperado, para la estación Toachi en Las Pampas cumpliendo un rango desde el año 1990 hasta 2013, completando así un 100% de años de datos obtenidos previo a la ejecución del proyecto, y para la estación Bua A.J. Quinindé desde el año 1992 hasta 2013, teniendo los años 1994 y 1995 también en carencia, la cual es imparcial a la hora de ser expresada en su gráfica de frecuencias de caudales.

ESTACIÓN	Toachi en las Pampas H-166		Bua AJ Quinindé H-216	
	Nivel	Caudal	Nivel	Caudal
RANGO AÑO (1990-2013)	24	24	24	24
Total, de datos	24	24	20	17
% de datos	100%	100%	83%	71%

Tabla 4.1. Disponibilidad de datos anuales en las estaciones del río Toachi y Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo de indicadores

El software IHA accedió calcular la disponibilidad de datos de caudales mediante la estadística paramétrica, a continuación, se figuran sus resultados desde un inicio del análisis.

TOACHI LAS PAMPAS H166		
Período del análisis: 1990-2013 (24 años)		
Factor de normalización	1	
Caudal medio anual	19,73	
Caudal medio no normalizado	19,73	
Coef.Var. Anual	0,89	
Predictibilidad del caudal	0,69	
Constancia/predictibilidad	0,63	
% de inundaciones en períodos de 60 días	0,46	
Período libre de inundaciones	91	
Parámetro	Medias	Coef. de var.
Fecha de caudal mín	303,3	0,08611
Fecha de caudal máx	78,54	0,09805

Tabla 4.2. Tabla de resultados paramétricos de IHA en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

BUA AJ QUININDÉ H216		
Período del análisis: 1992-2013 (20 años)		
Factor de normalización	1	
Caudal medio anual	16,27	
Caudal medio no normalizado	16,27	
Coef.Var. Anual	1,44	
Predictibilidad del caudal	0,5	
Constancia/predictibilidad	0,4	
% de inundaciones en períodos de 60 días	0,48	
Período libre de inundaciones	18	
Parámetro	Medias	Coef. de var.
Fecha de caudal mín	347,5	0,146
Fecha de caudal máx	81,65	0,1671

Tabla 4.3. Tabla de resultados paramétricos de IHA en la estación del río Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas anteriores se muestra un recopilatorio de paneles las cuales entre ellos se pueden apreciar como: Factor de normalización, porcentaje y período libre de inundaciones, caudal medio anual, caudal medio no normalizado y previsibilidad del caudal, la cual esta última varía entre rangos de 0 a 1.

El Coeficiente de variación anual, $C_v = 1,44$ para la estación Bua Aj Quinindé, es relativamente mayor en relación a la estación Toachi en Las Pampas, la cual presenta un $C_v = 0,89$ agregando que en la región Sierra el periodo de lluvia es principalmente prolongado, cuando más prolongado, presentará una menor variación. Lo cual certifica que, las cuencas con un alto grado en coeficiente C_v , muestran tendencia a tener un menor grado de estacionalidad.

Fechas julianas y discusión paramétrica en IHA

Si bien es necesario recalcar que el IHA, interpola valores de caudal para cada día aun cuando no se obtiene datos en registro, podría provocar cierta dispersión en los parámetros provenientes, así como su fecha juliana del pico de caudal en representación al valor máximo y mínimo durante el evento. Es por esto que los resultados obtenidos en IHA no es necesariamente puntual a la hora de estimar la fecha juliana para tales eventos extremos, más aún cuando se sobreexponen años con alto grado de dígitos interpolados.

Por otra parte, se los puede validar mediante la representación de datos direccionales, la cual predice los mismos objetivos en funcionamiento mediante un modelo meta Gaussiano, cuyo fin alcanza un enfoque de asimilación de datos a través de ecuaciones y análisis circular, disminuyendo la incertidumbre de estimación de la frecuencia, representado por el valor promedio de los datos de caudales, a lo largo de los años de estudio o período de análisis.

Patrones de Estacionalidad de los flujos diarios máximos y mínimos anuales en Rstudio

Para los dos eventos considerados los valores de caudal diario máximo y mínimo anual ejecutados en la herramienta Rstudio se programaron las siguientes salidas:

r = regularidad del evento analizado (r = 1 indica una fuerte estacionalidad o regularidad del evento).

MD = Media de ocurrencia del evento analizado (Unidad: día juliano).

MD_sigma = Dispersión del tiempo de ocurrencia del evento analizado (Unidad: día juliano).

Representación espacial de estacionalidad en la estación del río Toachi en Las Pampas

"r_max"	0,83
"MD_max"	78,66
"MD_sigma_max"	35,43

Tabla 4.4. Valor de regularidad máxima del evento, media de ocurrencia máxima expresada en día juliano y dispersión del tiempo ejecutados en el software Rstudio en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

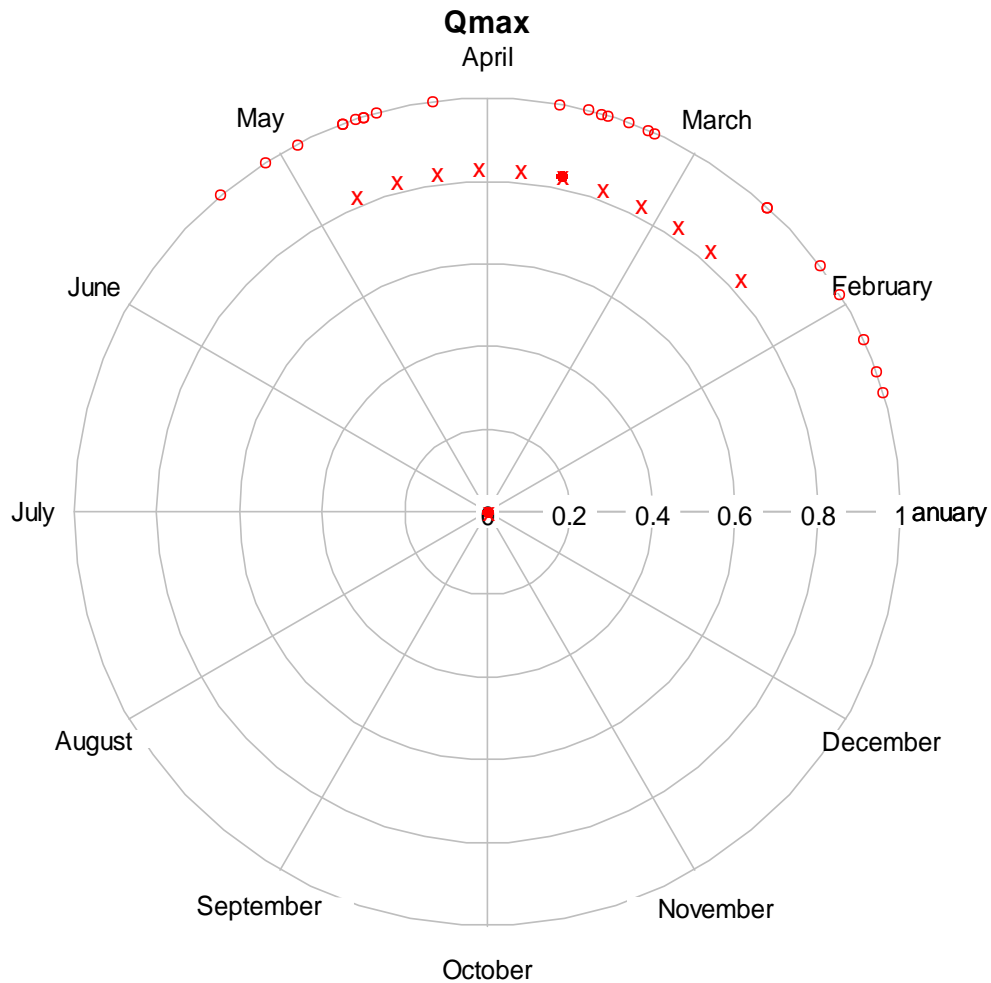


Figura 4.1. Representación espacial de estacionalidad de los flujos diarios máximos anuales (AMD) y los eventos de flujo alto en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

Esta representación identifica una gráfica polar con el tiempo de los valores de flujo diario máximo anual en la serie de datos. Estos valores se colocan a lo largo del borde del perímetro del círculo representados por circunferencias vacías.

El valor de tiempo global también se muestra con un marcador o círculo sólido rojo. Su posición a lo largo del radio representa la regularidad del fenómeno con mayor regularidad cuando $r = 1$. La dispersión de este valor también se muestra con los símbolos "x".

"r_min"	0,87
"MD_min"	302,17
"MD_sigma_min"	31,11

Tabla 4.5. Valor de regularidad mínima del evento, media de ocurrencia mínima expresada en día juliano y dispersión del tiempo ejecutados en el software Rstudio en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

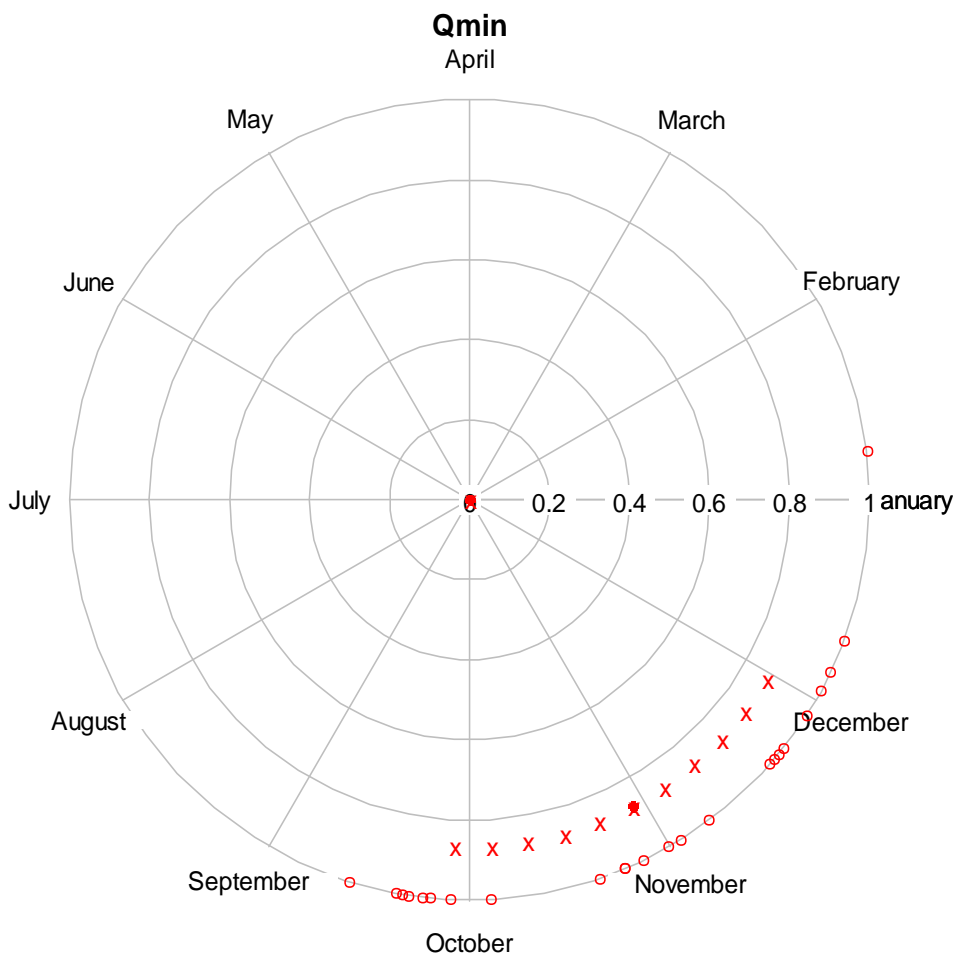


Figura 4.2. Representación espacial de estacionalidad de los flujos diarios mínimos anuales (AMD) en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

La regularidad del fenómeno $r = 0,83$ para caudales máximos y $r = 0,87$ para caudales mínimos, simbolizan un valor alto, dando como efecto una estacionalidad fuerte, lo cual muestra que, los caudales se están dando dicha continuidad y la ocurrencia de evento puede volver a manifestarse en dichas fechas.

Representación espacial de estacionalidad en la estación del río Bua AJ Quinindé

"r_max"	0,77
"MD_max"	82,44
"MD_sigma_max"	41,81

Tabla 4.6. Valor de regularidad máxima del evento, media de ocurrencia máxima expresada en día juliano y dispersión del tiempo ejecutados en el software Rstudio en la estación del río Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

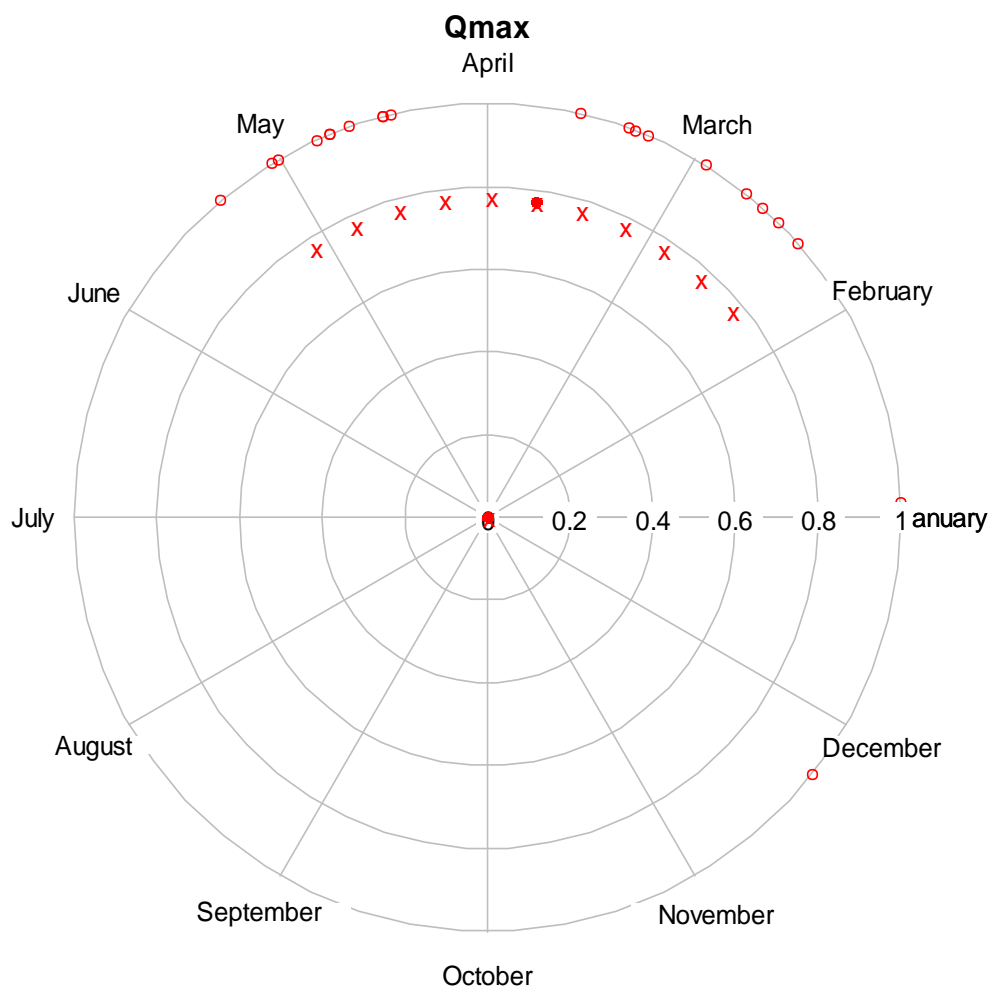


Figura 4.3. Representación espacial de estacionalidad de los flujos diarios máximos anuales (AMD) y los eventos de flujo alto en la estación del río Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

"r_min"	0,76
"MD_min"	341,48
"MD_sigma_min"	42,21

Tabla 4.7. Valor de regularidad mínima del evento, media de ocurrencia mínima expresada en día juliano y dispersión del tiempo ejecutados en el software Rstudio en la estación del río Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

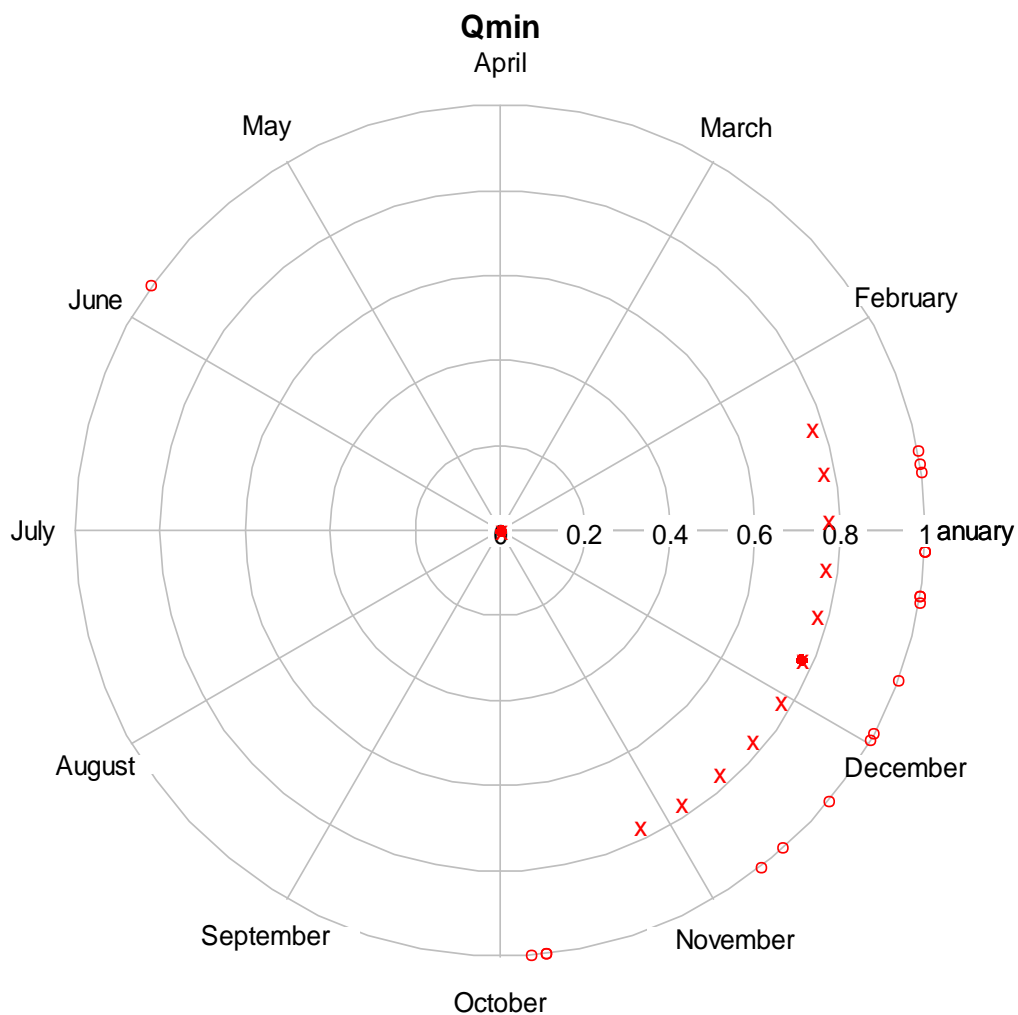


Figura 4.4. Representación espacial de estacionalidad de los flujos diarios mínimos anuales (AMD) en la estación del río Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

Para la estación Bua Aj Quinindé la regularidad del fenómeno $r = 0,77$ para caudales máximos y $r = 0,76$ para caudales mínimos, reiteradamente dando como efecto una estacionalidad fuerte.

Componentes de Caudal ecológico en la estación del río Toachi en Las Pampas

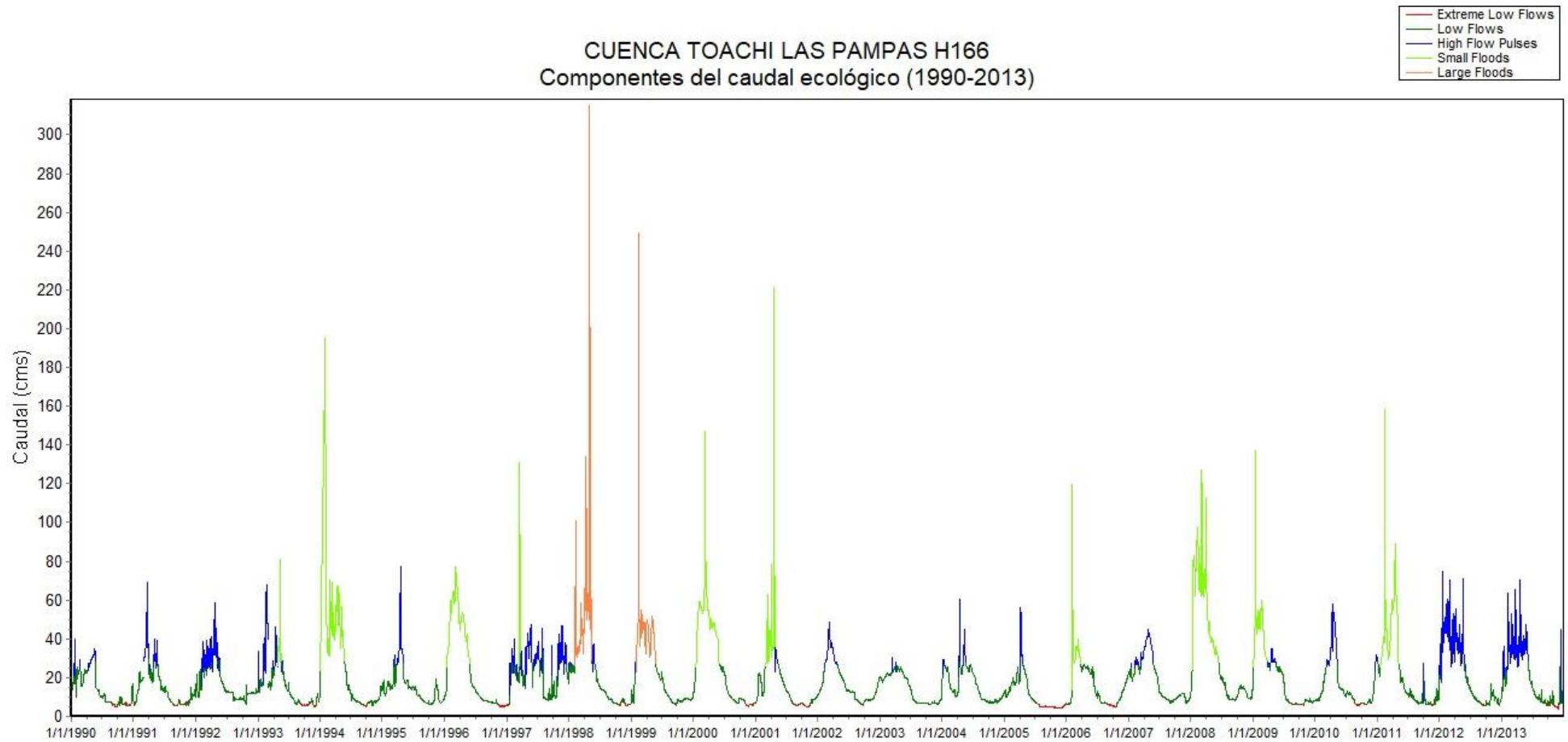


Figura 4.5. Hidrograma cronológico de componentes del caudal ecológico (EFC) para cinco tipos de eventos de caudales anuales: caudales bajos, caudales extremadamente bajos, pulsos de caudal alto, pequeñas inundaciones y grandes inundaciones en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

Componentes de Caudal ecológico en la estación del río Bua Aj Quinindé

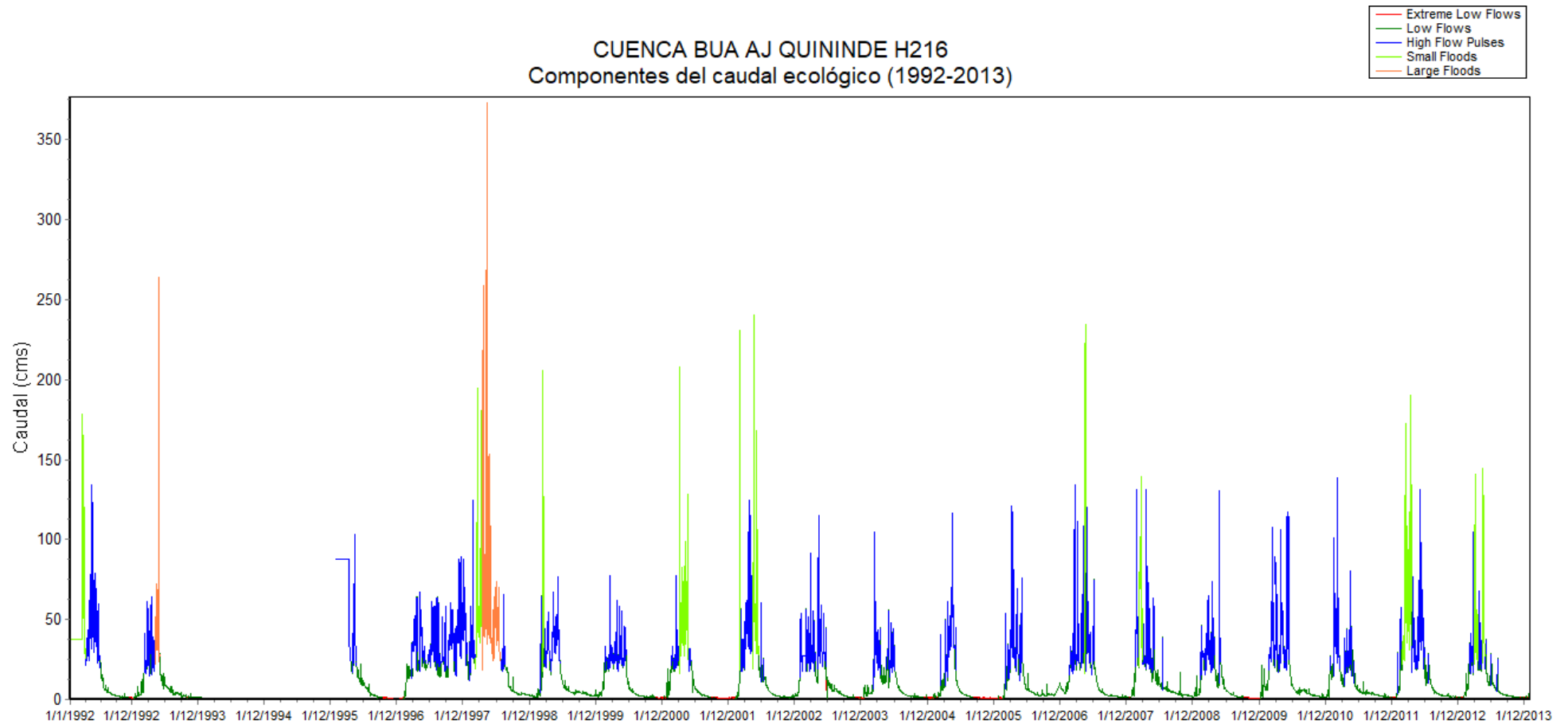


Figura 4.6. Hidrograma cronológico de componentes del caudal ecológico (EFC) para cinco tipos de eventos de caudales anuales: caudales bajos, caudales extremadamente bajos, pulsos de caudal alto, pequeñas inundaciones y grandes inundaciones en la estación del río Bua Aj Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Acorde se ejecutaron los parámetros estacionalidad y rellenos de datos mediante la utilización de caudales diarios para su cálculo, se buscó la comparación necesaria de periodos de años similares, pero con una zona distinta en cada estación, cuyo objetivo fue analizar un impacto atípico y una mayor influencia relacionada con las variaciones climáticas.

Afirmando entonces que, de acuerdo con los datos históricos y el enfoque de los estadísticos circulares ejecutados en el software RStudio, el indicativo (AMD) se presenta como una fecha de tendencia continua más probable en las fechas de ocurrencia del evento considerado.

La regularidad del fenómeno $r = 0,83$ para caudales máximos y $r = 0,87$ para caudales mínimos en el río Toachi en Las Pampas, representan un valor alto entre la distancia del centro del círculo respecto al perímetro de la circunferencia. Por otra parte, la estación Bua Aj Quinindé, la regularidad del fenómeno presentó un $r = 0,77$ para caudales máximos y $r = 0,76$ para caudales mínimos; dichos valores de regularidad para ambas estaciones dan como resultado una estacionalidad mayoritariamente marcada, lo cual descifra que, los caudales se están dando con cierta frecuencia y la ocurrencia de evento se puede pronunciar en dichas fechas, tanto para eventos máximos como para eventos mínimos.

Presentando así, una concentración fuerte en los meses de febrero, marzo, abril y mayo en las dos cuencas, donde los patrones de estacionariedad presentan tendencias de un mayor volumen de lluvia mensual a lo largo del año.

Para el (AMD) indicativo de flujo diario máximo anual, se presenta en el día 78 para el río Toachi, y 82 para Bua Aj como fecha media de ocurrencia máxima posible, expresada en día juliano, tendencia donde especifica la probabilidad del evento de un gasto máximo anual.

Por otra parte, los meses septiembre, octubre, noviembre e incluso principios de diciembre presentaron una baja influencia e inclinaciones decrecientes, donde se registraron caudales mínimos.

El indicativo flujo diario mínimo anual (AMD) 302 para el río Toachi y 341 en Bua Aj simbolizan un factor decreciente cuyo dígito de fecha juliana están conectados a tendencias de incremento de estiaje anual.

RECOMENDACIONES

- Es de carácter notable continuar la labor de recopilación de datos, ya sea por investigación personal o influencia de entidades privadas, debido a que estas informaciones de base hidrometeorológicas, juegan un rol muy importante en el patrón y automatización de programas, previo al cálculo de temporalidad hidrológica o índices de estacionariedad. Por lo que se recomienda trabajar en series de datos más extensos.
- Diferenciar abiertamente los valores de día juliano en años bisiestos, ya que, dentro de los registros de datos de caudales diarios, estos últimos valores deben ser evaluados de acuerdo a la finalidad del proyecto. Por otra parte, es muy importante en el futuro, prolongar una nueva automatización de cálculos en el script de softwares de programación.
- Los resultados de esta investigación, valdrán de base para proyectos continuos sobre el cuidado de cuenca, estiajes, manejo y control de inundaciones, conservación de vegetación.

6. REFERENCIAS

- Aguilar, C., Montanari, A., & Polo, M. (2017). Actualización en tiempo real de la distribución de frecuencia de inundaciones a través de la asimilación de datos. *Hidrology and Earth System Sciences*. doi:<https://doi.org/10.5194/hess-21-3687-2017>
- Andrade, L., & Ríos, C. (2014). Variabilidad Climática y Caudales Mínimos en los Andes Ecuatorianos. (F. d. Escuela Politécnica Nacional, Ed.) *Revista Politécnica*, 33(1).
https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/89
- Baratti, E., Montanari, A., Castellarin, A., Salinas, J., Viglione, A., & Bezzi, A. (2012). Estimación de la distribución de frecuencia de inundaciones en escalas de tiempo estacionales y anuales. *Hidrología y Ciencias del sistema terrestres*(16), 4651–4660.
doi:<https://doi.org/10.5194/hess-16-4651-2012>
- Bayliss, A., & Jones, R. (1993). Base de datos de inundaciones de picos por encima del umbral. *Instituto de Hidrología*(121), 61. <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/6075/>
- Campos Aranda, D. (2014). Análisis regional de frecuencia de crecientes en la región hidrológica no. 10 (Sinaloa), México. 1: índices de estacionalidad y regiones de influencia. *Scielo*, 48(2).
doi:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952014000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Castellarin, A., Burn, D., & Brath, A. (2001). Evaluación de la eficacia de las medidas de similitud hidrológica para el análisis de frecuencia de crecidas. *Revista de hidrología*(241), 270-285.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00383-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00383-8)
- Chow, V. T., Maidment, D.R., & Mays, L. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill, Inc.
<http://theodore-odroid.ttu.edu/documents/smb-share-userone/CoursesArchive/3-CE3354-Hydrology/CE3354-2016-1/2-Readings/CMM1988/Applied%20Hydrology%20VT%20Chow%201988.pdf>
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos [USACE]. (1998). *Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador*. USA: Distrito de Mobile .
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6077/1/Ecuador%20%20WRA%20Spanish.pdf>
- Cunderlik, J., & Burn, D. (2002). Análisis del vínculo entre la lluvia y régimen de inundaciones y su aplicación a la estimación regional de la frecuencia de las inundaciones. *J. Hydrol*(261), 115-131. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00019-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00019-7)
- Dirección General de Aguas [DGA]. (2007). *Catálogo Bibliográfico de la Dirección General de Aguas (DGA)*. Ministerio de Obras Públicas, Chile. <http://sad.dga.cl/>
- Francés, F. (1998). Using the TCEV distribution function with systematic and non-systematic data in a regional flood frequency analysis. *Stochastic Hydrology and Hydraulics*(12), 267-283.
<https://scholar.google.com/citations?user=zzc43fwAAAAJ&hl=es>

- Grimes, D., & Pardo, E. (2010). Análisis geoestadístico de las precipitaciones. *Análisis geográfico*, 136-160. doi:10.1111 / j.1538-4632.2010.00787.x
- Guenni, L., Degryze, E., & Alvarado, K. (2008). Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. *Revista Colombiana de Estadística*, vol. 31, Num, 41-65. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89912218003>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2013). *Anuario Hidrológico 2013* (Edición N°51 ed.). Quito, Ecuador: República del Ecuador Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/hidrologicos/Ah%202013.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (9 de Noviembre de 2020). <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/valores-mision-vision/>
- Mardia, K. (1972). *Estadísticas de datos direccionales, académico*. London, England. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=_pbiBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=mardia+1972+statistics+of+directional+data+san+diego&ots=6cl6HwzzUo&sig=BPvccIAh0mzj0dw4M5UurbjNIWw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Milly, P., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R., Kundzewicz, Z., Lettenmaier, D., . . . Krysanova, V. (2015). On Critiques of «Stationarity is Dead: Whither Water Management? *Water Resour. Res.*(51, 7785-7789.). doi:10.1002/2015WR017408
- Milly, P., Betancourt, J., Falkenmark, M., Hirsch, R., Kundzewicz, Z., Lettenmaier, D., & Stouffer, R. (2008). Stationarity is dead : whither water management ? *Science*(319, 573-574). https://www.researchgate.net/publication/5613056_Climate_change_-_Stationarity_is_dead_Whither_water_management
- R. (s/f). *¿Qué es R?* <https://www.r-project.org/about.html> ?. <https://www.r-project.org/about.html>
- Ramírez, A., Gutiérrez , A., & Ruíz, H. (2009). Análisis de la ocurrencia en el tiempo de los gastos máximos en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 24(1). <http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/85>
- Richter, B., Baumgartner, J., Wigington, R., & Braun, D. (1997). How much water does a river need? *Freshwater Biology*(37), 231-249. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00153.x>
- Rosas, L. (2011). *Propuesta de Codificación y Diminución de las Unidades Hidrográficas de la Cuenca del Río Esmeraldas a escala 1:50 000, por método de pfafstetter mediante el uso de sistemas de información geográfica*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército-ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4536>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SEMPLEDES]. (2013). *Plan Nacional para el buen vivir*. Quito-Ecuador. <http://ftp.eeq.com.ec/upload/informacionPublica/2013/PLAN-NACIONAL-PARA-EL-BUEN-VIVIR-2013-2017.pdf>

- Sedano, R. (2017). *Influencia de la variabilidad climática y factores antrópicos en los extremos hidrológicos en el Valle Alto del río Cauca-Colombia*. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería y medio Ambiente, Valencia.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/90579>
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias [SNGR]. (2012). *Reporte de Inundaciones en la Costa ecuatoriana*. Biblioteca.
- Sistema Nacional de Información [SNI]. (2015). *Diagnóstico de la provincia de Esmeraldas*. Esmeraldas. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0860000160001_DIAGN%C3%93STICO%20-%20PDOT%20PROVINCIA%20DE%20ESMERALDAS%2019%20de%20Mayo%202015_19-05-2015_18-22-08.pdf
- Stehr, A., Debels, P., & Arumi, J. (2010). *Modelación de la respuesta hidrológica al cambio climático: experiencias de dos cuencas de la zona centro-sur de Chile*. (U. d. Concepción, Ed.) Chile.
- The Nature Conservancy [TNC]. (2011). *Manual del usuario de Indicadores de Alteración Hidrológica* (7.1 ed.). https://www.conservationgateway.org/Documents/IHAV7-1%20manual%20Spanish_0.pdf

7. ANEXOS

ANEXOS 1: RELLENO DE DATOS (PROCESAMIENTO, RECOPIACIÓN)

ANEXOS 2: IMÁGENES (INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA IHA)

ANEXOS 3: TABLAS (RESUMEN DE ESTADÍSTICAS)

ANEXOS 4: GRÁFICAS (CURVAS, CAUDALES Y DATOS ANUALES)

ANEXOS 1: Procedimiento específico para el relleno de datos de caudales

Para el presente trabajo se buscó la obtención de datos y registros de información documentada de los anuarios hidrológicos que nos proporciona el INAMHI, para ello se implementó distintas técnicas de recopilación de datos:

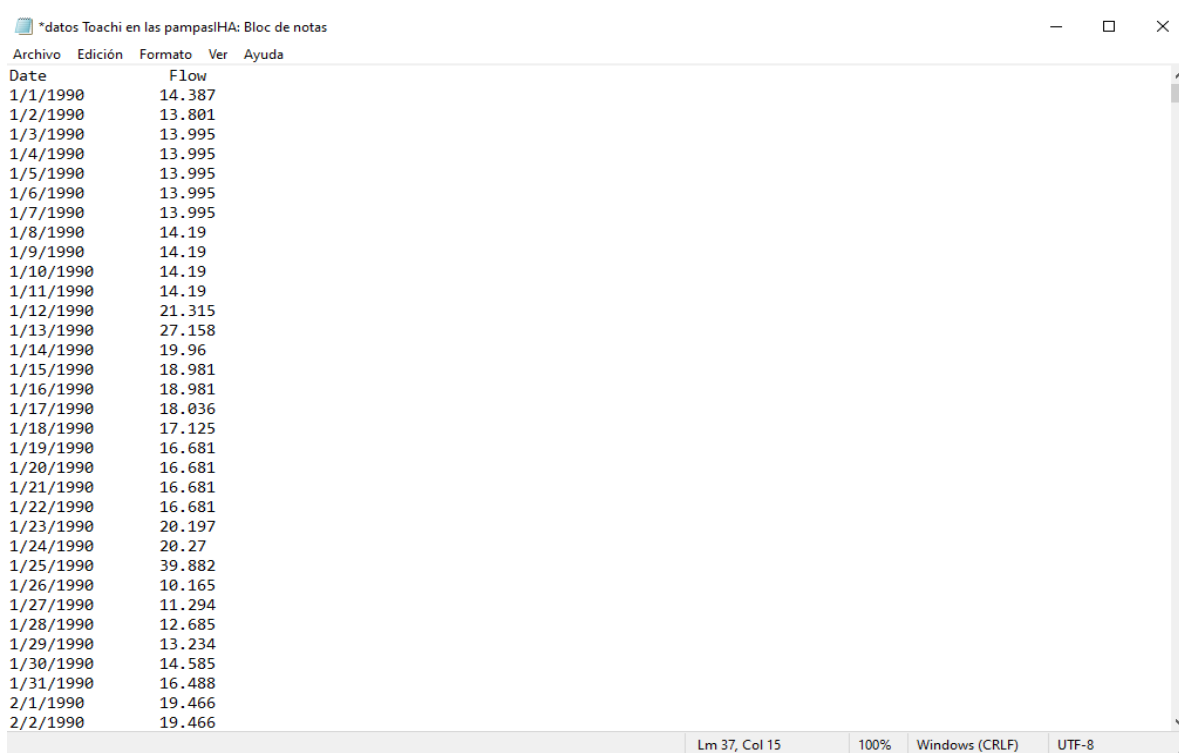
- Como punto de inicio fue importante seleccionar la cuenca de estudio para posteriormente distinguir las estaciones de trabajo, para eso es necesario aplicar una búsqueda en los anuarios hidrológicos del INAMHI y que esta cumpla con un mínimo de 15 años de datos.
- Se obtuvo un acceso gratuito a la base de datos de la web pública <http://www.serviciometeorologico.gob.ec> para tipear los valores de caudales y niveles de manera periódica durante el período de año de 1990 hasta el 2013.
- Cuando se obtuvieron los datos de niveles y caudales, éstos fueron trasladados al programa Microsoft Excel para su organización, siguiendo un modelo, método o sistema de ordenamiento sistemático.
- Cumpliendo un rango de información que inicia desde el mes de Enero hasta Diciembre. Para la estación Toachi en Las Pampas cumpliendo un rango desde el año 1990 hasta el 2013, y para la estación Bua A.J. Quinindé desde el año 1992 hasta el 2013.

Los datos de caudales se organizaron posteriormente en otra hoja Excel de manera cronológica, previo a ser convertido en un formato más accesible a la hora de ejecutar el trabajo posterior.

Si bien el software IHA acepta archivos CSV, es preferible tenerlos seleccionados en un bloc de notas de manera continua a través de dos columnas:

- a. En la primera de ellas se colocó la fecha en formato estadounidense, haciendo énfasis a que el programa IHA es de tal país de origen.
- b. En la segunda columna se ubicó los caudales de manera continua y cronológica desde el año 1990 que es donde inicia el punto de partida de los años estudiados, hasta el año 2013 que es la fecha límite de trabajo en esta investigación.
- c. En la introducción al programa previamente se fijó el directorio de trabajo, justo ahí en la opción IHA/Asistente se importó nuestro archivo de bloc de datos.
- d. Se definió el año hidrológico como modelo de comienzo en base a los caudales de la zona de estudio, referente a las estaciones del año.
- e. Se colocó las configuraciones, nombres del proyecto, unidades de caudal para gráficos y resultados posteriores.
- f. Se seleccionó un análisis de un solo período y posteriormente su rango en los años hidrológicos.
- g. La ventana Estadísticas permitió especificar la opción en el análisis, estadísticas paramétricas (media/desviación estándar) o no paramétricas (mediana/percentil).
- h. La ventana Componentes del caudal ecológico permitió reintegrar ciertos parámetros del algoritmo que define los componentes del caudal ecológico (EFC) en su calibración.
- i. Finalmente se muestra una columna para cada dígito de caudal válido, el valor interpolado por dicho programa.

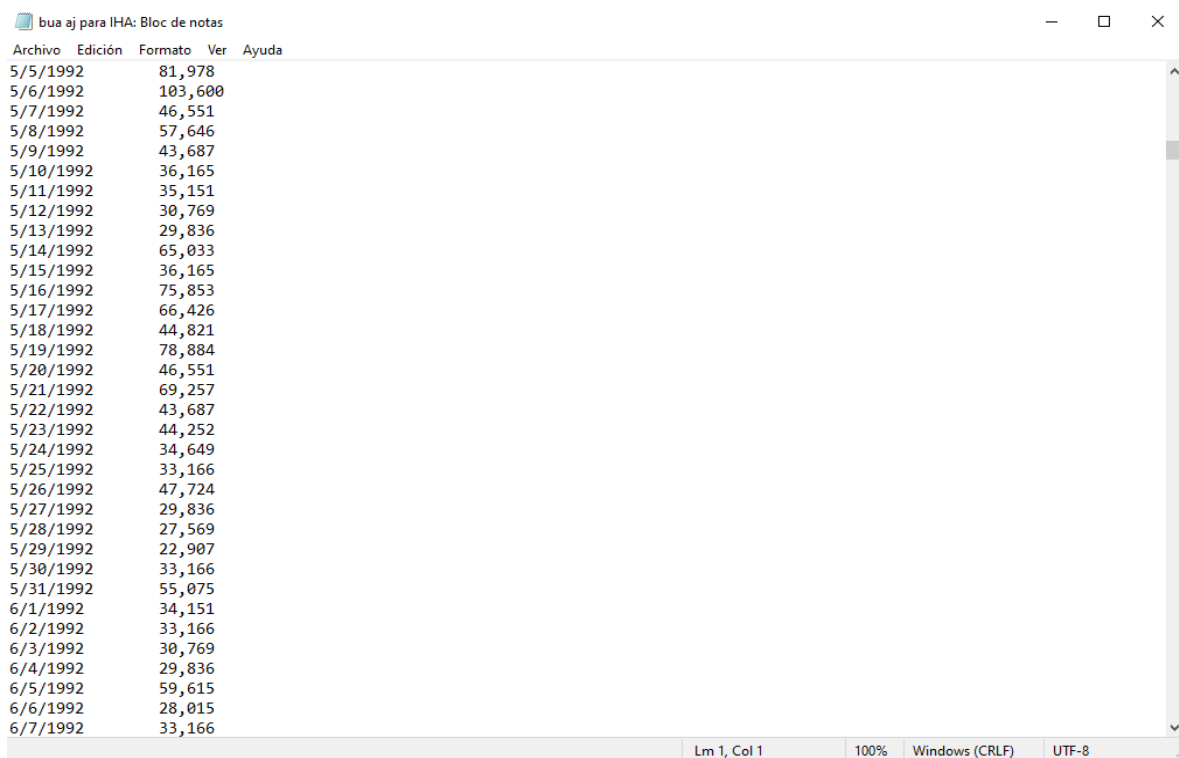
ANEXOS 2: Imágenes (introducción al programa IHA)



Date	Flow
1/1/1990	14.387
1/2/1990	13.801
1/3/1990	13.995
1/4/1990	13.995
1/5/1990	13.995
1/6/1990	13.995
1/7/1990	13.995
1/8/1990	14.19
1/9/1990	14.19
1/10/1990	14.19
1/11/1990	14.19
1/12/1990	21.315
1/13/1990	27.158
1/14/1990	19.96
1/15/1990	18.981
1/16/1990	18.981
1/17/1990	18.036
1/18/1990	17.125
1/19/1990	16.681
1/20/1990	16.681
1/21/1990	16.681
1/22/1990	16.681
1/23/1990	20.197
1/24/1990	20.27
1/25/1990	39.882
1/26/1990	10.165
1/27/1990	11.294
1/28/1990	12.685
1/29/1990	13.234
1/30/1990	14.585
1/31/1990	16.488
2/1/1990	19.466
2/2/1990	19.466

Anexo 2.1. Recopilación de datos de caudales en m³/s del año 1990 hasta el 2013 en la estación del río Toachi en Las Pampas (archivo txt.).

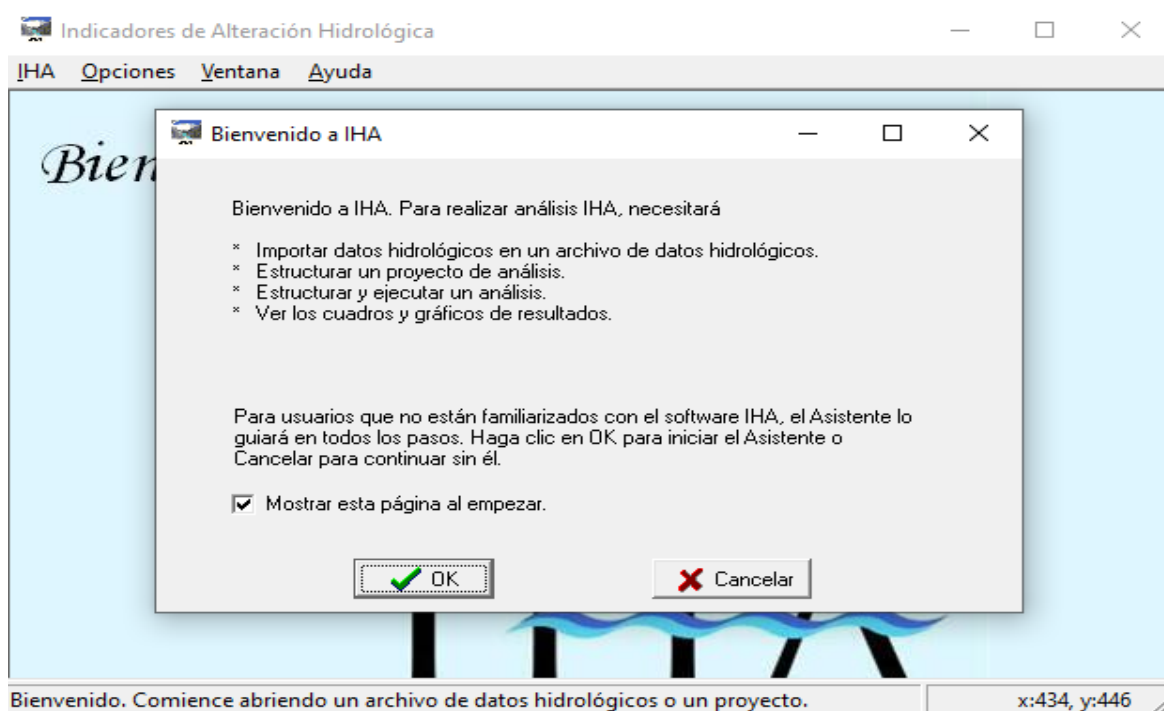
Fuente: Elaboración Propia.



Date	Flow
5/5/1992	81,978
5/6/1992	103,600
5/7/1992	46,551
5/8/1992	57,646
5/9/1992	43,687
5/10/1992	36,165
5/11/1992	35,151
5/12/1992	30,769
5/13/1992	29,836
5/14/1992	65,033
5/15/1992	36,165
5/16/1992	75,853
5/17/1992	66,426
5/18/1992	44,821
5/19/1992	78,884
5/20/1992	46,551
5/21/1992	69,257
5/22/1992	43,687
5/23/1992	44,252
5/24/1992	34,649
5/25/1992	33,166
5/26/1992	47,724
5/27/1992	29,836
5/28/1992	27,569
5/29/1992	22,907
5/30/1992	33,166
5/31/1992	55,075
6/1/1992	34,151
6/2/1992	33,166
6/3/1992	30,769
6/4/1992	29,836
6/5/1992	59,615
6/6/1992	28,015
6/7/1992	33,166

Anexo 2.1.2. Recopilación de datos de caudales en m³/s del año 1990 hasta el 2013 en la estación del río Bua A.J. Quinindé (archivo txt.).

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 2.1.3. Introducción al programa IHA.

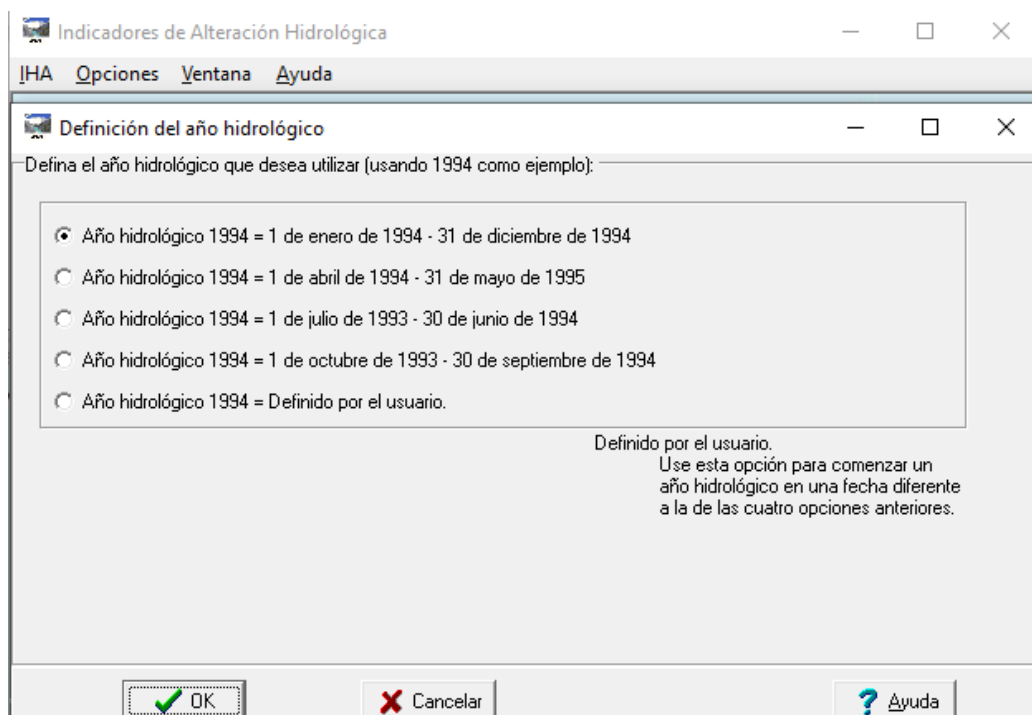
Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 2.1.4. Fijación del directorio previo a la introducción de datos de caudales en IHA.

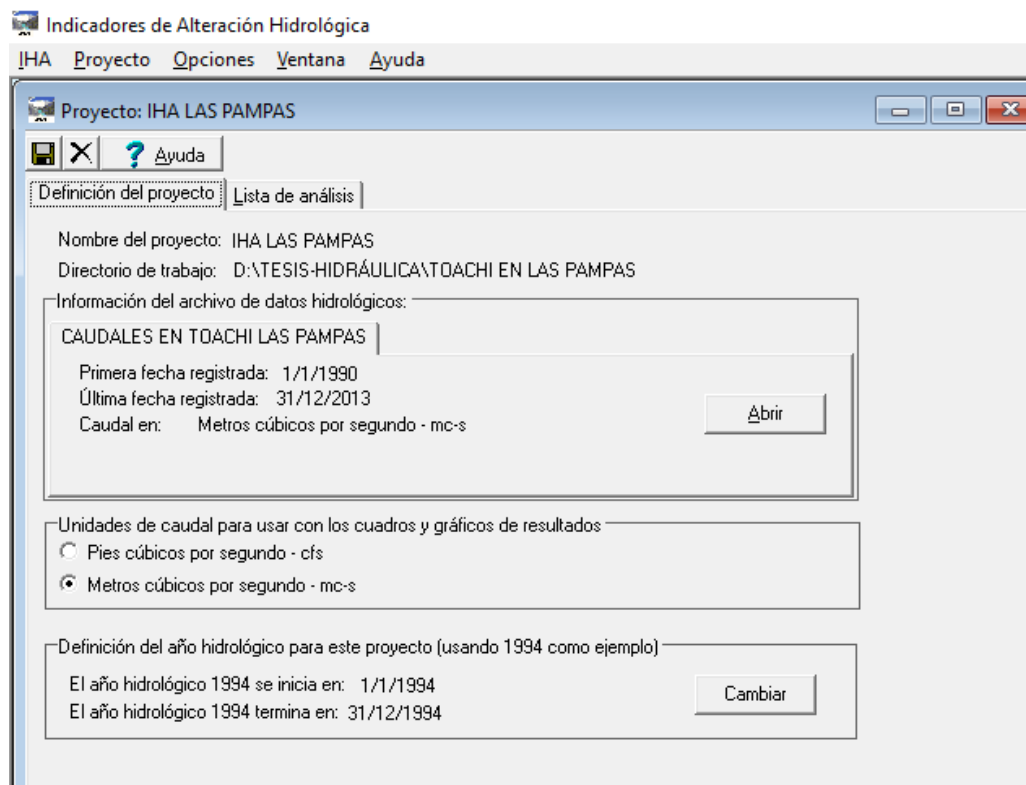
Fuente: Elaboración Propia.

ANEXOS 1.2: Procedimiento específico de relleno de datos en IHA



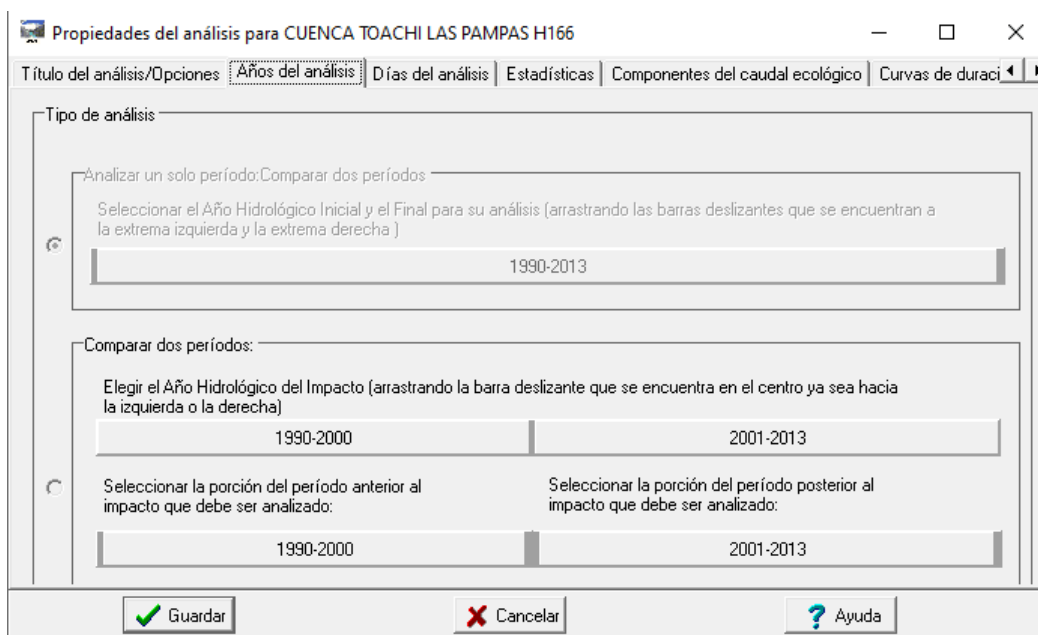
Anexo 2.2.1. Definición predeterminada del año hidrológico modelo (Año hidrológico 1 de enero de 1994-31 de diciembre de 1994) en IHA.

Fuente: Elaboración Propia.



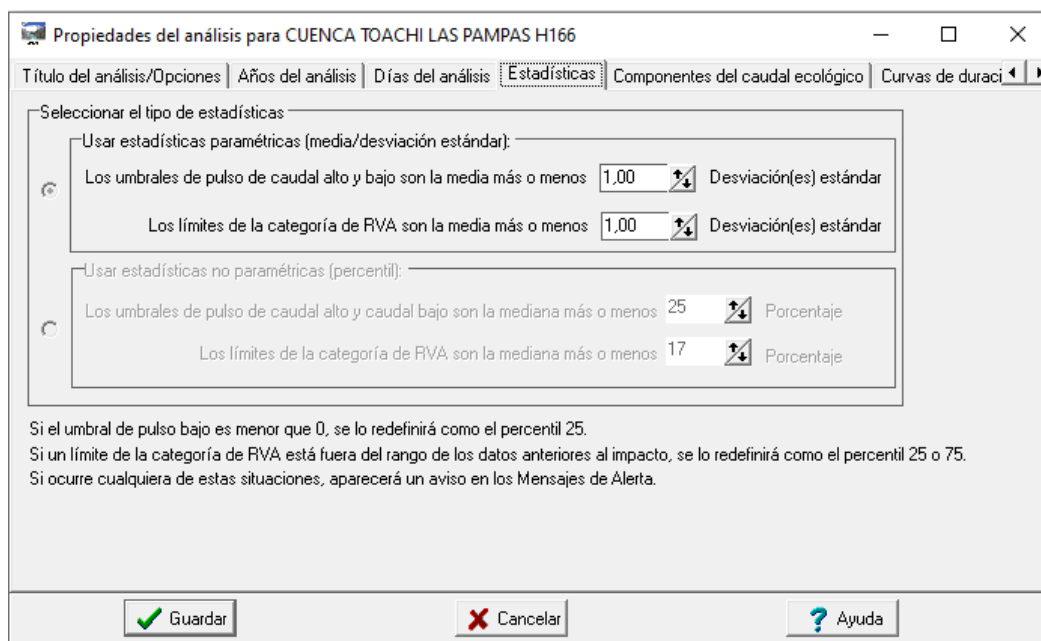
Anexo 2.2.2. Configuraciones de nombres y unidades de caudal del proyecto en la estación del río Toachi en Las Pampas en IHA.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 2.2.3. Años de análisis configurado en un solo período para el proyecto en la estación del río Toachi en Las Pampas en IHA.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 2.2.4. Configuración a estadística paramétrica para una distribución de datos en el proyecto de la estación del río Toachi en Las Pampas en IHA.

Fuente: Elaboración Propia.

Propiedades del análisis para CUENCA TOACHI LAS PAMPAS H166

Título del análisis/Opciones | Años del análisis | Días del análisis | Estadísticas | **Componentes del caudal ecológico** | Curvas de duración de caudales

El análisis de los componentes del caudal ecológico (EFC, por sus siglas en inglés) calcula estadísticas para hasta cinco componentes de caudal diferentes: caudales extremadamente bajos, caudales bajos, pulsos de caudal alto, pequeñas inundaciones y grandes inundaciones. Si desea, este análisis puede efectuarse para dos estaciones separadas (vea la Pestaña Días del análisis). Los parámetros usados para definir los EFC pueden definirse abajo.

Usar parámetros de calibración avanzada

Separación inicial caudal alto/caudal bajo

Todos los caudales que superan: % de caudales diarios para el período se clasificarán como caudales altos.

Todos los caudales por debajo de este nivel se clasificarán como caudales bajos.

Umbral de caudal alto % por día, **Pico de caudal mínimo de una pequeña inundación**

Definición de pulso de caudal alto y de inundación

Los eventos de pequeñas inundaciones se definen como un caudal alto inicial con un pico de caudal más grande que: un evento de período de retorno de ___ años.

Los eventos de grandes inundaciones se definen como un caudal alto inicial con un pico de caudal más grande que: un evento de período de retorno de ___ años.

Todos los caudales altos iniciales no clasificados como pequeñas inundaciones o grandes inundaciones se clasificarán como pulsos de caudal alto.

Definición de caudales extremadamente bajos

Un caudal extremadamente bajo se define como un caudal bajo inicial por debajo de: % de caudales diarios para el período.

Todos los caudales bajos iniciales que no se clasifican como caudales extremadamente bajos se clasificarán como caudales bajos.

Umbral de caudal extremadamente bajo

Anexo 2.2.5. Componentes de caudales hidrológicos (EFC) y calibración de algoritmo EFC en el proyecto de la estación del río Toachi en Las Pampas en IHA.

Fuente: Elaboración Propia.

Indicadores de Alteración Hidrológica - [Hoja de cálculo: IHA LAS PAMPAS / CUENCA TOACHI LAS PAMPAS H166]

IHA Hoja de cálculo Editar Insertar Configuración Opciones Ventana Ayuda

Tahoma 8

A1	Texto de la celda =	Fecha	B	C	D	E	F	G	H	I
4161	21/5/2001	25,3	1	Caudal bajo	Datos reales					
4162	22/5/2001	25	1	Caudal bajo	Datos reales					
4163	23/5/2001	24,4	1	Caudal bajo	Datos reales					
4164	24/5/2001	22,94	1	Caudal bajo	Datos reales					
4165	25/5/2001	22,94	1	Caudal bajo	Datos reales					
4166	26/5/2001	22,38	1	Caudal bajo	Datos reales					
4167	27/5/2001	22,38	1	Caudal bajo	Datos reales					
4168	28/5/2001	22,38	1	Caudal bajo	Datos reales					
4169	29/5/2001	21,83	1	Caudal bajo	Datos reales					
4170	30/5/2001	21,83	1	Caudal bajo	Datos reales					
4171	31/5/2001	21,28	1	Caudal bajo	Datos reales					
4172	1/6/2001	21,03	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4173	2/6/2001	20,77	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4174	3/6/2001	20,52	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4175	4/6/2001	20,27	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4176	5/6/2001	20,01	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4177	6/6/2001	19,76	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4178	7/6/2001	19,51	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4179	8/6/2001	19,25	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4180	9/6/2001	19	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4181	10/6/2001	18,75	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4182	11/6/2001	18,49	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4183	12/6/2001	18,24	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4184	13/6/2001	17,99	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4185	14/6/2001	17,73	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4186	15/6/2001	17,48	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4187	16/6/2001	17,23	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4188	17/6/2001	16,97	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4189	18/6/2001	16,72	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4190	19/6/2001	16,47	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4191	20/6/2001	16,21	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4192	21/6/2001	15,96	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4193	22/6/2001	15,7	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4194	23/6/2001	15,45	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4195	24/6/2001	15,2	1	Caudal bajo	Datos interpolados					
4196	25/6/2001	14,94	1	Caudal bajo	Datos interpolados					

ann sco lsq daily efcs fdc msg

Anexo 2.2.6. Datos de caudales interpolados en el año 2001 en el proyecto de la estación del río Toachi en Las Pampas en IHA.

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXOS 3: Resumen de Estadísticas Anuales

TABLA DE RESULTADOS (ESTACIÓN TOACHI LAS PAMPAS H166)												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1990	16,84	22,45	20,38	26,19	27,41	11,77	9,394	7,076	5,658	7,597	6,135	7,859
1991	9,079	19,46	37,97	21,8	28,93	15,48	11,86	7,028	6,086	6,254	7,055	10,76
1992	14,16	24,57	30,13	35,16	28	15,34	12,59	9,73	9,014	8,79	11,89	12,45
1993	16,56	37,93	17,62	29,35	31,41	15,82	10,8	7,201	6,197	5,912	7,072	8,316
1994	103,6	49,41	48,59	53,58	37,53	16,22	9,416	7,304	5,845	7,144	7,317	11,12
1995	13,76	16,14	22,89	38,73	20,13	15,01	13,2	9,437	7,182	6,632	13,04	7,725
1996	23,94	58,23	62,04	49,97	35,82	16,51	11,64	8,516	7,612	7,032	6,054	5,501
1997	15,05	25,38	34,16	22,32	38,09	28,15	31,1	11,84	11,92	14,46	32,94	26,36
1998	24,85	34,79	40,7	61,53	49,51	20,86	13,82	10,43	7,971	6,31	7,518	5,881
1999	14,07	55,34	44,48	40,67	39,84	21,11	15,77	9,556	6,8	8,054	9,047	8,91
2000	27,1	56,13	66,78	48,78	42,12	24,89	16,46	9,528	7,74	8,783	5,879	6,189
2001	14,33	15,73	37,3	45,33	26,9	17,35	11,32	6,554	6,157	5,838	6,056	9,123
2002	13,4	25,66	39,32	29,08	21,93	15,35	12,9	9,581	6,598	8,234	8,911	14,71
2003	19,14	21,38	23,01	24,33	22,59	17,89	10,15	6,953	6,688	6,498	7,071	7,403
2004	24,41	18,89	11,85	23,9	29,76	24,4	18,94	10,91	8,139	7,279	7,696	9,637
2005	11,78	16,1	19,32	29,72	17,73	9,233	6,549	4,992	5,139	4,732	4,366	5,16
2006	6,516	35,24	32,62	24,96	23,58	16,82	9,542	6,812	5,828	5,645	9,747	17,03
2007	21,88	26,22	27,46	38,59	36,36	21,08	11,24	8,868	7,735	9,696	11,34	8,046
2008	49,03	79,39	75,89	52,73	36,38	26,53	16,91	9,607	8,966	13,85	13,46	10,1
2009	45,29	52,98	34,52	28,18	26,71	23,23	11,12	6,602	6,254	6,014	8,14	7,699
2010	8,47	14,18	26,37	43,3	25,15	12,84	11,79	8,613	5,913	6,579	7,286	18,11
2011	26,79	49,59	40,34	63,43	25,86	14,2	11,33	8,385	7,051	8,39	6,154	9,262
2012	35,35	46,87	38	39,32	35,74	18,64	11,32	7,925	6,007	7,349	10,4	7,669
2013	19,13	32,89	38,8	37,01	36,65	22,8	11,77	8,972	6,831	7,558	5,308	9,732

Anexo 3.1. Tabla de resultados de IHA, Resumen de Estadísticas de Caudales Anuales en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA DE RESULTADOS (ESTACIÓN BUA AJ QUININDÉ H216)												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1992	37,72	37,72	58,02	43,04	51,8	21,37	6,175	3,414	2,185	1,726	1,432	1,413
1993	4,155	20,83	31,46	43,52	23,48	7,985	4,942	3,733	2,466	1,729	1,593	1,593
1996	87,63	87,63	52,6	32,19	12,72	7,897	3,648	2,043	1,374	0,8867	0,2309	0,3164
1997	6,02	17,29	34,57	34,58	22,84	35,03	24,52	25,01	30,53	33	50,18	41,89
1998	34,59	47,36	80,53	90,78	43,27	42,11	25,41	9,911	4,763	3,33	3,106	2,162
1999	2,827	31,15	30,4	38,42	31,48	7,962	5,186	4,59	4,205	3,383	2,421	2,84
2000	13,46	27,61	28,06	28,04	22,97	5,738	3,092	2,07	1,631	1,651	1,117	1,931
2001	13,08	27,53	49,77	48,86	17,14	5,294	2,738	1,732	1,259	0,9458	0,7693	1,081
2002	2,327	36,94	46,48	57,08	35,14	13,01	5,421	2,71	1,765	1,755	1,667	4,602
2003	29,25	30,47	27,62	33,77	24,9	8,177	5,958	3,42	2,011	1,78	1,249	2,645
2004	3,861	30,97	21,26	15,66	24,96	12,94	4,428	2,365	2,086	1,639	1,374	1,121
2005	1,801	10,66	20,64	53,22	12,68	3,709	2,096	1,424	1,105	0,9469	0,8711	0,9198
2006	1,888	19,54	42,6	27,42	18,15	5,989	3,634	2,939	3,014	2,888	5,819	6,02
2007	12,47	34,33	32,76	59,74	30,41	19,03	5,268	2,884	2,415	1,88	1,799	1,54
2008	24,55	50,61	34,51	24,37	15,02	8,755	6,221	4,615	4,091	2,846	2,297	3,017
2009	15,69	29,65	29,71	18,11	14,16	4,639	2,849	1,794	1,359	1,009	0,8321	4,502
2010	12,72	40,62	38	36,45	34,58	6,361	5,315	4,899	3,052	2,129	1,955	6,995
2011	30,72	31,22	17,65	24,63	10,02	4,936	3,993	3,615	2,715	2,224	1,597	1,432
2012	19,57	63,81	71,17	29,8	44,77	14,19	7,077	3,422	2,296	1,964	1,663	1,389
2013	8,567	30,21	43,92	41,25	13,63	9,217	5,331	2,999	2,037	1,615	1,436	1,547

Anexo 3.1.2. Tabla de resultados de IHA, Resumen de Estadísticas de Caudales Anuales en la estación del río Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se muestra un resumen general de caudales de cada año hidrológico independiente que se ha adjuntado en los períodos de tiempo en selección previa para el análisis.

ANEXOS 3.2: Tabla de resúmenes de datos por período: Caso paramétrico

En la siguiente tabla se muestran ciertos grupos en cada columna a su correspondencia y ofrecen un resumen claro y sencillo del impacto en cada grupo de parámetros.

Parámetro Grupo #1	Medias	Coef. de var.
Enero	23,94	0,8367
Febrero	34,79	0,5013
Marzo	36,27	0,4269
Abril	37,83	0,328
Mayo	31	0,2515
Junio	18,4	0,2626
Julio	12,95	0,3643
Agosto	8,434	0,1923
Septiembre	7,055	0,2069
Octubre	7,693	0,2996
Noviembre	9,162	0,6129
Diciembre	10,2	0,4679
Parámetro Grupo #2	Medias	Coef. de var.
1-día mínimo	5,622	0,1582
3-días mínimo	5,656	0,157
7-días mínimo	5,734	0,1571
30-días mínimo	6,298	0,1861
90-días mínimo	7,21	0,2236
1-día máximo	110,3	0,665
3-días máximo	84,88	0,5156
7-días máximo	67,26	0,4658
30-días máximo	49,54	0,4178
90-días máximo	39,66	0,3616
Número días cero caudal	0	0
Índice caudal base	0,3061	0,244
Parámetro Grupo #3	Medias	Coef. de var.
Fecha de caudal mín	303,3	0,08611
Fecha de caudal máx	78,54	0,09805
Parámetro Grupo #4	Medias	Coef. de var.
Conteo pulsos bajos	0	0
Duración pulsos bajo		
Conteo pulsos altos	4,083	1,148
Duración pulsos alto	24,34	1,39
Umbral de pulso bajo	2,23	
Umbral de pulso alto	37,22	
Parámetro Grupo #5	Medias	Coef. de var.
Tasa de subida	2,504	0,6688
Tasa de bajada	-1,691	-0,5576
Número de reversas	65,92	0,6629

Anexo 3.2.3. Tabla de resultados IHA paramétricos de calibración en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

La cuadrícula de resúmenes de datos por período personifica los umbrales de pulso alto y bajo; dentro de la sección para el grupo de parámetros número 4.

Parámetro Grupo #1	Medias	Coef. de var.
Enero	18,15	1,101
Febrero	35,31	0,4868
Marzo	39,59	0,4164
Abril	39,05	0,4405
Mayo	25,21	0,4731
Junio	12,22	0,837
Julio	6,665	0,9599
Agosto	4,479	1,152
Septiembre	3,818	1,668
Octubre	3,466	2,017
Noviembre	4,17	2,611
Diciembre	4,448	2,021
Parámetro Grupo #2		
	Medias	Coef. de var.
1-día mínimo	0,9264	0,5166
3-días mínimo	1,041	0,4075
7-días mínimo	1,099	0,3926
30-días mínimo	1,566	0,7011
90-días mínimo	2,583	1,552
1-día máximo	164,5	0,4427
3-días máximo	104,4	0,3376
7-días máximo	81,5	0,3442
30-días máximo	54,23	0,3199
90-días máximo	41,76	0,3479
Número días cero caudal	0	0
Índice caudal base	0,07551	0,4259
Parámetro Grupo #3		
	Medias	Coef. de var.
Fecha de caudal mín	330,5	0,146
Fecha de caudal máx	97,65	0,1671
Parámetro Grupo #4		
Conteo pulsos bajos	3,9	0,4984
Duración pulsos bajo	23,86	0,7945
Conteo pulsos altos	12	0,4889
Duración pulsos alto	3,745	1,081
Umbral de pulso bajo	2,13	
Umbral de pulso alto	39,74	
Parámetro Grupo #5		
	Medias	Coef. de var.
Tasa de subida	9,454	0,5024
Tasa de bajada	-5,333	-0,493
Número de reversas	121,6	0,1693

Anexo 3.2.4. Tabla de resultados IHA paramétricos de calibración en la estación del Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXOS 3.3: Parámetros Tendencia de caudales

EFC Low Flows (Caudales Bajos)		
Enero caudal bajo	16,01	0,2883
Febrero caudal bajo	19,47	0,1852
Marzo caudal bajo	21,93	0,1825
Abril caudal bajo	23	0,1137
Mayo caudal bajo	22,53	0,1225
Junio caudal bajo	17,81	0,2276
Julio caudal bajo	12,66	0,2808
Agosto caudal bajo	8,604	0,1479
Septiembre caudal bajo	7,413	0,1516
Octubre caudal bajo	8,047	0,2436
Noviembre caudal bajo	9,339	0,4249
Diciembre caudal bajo	10,28	0,3486
EFC Parámetros		
Picos extremos bajos	5,553	0,07792
Duración extremos bajos	25,04	1,41
Temporada extremos bajos	301,2	0,06921
Frecuencia extremos bajo	2,083	0,883
Picos de caudal alto	37,87	0,2391
Duración caudal alto	15,36	1,08
Temporada caudal alto	65,07	0,1473
Frecuencia caudal alto	3,833	1,316
Tasa subida caudal alto	5,857	0,9455
Tasa bajada caudal alto	-3,734	-1,085
Pico pequeñas inundaciones	139,4	0,3214
Duración pequeñas inundaciones	90,5	0,5916
Temporada pequeñas inundaciones	66,7	0,09821
Frec. pequeñas inundaciones	0,4167	1,209
Tasa subida pequeñas inundaciones	12,12	1,442
Tasa bajada pequeñas inundaciones	-5,923	-1,497
Pico grandes inundaciones	282,2	0,1656
Duración grandes inundaciones	107,5	0,07236
Temporada grandes inundaciones	86,5	0,1488
Frec. grandes inundaciones	0,08333	3,388
Tasa subida grandes inundaciones	10,34	0,9649
Tasa bajada grandes inundaciones	-10,75	-1,123
EFC umbral caudal bajo:		
EFC umbral caudal alto:		26,36
EFC umbral caudal extremo bajo:		6,146
EFC pico mínimo de pequeñas inundaciones		77,13
EFC pico mínimo de grandes inundaciones:		235,2

Anexo 3.3.1. Tabla de componentes de caudal ecológico para (caudales bajos) y parámetros de tendencia de caudales en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

EFC Low Flows (Caudales Bajos)		
Enero caudal bajo	8,541	0,551
Febrero caudal bajo	17,06	0,2426
Marzo caudal bajo	19	0,1252
Abril caudal bajo	18,64	0,1365
Mayo caudal bajo	15,15	0,2328
Junio caudal bajo	9,722	0,5275
Julio caudal bajo	5,973	0,7452
Agosto caudal bajo	4,203	0,9479
Septiembre caudal bajo	3,275	1,053
Octubre caudal bajo	3,057	1,267
Noviembre caudal bajo	2,143	0,5393
Diciembre caudal bajo	4,148	1,102
EFC Parámetros		
Picos extremos bajos	1,001	0,2408
Duración extremos bajos	16,02	1,04
Temporada extremos bajos	337,1	0,1093
Frecuencia extremos bajo	2,3	0,7067
Picos de caudal alto	50,14	0,171
Duración caudal alto	6,443	0,7417
Temporada caudal alto	92,93	0,08017
Frecuencia caudal alto	11,2	0,4493
Tasa subida caudal alto	17,84	0,3493
Tasa bajada caudal alto	-11,69	-0,3169
Pico pequeñas inundaciones	193,7	0,1884
Duración pequeñas inundaciones	26,38	0,7248
Temporada pequeñas inundaciones	70,5	0,05962
Frec. pequeñas inundaciones	0,5	1,376
Tasa subida pequeñas inundaciones	76,96	1,049
Tasa bajada pequeñas inundaciones	-27,01	-0,9427
Pico grandes inundaciones	318,3	0,2431
Duración grandes inundaciones	61	0,8578
Temporada grandes inundaciones	113	0,03478
Frec. grandes inundaciones	0,1	3,078
Tasa subida grandes inundaciones	14,06	0,1357
Tasa bajada grandes inundaciones	-22,49	-1,125
EFC umbral caudal bajo:		
EFC umbral caudal alto:		23,18
EFC umbral caudal extremo bajo:		1,306
EFC pico mínimo de pequeñas inundaciones		138,7
EFC pico mínimo de grandes inundaciones:		261,3

Anexo 3.3.2. Tabla de componentes de caudal ecológico para (caudales bajos) y parámetros de tendencia de caudales en la estación del río Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla muestra un valor de **EFC** (componentes de caudal ecológico) mensual asignados a un parámetro de caudal bajo, dichos parámetros se reflejan más abajo como tendencia a crecidas, temporadas altas y bajas, frecuencias de grandes y pequeñas inundaciones, así mismo como sus duraciones, picos y entre ellos los valores de caudal que conciernen a los cinco parámetros de calibración de EFC.

ANEXOS 3.4: Análisis de Curvas de Duración de Caudal

TOACHI LAS PAMPAS H166															
Periodo de Análisis: 1990-2013 (24 años)															
Anual		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio	
Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia
315,249	0,011	189,163	0,134	249,166	0,147	147,007	0,134	221,269	0,139	315,249	0,134	37,267	0,139	45,649	0,134

Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia
36,541	0,134	36,7	0,139	37,615	0,134	46,61	0,139	44,872	0,134

Anexo 3.4.1. Tabla de análisis de curvas de duración de caudal y probabilidad de excedencia en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

BUA AJ QUININDÉ H216															
Periodo de Análisis: 1992-2013 (20 años)															
Anual		Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio	
Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia
372,993	0,014	131,401	0,161	230,434	0,176	258,98	0,161	372,993	0,166	263,588	0,161	74,845	0,166	65,78	0,161

Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia	Caudal	Prob. de excedencia
58,584	0,161	60,312	0,166	55,751	0,161	88,899	0,166	87,463	0,161

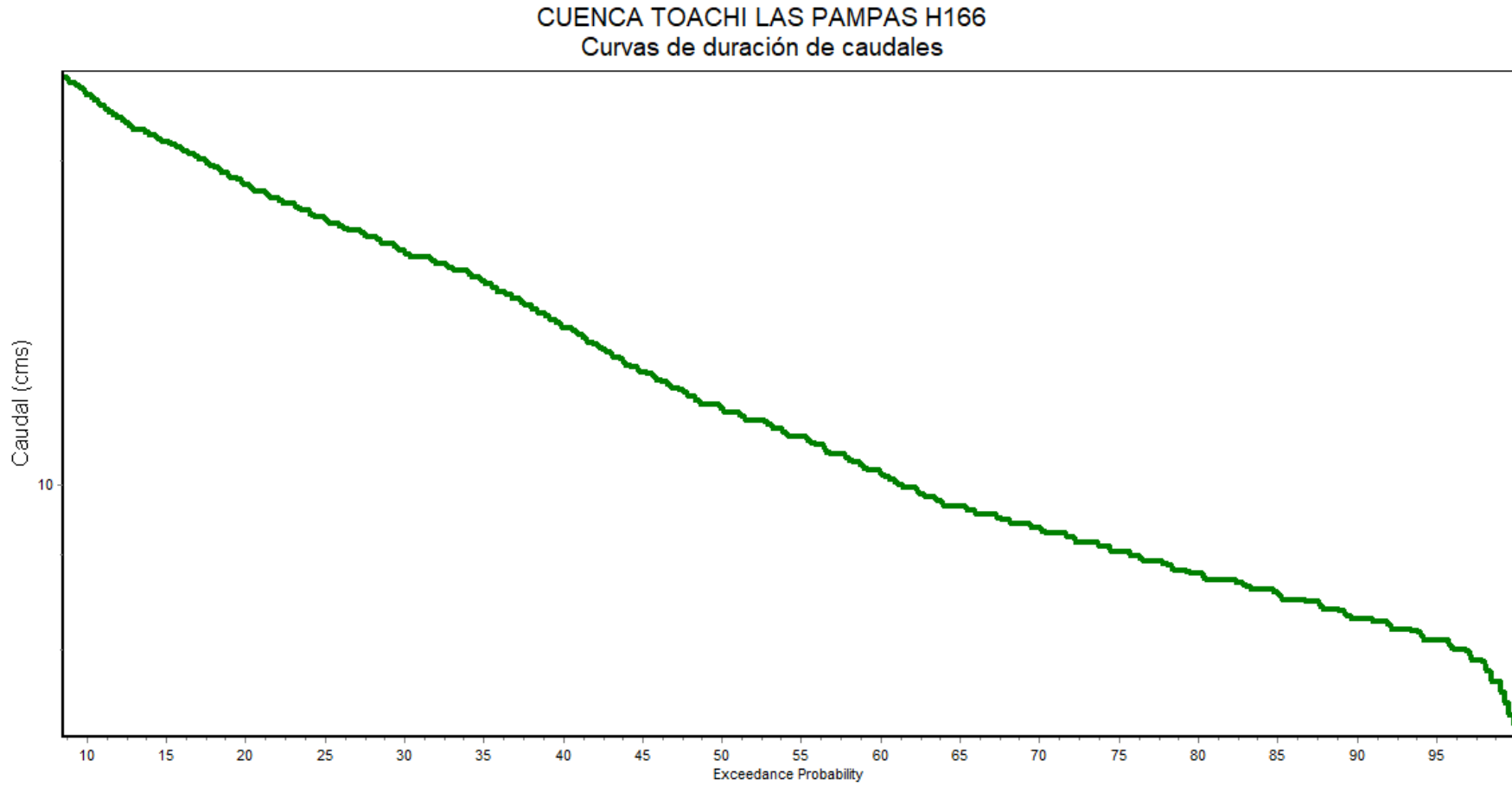
Anexo 3.4.2. Tabla de análisis de curvas de duración de caudal y probabilidad de excedencia en la estación del río Bua AJ Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

En las siguientes tablas se muestra la probabilidad de excedencia de las dos estaciones por separado, para el caudal más alto en cada mes de un año hidrológico en específico, cuyo dígito de caudal presenta el valor de caudal máximo del rango de estudio o período de análisis de años de esta investigación.

ANEXOS 4: Gráfica Curvas de Duración de Caudal

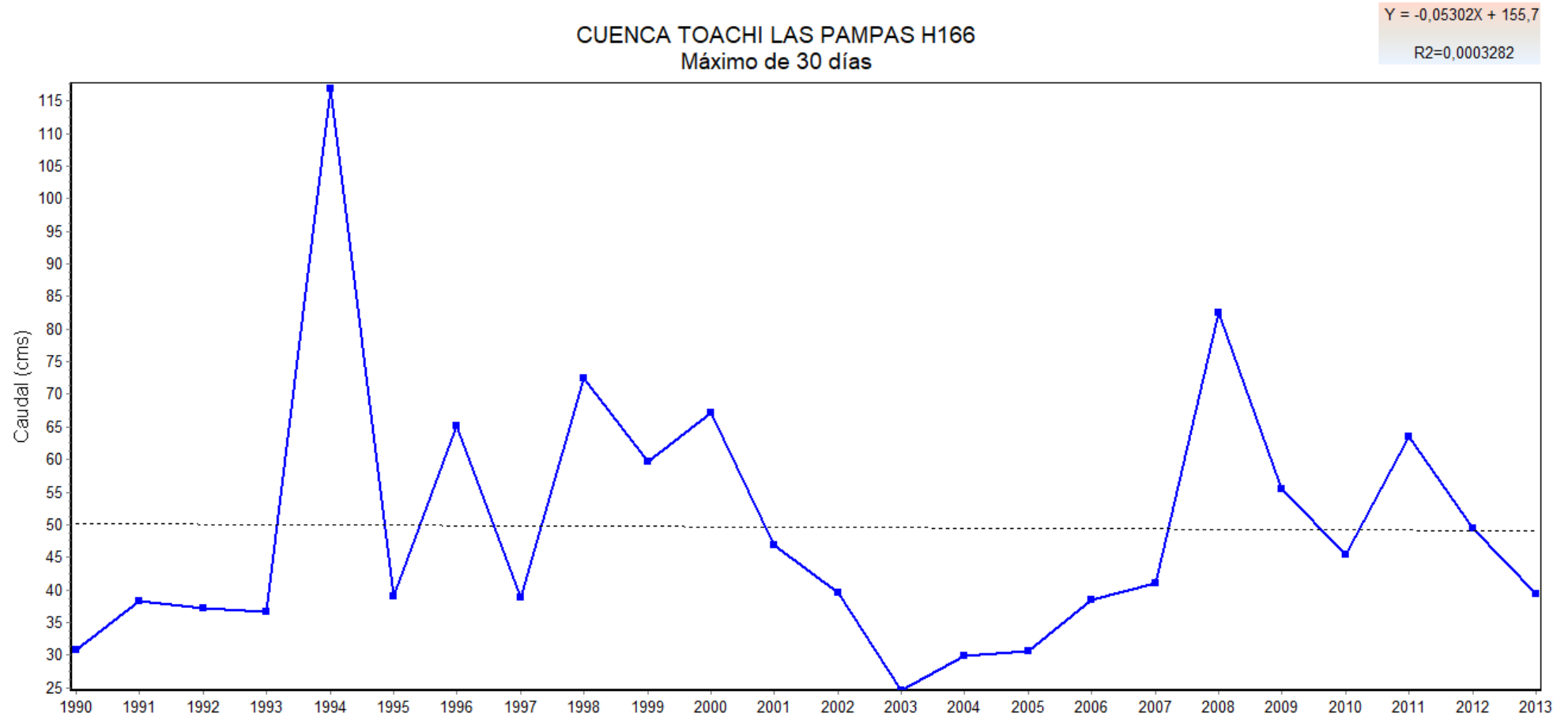
Anual (1990-2013)



Anexo 4.1. Gráfica de curvas de duración de caudal y probabilidad de excedencia en la estación del río Toachi en Las Pampas.

Fuente: Elaboración Propia.

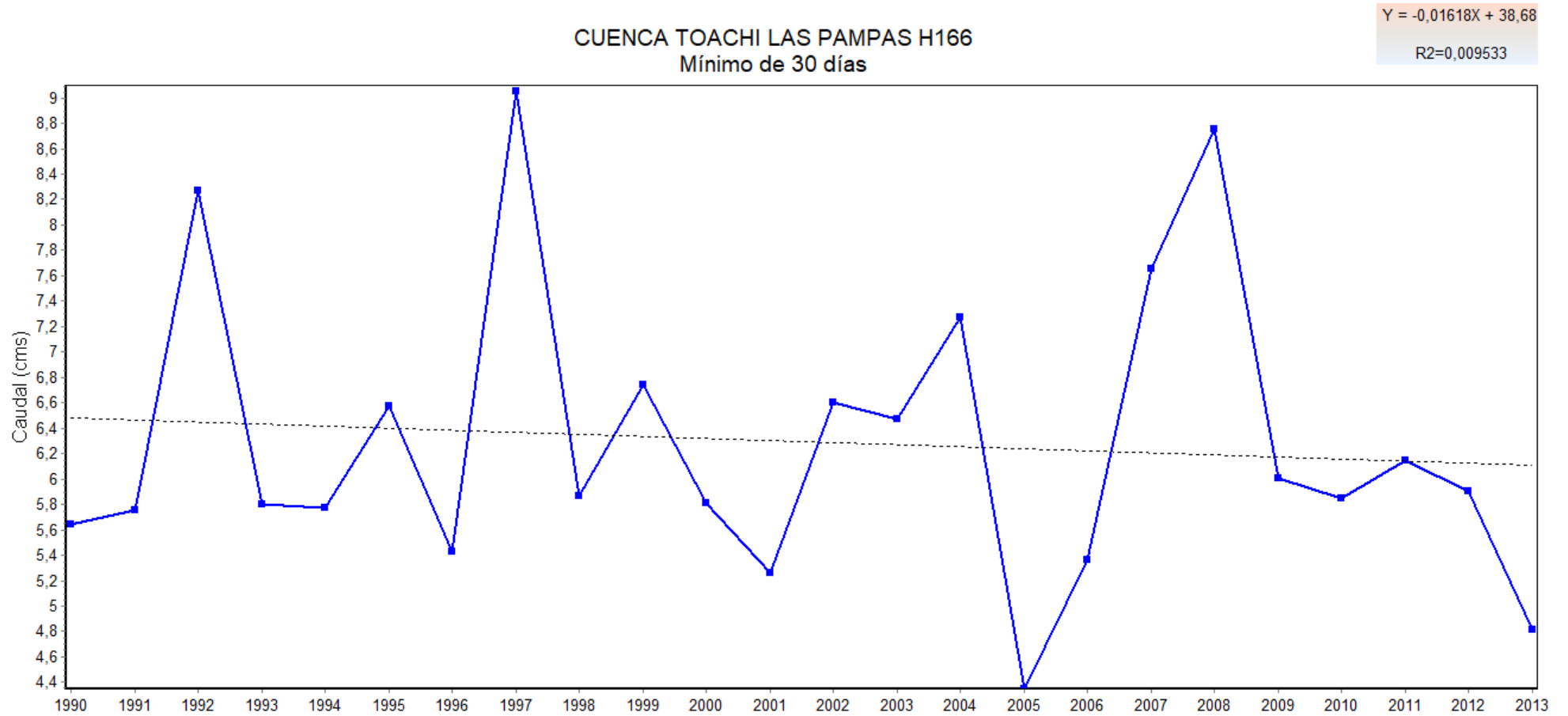
ANEXOS 4.2: Gráfica Curvas de Caudales máximos (30 días)



Anexo 4.2.1. Gráfica de curvas de Caudales máximos (30 días) en la estación del río Toachi en Las Pampas.

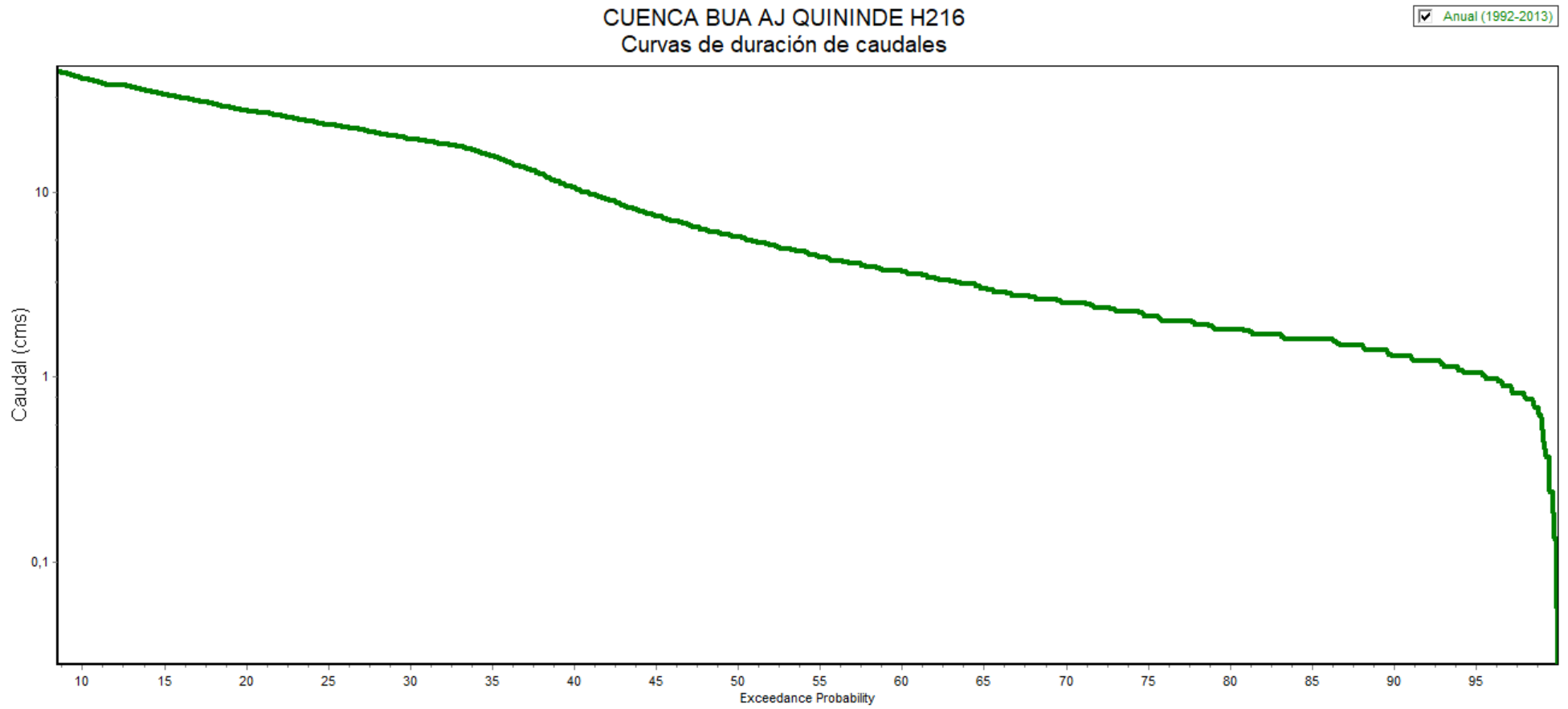
Fuente: Elaboración Propia.

ANEXOS 4.3: Gráfica Curvas de Caudales mínimos (30 días)



Anexo 4.3.1. Gráfica de curvas de Caudales mínimos (30 días) en la estación del río Toachi en Las Pampas.

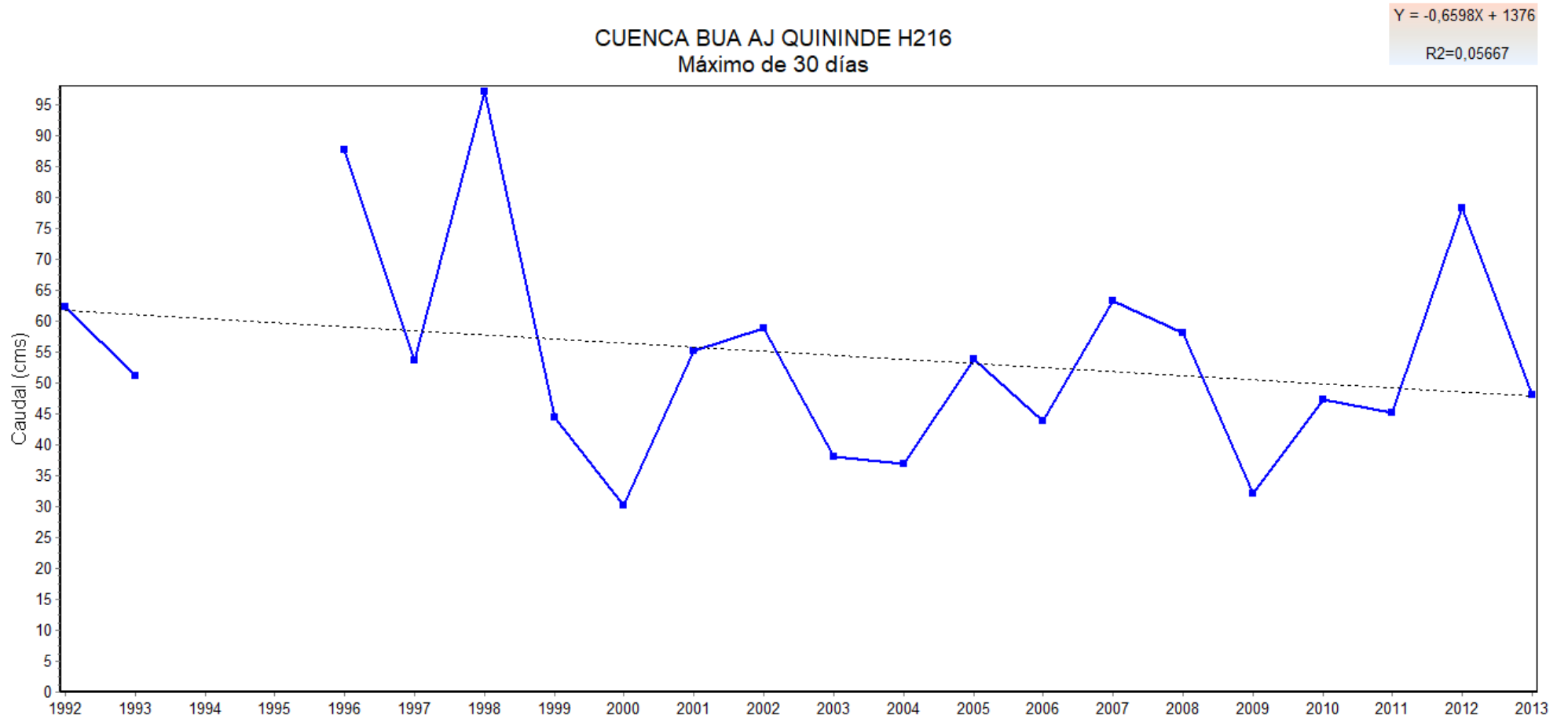
Fuente: Elaboración Propia.

ANEXOS 4.4: Gráfica Curvas de Duración de Caudal

Anexo 4.4.1. Gráfica de curvas de duración de caudal y probabilidad de excedencia en la estación del río Bua Aj Quindé.

Fuente: Elaboración Propia.

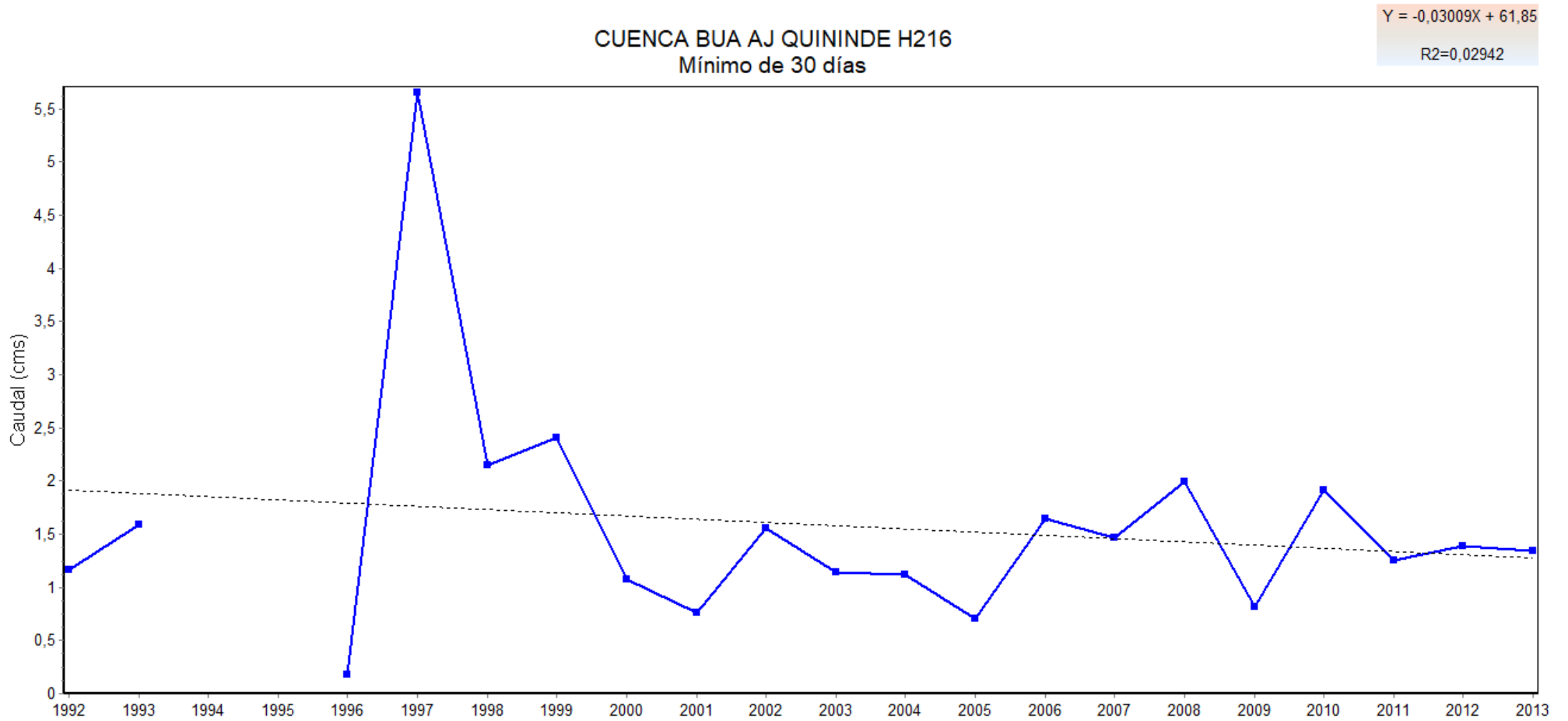
ANEXOS 4.5: Gráfica Curvas de Caudales máximos (30 días)



Anexo 4.5.1. Gráfica de curvas de Caudales máximos (30 días) en la estación del río Bua Aj Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXOS 4.6: Gráfica Curvas de Caudales mínimos (30 días)



Anexo 4.6.1. Gráfica de curvas de Caudales mínimos (30 días) en la estación del río Bua Aj Quinindé.

Fuente: Elaboración Propia.