



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**SEDE MANABÍ**

**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y DISPONIBILIDAD DE  
INFORMACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO  
EN LA UPHL MA01 Y MA02**

**PREVIO AL TÍTULO DE:**

**INGENIERO HIDRÁULICO**

**AUTOR:**

**JORDY FERNANDO MOREIRA ZAMBRANO**

**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**MGTR. JOSÉ RAMÓN ALARCÓN LOOR**

**OCTUBRE, 2021**

**PORTOVIEJO – MANABÍ – ECUADOR**

Mgr. José Ramón Alarcón Loor

**TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de director 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.

---

Mgr. José Ramón Alarcón Loor

**TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **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.

---

Mgr. José Ramón Alarcón Loor

**PRIMER LECTOR**

---

Mgr. John Enrique Félix Mera

**SEGUNDO LECTOR**

---

Mgr. Andy Miguel Giler Ormaza

**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 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.

Portoviejo, octubre 2021

f. \_\_\_\_\_  
Jordy Fernando Moreira Zambrano  
C.I: 1315341170  
Dir.: Portoviejo  
e-mail: jmoreira1170@pucesm.edu.ec  
Telf.: +593969368628

## **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.

---

Jordy Fernando Moreira Zambrano  
**C.C.: 1315341170**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mi familia, sobre todo a mis padres, Myriam Zambrano Loor y Fernando Moreira Arteaga ya que sin ellos no habría llegado hasta el punto que estoy. Son pilares fundamentales en mi vida. Agradezco siempre su apoyo incondicional en cada paso que doy por eso brindo el presente trabajo a estos seres maravillosos. Por eso y más, siempre Muchas Gracias.

A mis hermanos Cristhian y Andrés por el apoyo que siempre me han brindado y a mi novia, Andrea Torres por siempre ser incondicional apoyándome en muchos momentos de mi vida y a lo largo de mi carrera universitaria.

*Jordy Fernando Moreira Zambrano*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a los Ingenieros Jhon Félix Mera y Andy Giler Ormaza por los conocimientos impartidos por ellos a lo largo de mis estudios universitarios y su apoyo durante la ejecución del proyecto de titulación.

Mis más sincero agradecimiento y gratitud al tutor Ing. José Ramón Alarcón.

*Jordy Fernando Moreira Zambrano*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	i
ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	iii
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. Objetivo.....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	4
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	5
3.1. Tipo de investigación.....	6
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
4.1. OE1: Recopilar la información bibliográfica que sirva como base para el estudio... 11	
4.2. OE2: Identificar los parámetros necesarios para la estimación del balance hídrico de la UPHL MA01 y MA02 .....	16
4.3. OE3: Verificar la calidad y cantidad de información disponible para la determinación del balance hídrico en las zonas de estudio .....	24
5. CONCLUSIONES .....	47
6. LITERATURA CITADA .....	48

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Número de escenas Landsat sin nubosidad, con 30% de filtro y con 10% de filtro. Adaptado de Giler-Ormaza, Pimentel y Aguilar (2021). .....	8
<b>Tabla 2</b> Métricas de desempeño .....	15
<b>Tabla 3</b> Textura del suelo y vegetación predominante.....	19
<b>Tabla 4.</b> Estaciones hidrometeorológicas de la UPHL MA01 y MA02 .....	30
<b>Tabla 5.</b> Diagnóstico UPHL MA01 .....	32
<b>Tabla 6.</b> Diagnóstico UPHL MA02 .....	36

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Mapa de ubicación del estudio. ....	5
<b>Gráfico 2.</b> Diagrama de flujo de Climatol mostrando los procesos de homogenización para evaluar la calidad de los datos meteorológicos. ....	10
<b>Gráfico 3.</b> Diagrama de Gantt sobre la disponibilidad de datos de temperatura. ....	24
<b>Gráfico 4</b> Diagrama de Gantt sobre la disponibilidad de datos de precipitación. ....	25
<b>Gráfico 5</b> Diagrama de Gantt sobre la disponibilidad de datos de niveles medios en las estaciones hidrológicas. ....	26
<b>Gráfico 6</b> Diagrama de Gantt sobre la disponibilidad de datos de caudal en las estaciones hidrológicas. ....	27
<b>Gráfico 7</b> Mapa de la UPHL MA01.....	28
<b>Gráfico 8</b> Mapa de la UPHL MA02.....	29
<b>Gráfico 9</b> Tipo de cobertura vegetal y usos de suelo en la UPHL MA01. ....	42
<b>Gráfico 10</b> Tipo de cobertura vegetal y usos de suelo en la UPHL MA02. ....	43
<b>Gráfico 11</b> Mapa de cobertura de la tierra del Ecuador Continental .....	44
<b>Gráfico 12.</b> Correlación de series .....	45
<b>Gráfico 13.</b> Dendrograma de estaciones .....	46

## Resumen

El presente estudio cualitativo evaluó la calidad y disponibilidad de información para la estimación del balance hídrico en las Unidades de Planificación Hidrográfica Local (UPHL) de Portoviejo MA01 y MA02, en respuesta a la ausencia de investigaciones relacionadas, dada la necesidad de estimar el equilibrio de los recursos hídricos calculando su balance con datos de alta fidelidad. Debido a ello, esta investigación se desarrolló desde septiembre de 2020 hasta septiembre de 2021, empleando metodología basada en la búsqueda bibliográfica y documental de datos a nivel hidrográfico de las UPHL MA01-MA02, correspondientes al periodo 1990-2013. Adicionalmente, se empleó la búsqueda sistemática de uso de tierra e instrumentos mediante los programas Hydro-BID y *Climatol*. Los resultados revelan que los parámetros para el cálculo del balance hídrico son precipitación, clima, temperatura, tipos y usos de suelo, cartografía y redes de drenaje. Respecto a la información encontrada, ésta es insuficiente y de baja calidad para determinar el balance hídrico en las UPHL MA01 y MA02. Además, la disponibilidad de datos de temperatura, precipitación, caudal y nivel medio en las estaciones analizadas no es continua, presentándose diversas interrupciones durante el periodo estudiado. Se concluye que la información relativa a los parámetros requeridos para el cálculo del balance hídrico no es de alta calidad, con datos no disponibles de manera continua en todas las estaciones. Asimismo, no se cuenta con datos recientes digitalizados, por lo cual, el desarrollo de proyectos de investigación en esta provincia es limitado.

*Palabras clave:* Hydro-BID, UPHL, calidad, información

## **Abstract**

This qualitative research study assessed information quality and availability in order to calculate water balance in the Local Hydrographic Planning Units (*UPHL*, for their initials in Spanish) of Portoviejo *MA01* and *MA02*, in regards to the lack of similar studies, given the need to calculate water resource balance using high-fidelity data. Thereby, this research study was carried out from September 2020 through September 2021, using methodology based on the bibliographic and documentary collection of hydrographic data of *UPHL MA01* and *MA02*, for the period 1990-2013. As well, a systematic search for land use and instruments such as Hydro-BID and Climatol software programs were used. The findings reveal that the parameters for calculating water balance are precipitation, climate, temperature, types and uses of land, cartography, and drainage networks. Regarding the collected data, these ones are deficient and of low quality to calculate water balance of *UPHL MA01* and *MA02*. Moreover, availability of temperature, precipitation, flow, and mean level data of the analyzed stations is not continuous, finding several interruptions over the period under study. It is concluded that the information about the parameters required to calculate water balance is not of high quality, with data that are not continuously available at all stations. Also, there is no recent digitized data, so that the development of research projects is limited in this province.

*Keywords:* Hydro-BID, *UPHL*, quality, information

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Unidades de Planificación Hidrográfica Local (UPHL) se dedican a la gestión hídrica por sectores dadas las problemáticas que pueden presentarse en cada demarcación. En este sentido, en Ecuador, la entidad reguladora es la Secretaría Nacional del Agua ha establecido y delimitado nueve demarcaciones hídricas geográficas como unidades administrativas y desconcentradas.

La importancia del presente estudio radica en el análisis de la información necesaria para el hallazgo del balance hídrico. Bajo este enfoque se indica que el balance hídrico tiene factores o variables que intervienen en el bienestar del suelo como lo son la precipitación, la humedad relativa, la radiación solar, la velocidad del viento, etc. Existen varios tipos de balance hídrico: hidrológicos, climáticos, de drenaje y riego; y para realizar el cálculo se pueden emplear datos reales o simulados. Para el hallazgo del balance hídrico, se requieren una serie de datos que, en su mayoría son escasos o inexistentes, dado que las herramientas que se utilizan a nivel de georreferenciación aún no poseen buena calidad en su procesamiento y recursos (Alvarado, 2020).

En el Ecuador, las cuencas hidrográficas se caracterizan por dos componentes principales, el primero son los ecosistemas terrestres conformados por montañas y laderas; y el segundo son los medios acuáticos como los ríos o lagos. Gracias a esto y debido a su régimen fluvial, la hidrografía de las cuencas en Ecuador crea escorrentías que fluyen en su totalidad por medio de corrientes, ríos, lagos, etc., que van dirigidos al mar por medio de una desembocadura o estuario en las costas a nivel marítimo. Esto causa que se formen de manera exclusiva las precipitaciones en el período lluvioso teniendo mayor ímpetu en los meses de diciembre a junio, esto beneficia a las zonas aledañas a las cuencas las cuales tienen una forma directa de proveer agua a la vida silvestre (Mendoza, Campos, & Mendoza, 2020).

El balance hídrico es un método empírico en el que se realizan estimaciones de todo el sistema hidrográfico y se utilizan diversos cálculos en los que se analizan la precipitación mensual y anual (Marini, 2000). Lo anterior se realiza con la finalidad de conservar la constante de agua en alimentos, bebidas, líquidos, etc., para ello y dentro de este estudio, la estimación del balance hídrico de una cuenca se puede hacer por medio de la herramienta Hydro-BID. Esta plataforma incorpora un repositorio de datos de hidrología analítica (AHD)

para los territorios del Caribe y Latinoamérica, abarcando hasta 230,000 cuencas con sus sistemas fluviales (Bravo, 2020).

En un artículo denominado “Estimación del Balance hídrico de la cuenca del río Milagro mediante un sistema de información geográfica”, se concluyó que la cuenca del río Milagro posee un balance hídrico con un déficit cercano al 76% del área total, que corresponde la zona en la cual está ubicada oeste del área de estudio y el 20% corresponde a la cabecera que está ubicada al este y que presenta una estabilidad y exceso hídrico. Su criterio fue que para evaluar los recursos hídricos de una cuenca se necesita una estimación adecuada del balance hidrológico, el cual está conformado por el ciclo en sus diferentes fases. Es decir, la captación del agua a través de las precipitaciones y su posterior distribución a través de la evapotranspiración, las infiltraciones y las escorrentías (Alvarado, 2020). Para aplicar la fórmula para calcular el balance hidrológico se requiere cuantificar las variables empleadas y este procedimiento por lo general es complejo debido a la ausencia de mediciones directas, la disminución de agua por acuíferos, la variabilidad de agua almacenadas en las cuencas y los cambios espaciales de la evapotranspiración (Alvarado, 2020).

Bajo esta misma línea un estudio realizado por Cedeño y Zambrano (2017) planteó realizar una evaluación de la conexión entre la gestión de la represa Sixto Durán Ballén y las curvas guía de operación. Como conclusiones se encontró que la simulación en el software Stella dio una estimación cercana a la realidad dando resultados teóricos acerca de la gestión y representación de la información; en consecuencia, es viable la representación de escenarios y la visualización de los resultados para la toma de decisiones y el manejo de la represa. En conclusión, con este estudio se busca que el volumen de agua en la represa se mantenga bajo el límite máximo para evitar inundaciones y déficit hídrico en el embalse para mejorar la gestión hídrica de la cuenca y que exista un correcto vertido de la represa.

Otro artículo denominado realizado por Aguilar y Naranjo (2018), tuvo como objetivo desarrollar una base de información hidrometeorológica mediante el programa hydraccess ante inundaciones en la cuenca hidrográfica del río Guayas. En conclusión, se obtuvo que esta base de información es fundamental para la elaboración de proyectos hidrometeorológicos afines de tipo cualitativos y cuantitativos con la finalidad de evaluar fenómenos y eventos. Sus criterios fueron que existe alto riesgo de inundaciones y pérdidas

materiales o humanas en el área de estudio debido a la morfología de la cuenca, la intervención humana, el limitado drenaje del suelo y el aumento del nivel de los ríos a causa de la pérdida del cauce natural.

Por otra parte, según Jiménez *et al.* (2012) y el Ministerio de Ambiente del Ecuador (2015), la región Costa en Ecuador evidenció un aumento de 3.3 °C en la temperatura media y durante el periodo 1960-2006 las precipitaciones han aumentado un tercio, lo cual representa un riesgo por sus zonas de pendiente (Solano & Vintimilla, 2013; Aguilar & Echeverría, 2018). Dado lo anterior, esta área se encuentra vulnerable a inundaciones ocasionadas por el fenómeno El Niño. La provincia Manabí también ha sido influenciada por inundaciones, es por ello que se establece la importancia de mantener el balance hídrico y una gestión adecuada del manejo de cuencas en la provincia.

Algunos sucesos de lluvias no asociadas al fenómeno El Niño se han presentado en el litoral ecuatoriano. En 1993 ocurrieron sucesos pluviométricos que activaron deslizamientos de suelo teniendo como consecuencia daños a hogares, estragos en cultivos y pérdidas humanas. Asimismo, en 2008, hubo fallecidos, desaparecidos, familias damnificadas y pérdidas de cultivos como efecto de las precipitaciones. De igual manera, durante el primer semestre de 2017, hubo valores de precipitación superiores a la media y esto trajo impactos negativos en la sociedad y el ambiente. Es así que, tanto en la costa ecuatoriana como en otros países latinoamericanos, se presentaron manifestaciones de precipitaciones atípicas (FAO, 2015).

Según Thielen *et al.* (2016) y los datos pluviométricos del periodo 1971-2011, los eventos hidráulicos en la cuenca del río Portoviejo se caracterizan por la influencia del fenómeno El Niño. Es así que, en 21.8% del área circundante a las estaciones meteorológicas existe riesgo de inundaciones y se evidencia una precipitación media anual de 1 043 mm, de las cuales el 77.3% se ocasionan entre los primeros cuatro meses del año. Además, se analizaron temporalmente los valores atípicos mensuales de precipitación desde 1990 hasta 2011 y debido al fenómeno El Niño del 97-98, se determinó que existieron precipitaciones superiores a la media durante un año y medio. Asimismo, en el cantón Jipijapa se presentaron inundaciones durante el 2012 aunque se determinó que en esta zona el riesgo es menor.

La intención de esta investigación, ante la problemática expuesta fue aportar datos de estimación correctos y necesarios para el balance hidrológico, es decir explicar los ciclos en

sus diversas etapas, la necesidad de información georreferenciada y de alta calidad para el procesamiento en las diferentes plataformas del Sistema de Información Geográfica (SIG). Adicional a ello, mediante la herramienta Hydro-BID, que constituye una herramienta de modelación hidrológica que permitió simplificar el comportamiento del agua y clima se evaluará la información necesaria para obtener el balance hídrico de las UPHL referidas. Asimismo, se empleará Climatol para realizar el respectivo análisis de la disponibilidad de los datos y su calidad. Cabe destacar que de acuerdo al Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí (PHIMA); en relación a la demarcación hidrográfica manaba, existen seis Unidades de Planificación Hidrográfica en la provincia, codificadas como MA01, MA02, MA03, MA04, MA05 y MA06 (ver Anexo 1). Además, el último balance hídrico calculado en la provincia dio como resultado 947 hm<sup>2</sup>. Sin embargo, los proyectos que se han planificado en la misma tienen una viabilidad económica muy baja (PHIMA, 2000).

El factor sui géneris de la presente investigación radica en la identificación de los cuerpos de agua de la provincia de Manabí en sus respectivas demarcaciones y distribuciones, para así lograr un manejo adecuado de las cuencas hidrográficas en función a la calidad y disponibilidad de la información, especialmente en el área agrícola en donde es preminente la utilización de los recursos hídricos como potenciamiento de los cultivos.

En base a lo anterior propuesto se establecieron los objetivos a continuación:

## **2. Objetivo**

### **2.1. Objetivo General**

Evaluar la calidad y disponibilidad de información para la estimación del balance hídrico en las UPHL MA01 Y MA02.

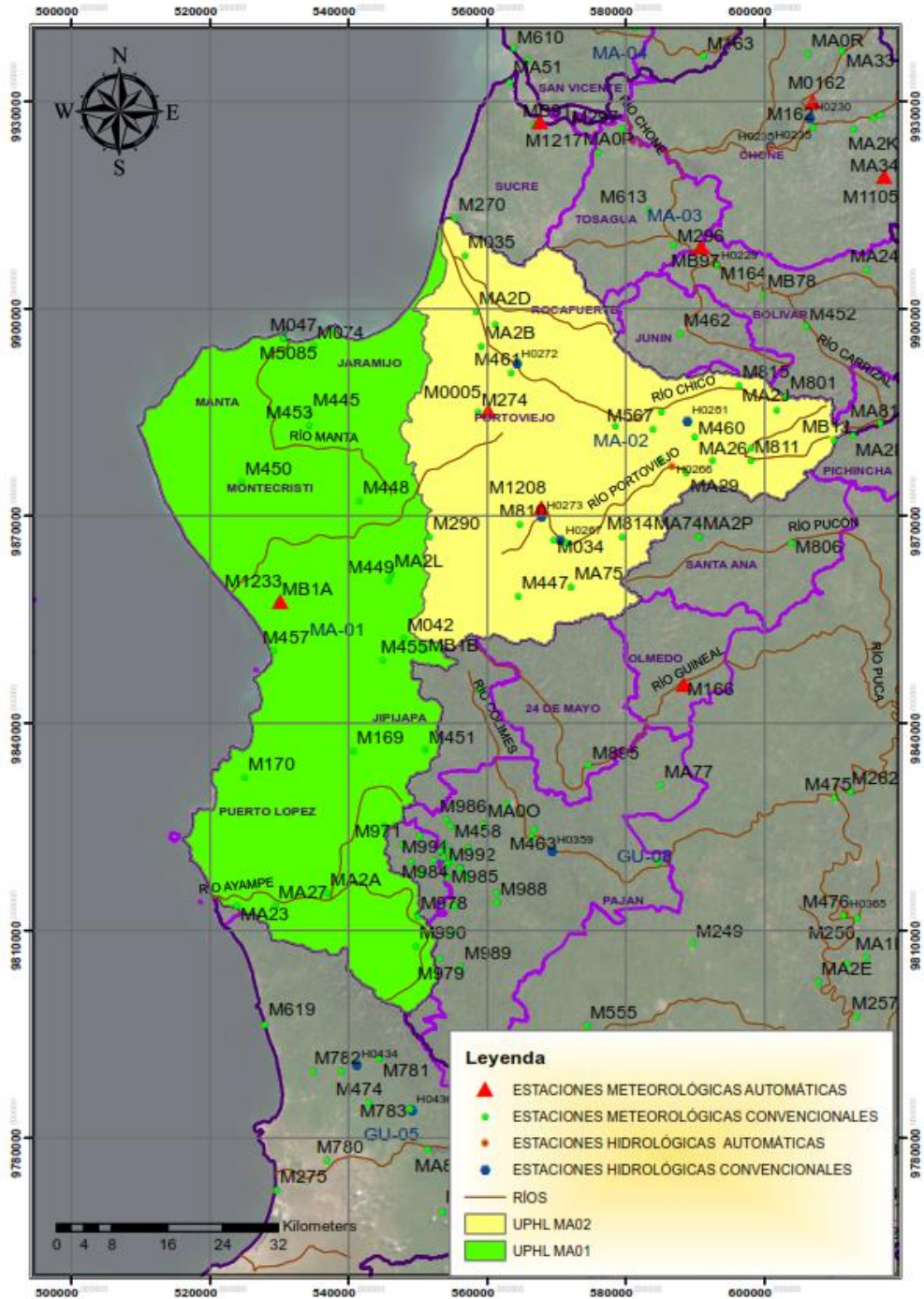
### **2.2. Objetivos Específicos**

1. Recopilar la información bibliográfica que sirva como base para el estudio.
2. Identificar los parámetros necesarios para la estimación del balance hídrico de las UPHL MA01 y MA02.
3. Verificar la calidad y cantidad de información disponible para la determinación del balance hídrico en las zonas de estudio.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

La ubicación del presente estudio abarca las UPHL MA01 Y MA02.

Gráfico 1. Mapa de ubicación del estudio.



Elaboración: Propia del autor

### **3.1. Tipo de investigación**

#### **Bibliográfica**

El tipo de investigación es bibliográfica porque se realizó la recolección informativa de fuentes científicas para establecer analogías dentro de los disímiles procesos hidrográficos adecuados los diversos contextos. Además, la tipología bibliográfica según Hernández (2014), permite establecer parámetros fenomenológicos, estudiarlos y analizar desde un foco investigativo científico, construyendo conceptualizaciones fiables y significativas. (Hernández, 2010)

#### **Descriptiva**

La presente investigación constituyó un estudio descriptivo porque está limitada a medir las características e ítems puntuales de las unidades de planificación hidrográfica local UPHL MA01 Y MA02 bajo un esquema y hallazgo del balance hídrico de la zona. Por ser un estudio no experimental de tipo descriptivo tuvo la finalidad de determinar las relaciones causales con diversos parámetros interrelacionados con la temática (Aguirre & Jaramillo, 2015).

Es importante acotar que, el objetivo principal de estas investigaciones es explicar las cualidades fundamentales de una problemática en un sitio de estudio. Su segunda función es proporcionar datos sobre los cuales se pueden basar hipótesis razonables (Veiga de Cabo, et al., 2008).

#### **Observacional**

El presente estudio se considera observacional debido a que pretendió delinear un evento relacionado con una población de estudio. En este sentido, el estudio se encuentra enfocado a la investigación directa en línea bajo una interfaz donde no existe la intervención por parte

del autor interviniente, limitando así la medición del objeto de estudio para describirlo de manera adecuada (Rojas, 2015).

### **Objeto de estudio**

Para efectos de la presente investigación, el objeto de estudio lo constituyeron las unidades de planificación hidrográfica local UPHL MA01 Y MA02 (Jipijapa y Portoviejo), mismas que se evaluarán mediante la demarcación digital incluyendo aspectos característicos de las zonas de estudio.

### **Unidad de Análisis**

La unidad de análisis para el presente estudio abarca las imágenes satelitales que se puedan visualizar en las herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica) incluyendo los factores calidad y cantidad de información como ítems principales en la temática abordada a nivel investigativo. Además, se analizaron los parámetros solicitados en la interfaz de HydroBID para el hallazgo del balance hídrico de una cuenca.

### **Búsqueda sistemática de uso de tierra**

Para realizar el análisis del uso de tierra en las unidades de planificación hidrográfica local UPHL MA01 Y MA02 se utilizaron las imágenes Landsat. En este estudio, las imágenes fueron obtenidas de la ruta 10 y las hileras 10 y 11. Las escenas obtenidas en su mayoría tuvieron un porcentaje de nubosidad mayor al 30% en los tipos de sensores empleados como se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Número de escenas Landsat sin nubosidad, con 30% de filtro y con 10% de filtro. Adaptado de Giler-Ormaza, Pimentel y Aguilar (2021).

Años disponibles	1972 a 2013	1982 a 2013	1999 a 2020	2013 a 2020
<b>Sensor Landsat / Filtro de nubosidad</b>	<b>LS 1 – 5 MSS</b>	<b>LS 4 – 5 TM</b>	<b>LS 7ETM+</b>	<b>LS 8 OLI/TIRS</b>
Sin filtro	122	800	1610	705
30% de nubosidad	17	40	77	24
10% de nubosidad	4	3	5	3

### **Método de procesamiento y análisis**

Para el abordaje de este estudio, se aplicó la técnica bibliográfica para la obtención de referencias actualizadas y veraces en el estudio planteado; una vez recopilada la información se procedió a analizarla desde una perspectiva técnica referente a la Ingeniería Hidráulica.

La información obtenida referente a las imágenes, archivos shapefiles, mapas, entre otros afines a la temática se cuantificó y describió de manera puntual y concisa indicando si son de buena, regular o mala calidad. Se obtuvo de la Secretaría del Agua, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y Empresa Pública del agua de Ecuador esta información a nivel anual y a nivel subterráneo, verificando así la validez del uso de esta información en herramientas SIG e implementación de obras hidráulicas o civiles correspondientes (INAMHI, 2016). A nivel matemático la importancia de resaltar dichas fórmulas radica en que son la base del programa que se tomará como referencia, como el HydroBid.

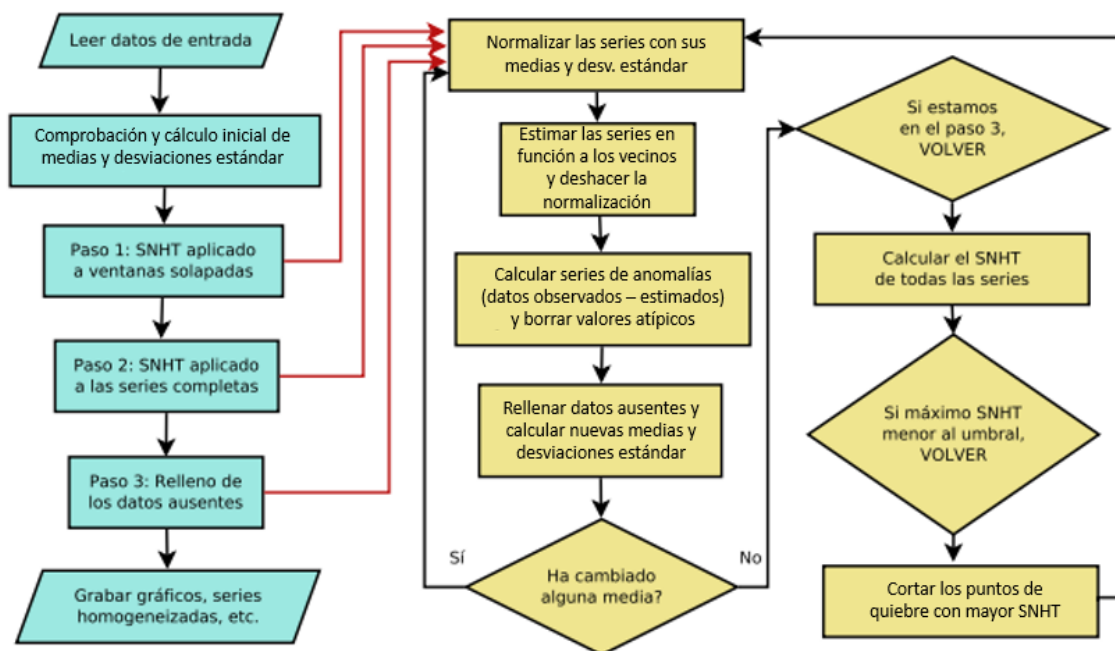
El cumplimiento de los objetivos planteados se obtendrá mediante técnicas accesibles y sencillas explicadas anteriormente, dado que, la naturaleza de la presente investigación es de índole bibliográfico y descriptivo, por lo cual no existe una inferencia mayor en el procesamiento de la información.

## **Criterios para calidad y cantidad**

La caracterización de la calidad y cantidad de información se evaluó en base a los siguientes parámetros dispuestos por ASTEC (2011) y Sandoval y Aguilera (2014) respectivamente para ayudar a tener datos más precisos dentro de la presente investigación.

Asimismo, el paquete de R Climatol se empleó para este análisis porque posee herramientas para el análisis de la calidad y para completar la información faltante en un conjunto de datos de cualquier parámetro climático (Guijarro, 2018). Se utilizó Climatol porque permite evaluar la calidad de los datos a través de la eliminación de anomalías que superan el umbral prefijado y la comprobación de la homogeneidad mediante el SNHT: Standard Normal Homogeneity Test. El análisis exploratorio de la información fue realizado a través de la función 'homogen' y para su aplicación se necesitan: los acrónimos de la variable, el año inicial y el año final del periodo de estudio. Este método se puede emplear con datos diarios, mensuales, bimensuales o anuales. En la figura a continuación se puede observar el diagrama de flujo del funcionamiento de Climatol.

**Gráfico 2.** Diagrama de flujo de Climatol mostrando los procesos de homogenización para evaluar la calidad de los datos meteorológicos.



Adaptado de Guijarro (2018).

Para realizar la búsqueda de información de uso de la tierra se buscó información pública disponible de origen gubernamental en principal con ayuda del mapa de tierras del MAGAP con ayuda del formato shapefiles.

Cabe recalcar que cuando se considera un dato “inconsistente” se hace relación a una redundancia o plétora de datos que no están dentro de los parámetros ya sea porque son valores negativos, salen en blanco varios espacios o aparecen en cero al momento de recabar la información.

Los valores atípicos son datos que se mantienen lejos del resto a pesar de ser tomados en un mismo periodo de tiempo, estos pueden ser provocados por mediciones erróneas. (Crochemore et al., 2019) En primer lugar, se estandarizan los datos y se les sustrae la

mediana, se considerará que los valores diarios obtenidos se consideran fuera del rango cuando son superiores o menores a 5 desviaciones estándar y al ser considerados anómalos son eliminados para realizar posteriormente el análisis de homogeneidad aplicando el SNHT (Guijarro, 2018). También se suelen emplear gráficos en los cuales se evalúan picos en los gráficos obtenidos considerando posibles anomalías en las unidades de medida lo cual derivaría en la baja calidad de los datos. Además, es posible que los datos sigan una tendencia no homogénea y esto se debe a la variabilidad natural, los cambios antropogénicos o el método de adquisición de datos (Crochemore et al., 2019).

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. OE1: Recopilar la información bibliográfica que sirva como base para el estudio**

#### **Ciclo hidrológico**

De acuerdo con Aparicio (1997), la idea del Ciclo Hidrológico, misma que hoy parece tan intuitiva, en la anterioridad no fue comprendida por filósofos y “científicos”, ya que creían que el agua traspasaba en la superficie desde la profundidad del océano, se almacenaba en el fondo marino en cuevas y luego este recurso subía por las altas temperaturas cercanas al centro de la Tierra hasta las montañas y de este modo surgían los ríos, no obstante, en la actualidad se ha demostrado que el ciclo hidrológico ocurre de manera distinta.

El mundo y las sociedades se mantienen en constante cambio al igual que el medio ambiente natural, el ciclo del agua y la periodicidad de los parámetros hidrológicos. En consecuencia, es necesario modificar y examinar las técnicas empleadas para la gestión hidrológica de los recursos hídricos. Inmersas en estas investigaciones, debe utilizarse un nuevo enfoque fundamentado en los pilares de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), para enfrentar las amenazas actuales y futuras relacionadas con el manejo de recursos hídricos.

Se debe analizar un posible cambio de muestra, por cual se necesita un nuevo grupo de profesionales encargados de la gestión y toma de decisiones. La GIRH se enfoca de

manera multidisciplinaria e integran en el control de los recursos hídricos. Esta nueva perspectiva de manejo ha evolucionado hasta adaptarse en una conceptualización holística que incorpora las dimensiones ambientales y sociales, con la finalidad de optimizar la gestión y la gobernanza del agua como recurso (Martínez y Villalejo, 2019).

Según Martínez y Villalejo (2019) las variaciones significativas en torno a la calidad de las corrientes fluviales inducidas por las perturbaciones humanas y el cambio climático son ampliamente conocidas y representan un desafío para el abastecimiento de servicios ecosistémicos que otorgan estos hábitats acuáticos. Diversos gobiernos han empezado a destinar recursos económicos y esfuerzos humanos para promover instrumentos dirigidos al cuidado y la regeneración de los ecosistemas acuáticos. En consecuencia, se han originado nuevos conceptos y métodos de análisis compuestos en dos disciplinas que se complementan de la hidrobiología: ecohidrología y la ecohidráulica.

### **Balance hídrico**

El BHM de acuerdo con Saíenz (2005) se reconoce como el resultado de la comparación entre el volumen y composición, tanto de los líquidos recibidos como perdidos. La comparación se enmarca en un período de tiempo ya establecido que generalmente consta de 24 h. La consecuencia de dicha comparación no ofrece el límite de seguridad requerido para analizar adecuadamente el estado hidrológico y mineral, ya que sufre de diversas limitantes, por ello es necesario guiarse en distintos parámetros para establecer un criterio más exacto.

Estos parámetros pueden ser:

- El diagnóstico clínico.
- Las concentraciones de electrolitos (en plasma y orina).
- Las hemogasometrías.
- Y otros: hemoglobina, urea, hematocrito, glicemia, densidad de la orina, proteínas totales, electrocardiograma (ECG), entre otros.

La ecuación general del balance hídrico es:

$$P = ET + Q \pm \Delta S$$

Donde:

*P*= Precipitación expresado (mm)

$ET$ = Evapotranspiración (mm)

$Q$ = Flujo superficial (mm)

$\Delta S$ =Variación de almacenamiento (mm)

## Cálculo

Es importante mencionar que existen fórmulas para la determinación del balance hídrico. En este sentido, el mismo puede calcularse a nivel anual, trimestral o incluso diariamente. Las fórmulas más empleadas se detallan a continuación.

### 1) Fórmula de Hargreaves

Medida de adaptabilidad de precipitación a través del suministro de requisitos de humedad. (Hargreaves y Samani, 1985)

$$ET_o = 0,0023 \times (t_{med} + 17,78) \times Ro \times (t_{dm\acute{a}x} + t_{dm\acute{i}n})^{0,5}$$

Donde:

$ET_o$ : Evapotranspiración potencial, mm/día

$T_{med}$ : Temperatura media diaria, °C

$Ro$ : Radiación solar extraterrestre, en mm/día

$T_{dm\acute{a}x}$ : Temperatura diaria máxima

$T_{dm\acute{i}n}$ : Temperatura diaria mínima

## 2) Fórmula de Thornthwaite

Medida para verificar la capacidad del agua para poder cambiar su estado a vapor desde un suelo repleto de vegetación y en situaciones óptimas. (Thornthwaite, 1948)

$$i = \frac{t^{1,514}}{5}$$

Donde:

i: Índice de calor mensual

t: Temperatura media mensual °C

## 3) Fórmula de Turc y Coutagne

Cálculo de déficit de humedad en el suelo en relacionamiento a la estimación de agotamiento de un área. (Pereira et ál., 2011)

$$\text{Turc } ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$\text{Coutagne } ETR = P - X \times P^2$$

Donde:

ETR: Evapotranspiración real en mm/año

P: Precipitación en mm/año, para la fórmula de Turc

P: Precipitación en metros /año, para la fórmula de Coutagne

t: Temperatura media anual en °C

#### 4) Fórmula de Hydro-BID

Se constituye como una herramienta que coadyuva significativamente al planeamiento de recursos hídricos, control de inundaciones, accionares de suministro de agua y saneamiento, es pertinente su utilización por el procesamiento de datos a nivel de temporalidad climatológica en relación a la red de cuencas, tipologías de suelos, etcétera. (Nalesco y Coli, 2017)

Para la evaluación del trabajo de la simulación, Hydro-BID posee una serie de métricas mediante panoramas en la serie de datos generados (Días & Suárez, 2019). La misma se expone en la siguiente tabla:

**Tabla 2 Métricas de desempeño**

Métricas	Fórmula	Valor óptimo
<b>Error del Volumen general</b>		
<b>Error del Volumen anual</b>	$ove = \frac{\sum_{t=1}^N S_t - \sum_{t=1}^N O_t}{\sum_{t=1}^N O_t} * 100$	Más cercano a 0
<b>Error del Volumen mensual</b>		
<b>Correlación r</b>	$r = \frac{N \sum_{t=1}^N O_t S_t - \sum_{t=1}^N O_t \sum_{t=1}^N S_t}{\sqrt{[N \sum_{t=1}^N S_t^2 - (\sum_{t=1}^N S_t)^2][N \sum_{t=1}^N O_t^2 - (\sum_{t=1}^N O_t)^2]}}$	Más cercano a 1
<b>Correlación modificando r</b>	$r_{mod} = r \frac{\min(S_{sim}, S_{obs})}{\max(S_{sim}, S_{obs})}$	Debe acercarse a 1
<b>Índice de eficiencia de Nash-Stcliffe</b>	$r^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^N (S_t - O_t)^2}{\sum_{t=1}^N (S_t - \mu_o)^2}$	<0,2 es insuficiente 0.2 – 0.4 es satisfactorio 0.4 – 0.6 es bueno 0.6 – 0.8 es muy bueno > 0.8 es excelente

**Fuente:** Días y Suárez (2019)

#### **4.2.OE2: Identificar los parámetros necesarios para la estimación del balance hídrico de la UPHL MA01 y MA02**

El HydroBID es una herramienta de suma importancia ya que permite gestionar y planificar de manera adecuada los recursos hídricos, consigue una estimación adecuada de la oferta hídrica, ayuda a procesar los datos meteorológicos, permite calibrar y validar un modelo hidrológico, así también evaluar opciones de gestiones presentes y futuras.

#### **Precipitación**

Según Araque, *et al.*, (2019), la precipitación es un evento físico que se fundamenta en la transmisión de volúmenes hídricos en sus diferentes estados (lluvias, nieve, granizo, etc.) y comprende desde la corteza terrestre hasta la atmósfera. El aire es uno de los mecanismos de mayor importancia para las precipitaciones. Durante las condiciones adiabáticas se elevan las masas de aire la temperatura y desciende hasta cerca de su punto de rocío. El proceso de precipitación no solamente se presencia como agua en estado líquido (lluvia), sino también se puede presentar en estado sólido (nieve, granizo, etc.). Es fundamental diferenciar las formas de condensación, como la neblina y el rocío, que no son formas de precipitación.

Además, Sánchez (2018) reafirma lo dicho con anterioridad expresando que las precipitaciones son cualquier recurso hídrico meteórica por encima de la superficie terrestre. La definición anterior abarca nieve, lluvia, granizo, escarcha o rocío que en algunas regiones comprende una parte menor de la precipitación total. El autor expresa que dependiendo del origen de las precipitaciones surgen varios tipos de clasificación:

Las precipitaciones ciclónicas son están relacionadas con tormentas o huracanes, dentro de este tipo la mayor parte del volumen de precipitación recogido en una cuenca y

esto se debe a este tipo de precipitaciones (Sánchez, 2018). Así también, las convecciones se producen por el ascenso de bolsa del aire caliente y corresponden a las tormentas de verano. (Sánchez, 2018) De igual manera, las precipitaciones orográficas se ocasionan cuando las masas de aire con alta humedad son obligadas a aumentar su elevación al encontrarse con una barrera montañosa (Sánchez, 2018).

Sánchez (2018) indica que la investigación de las precipitaciones es primordial los análisis hidrológicos territoriales porque posibilita la cuantificación de los recursos hídricos de manera oportuna. La presente constituye el único ingreso hídrico a una cuenca. Además, es importante el análisis de esta en la planeación de avenidas, desarrollo de obras públicas, investigaciones de erosión, entre otras.

El parámetro de la precipitación es indispensable para el cálculo del balance hídrico mediante la herramienta HydroBID.

### **Temperatura y clima**

La temperatura según Picquart & Carrasco (2017) se conceptualiza como el parámetro físico que cuantifica la medida de calor. El concepto del tipo de temperatura es intuitivo porque está relacionado con la percepción del calor y el frío. No obstante, los receptores del cuerpo confunden la sensación de la temperatura y los de la transferencia de calor. El poder medir de manera exacta y reproducible la temperatura con las herramientas adecuadas fue un procedimiento que tomó varias décadas. El conseguir dicho objetivo fue inicializado por las necesidades de los físicos y médicos. En el caso de los físicos estos necesitaban cuantificar una de las unidades necesarias para el análisis de los fenómenos mientras que los médicos requerían medir el calor porque vincularon la fiebre como consecuencia de las enfermedades.

De acuerdo con Linés (2010), clima es resultante de un conjunto fluctuante de condiciones llevadas a cabo en la zona atmosférica, la misma está caracterizada por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un período suficientemente amplio y en un determinado dominio espacial.

Estos dos parámetros son importantes para el cálculo del balance hídrico en una determinada zona de estudio y conocer así la variabilidad de estos.

### **Tipos de suelo**

Los suelos ecuatorianos se distinguen por su formación, textura y profundidad; además tienen un complejo paisaje lleno de combinaciones de carácter ecuatorial del área y su latitud, principalmente los suelos costeros y gracias a su fertilidad por ser un suelo andosol (conformado de ceniza y vidrios volcánicos) y molisol (concentración de materia orgánica y nutrientes) lo hacen rentable (Moreno & Bernal, 2017).

Siendo así el parámetro más importante es la textura ya que este menciona e indica el contenido de las diferentes partículas con diferentes tamaños, como la arena, limo y arcilla, dando la facilidad de poder conocer con qué tipo de suelo se va a trabajar, la cantidad de agua a utilizar, el nivel de oxígeno que posee o puede poseer o retener, y la velocidad con que la cual el agua ingresa o atraviesa el suelo (FAO, 2016).

El conocimiento acerca de los tipos de suelos y la implementación de esto ayudará a reconocer la permeabilidad de la zona que se piensa estudiar, la misma podrá evaluarse en la herramienta HydroBID.

**Tabla 3** Textura del suelo y vegetación predominante

<b>Textura del suelo</b>	<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Capacidad de retención (mm)</b>	<b>Profundidad radicular de la vegetación</b>
Arenoso	Pastizal inducido y agricultura	100	0,50
Franco arenoso	Pastizal inducido y selva alta	150	1,00
Franco arcilloso	Bosque mesófilo de montaña y pastizal inducido	250	1,00
Arcilloso	Bosque pino-encino, bosque encino	300	1,17

Fuente: (Santillán, 2013)

### **Uso del suelo**

De acuerdo con Hernández, et al. (2006) uno de los puntos fundamentales de la investigación de los suelos es generar cultivos eficientes. A través de este tipo de trabajo, que tiene origen en la caracterización y cartografía, se establece cuáles suelos están presentes, que superficie abarcan, cuáles son sus propiedades, y cómo son los factores edáficos que pueden limitar la agro-producción; todo lo mencionado constituye uno de los elementos de mayor importancia para lograr la sostenibilidad agrícola.

### **Red de drenaje**

Según Bernal, et al., (2015) se reconoce teóricamente al drenaje interno a la capacidad de permeabilizar en relación con la excesiva cantidad de agua. Cuando la capacidad

permeable es inferior, el movimiento descendente es retrasado y lento por lo cual el drenaje interno es insuficiente.

De acuerdo con Hernández, *et al.*, (1982) el tipo de suelo arcilloso posee un drenaje menos eficiente que los de textura arenosa o limosa. Adicionalmente, si el tipo de mineral es de las esmécticas el drenaje no es adecuado; como ocurre con los suelos de tipo vertisol, gleysol o estisolos arcillosos. En el país de Cuba, se ha establecido que aproximadamente el 40 % de los suelos poseen deficiencias en el proceso de drenaje.

Es importante indicar que las redes de drenaje aportan a la visualización sencilla de las corrientes en una zona de estudio, dicho aspecto permite que se disminuir las dificultades en las demarcaciones o archivos ráster y su procesamiento en la herramienta HydroBID.

### **Cartografía**

De acuerdo con el Instituto Geográfico Nacional (2019), la cartografía es la visualización del área terrestre sobre un terreno plano y aunque aquella representación es imposible en término de geometría sin que se presenten alteraciones en la forma. En la cartografía, este inconveniente se soluciona a través de las proyecciones. Así, una proyección cartográfica es un vínculo biunívoco entre los puntos de la superficie terrestre y sus proyecciones en el plano de transformaciones. La escala es la relación entre la distancia medida entre un plano y la respectiva en la realidad. Esta es una relación entre dos mediciones lineales, que no dependen del sistema de unidades de distancia que se emplee. Independientemente de sus características, los mapas son ilustrados a escalas definidas a través de las cuales se pueden realizar medidas y calcular distancias entre diversos puntos.

La cartografía digital ayuda al acercamiento en términos de geografía espacial indiferente del lugar en el que se desee implementar la investigación, a su vez podrá procesar su información mediante el modelo que utiliza la herramienta HydroBid.

### **HydroBID**

Es una herramienta de vital importancia ya que nos permite calcular la disponibilidad del agua que se puede aprovechar bajo un análisis temporal de una cuenca, subcuenca o micro-cuenca; ya que, a través de un modelamiento hidrológico con este software, nos permite adaptar estrategias cuyo objetivo es mejorar el abastecimiento en calidad y cantidad del recurso hídrico.

Según Miralles & Muñoz (2014) se utiliza el HydroBID como fuente de información, ya que proporciona diferentes entradas de datos meteorológicos diarios de precipitación y temperatura, los cuales deben ser ingresados por la persona que realiza el trabajo, los datos de uso y cobertura de suelo para cada una de las cuencas que han sido delimitadas para el territorio del Caribe y Latinoamérica. En estas bases de datos se almacena información correspondiente de más de 230000 cuencas correspondientes a datos climáticos, uso de suelo, redes de drenaje, entre otras.

Esta herramienta hace uso de diferentes complementos tales como Qgis, AHD TOOLS, SQLite y Java Runtime Environment (Miralles & Muñoz , 2014).

### **Qgis**

Es una herramienta que facilita la visualización, análisis y almacenamiento de datos relacionados con un determinado espacio físico, con el objetivo de relacionar estos

fenómenos geográficos con todo tipo de variaciones de parámetros que se puedan reflejar en un mapa (Sarría, 2017).

A estos programas se los denomina Sistemas de Información Geográfica (SIG) ya que se puede visualizar geográficamente una determinada área, pero además se puede manejar y modificar información de los diferentes aspectos de una cuenca. Qgis permite el proceso de ilustraciones digitales que pueden ser manejadas e interpretadas para obtener el resultado correspondiente y el manejo estadístico de los datos ya que se puede contar con una base de información recabada muy extensa; con la cual se pueden generar diversos tipos de mapas (Sarría, 2017).

### **AHD TOOLS**

De acuerdo con Rinner (2014) , el complemento AHDTtools, se concibe como una herramienta que ayuda a seleccionar las cuencas o los ríos de Latino América, ayuda a relacionar la selección con un código en la base de datos facilitada en las carpetas de instalación del HYDROBID, devuelve el área y longitud de las cuencas seleccionadas. Adicionalmente, brinda un marco para la parametrización de modelos en una manera consistente, que provee la conectividad del flujo aguas arriba / aguas abajo necesarias para dichos modelos, y provee la data necesaria para mostrar los resultados en forma gráfica

### **SQLite**

SQLite de acuerdo con Sánchez (2020) es un gestor de bases de información que está liberado bajo el dominio público por lo cual no posee derechos de autor y no se evidencian restricciones durante su aplicación. SQLite está diseñado para manejar información en áreas pequeñas y es beneficiosa tanto para aplicaciones de computadora fija como para dispositivos móviles. La SQLite es ideal para sistemas integrales y aplicaciones vinculadas con el Internet

de las Cosas (IoT). Es una opción muy adecuada si se emplea en dispositivos móviles, televisores, cámaras, relojes, drones, etc.

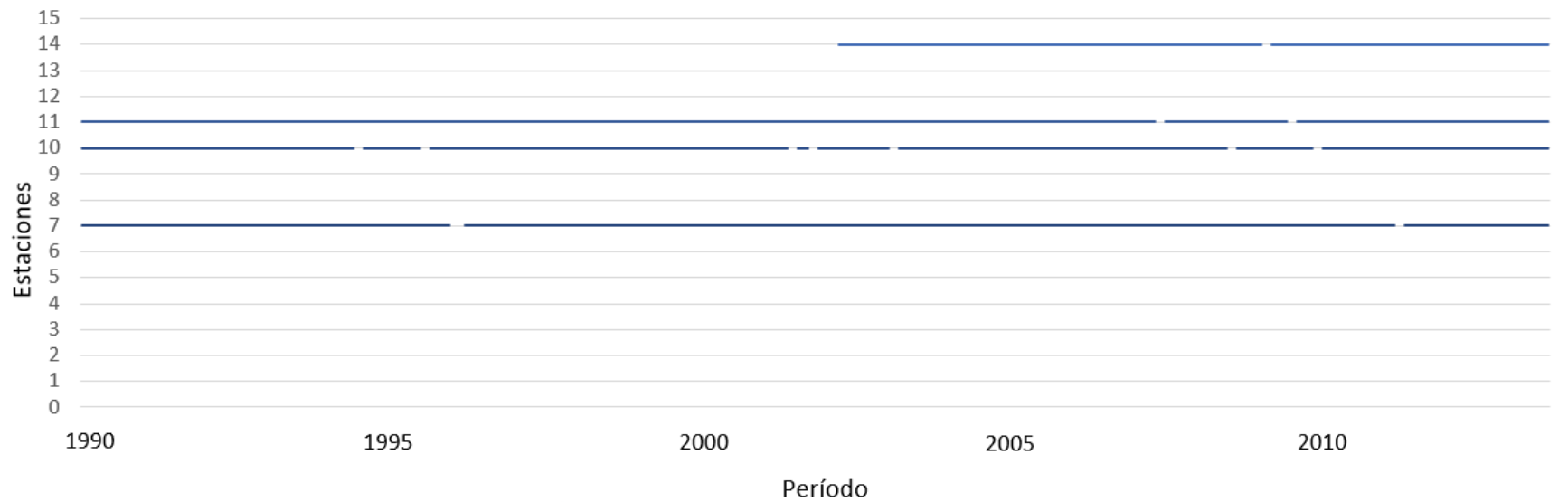
### **Java Runtime Environment**

De acuerdo con Bustamante (2006) el Java SE (Standard Edition) es un ambiente completo que permite el desarrollo y ejecución de aplicaciones en Java. Son dos componentes principales los que lo forman, el JRE (Java SE Runtime Environment) y el JDK (Java SE Development Kit). El primero permite que la máquina virtual de Java (sus siglas en inglés, JVM), el API (Application Programming Interface) y una serie de componentes necesarios para poder emplear las aplicaciones Java. El segundo elemento ayuda al desarrollo de nuevas aplicaciones escritas en el lenguaje Java; esencialmente es el conjunto de compiladores y herramientas de desarrollo.

### 4.3.OE3: Verificar la calidad y cantidad de información disponible para la determinación del balance hídrico en las zonas de estudio

A continuación, se realiza el análisis de la disponibilidad de información (ver Anexo 10) para cada variable desde 1990 hasta 2013.

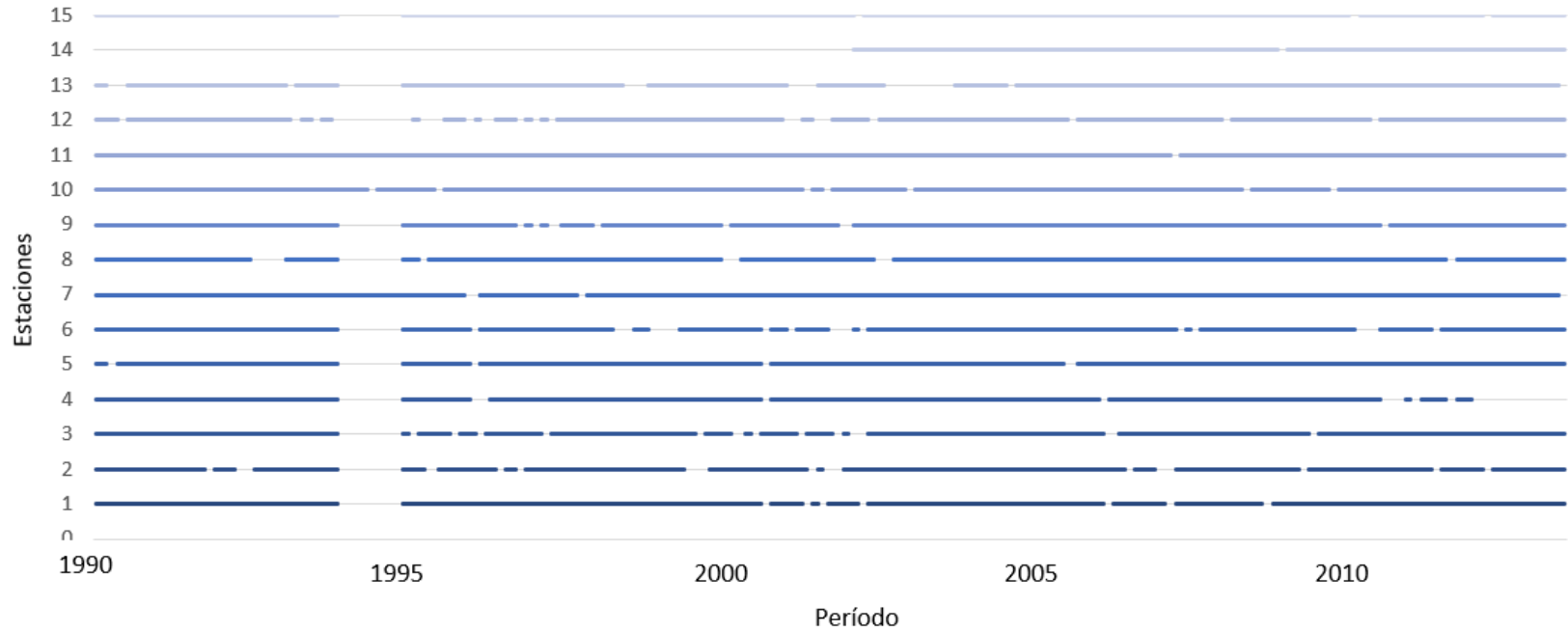
*Gráfico 3. Diagrama de Gantt sobre la disponibilidad de datos de temperatura.*



**Elaboración:** Propia del autor

Nota: Las estaciones se denominan: 1) Chorrillos, 2) Camarones, 3) Laguna, 4) Sancán, 5) Puerto Cayo, 6) Joa Jipijapa, 7) Jucuy, 8) Anegado, 9) San Pablo, 10) Rocafuerte, 11) Portoviejo, 12) Río Chico, 13) Río Chamote, 14) La Teodomira y 15) 24 de mayo.

**Gráfico 4** Diagrama de Gantt sobre la disponibilidad de datos de precipitación.

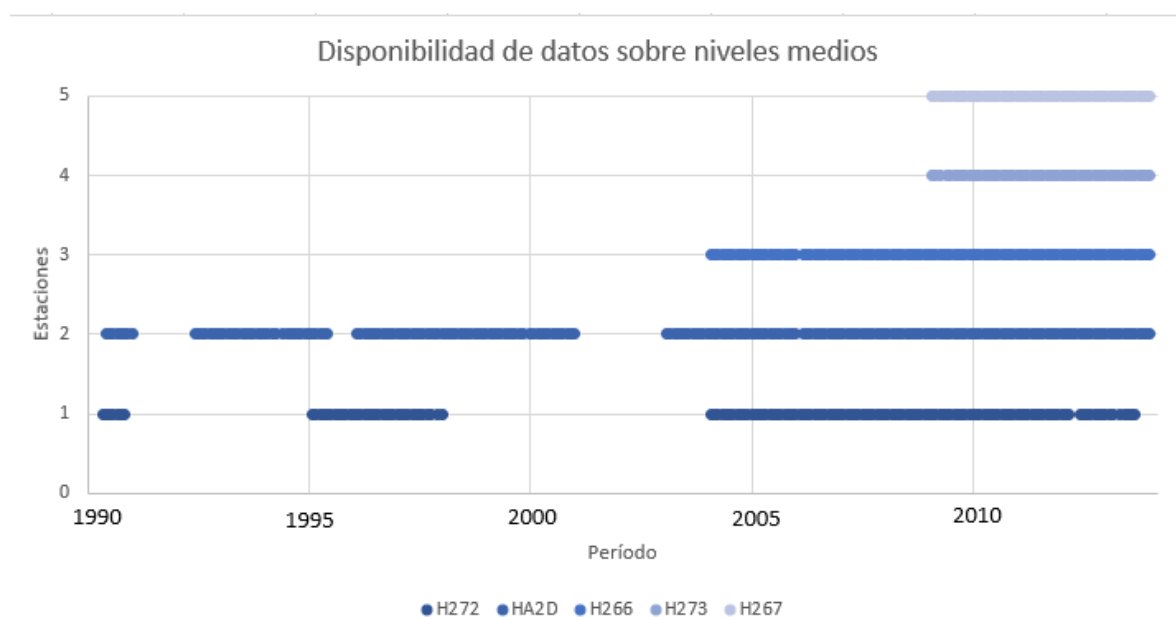


**Elaboración:** Propia del autor

Nota: Las estaciones se denominan: 1) Chorrillos, 2) Camarones, 3) Laguna, 4) Sancán, 5) Puerto Cayo, 6) Joa Jipijapa, 7) Jucuy, 8) Anegado, 9) San Pablo, 10) Rocafuerte, 11) Portoviejo, 12) Río Chico, 13) Río Chamote, 14) La Teodomira y 15) 24 de mayo.

En los gráficos anteriores se muestra la distribución de las mediciones tomadas respecto a la temperatura y precipitación de las UPHL MA01 y MA02. Es evidente que existe una ausencia de datos en la mayoría de las estaciones referente a la temperatura y no todas las estaciones tienen valores continuos, sino que existen interrupciones principalmente en las estaciones Rocafuerte y Portoviejo. Respecto a la precipitación, existen datos en todas las estaciones, aunque no son continuos y durante el año 1994 existe un vacío en la mayoría.

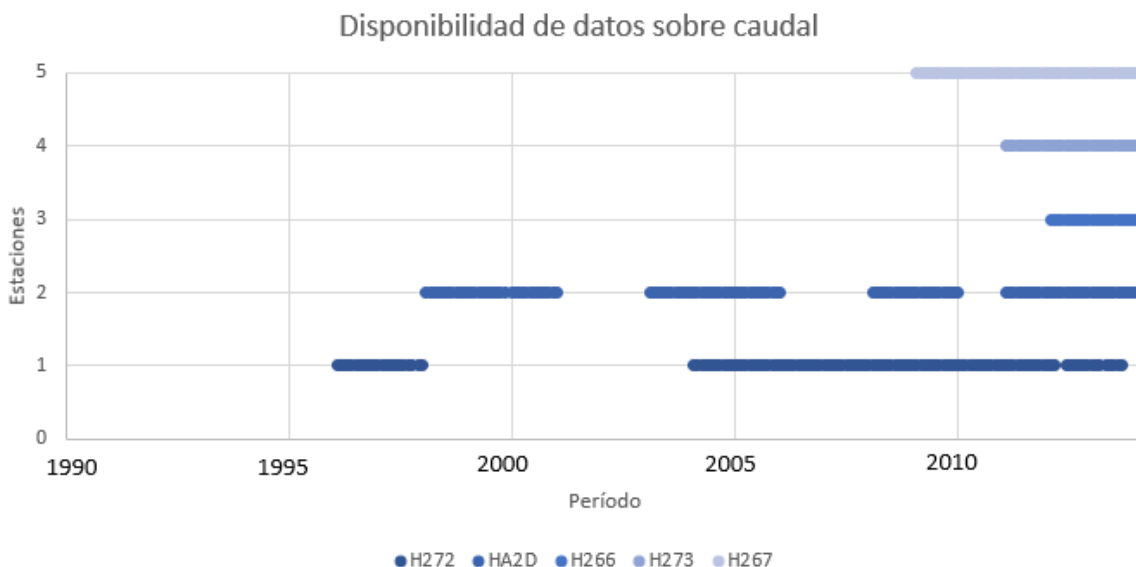
**Gráfico 5** Diagrama de Gantt sobre la disponibilidad de datos de niveles medios en las estaciones hidrológicas.



**Elaboración:** Propia del autor

Nota: Las estaciones se denominan: 1) Chico a.j. Portoviejo, 2) Portoviejo en Picoazá, 3) Portoviejo en Guarumo, 4) Lodana en pte. Carretera y 5) Portoviejo en Santa Ana.

**Gráfico 6** Diagrama de Gantt sobre la disponibilidad de datos de caudal en las estaciones hidrológicas.



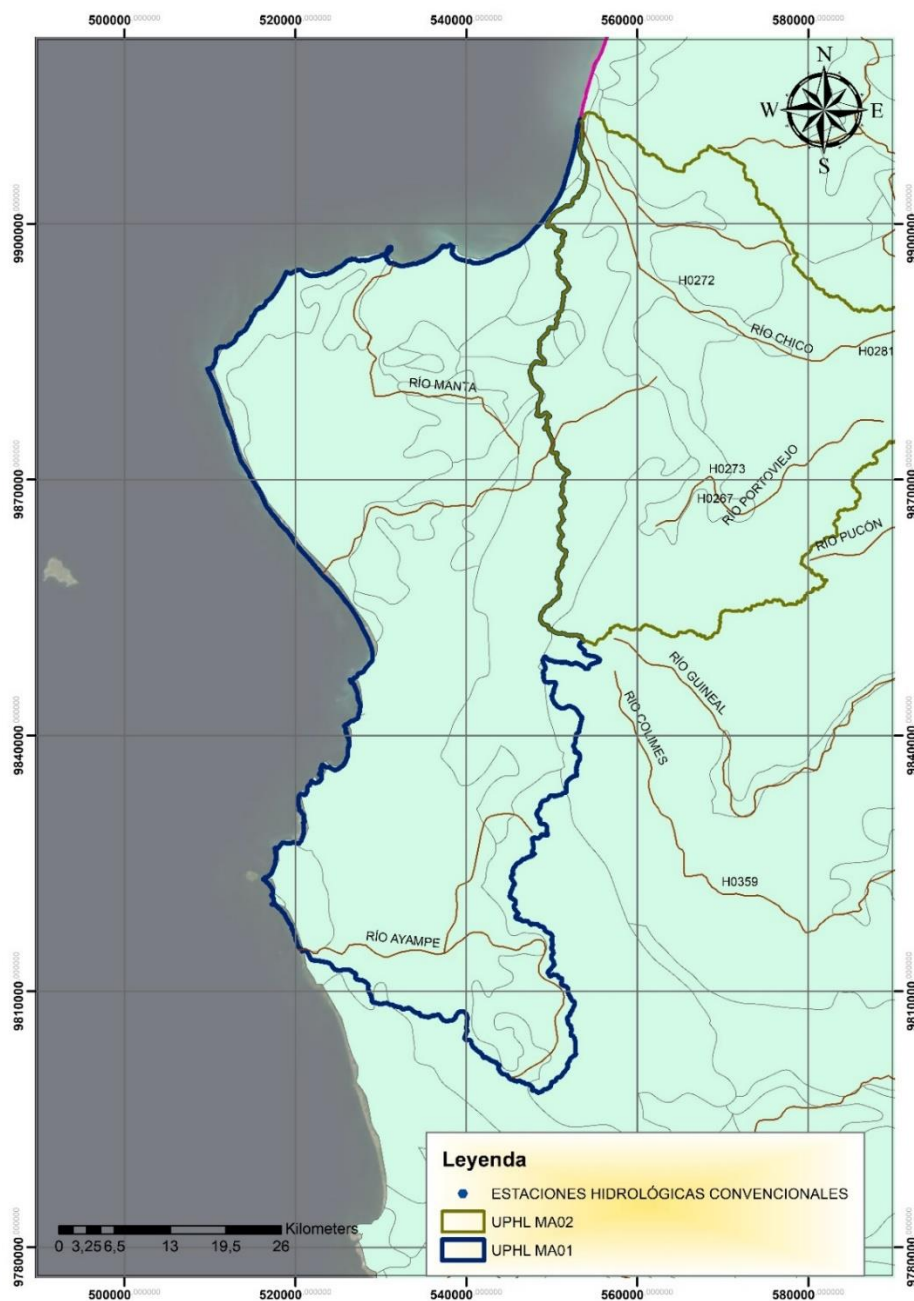
**Elaboración:** Propia del autor

Nota: Las estaciones se denominan: 1) Chico a.j. Portoviejo, 2) Portoviejo en Picoazá, 3) Portoviejo en Guarumo, 4) Lodana en pte. Carretera y 5) Portoviejo en Santa Ana.

En los gráficos 5 y 6 se visualiza la disponibilidad de datos de las cinco estaciones hidrológicas referente al nivel medio y los caudales (ver Anexo 11). Se evidencia que los datos de caudal empiezan a mediados de 1995 principalmente en la estación Chico a.j. Portoviejo y unos años después en Portoviejo en Picoazá las cuales mantienen interrupciones en la producción de datos. No obstante, las otras tres estaciones poseen datos desde 2009, 2011 y 2012 respectivamente por lo que existe una baja disponibilidad de datos para ambas variables.

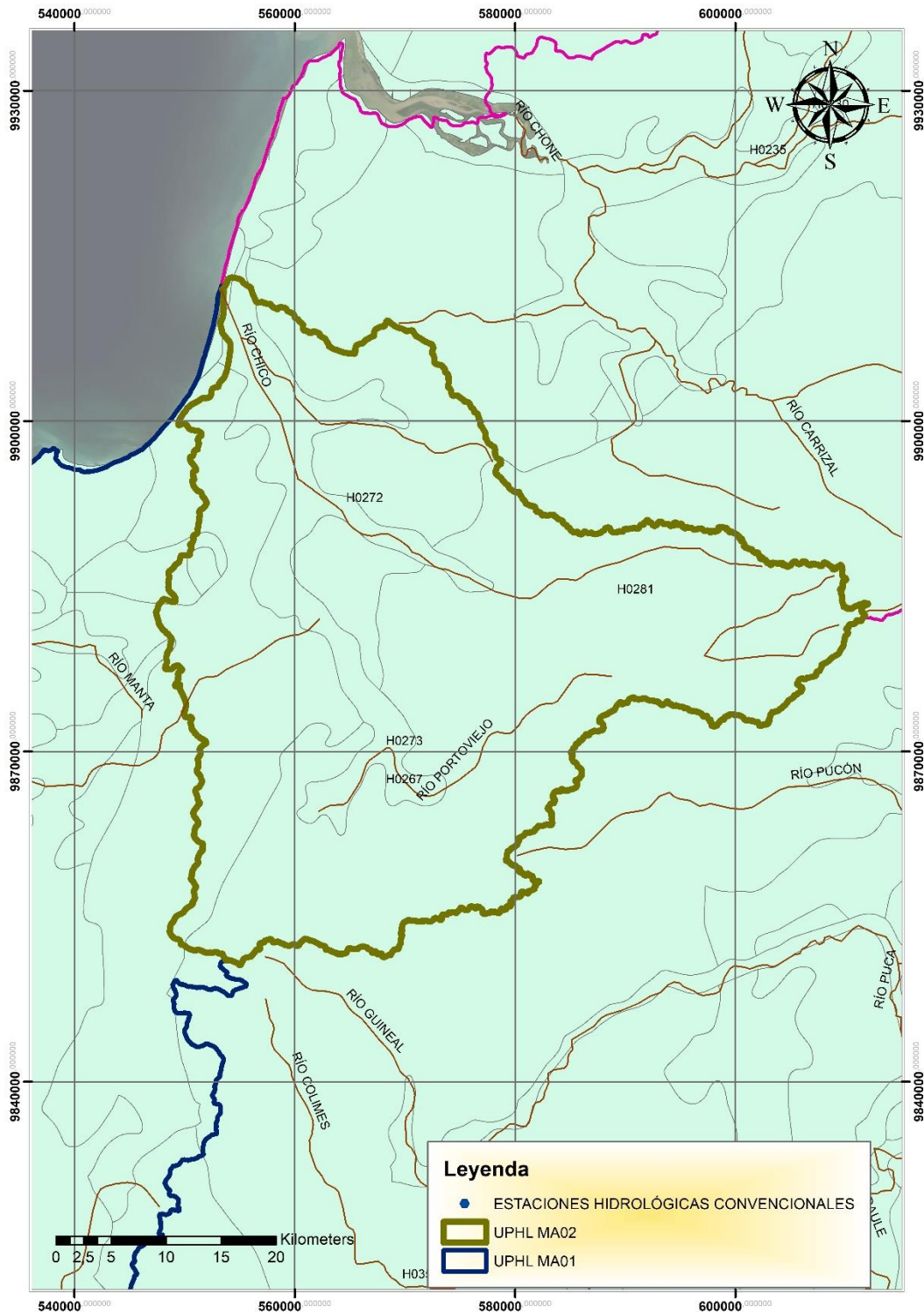
Es importante acotar que la delimitación de las zonas de estudio se muestra a continuación:

**Gráfico 7** Mapa de la UPHL MA01



**Elaboración:** Propia del autor

Gráfico 8 Mapa de la UPHL MA02



Elaboración: Propia del autor

Dentro de las Unidades de Planificación Hídrica Local MA01 (Jipijapa) y MA02 (Portoviejo) se encuentran distribuidas diferentes estaciones hidrometeorológicas de tipo Climatológicas principales, limnimétricas y agrometeorológicas que se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Estaciones hidrometeorológicas de la UPHL MA01 y MA02

MA01		MA02	
CÓDIGO	NOMBRE	CÓDIGO	NOMBRE
M453	Chorrillos	M165	Rocafuerte
M450	Camarones	M005	Portoviejo
M448	La Laguna	M454	Río Chico
M449	Sancán	M464	Río Chamote
M457	Puerto Cayo	MB82	La Teodomira
M455	Joa-Jipijapa	M447	24 de mayo
M169	Julcuy	H272	Chico a.j. Portoviejo
M451	El Anegado	HA2D	Portoviejo en Picoazá
M459	San Pablo	H266	Portoviejo en Guarumo
		H273	Lodana en pte.carretera
		H267	Portoviejo en Santa Ana

**Fuente:** INAMHI (2009)

**Elaboración:** Propia del autor

De las estaciones anteriormente detalladas se estima que únicamente las que reportan datos completos mensuales corresponden a la estación Portoviejo y Julcuy, las otras estaciones se encuentran inactivas o trabajando de manera intermitente, además por factores externos tales como la falta de personal, crisis económica y pandemia por Covid-19 a lo largo del tiempo han generado un déficit significativo en la información hidrometeorológica que debería registrarse diariamente.

Por otra parte, la Empresa Pública del Agua (EPA) es la encargada de monitorear y gestionar el recurso hídrico a nivel de redes de drenaje y canales de riego, en la zona de estudio las redes de drenaje principales se denotan en la distribución de agua por parte de la represa Poza Honda (*ver Anexo 2*).

### **Calidad**

Buena: Significa que existe información diversa sin complicación alguna.

Regular: Significa que la cantidad de información es inconsistente.

Mala: significa que la cuantía de información es nula.

Se considera un error o información nula al momento de que no existen datos, por tal razón aparecen en cero, en blanco o negativos.

Si el caudal y lluvia están con datos negativos o espacios en blanco entonces hay una complicación.

### **Cantidad**

Insuficiente, desactualizada e intermitente: Menos 50 años de información. (Heras, 1981)

Suficiente, actualizada y continua: supera los 50 años de información.

**Tabla 5. Diagnóstico UPHL MA01**

<b>Estación</b>	<b>Nombre</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Calidad</b>	<b>Cantidad</b>
M453	Chorrillos	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. En el gráfico lineal (ver Anexo 8) se muestran valores atípicos que fueron eliminados por la herramienta climatol.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
M450	Camarones	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Se presentan valores atípicos principalmente en los años 2000 y 2012.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
M448	La Laguna	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Se presentan valores atípicos al comenzar las mediciones en 1990.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
M449	Sancán	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. En 1995 y 2012 se presentan valores atípicos que fueron	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.

				eliminados para la homogenización.		
M457	Puerto Cayo	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Durante los últimos años se (2011-2013) se han presentado valores superiores a los de los años previos.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
M455	Joa-Jipijapa	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Las mediciones realizadas durante los primeros 5 años desde 1990 a 1995 han sido superiores a los de años posteriores.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
M169	Julcuy	1990 – 2012 2016 - 2019	1990 – 2012 2016 – 2019	La estación posee datos digitalizados interrumpidos desde el 2012 hasta el 2016. Cabe destacar que esta información la posee el INAMHI en los pluviogramas respectivos.	Buena	Poca, sin embargo, es necesario aplicar relleno de datos o digitalizar los pluviogramas existentes.
M451	El Anegado	1990 – 2012	1990 – 2019	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Durante el año 2004 se presentaron valores atípicos.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.

M459	San Pablo	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. No hay datos disponibles de temperatura durante el periodo estudiado.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
------	-----------	-------------	-------------	---	---------	---

**Fuente:** INAMHI (2019)

**Elaboración:** Propia del autor

La Unidad de Planificación Hídrica Local MA01 correspondiente a la zona de Jipijapa posee 9 estaciones hidrometeorológicas de las cuales únicamente la estación M169 (Julcuy) se encuentra totalmente activa. Es importante resaltar que en los anuarios meteorológicos publicados por el INAMHI se encuentra información de precipitación y temperatura desde 1990 hasta el 2012. En la siguiente tabla se detallan los parámetros hallados dentro de la estación a nivel mensual.

### **Estación Julcuy**

La estación Julcuy posee datos de precipitación y temperatura en los años 1995, 1997 y durante el período 2006-2013 permitiendo así la ponderación anual de los datos hidrometeorológicos respectivos. Este hecho demuestra que los datos son intermitentes en la estación, ya sea por problemas de gestión interna o por la falta del personal.

**Tabla 6. Diagnóstico UPHL MA02**

<b>Estación</b>	<b>Nombre</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Calidad</b>	<b>Cantidad</b>
M165	Rocafuerte	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI, sin embargo, se encuentran inconsistencias dentro de los mismos denotando cifras 0 en temperatura. Además, se presentaron valores atípicos principalmente durante los años 2000 y 2005.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
M005	Portoviejo	1990 – 2012 2016-2019	1990 – 2012 2016-2019	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI, sin embargo, se encuentran inconsistencias dentro de los mismos denotando cifras 0 en temperatura.	Buena	Poca, sin embargo, es necesario aplicar relleno de datos o digitalizar los pluviogramas existentes.
M454	Río Chico	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Durante el año 1997 se observaron mayores valores según el gráfico 12 del Anexo 8.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.

M464	Río Chamote	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
MB82	La Teodomira	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI, sin embargo, se encuentran inconsistencias dentro de los mismos denotando cifras 0 en temperatura. Durante 2012 se obtuvieron picos en el gráfico obtenido en Climatol.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
M447	24 de mayo	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. La disponibilidad de datos de temperatura y precipitación en esta estación es constante desde 1990 hasta 2013 con algunas interrupciones durante 2001 y 2009.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
H272	Chico a.j. Portoviejo	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Existe disponibilidad de datos	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.

				de nivel medio y caudal desde 1990 y 1996 con una interrupción desde 1998 hasta 2004.		
HA2D	Portoviejo en Picoazá	1990 – 2012	1990 – 2019	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Los datos de caudal están disponibles desde 2008 y los de nivel medio desde 1990, no son constantes y poseen interrupciones durante meses.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
H266	Portoviejo en Guarumo	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Los datos de nivel medio están disponibles desde 2004 y los de caudal desde 2012 con pocas interrupciones.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.
H273	Lodana en pte.carretera	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Los datos de caudal están disponibles desde 2011 y los de nivel medio desde 2004. No existen interrupciones visibles según los diagramas de	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.

				Gantt (ver Gráfico 4 y Gráfico 5)		
H267	Portoviejo en Santa Ana	1990 – 2012	1990 – 2012	La estación posee datos publicados en los anuarios meteorológicos del INAMHI. Los datos de caudal y nivel medio están disponibles desde 2009 sin interrupción hasta 2013.	Regular	Poca, es necesario obtener datos de años recientes.

**Fuente:** INAMHI (2019)

**Elaboración:** Propia del autor

La Unidad de Planificación Hídrica Local MA02 correspondiente a la zona de Portoviejo posee 11 estaciones hidrometeorológicas de las cuales únicamente la estación M005 (Portoviejo). A continuación, se detallan los parámetros hallados dentro de la estación a nivel mensual.

### **Estación Portoviejo**

La estación Portoviejo posee datos de precipitación y temperatura en los años 1995, 1997 y durante el período 2006-2013 (ver anexo 5) permitiendo así diferentes cálculos promedio de los mismos. Además de estos datos, la institución gestora facilitó datos de precipitación diaria durante el período 2016-2019, sin embargo, no se encuentran tabulados en su totalidad. Además de ello, los pluviogramas de esta estación durante el período 2013-2018 se encuentran en su totalidad en formato tiff.

Los resultados obtenidos por el INAMHI abarcan varios años consecutivos de información digitalizada mensual desde 2006 hasta el 2013 referente a precipitación (mm) y temperatura (°C); se descarta el uso de los años 1995 y 1997 por discontinuidad. Por su parte, los datos referidos de manera consecutiva pueden ser utilizados de manera efectiva en el modelo de la herramienta HidroBID dado que es información representativa, sin embargo, se sugiere que para futuras investigaciones se tome en consideración la información hidrometeorológica de años recientes; cabe recalcar que esta información no se encuentra digitalizada en la Institución, únicamente reposa en pluviogramas enviados por cada estación hidrometeorológica a la central ubicada en la ciudad de Quito. Por motivos de la pandemia por Covid-19 estos pluviogramas no se pueden manipular hasta nuevo aviso.

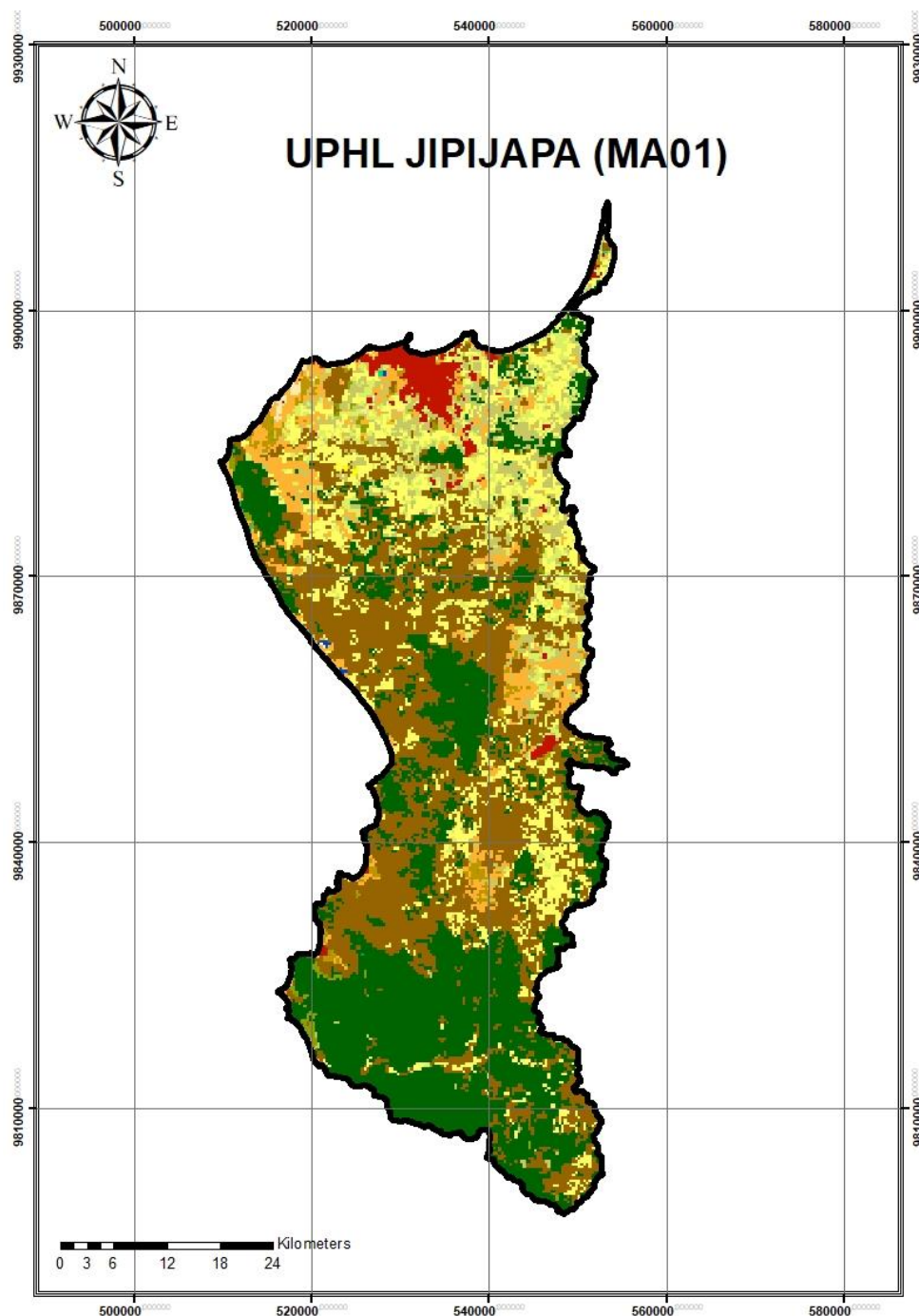
## **Redes de drenaje**

Dentro de la recolección e investigación documental en relación a las redes de drenaje existentes dentro de la provincia de Manabí, la Secretaría del Agua 2016 proporciona información limitada y no actualizada (ver anexo 7).

## **Tipos y uso de suelos en UPHL MA01 y MA02**

Este factor es indispensable para valorar el balance hídrico de una zona, en los gráficos 5 y 6 se muestra la información verás de las entidades Land Cover CCI (2015) con 28 años de registros y el MAGAP (2014) que presenta una visualización general del país en relación a los tipos de suelos. Es importante resaltar que dentro de la zona de estudio la UPHL MA01 presenta cobertura arbórea latifoliado, caducifolio cerrado a abierto, matorral caducifolio, pradera, vegetación escasa y unas cuantas áreas urbanas; mientras que en la UPHL MA02 presenta áreas urbanas, escasos de árboles y cobertura arbórea con hojas aciculadas, deciduas y abiertas. Los gráficos 9 y 10 tienen una resolución de 300 metros por pixel.

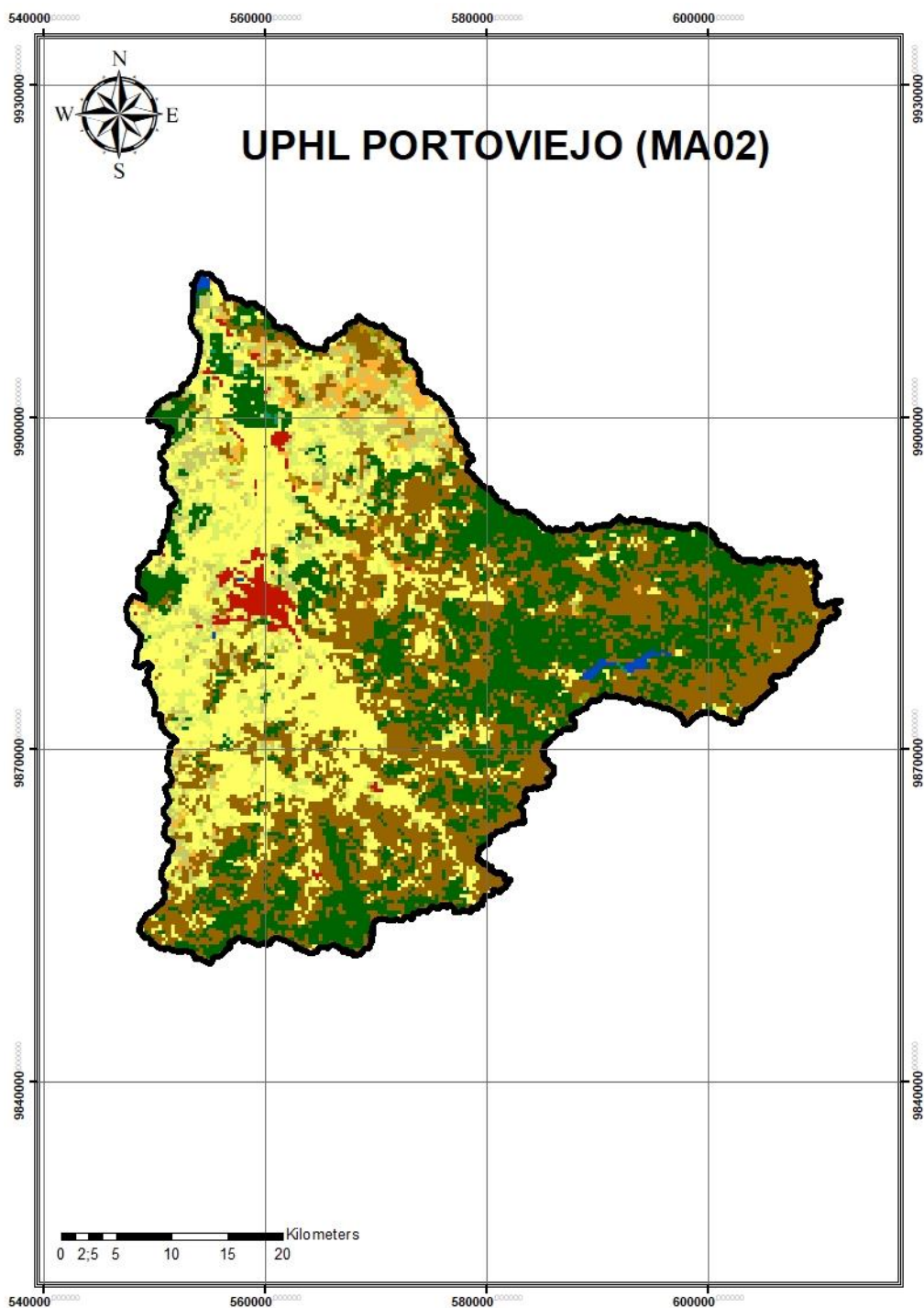
*Gráfico 9 Tipo de cobertura vegetal y usos de suelo en la UPHL MA01.*



**Fuente:** Land Cover CCI (2015).

Nota: Predominan la cobertura herbácea de mosaico, la cubierta arbórea, los matorrales, las tierras de cultivo y las vegetaciones naturales en mosaico.

*Gráfico 10 Tipo de cobertura vegetal y usos de suelo en la UPHL MA02.*

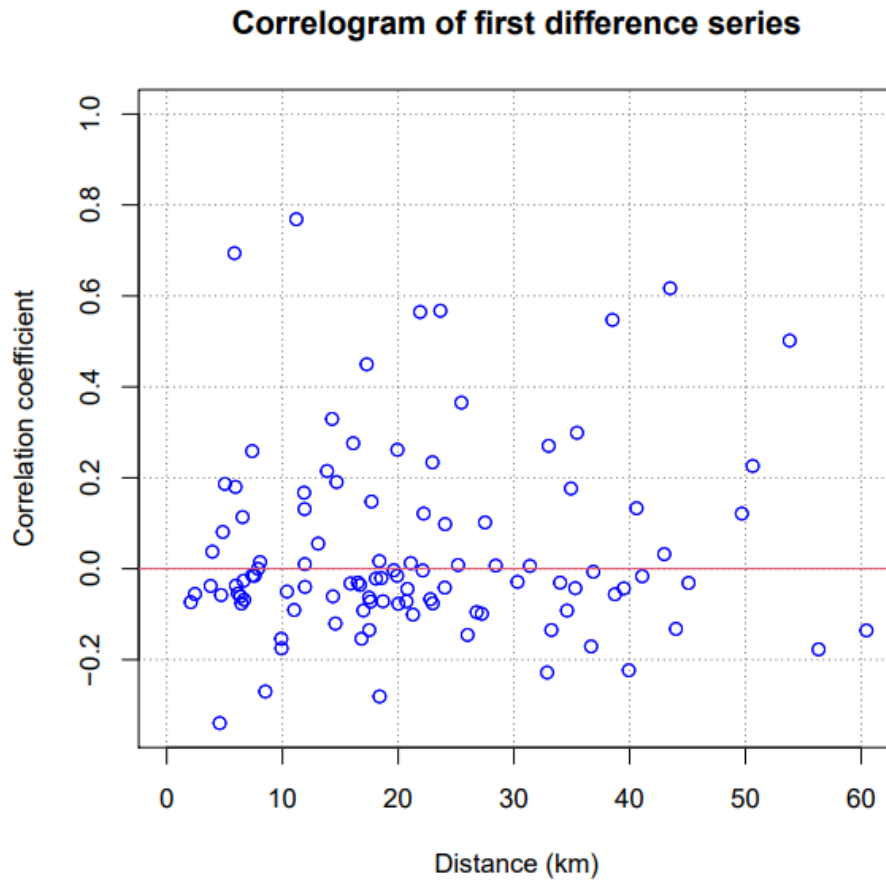


**Fuente:** Land Cover CCI (2015).

Nota: Predominan las tierras de cultivo en mosaico, la cubierta herbácea, la cubierta arbórea, la cobertura herbácea de mosaico y los matorrales.

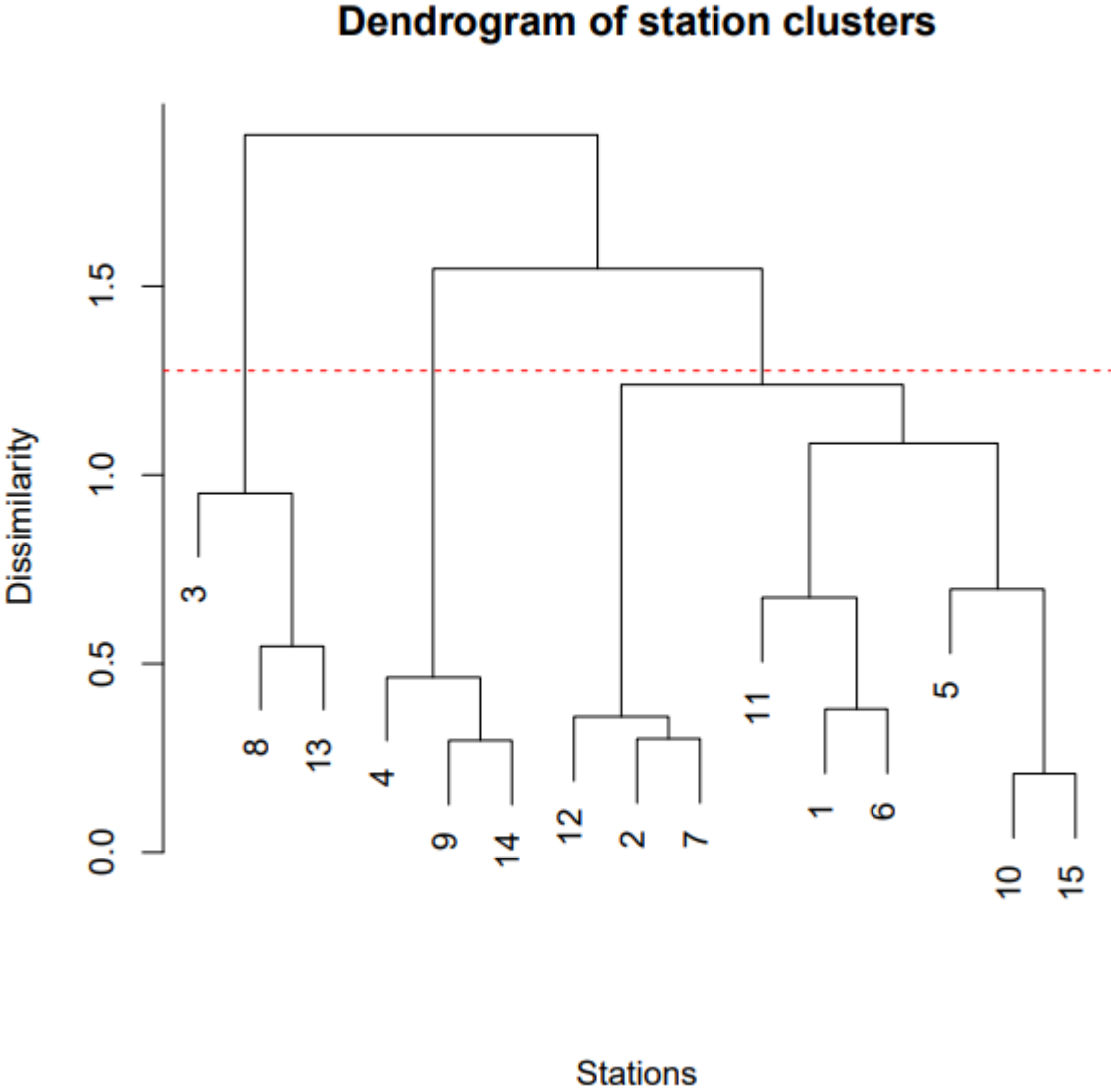


**Gráfico 12.** Correlación de series



**Elaboración:** Propia del autor

Gráfico 13. Dendrograma de estaciones



Elaboración: Propia del autor

## 5. CONCLUSIONES

- Dentro de los conceptos relevantes evaluados en la presente investigación se denotaron el ciclo hidrológico y factores que se incluyen en el cálculo del balance hídrico por medio de la herramienta HydroBID. La información fue indispensable para el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del estudio.
- Los parámetros necesarios para el cálculo y modelación del balance hídrico en la herramienta HydroBID son precipitación, clima, temperatura, tipo y usos de suelo, modelos digitales de elevación (cartografía) y redes de drenaje de la zona a estudiarse. Estos parámetros son indispensables para dicho cálculo y se procesan mediante varios complementos de la herramienta tales como AHD Tools, Java y QGis.
- Se dispone de información de precipitación y temperatura de varios años consecutivos, aunque no en todas las estaciones. Además, no se cuenta con datos recientes porque no han sido digitalizados en la entidad encargada, este hecho dificulta la generación de proyectos y estudios completos en torno a la provincia de Manabí. Además; se encuentran las redes de drenaje tabuladas por Senagua, con disponibilidad de un año de información digitalizada.

## 6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, J., & Naranjo, L. (2018). Elaboración de la base de información hidrometeorológica de la cuenca del río Guayas para el procesamiento con el modelo hydraccess ante inundaciones. Universidad Central del Ecuador. Obtenido de REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Alvarado, D. (2020). Estimación del balance hídrico de la cuenca del río Milagro mediante un sistema de información geográfica. Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de REPOSITORIO DIGITAL DE LA UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
- Araque, M., Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). Cuencas Hidrográficas.
- ASTEC. (2011). Estudio de Impacto Ambiental Definitivo del Aprovechamiento San Antonio, Dudas y Alazán. HIDROAZOGUES, Cuenca.
- Bernal, A., Hernández, A., Mesa, M., Rodríguez, O., González, P. J., & Reyes, R. (2015). Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia de Hanana. Cultivos Tropicales.
- Bravo, V. (2020). Evaluación de la herramienta de simulación del recurso hídrico Hydro-BID para la cuantificación de la disponibilidad de agua en la cuenca alta del río Guayllabamba y unidades hídricas aportantes de agua para el Distrito Metropolitano de Quito. . Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de REPOSITORIO DIGITAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
- Bustamante, P. (2006). Una Infraestructura Genérica para la Implementación de Aplicaciones Distribuidas en Internet.
- Cedeño, J., & Zambrano, V. (2017). Curvas guías de operación en el control eficiente del embalse Sixto Durán Ballén para gestionar sustentablemente el patrimonio hídrico. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Obtenido de REPOSITORIO DIGITAL DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ.

- Cochemore, L., Isberg, K., Pimentel, R., Pineda, L., Hasan, A., & Arheimer, B. (2019). Lessons learnt from checking the quality of openly accessible river flow data worldwide. *Hydrological Sciences Journal*, 65(5).
- Días, G., y Suárez, R. (2019). Modelación hidrológica para el pronóstico de sequías en la cuenca del río Pamplonita bajo escenarios de cambio climático. Bogotá D.C.; Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Giler-Ormaza, A., Pimentel, R., & Aguilar, C. (2021). Assessing changes in land use and their effects on river flows in tropical catchments of Ecuador. EGU General Assembly 2021.
- Hernández, A., Agafonov, O., & Bouza, H. y. (1982). Características de los suelos con drenaje deficiente en Cuba. Inst. Hidroeconomía de Cuba. Revista Voluntad Hidráulica.
- Hernández, A., Ascanio, M. O., Morales, M., Bojórquez, I., & García, N. E. (2006). Fundamentos sobre la formación del suelo, cambios globales y su manejo. . Editorial Universidad de Nayarit., ISBN: 968833072-8.
- Instituto Geográfico Nacional. (2019). Conceptos cartográficos . Gobierno de España .
- Linés, A. (2010). Clima y cambio climático. Revista del Aficionado a la Meteorología.
- Mendoza, J., Campos, A., & Mendoza, J. (2020). Modelo fenomenológico 2019 de la intensidad, duración y frecuencia de los patrones de precipitación para la cuenca del río Portoviejo, Ecuador. Revista Riemat.
- Miralles, F., & Muñoz, R. (2014). Hydro-BID: Un sistema integrado para la simulación de impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Picquart, M., & Carrasco, I. (2017). De la temperatura y su medición.
- Rineer, J., Bruhn, M., Miralles, F., & Muñoz, R. (2014). Base de datos de hidrología analítica para América latina y el Caribe.

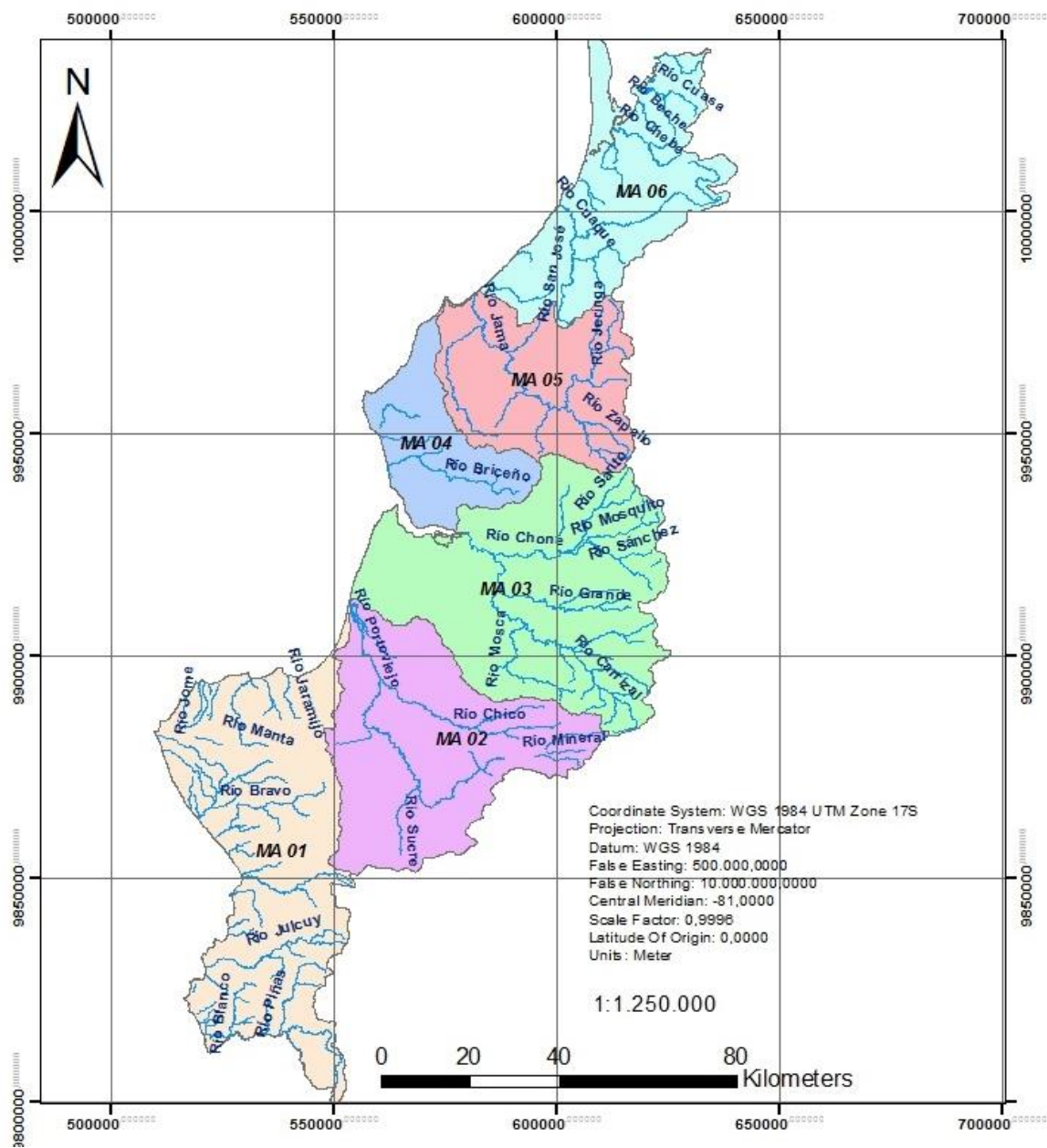
Sandoval, W. y Aguilera, E. (2014). Determinación de Caudales en cuencas con poca información Hidrológica. Revista Ciencia UNEMI.

Sánchez. (2020). Creación de bases de datos en SQLite.

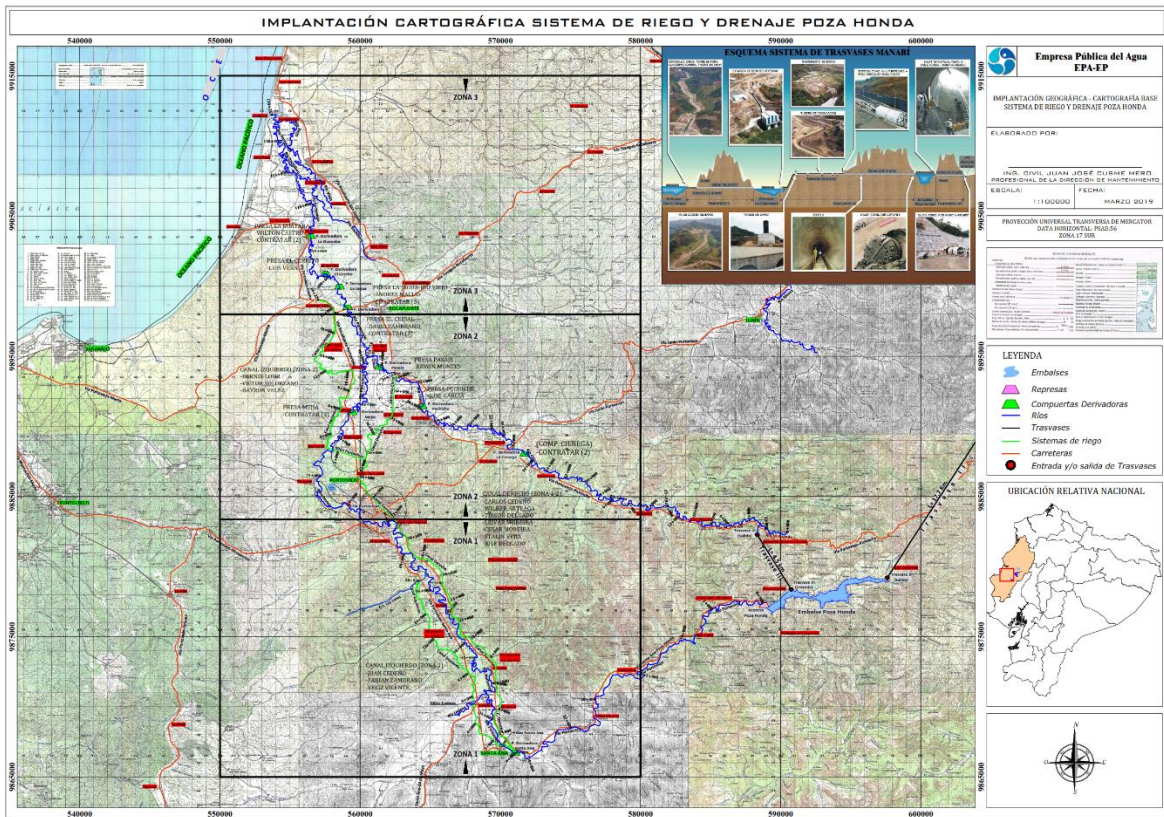
Sánchez, F. (2018). Precipitaciones. Universidad de Salamanca.

# ANEXOS

**Anexo 1.:** Ubicación de las Unidades de Planificación Hídrica Local de la provincia de Manabí



## Anexo 2.: Sistema de riego y drenaje de la represa Poza Honda



### Anexo 3.: Mapa de ubicación de la red de estaciones hidrometeorológicas del Ecuador



## Anexo 4.: Estación Julcuy

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA												
Precipitación Total Mensual (mm) ; Temperaturas Mensuales(°C)												
-----												
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS												
-----												
NOMBRE: JULCUY						CODIGO: M169						
-----												
PERIODO: 2008 - 2012 LATITUD: 0G 39' 51" S    LONGITUD: 80G 2' 11" W    ELEVACION: 36.00												
-----												
PRECIPITACIONES(mm)ANUALES												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	101,60	128,50	204,00	122,50	37,80	84,60	19,20	14,50	17,00	34,60	141,30	2,00
1995	101,90	86,60	19,80	42,40	26,50	84,60	7,30	14,50	17,00	34,60	141,30	2,00
2006	613,90	178,10	121,60	4,20	5,00	84,60	7,30	1,80	6,90	34,60	141,30	7,50
2007	47,50	34,00	170,30	130,20	12,90	3,30	7,30	1,80	6,90	34,60	141,30	2,90
2008	155,00	169,30	147,70	26,80	24,50	6,30	7,30	1,80	6,90	3,10	141,30	2,90
2009	93,00	100,70	70,60	37,50	5,10	0,60	1,20	1,80	6,90	3,10	141,30	3,00
2010	85,50	126,00	177,60	43,70	22,90	0,60	1,90	20,00	1,60	3,10	2,00	32,40
2011	60,40	164,30	33,70	95,40	22,90	8,50	1,90	20,00	4,80	3,10	2,00	21,50
2012	60,40	33,20	20,60	22,10	5,90	17,40	1,90	0,30	4,80	3,10	2,00	12,20
2013	22,60	15,90	45,50	37,70	6,00	0,50	1,90	0,30	4,80	3,10	2,00	10,30
-----												
TEMPERATURAS(°C)												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	25,30	25,70	25,60	25,90	26,30	26,10	26,00	25,70	25,90	26,10	25,70	26,10
1995	25,60	25,30	26,10	26,50	25,40	24,90	23,90	23,80	24,10	24,00	23,90	25,10
2006	25,40	25,30	25,70	25,70	25,00	24,40	24,20	24,40	24,10	24,70	24,00	25,30
2007	25,90	26,10	25,70	25,90	24,80	24,00	23,60	22,70	23,40	23,10	23,70	23,80
2008	23,70	24,60	25,10	25,30	24,50	23,30	23,90	23,60	23,60	23,20	23,70	24,50
2009	25,00	25,50	25,20	25,70	25,20	24,50	24,40	24,20	24,10	23,90	24,30	25,50
2010	25,60	26,10	26,40	26,40	25,90	24,50	24,10	23,90	23,80	23,60	23,40	23,90
2011	25,00	24,80	25,20	25,70	25,20	24,80	24,10	24,50	24,40	23,60	24,20	25,20
2012	24,70	25,00	25,70	25,90	25,70	24,80	24,40	24,10	24,90	24,40	24,50	24,90
2013	24,70	25,30	25,40	25,20	24,30	23,60	23,40	23,80	24,20	23,80	24,00	24,30

### Anexo 5.: Estación Portoviejo

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA												
Precipitación Total Mensual (mm) ; Temperaturas Mensuales(*C)												
-----												
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS												
-----												
NOMBRE: PORTOVIEJO						CODIGO: M005						
-----												
PERIODO: 2008 - 2012				LATITUD: 0G 39' 51" S			LONGITUD: 80G 2' 11" W			ELEVACION: 36.00		
-----												
PRECIPITACIONES(mm)ANUALES												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	71,90	128,40	217,90	79,10	54,80	110,70	50,00	65,00	68,50	55,10	157,40	292,10
1995	139,50	153,20	34,50	57,30	7,90	8,60	1,20	3,00	68,50	0,10	0,10	8,80
2006	60,70	157,90	161,90	16,90	0,30	1,10	1,20	1,20	68,50	0,10	2,90	5,60
2007	96,40	26,40	121,80	108,70	6,90	2,70	2,80	1,20	68,50	1,50	0,20	21,30
2008	222,90	231,40	151,70	49,10	5,50	2,20	4,60	0,50	0,60	1,40	0,80	0,20
2009	98,10	92,50	80,70	22,50	28,20	0,70	4,60	11,60	0,60	1,40	0,80	3,20
2010	115,30	126,50	185,90	79,90	78,20	3,30	3,90	0,10	0,60	1,40	3,10	149,10
2011	63,10	122,40	20,30	69,40	0,30	42,50	4,50	0,10	0,10	1,30	3,10	31,30
2012	212,40	295,70	235,40	41,60	58,00	11,10	4,50	0,10	0,10	1,30	2,30	22,40
2013	131,50	102,50	245,70	158,30	13,30	0,40	4,50	0,30	0,30	10,00	2,30	1,30
-----												
TEMPERATURAS(*C)												
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	25,80	26,30	26,40	26,80	27,00	26,90	26,80	26,40	26,60	26,90	26,50	27,00
1995	26,20	26,00	26,50	26,70	26,10	25,60	24,60	24,30	24,80	24,80	24,90	25,50
2006	26,30	26,00	26,70	26,30	25,60	24,90	24,90	25,60	25,70	26,20	25,70	26,50
2007	27,10	27,20	26,80	26,90	26,20	25,10	24,60	25,60	24,70	24,30	25,10	25,00
2008	24,70	25,50	26,00	26,40	25,40	24,60	25,10	24,80	24,60	24,20	24,90	25,40
2009	25,80	26,20	26,70	27,40	27,10	26,10	26,10	26,20	26,10	24,20	25,40	26,30
2010	26,50	26,70	27,00	27,20	26,30	24,90	24,50	24,60	24,80	24,20	24,00	24,50
2011	25,50	25,60	26,40	26,40	26,20	25,90	25,00	24,70	24,90	24,20	24,50	26,20
2012	25,30	25,60	26,50	26,70	26,70	25,60	24,40	24,20	24,40	24,60	25,00	25,70
2013	25,40	25,90	26,30	25,90	24,80	24,20	23,60	23,90	24,80	24,60	25,10	25,80

**Anexo 6.: Oficio de solicitud a la Empresa Pública del Agua E.P.**

Portoviejo, Febrero 18 del 2021


Econ.  
Darwin Garcia  
COORDINADOR DEL TRASVASE MANABÍ  
Ciudad

De mi consideración:

Quien suscribe, **JORDY FERNANDO MOREIRA ZAMBRANO** con No. de C.I.: **1315341170** con código académico HE-501, egresado de la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, por medio de la presente solicito de manera encarecida me facilite la información digitalizada disponible sobre redes de drenaje (mapas, datos numéricos, modelos digitales de elevación entre otros) en la zona correspondiente a la Unidad de Planificación Hídrica Local MA01 (Jipijapa) y MA02 (Portoviejo). Toda esta información será con fines académicos para el desarrollo de mi Trabajo de Titulación: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO EN LA UPHL MA01 Y MA02.**

Sin otro particular y esperando sea tendida mi solicitud, quedo muy agradecido.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
**JORDY FERNANDO MOREIRA ZAMBRANO**  
C.I.: 1315341170  
Correo: he-501@pucem.edu.ec  
Cel: 096 936 8628

Recibido  
18/02/2021 - 12h09  

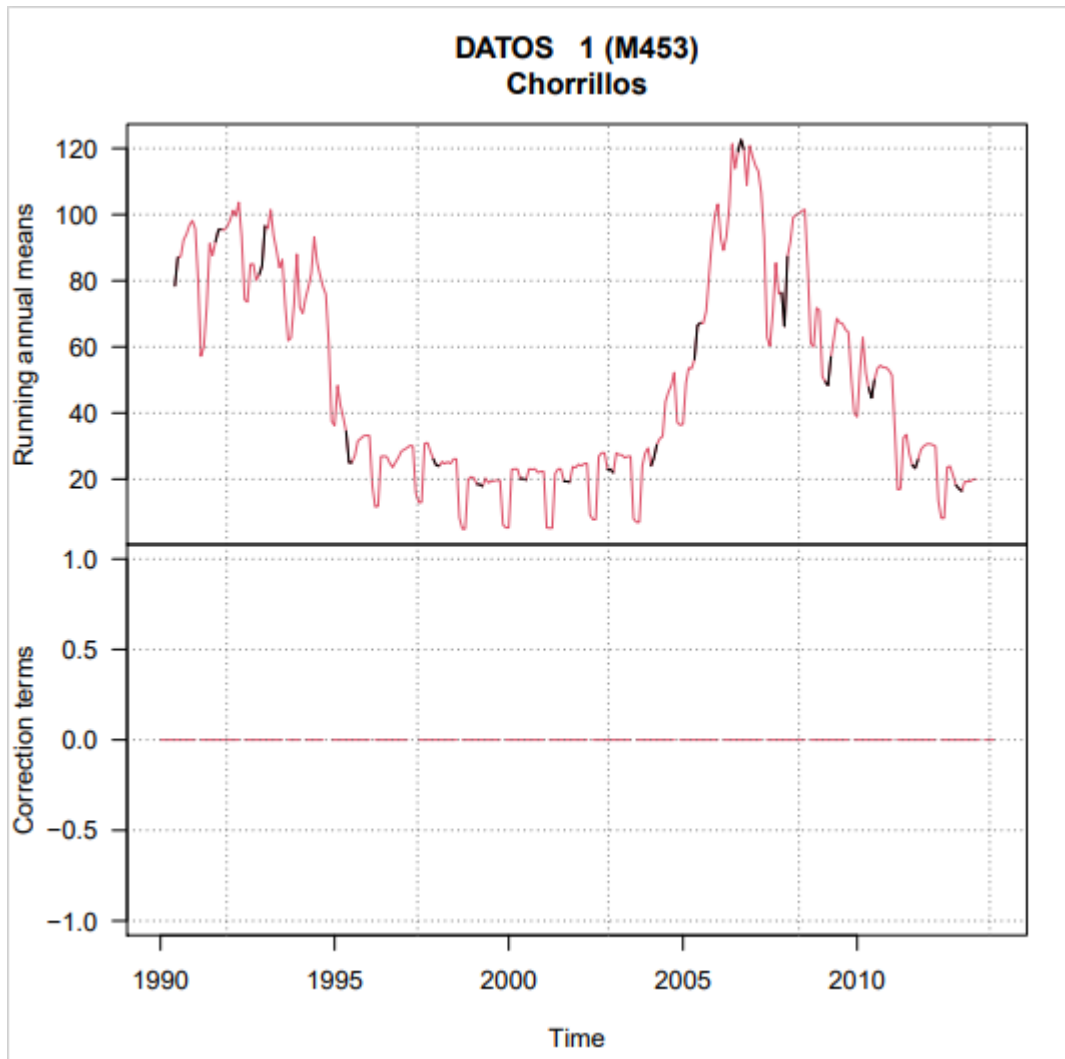

## Anexo 7.: Información sobre redes de drenaje de las UPHL

Tabla 6.3-4 Información general de cada cuenca de la DH Manabi bajo el "Escenario I-2" (promedio anual) (Unidad: hm<sup>3</sup>)

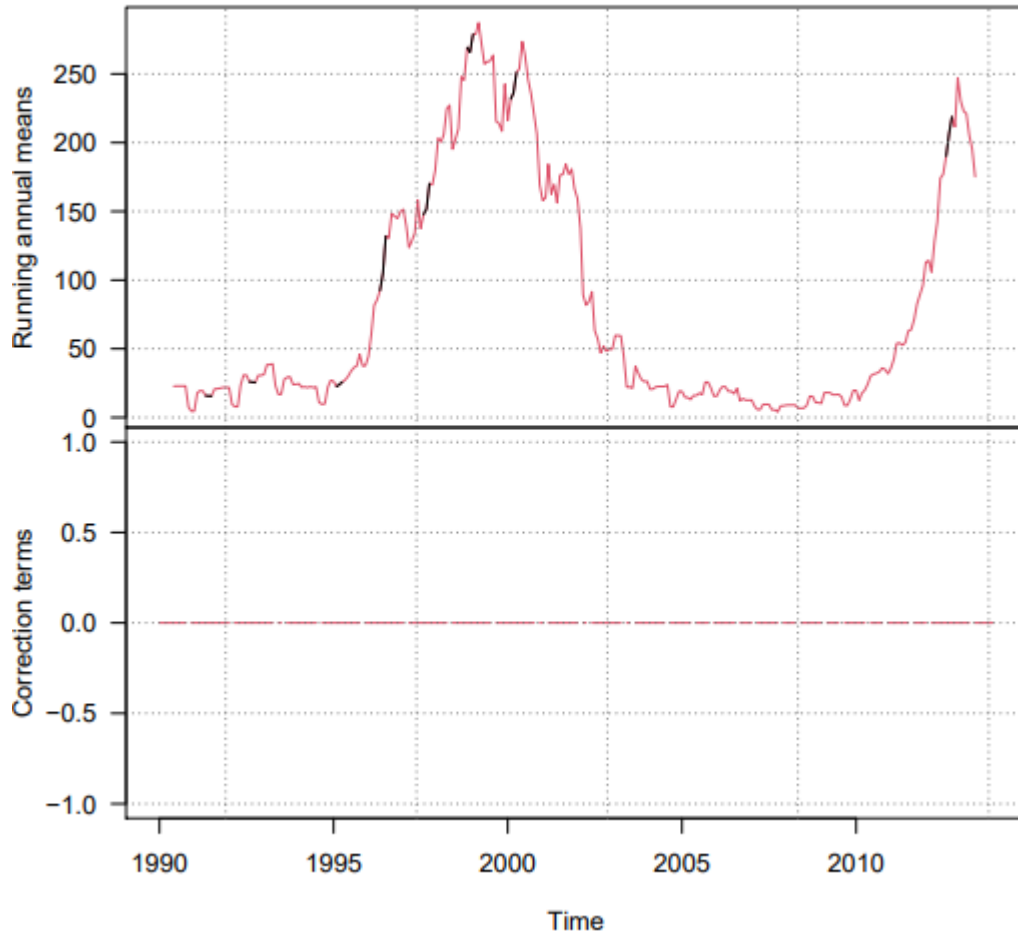
Cuenca	Ítem	Mes												Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic.	
MA-01	Escoventía	18,97	44,16	66,42	49,46	29,41	18,24	10,77	8,58	7,31	7,91	8,77	14,06	284,06
	Agua trasvasada al interior	6,17	5,54	6,17	6,07	6,29	6,09	6,29	6,28	6,08	6,29	6,09	6,27	73,62
	Demanda de agua	12,69	11,85	12,17	12,62	12,96	12,83	12,91	12,89	12,81	12,99	12,93	12,66	152,30
	Déficit de agua	4,75	3,65	4,03	4,33	4,77	4,71	4,94	4,99	4,89	5,11	4,97	4,75	55,89
	Exceso de agua	21,85	46,36	69,29	52,22	32,28	21,08	13,75	11,59	10,26	10,95	11,70	17,08	318,40
MA-02	Escoventía	48,13	125,17	178,82	127,14	77,19	45,17	27,57	22,94	17,86	18,78	23,20	39,92	751,89
	Agua trasvasada al interior	32,14	29,03	32,14	31,10	32,14	31,10	32,14	32,14	31,10	32,14	31,10	32,14	378,43
	Agua trasvasada al exterior	7,55	6,43	7,45	7,25	7,74	7,58	7,86	7,82	7,59	7,89	7,67	7,83	90,67
	Demanda de agua	24,46	17,02	20,18	26,15	29,37	28,70	29,17	28,04	27,56	29,26	29,04	26,43	315,40
	Déficit de agua	4,45	1,24	1,91	6,13	8,57	8,39	8,41	7,39	7,38	8,51	8,72	5,99	77,09
	Exceso de agua	56,71	134,57	189,43	135,50	85,32	52,94	35,60	31,07	25,70	26,75	30,86	48,21	852,67
MA-03	Escoventía	147,29	282,50	387,14	274,45	153,60	117,76	84,87	84,13	72,13	90,27	83,52	96,12	1873,78
	Agua trasvasada al interior	49,86	44,67	49,75	48,10	49,93	48,41	50,05	50,02	48,43	50,08	48,50	50,04	587,85
	Agua trasvasada al exterior	32,14	29,03	32,14	31,10	32,14	31,10	32,14	32,14	31,10	32,14	31,10	32,14	378,43
	Demanda de agua	26,77	20,32	19,96	23,88	32,90	31,66	34,72	34,25	34,87	36,24	35,79	31,71	363,07
	Déficit de agua	15,19	10,00	8,71	12,54	20,85	19,87	22,63	22,28	23,17	24,31	24,08	19,97	223,59
	Exceso de agua	155,90	271,12	368,72	267,85	162,94	129,82	101,43	100,75	88,76	104,66	99,69	113,84	1965,48
MA-04	Escoventía	27,40	54,13	74,02	51,29	24,31	20,37	15,88	16,00	14,89	20,86	16,32	15,02	350,49
	Demanda de agua	3,96	3,04	2,98	3,48	4,55	4,36	4,77	4,83	4,87	5,03	4,91	4,36	51,14
	Déficit de agua	3,52	2,60	2,58	3,06	4,09	3,90	4,30	4,36	4,40	4,57	4,45	3,90	45,74
	Exceso de agua	27,50	47,39	63,89	45,78	24,63	21,78	18,85	18,97	17,96	22,96	19,21	18,33	347,23

Cuenca	Ítem	Mes												Total
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic.	
MA-05	Escoventía	85,74	169,42	231,68	160,54	76,09	63,75	49,70	50,07	46,60	65,29	51,08	47,02	1096,98
	Demanda de agua	3,40	2,36	2,88	2,82	3,77	3,87	4,20	4,09	4,14	4,42	4,49	4,04	44,48
	Déficit de agua	1,13	0,50	0,86	0,79	1,43	1,55	1,80	1,70	1,81	2,03	2,13	1,66	17,37
	Exceso de agua	84,91	147,46	198,92	142,25	75,91	67,01	57,79	58,17	55,05	70,67	58,93	56,16	1073,25
MA-06	Escoventía	214,39	283,30	307,72	266,83	265,98	118,84	95,96	62,74	70,29	62,48	69,28	95,02	1912,83
	Demanda de agua	5,22	3,50	4,76	4,46	5,49	5,79	6,14	5,88	5,90	6,39	6,58	6,03	66,13
	Déficit de agua	3,37	1,74	2,91	2,65	3,64	3,98	4,29	4,04	4,09	4,55	4,79	4,19	44,25
	Exceso de agua	212,85	280,14	306,18	265,34	264,45	117,35	94,42	61,21	68,81	60,95	67,80	93,49	1892,99

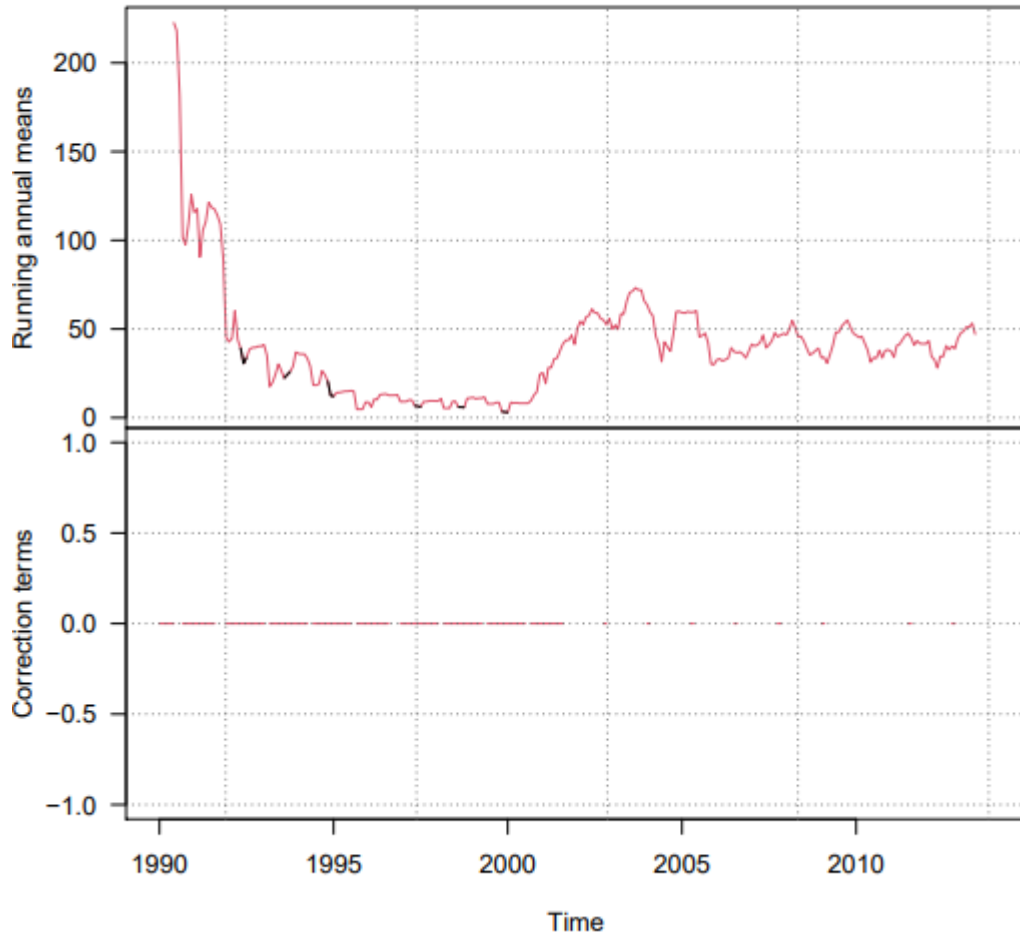
**Anexo 8:** Gráficos finales del procesamiento en la herramienta Climatol.



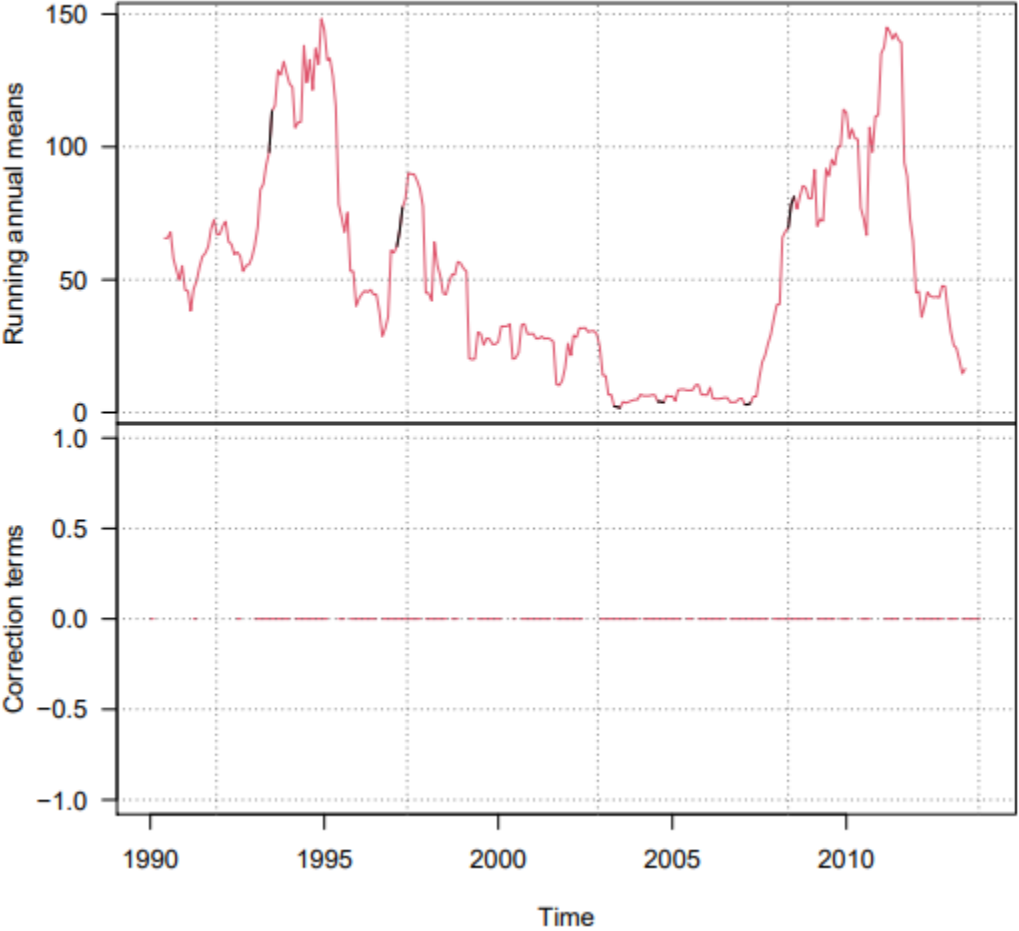
**DATOS 2 (M450)**  
**Camarones**



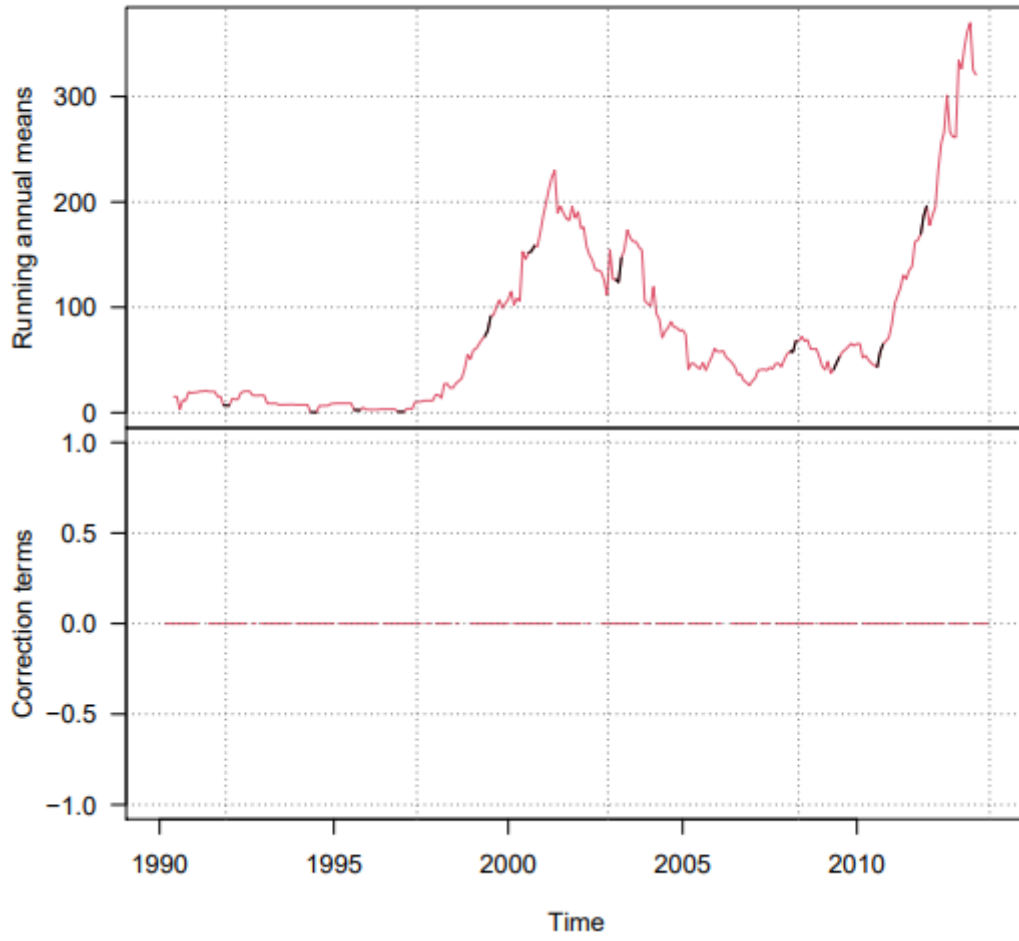
**DATOS 3 (M448)**  
**La Laguna**



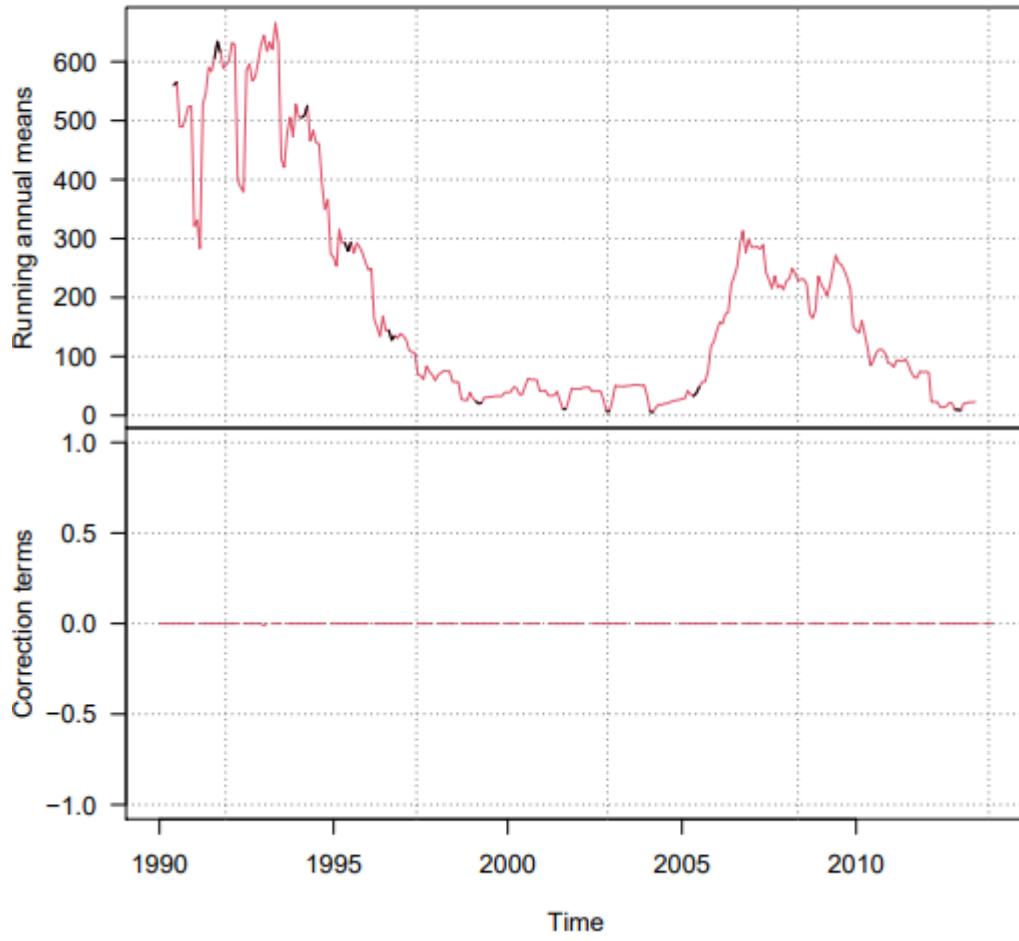
**DATOS 4 (M449)**  
**Sancán**



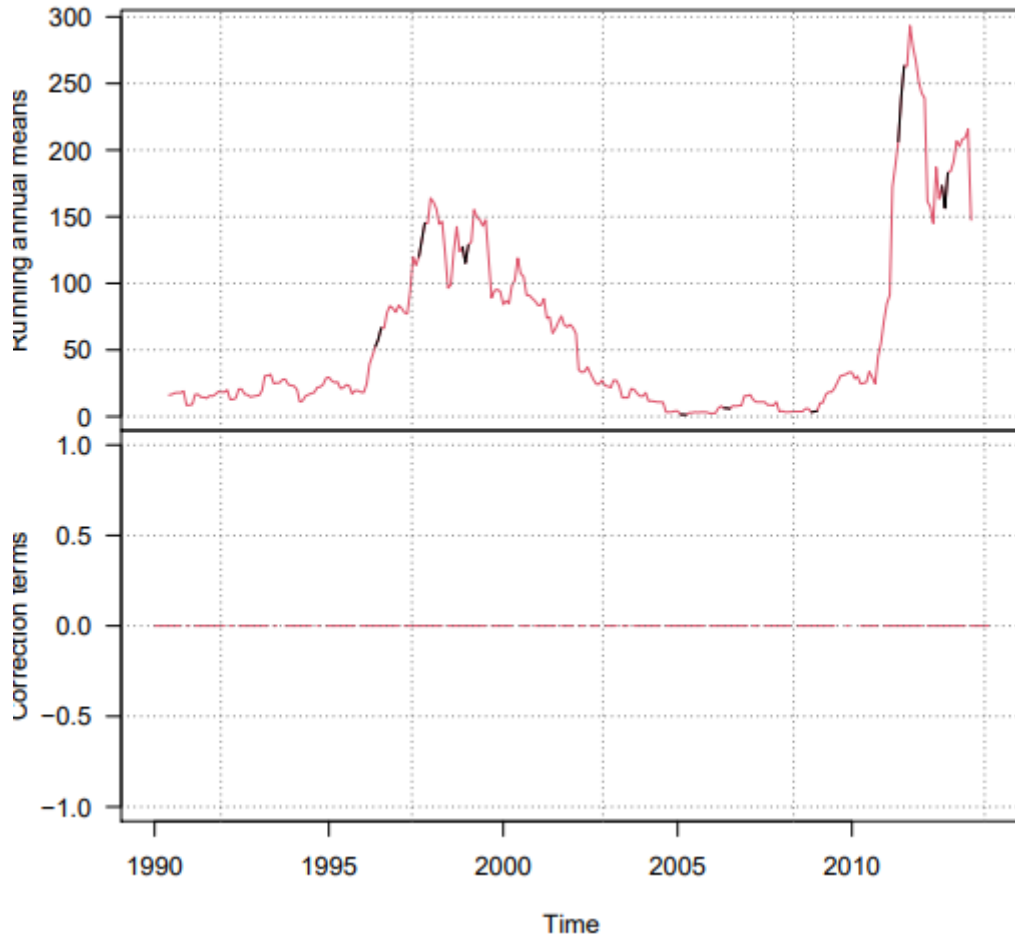
**DATOS 5 (M457)**  
**Puerto Cayo**



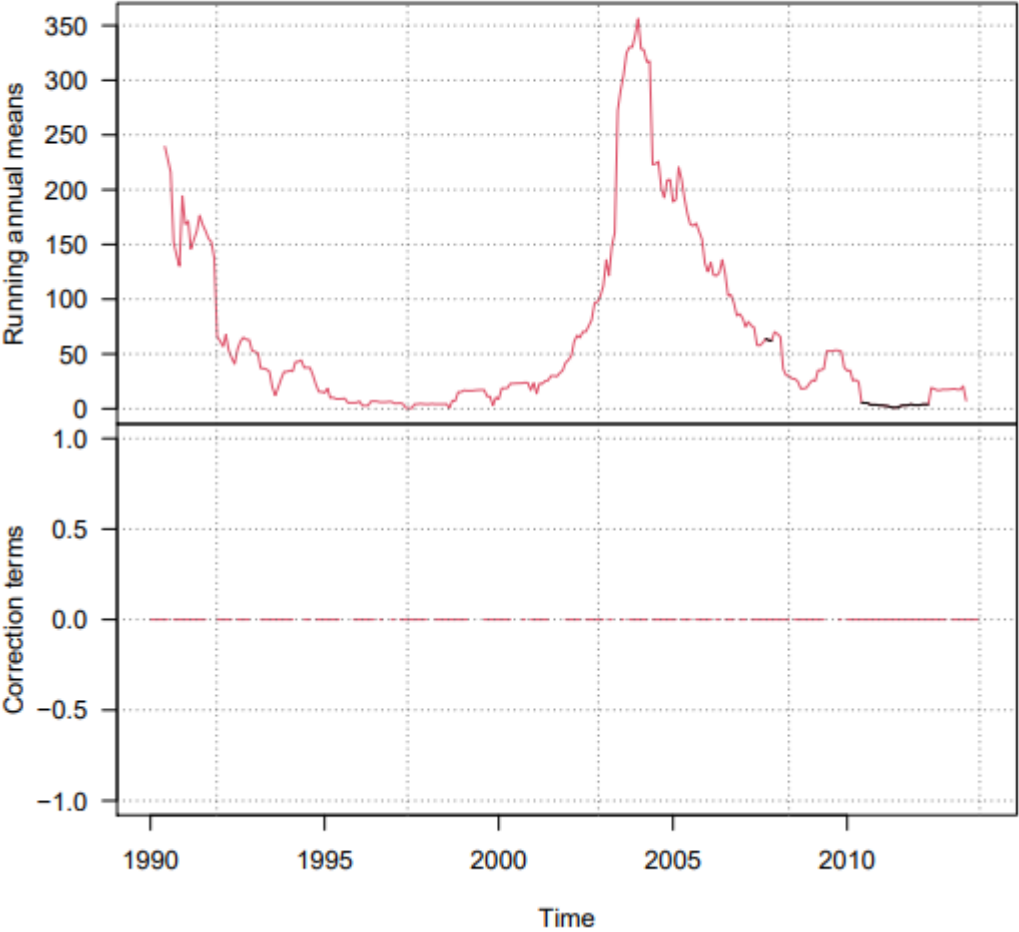
**DATOS 6 (M45)**  
**Joa Jipijapa**



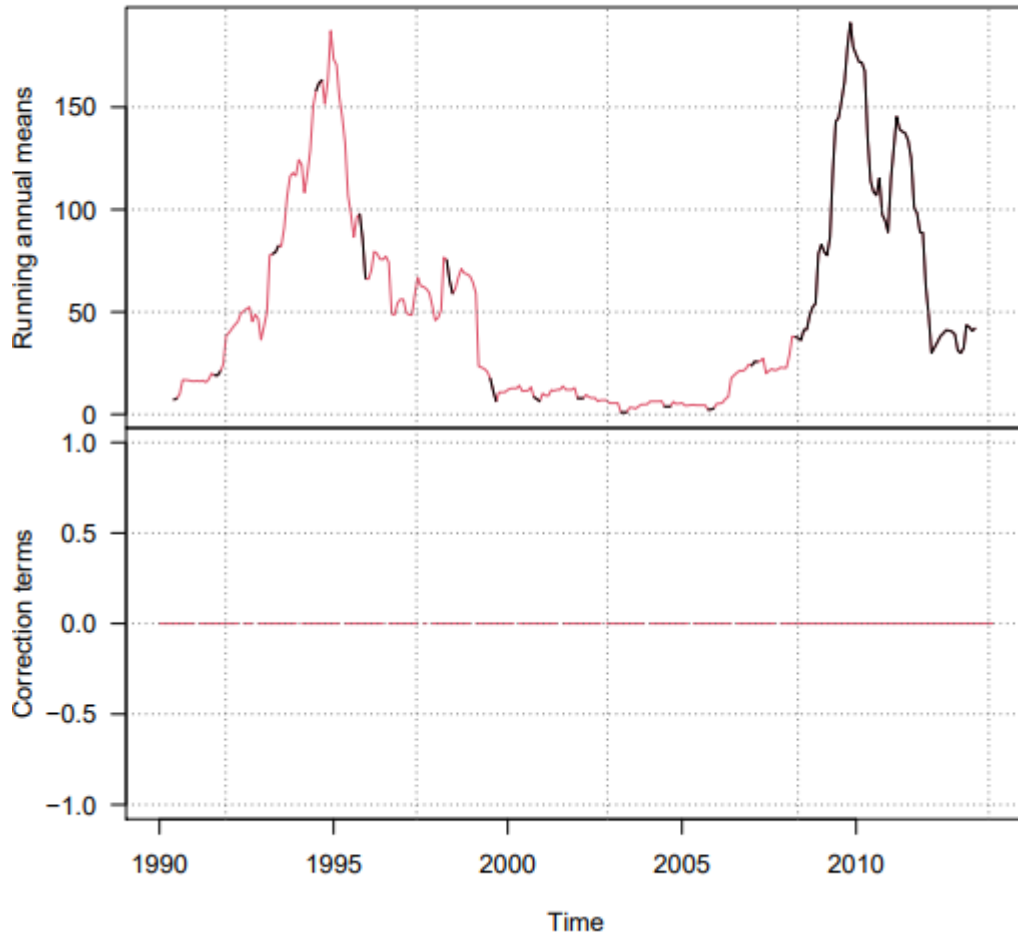
**DATOS 7 (M169)**  
**Julcuy**



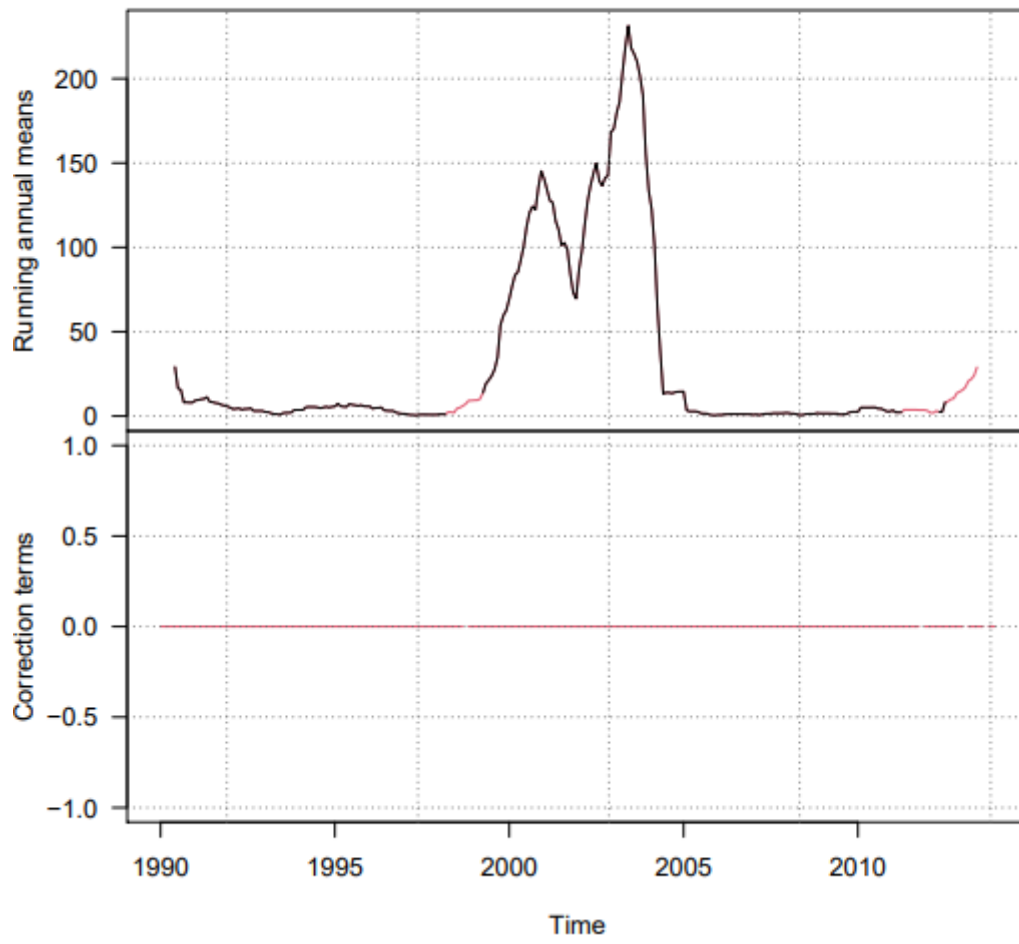
**DATOS 8 (M451)**  
**El Anegado**



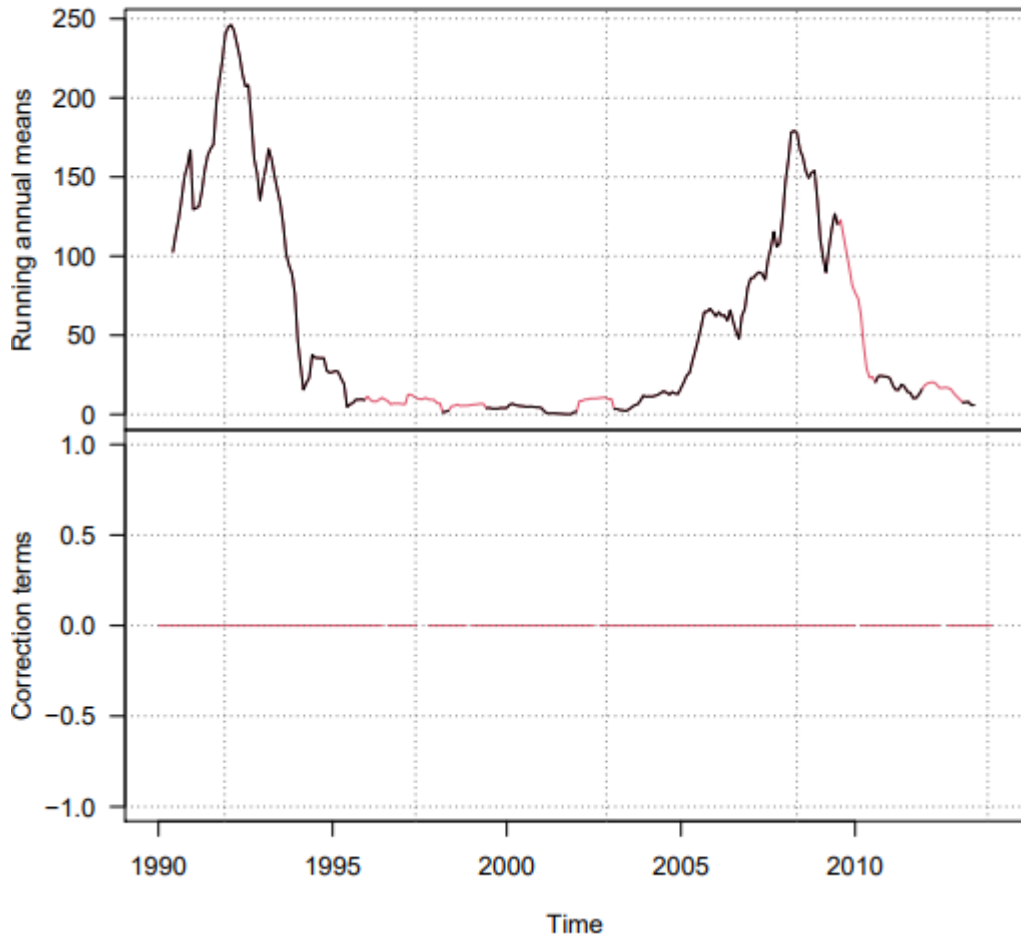
**DATOS 9 (M459)**  
**San Pablo**



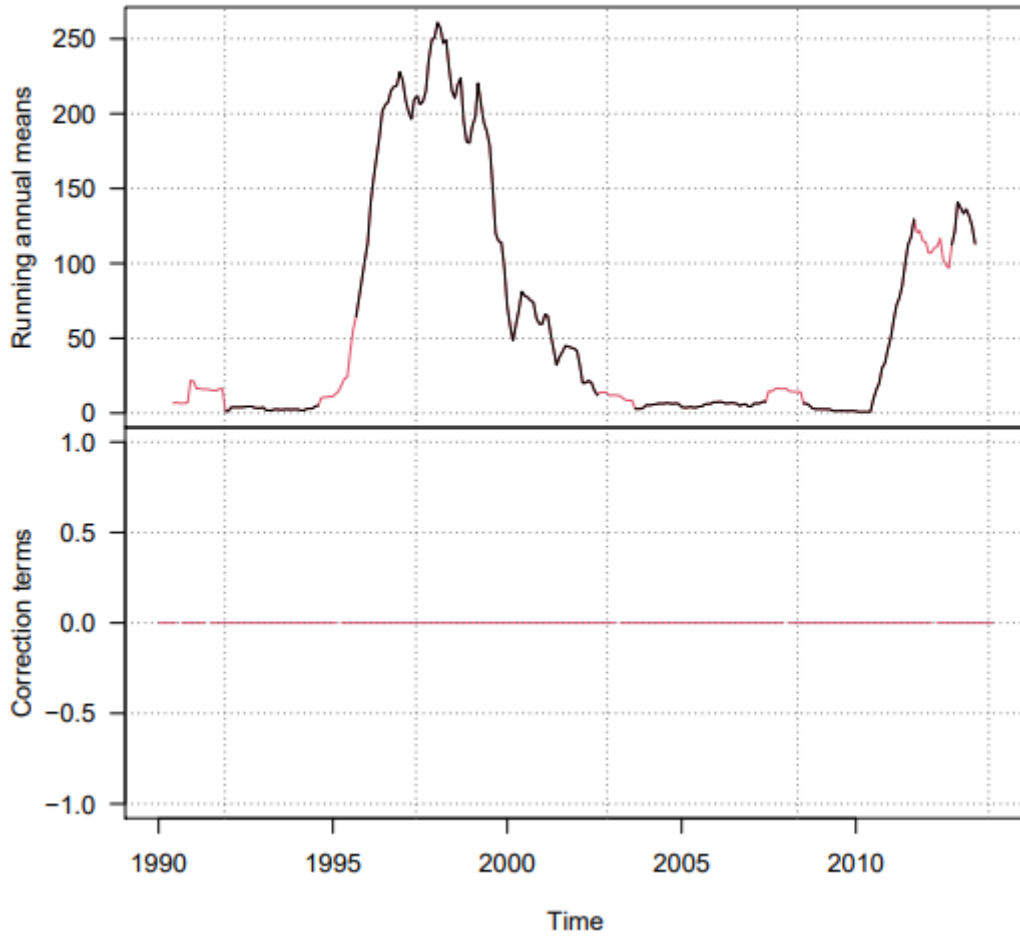
**DATOS 10 (M165)**  
**Rocafuerte**



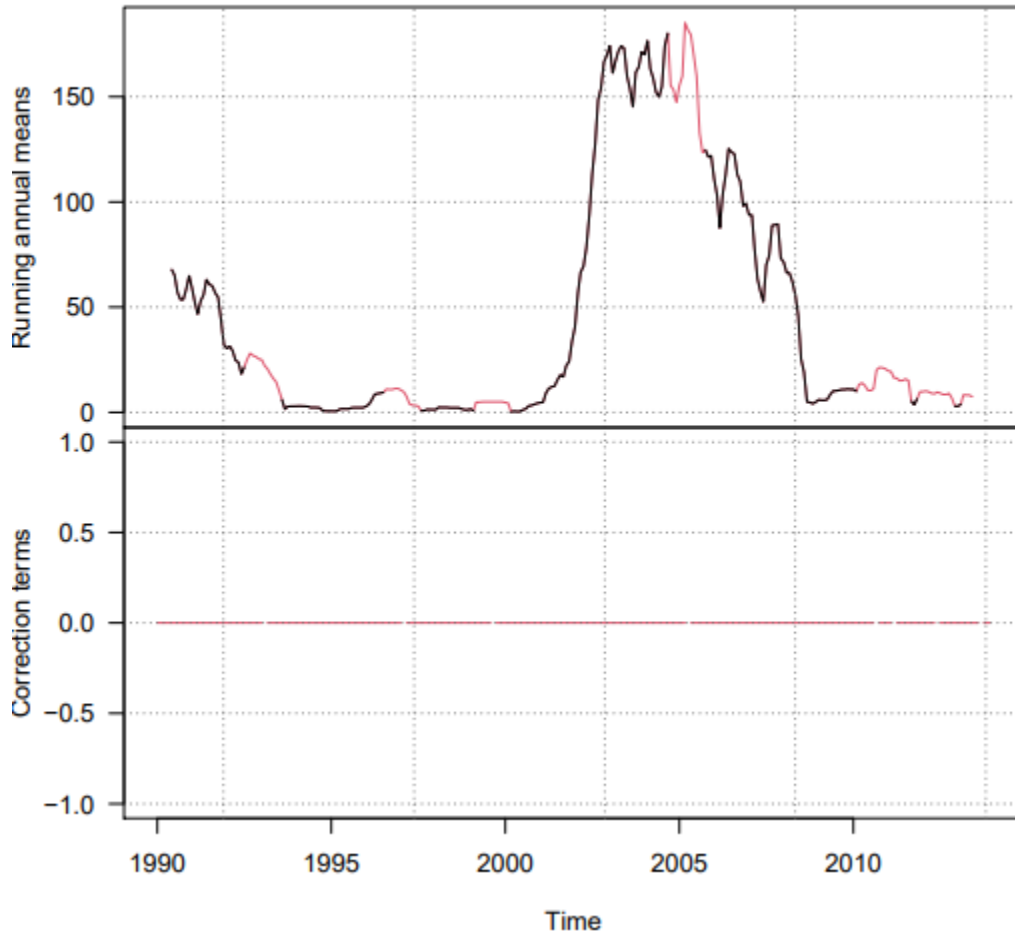
**DATOS 11 (M005)**  
**Portoviejo**



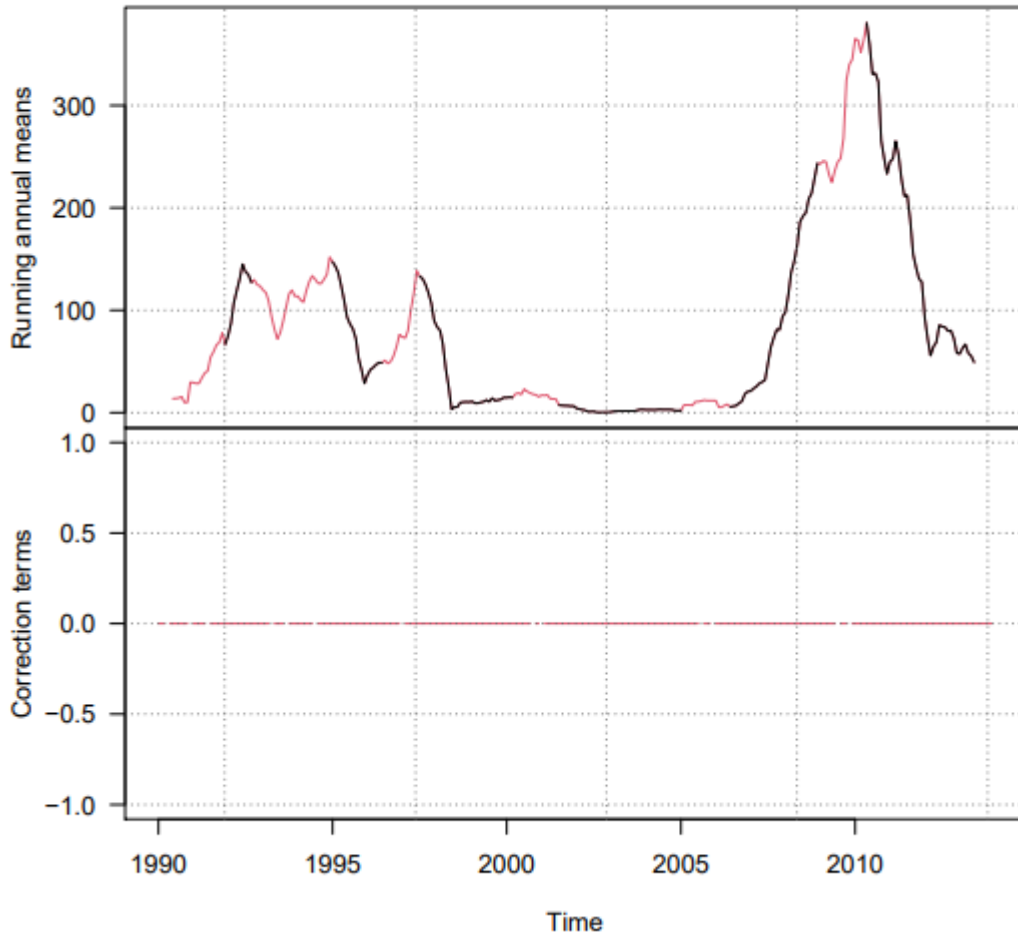
**DATOS 12 (M454)**  
**Río Chico**



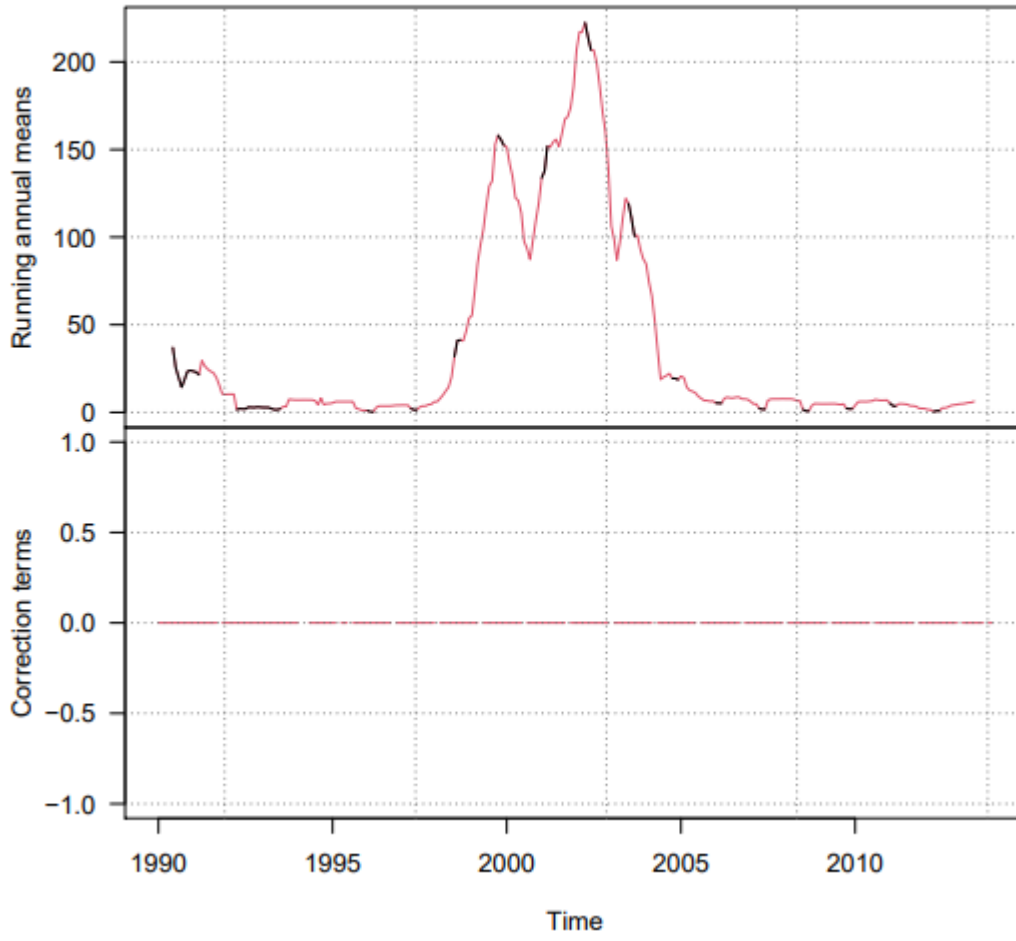
**DATOS 13 (M464)**  
**Río Chamote**



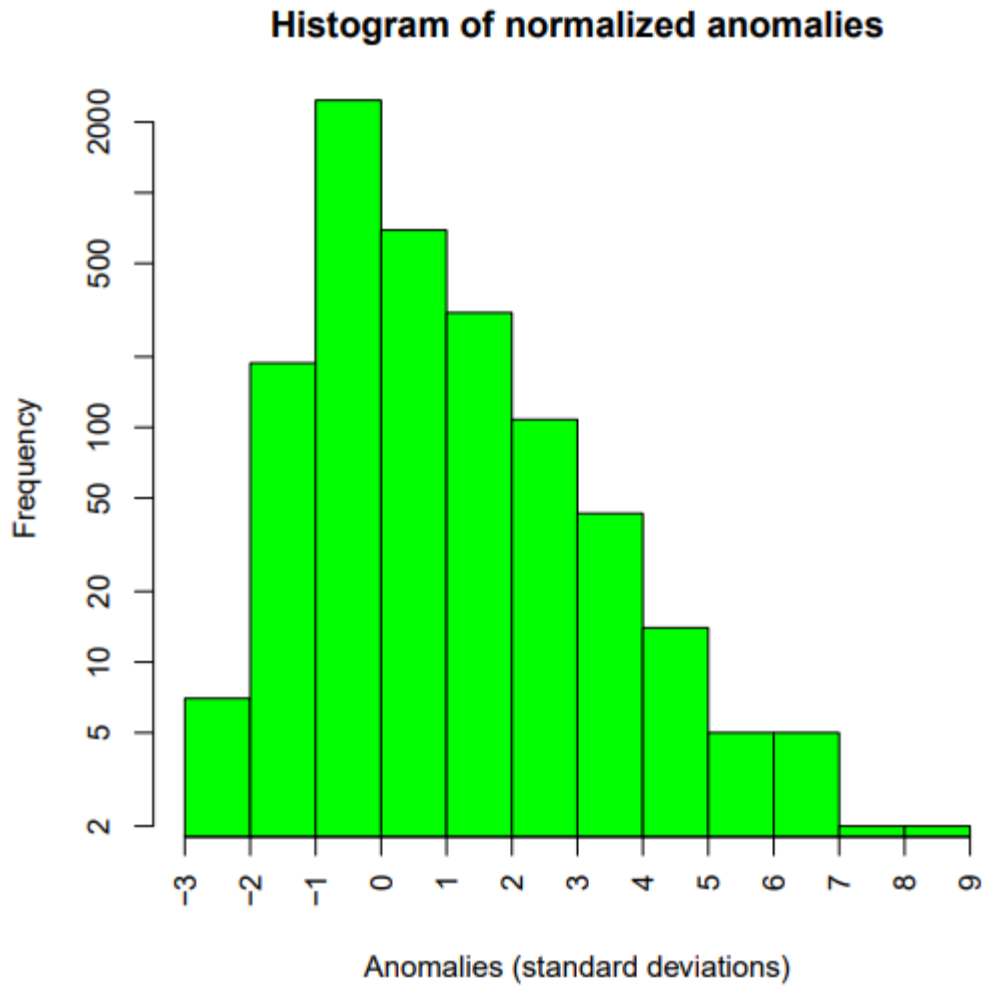
**DATOS 14 (MB82)**  
**La Teodomira**



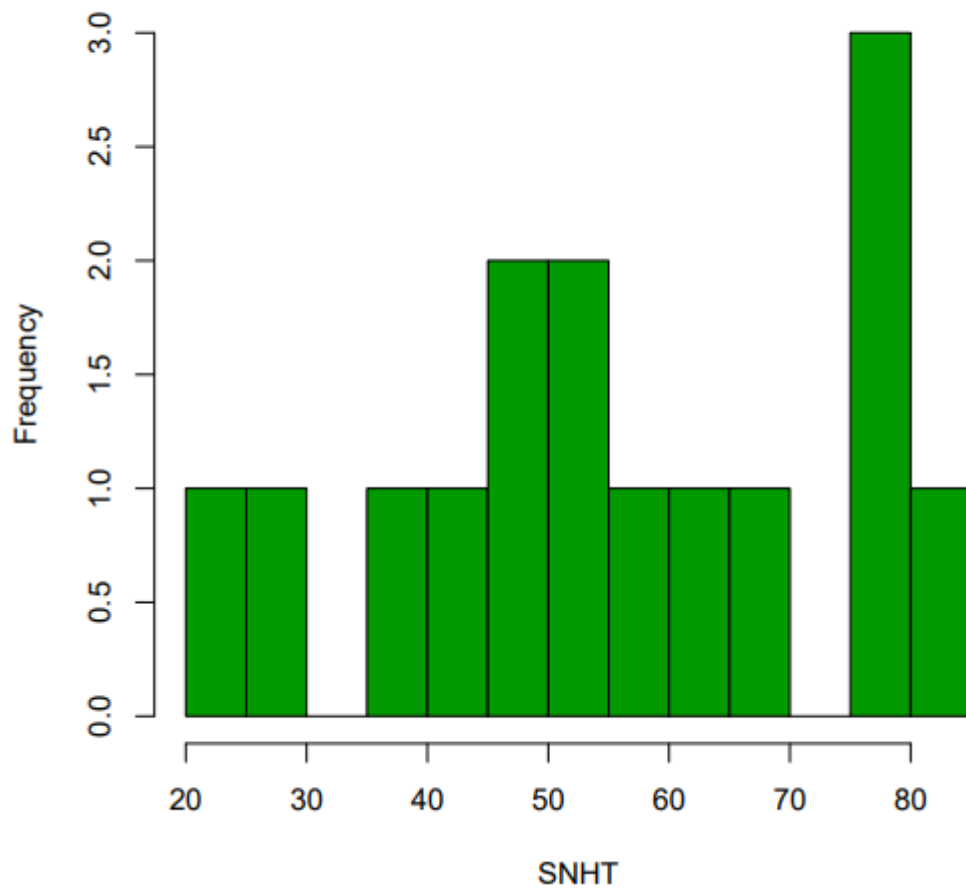
**DATOS 15 (M447)**  
**24 de Mayo**



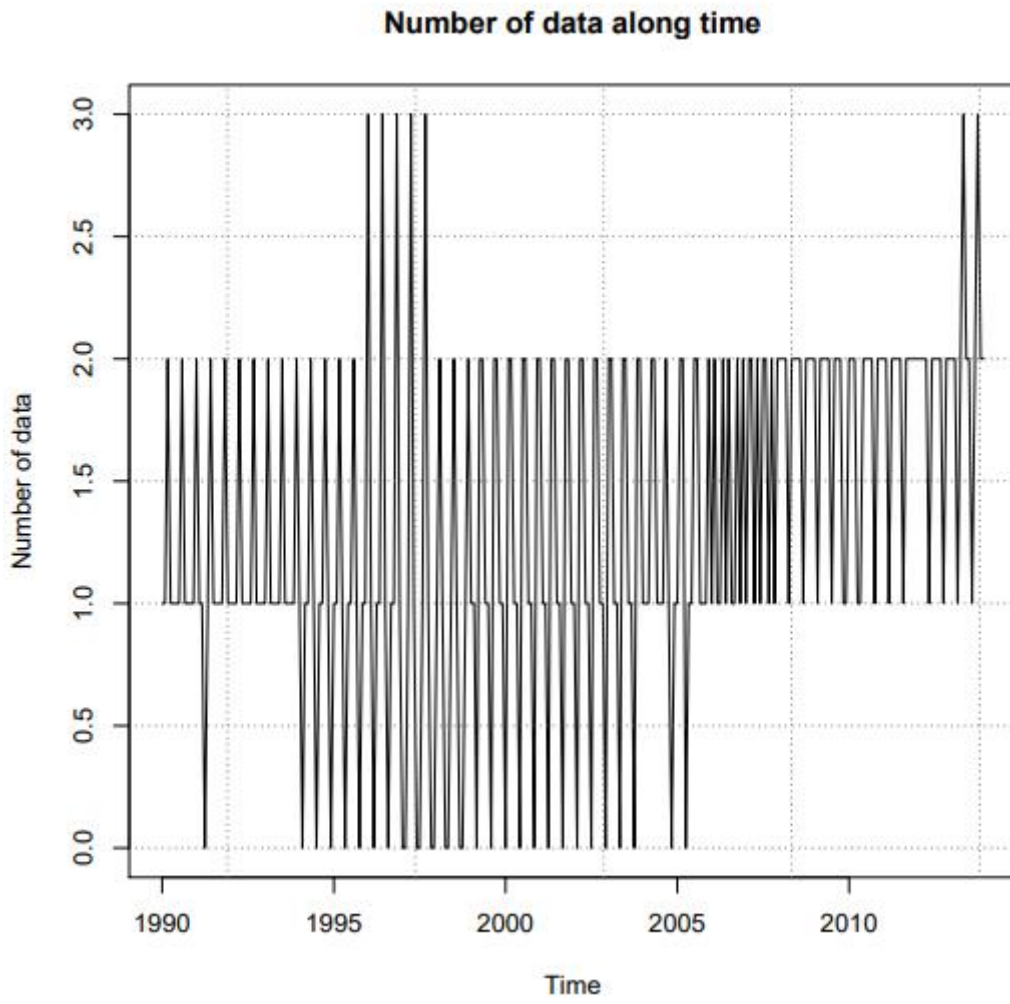
**Anexo 9:** Histograma de anomalías normalizadas para las estaciones meteorológicas.



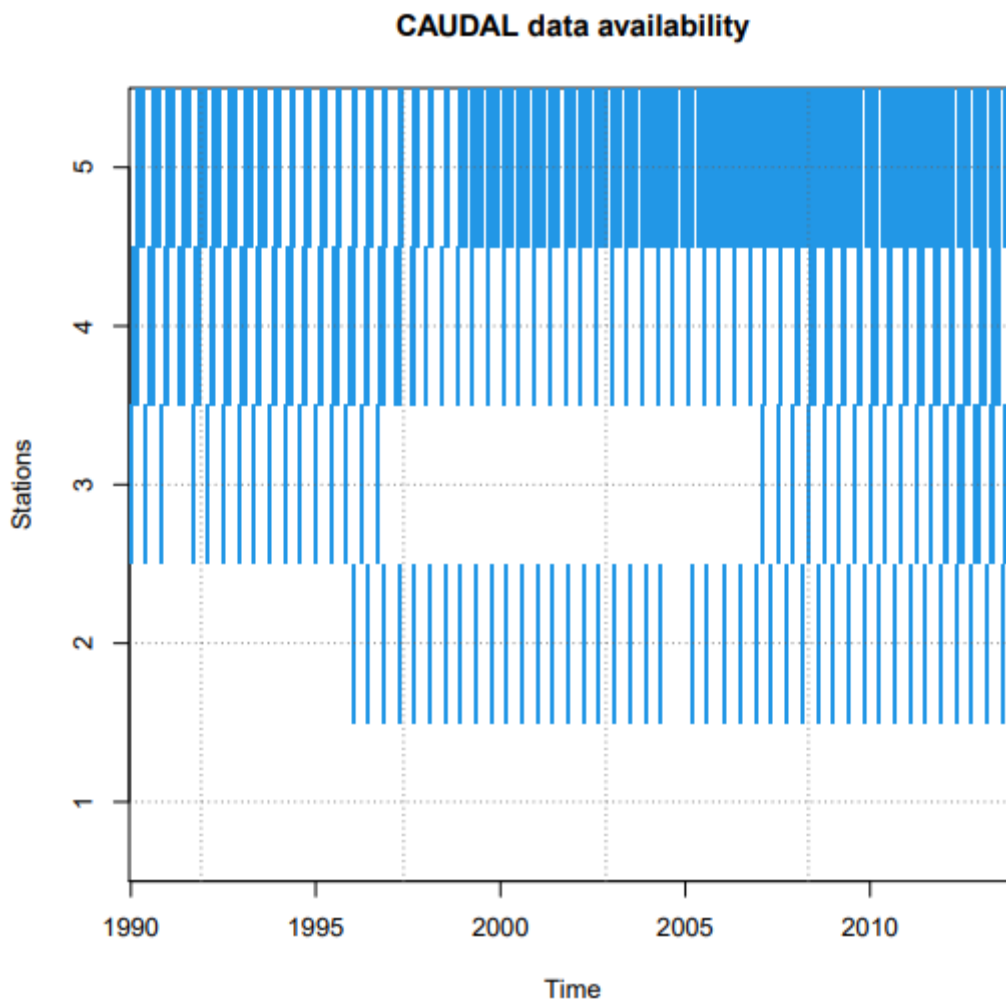
**Histogram of maximum windowed SNHT**



**Anexo 10:** Número de datos en el tiempo.

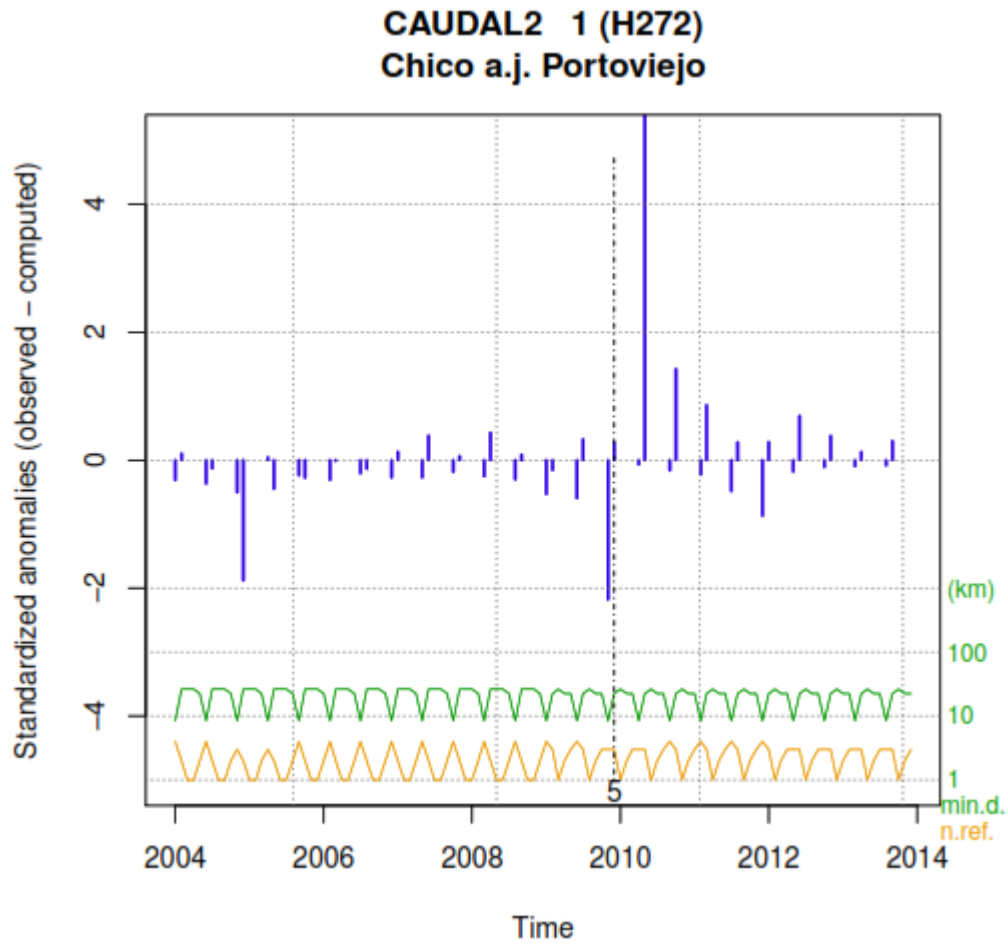


**Anexo 11:** Disponibilidad de datos de caudal (m<sup>3</sup>/s) medio mensual por estación.

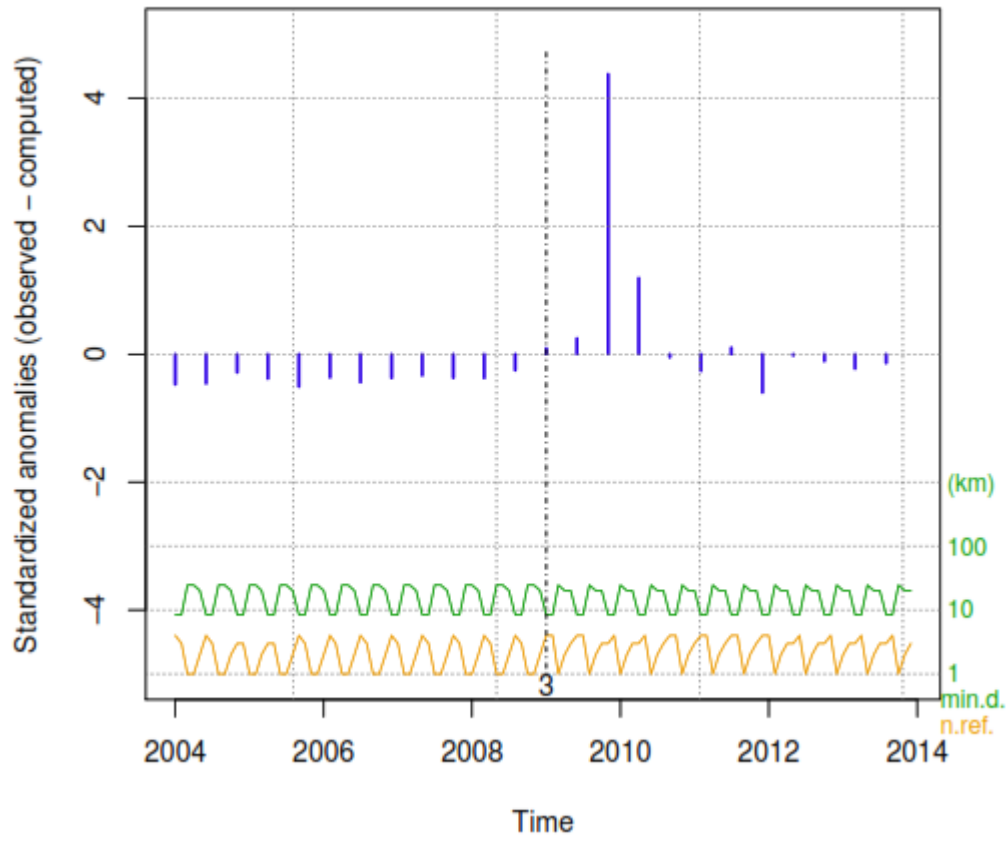


Nota: Las estaciones se denominan: 1) Chico AJ Portoviejo, 2) Portoviejo en Picoaza, 3) Portoviejo en Guarumo, 4) Lodana en pte. carretera, 5) Portoviejo en Santa Ana.

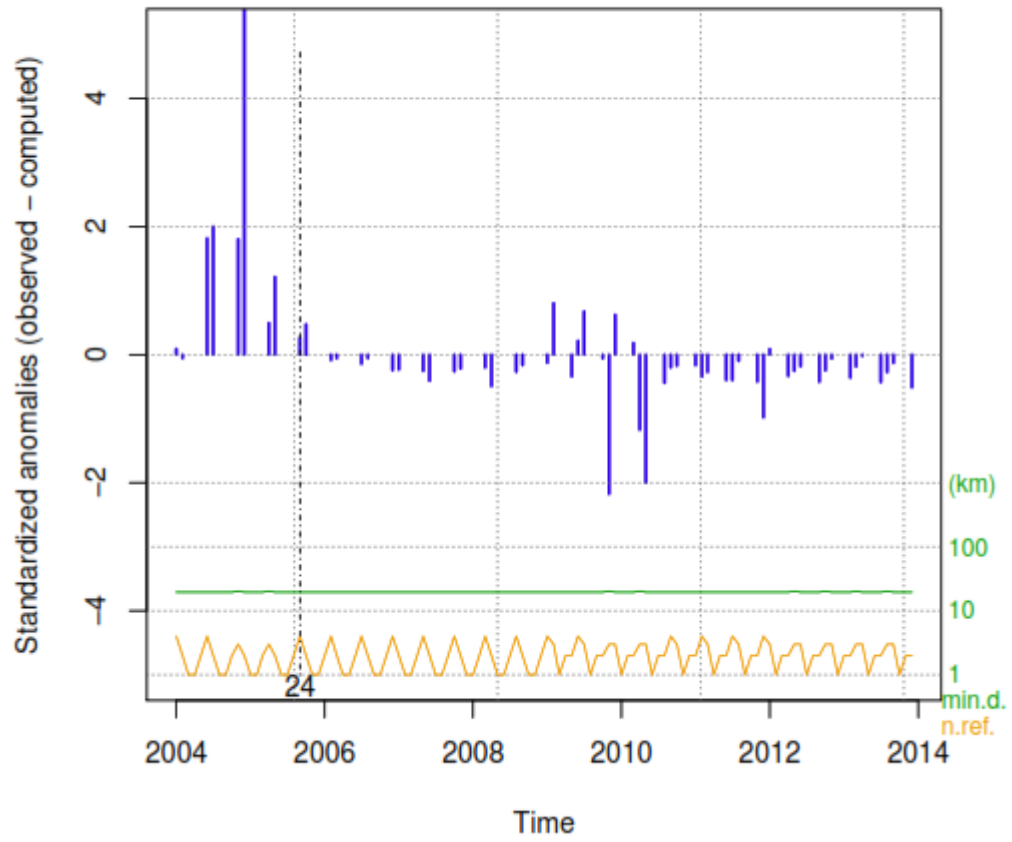
**Anexo 12:** Anomalías estandarizadas después del recálculo de datos de caudal medio mensual faltantes.



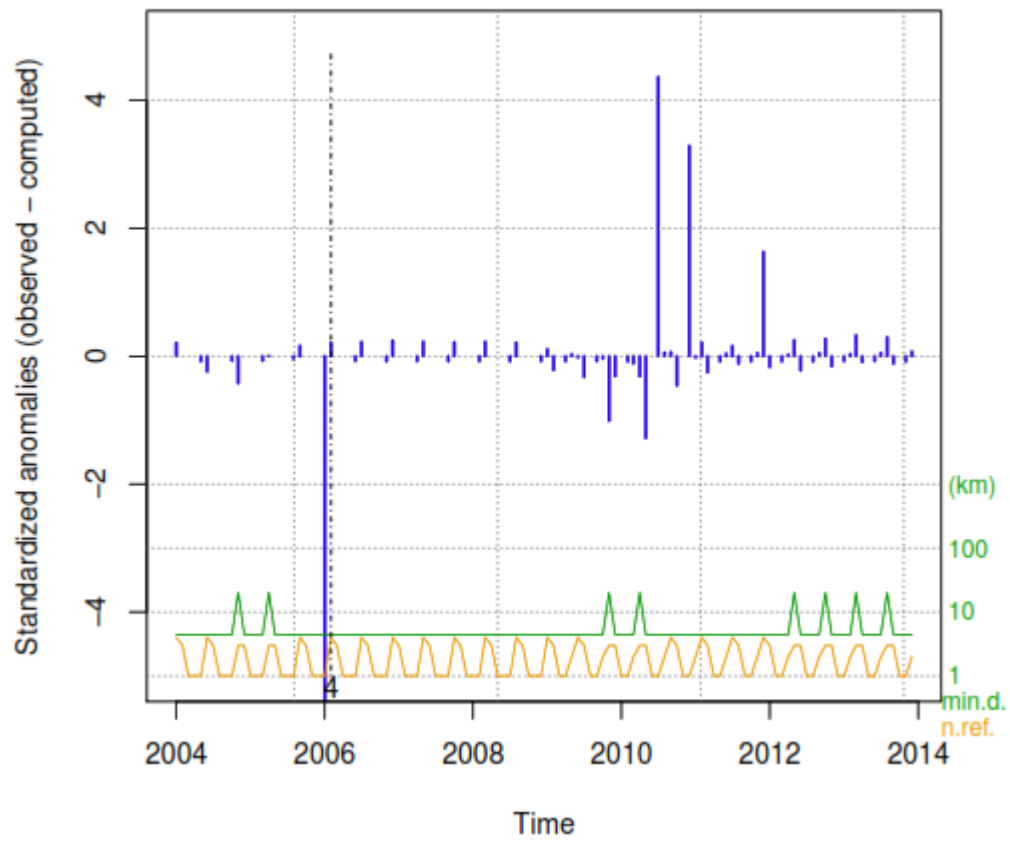
### CAUDAL2 2 (HA2D) Portoviejo en Picoazá



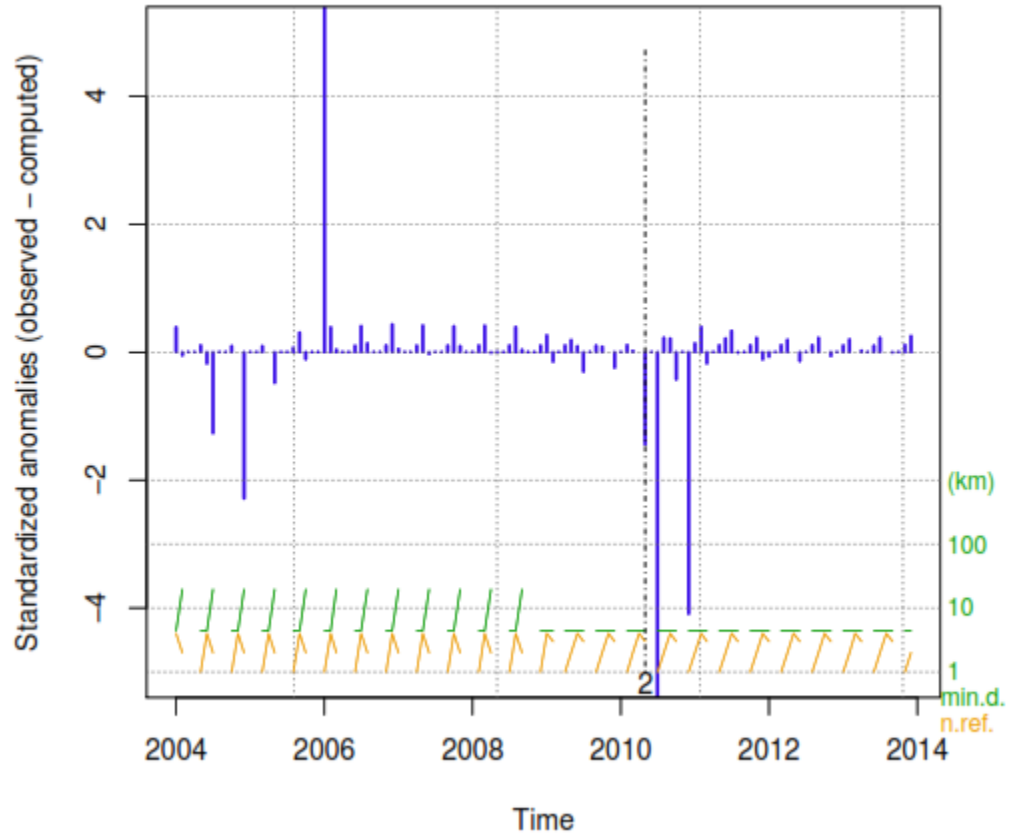
### CAUDAL2 3 (H266) Portoviejo en Guarumo



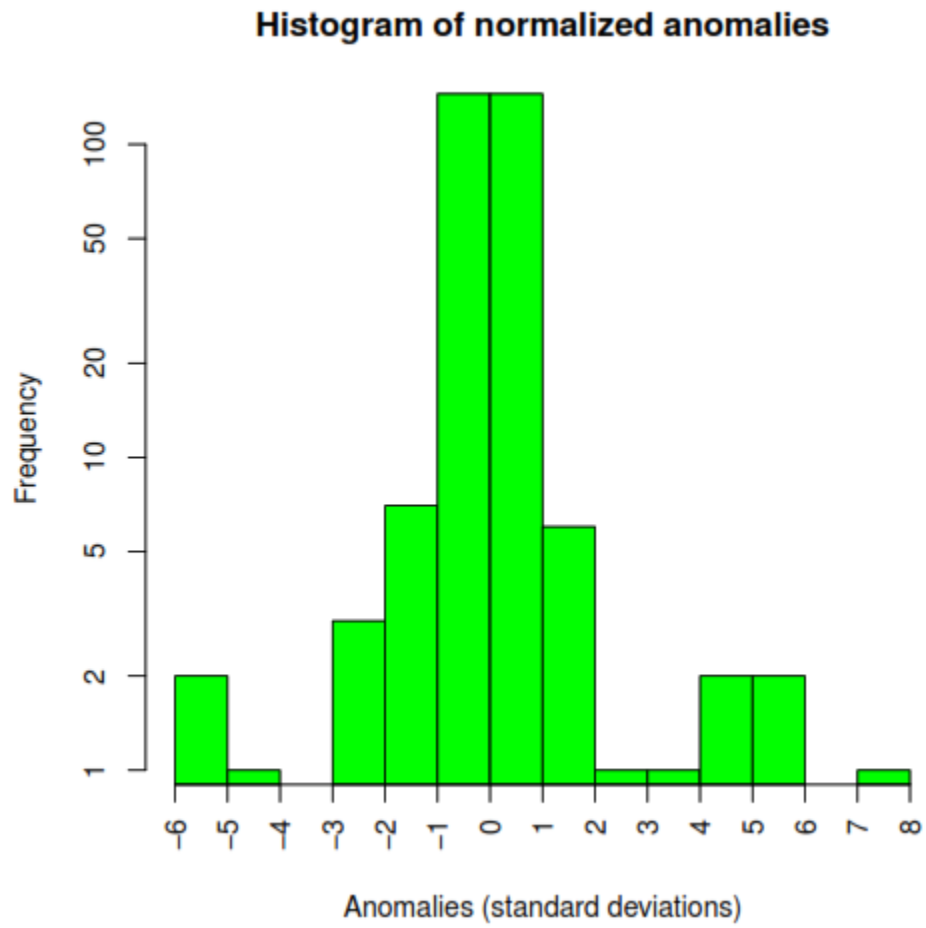
**CAUDAL2 4 (H273)**  
**Lodana en pte.carretera**



**CAUDAL2 5 (H267)**  
**Portoviejo en Santa Ana**

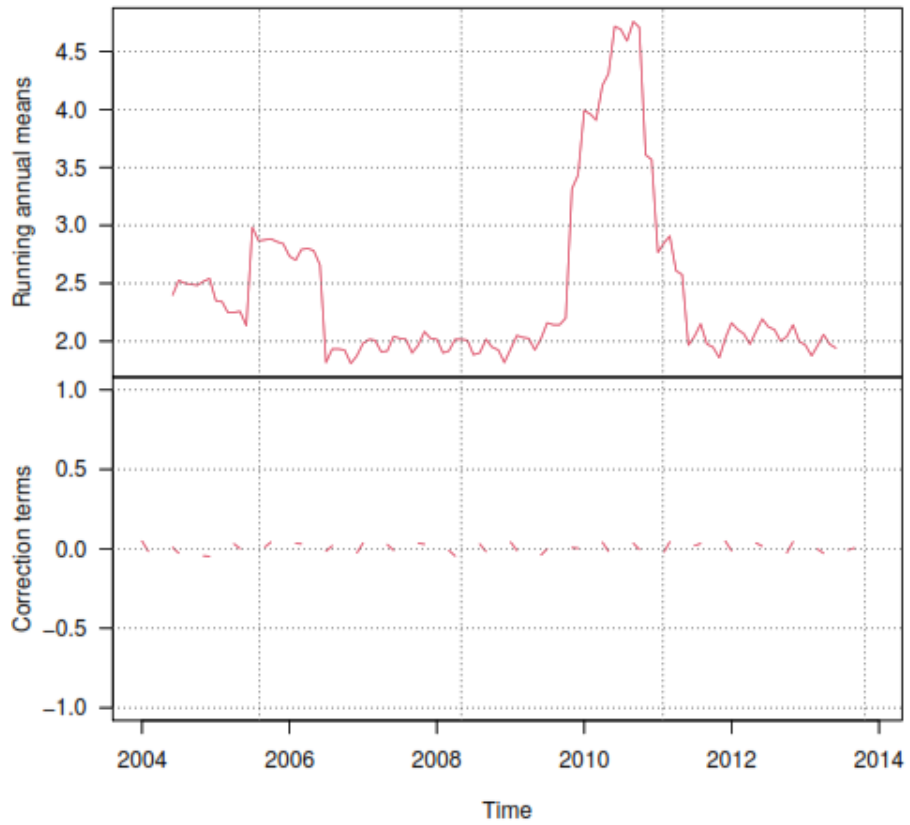


**Anexo 13:** Histograma de anomalías normalizadas para los datos de caudal medio mensual.

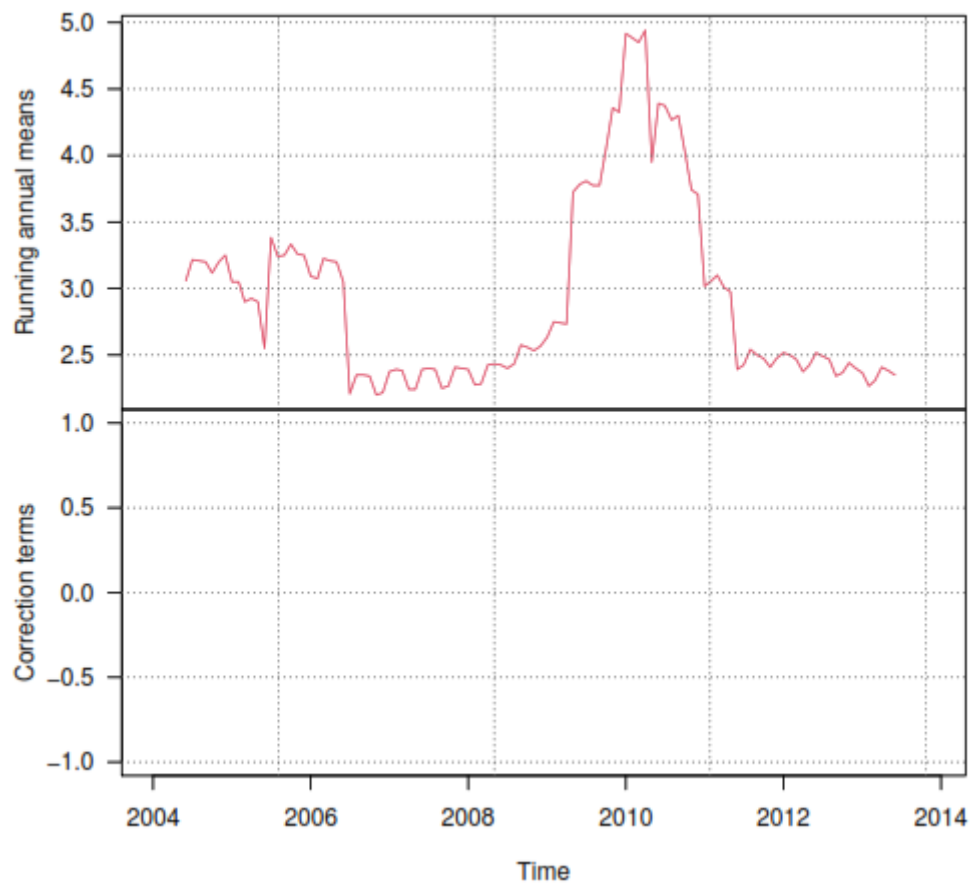


**Anexo 14:** Series ajustadas y correcciones aplicadas a los datos de caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s).

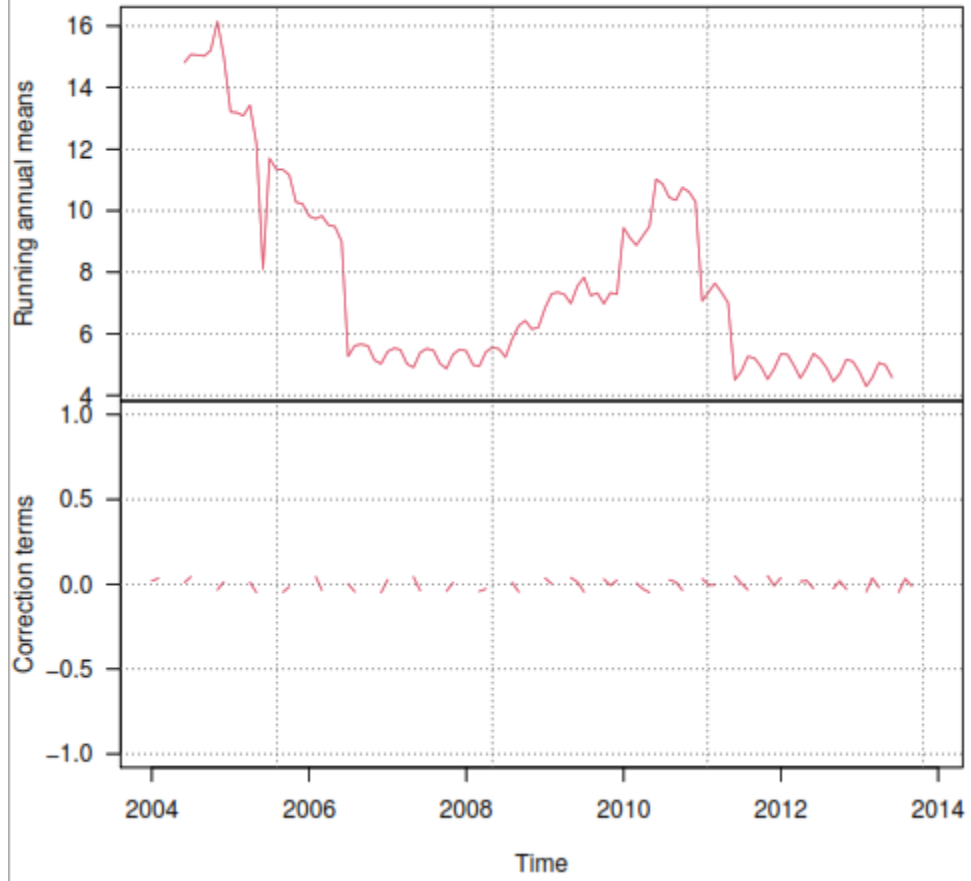
**CAUDAL2 1 (H272)**  
**Chico a.j. Portoviejo**



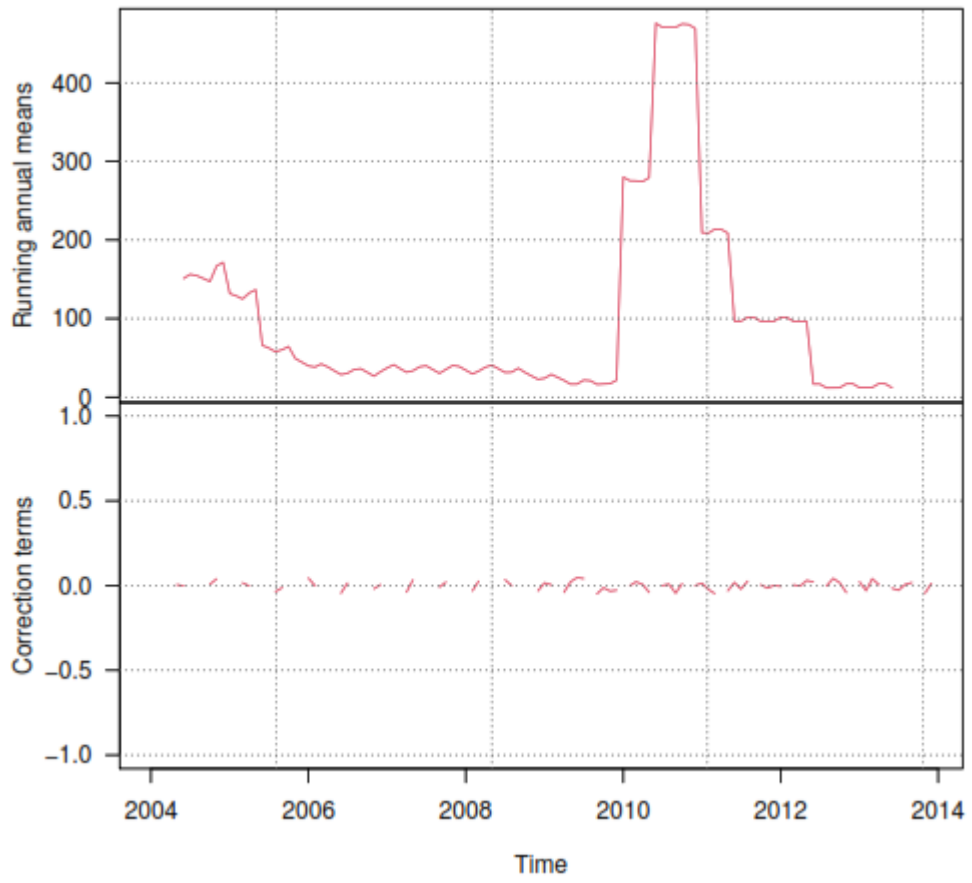
**CAUDAL2 2 (HA2D)**  
**Portoviejo en Picoazá**



**CAUDAL2 3 (H266)**  
**Portoviejo en Guarumo**



**CAUDAL2 4 (H273)**  
**Lodana en pte.carretera**



**CAUDAL2 5 (H267)**  
**Portoviejo en Santa Ana**

