

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Tipología de Ríos en el Ecuador:
Análisis del régimen del caudal**

Artículo Académico

Camila Belén Flores Rendón

Ingeniería Ambiental

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Ambiental

Quito, 29 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Tipología de Ríos en el Ecuador: Análisis del régimen del caudal

Camila Belén Flores Rendón

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Andrea C. Encalada, Ph.D

Firma del profesor

Nombre del profesor, Título académico

Valeria Ochoa-Herrera, Ph.D

Firma del profesor

Quito, 29 de mayo de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Camila Belén Flores Rendón

Código:

00123808

Cédula de Identidad:

1718178377

Lugar y fecha:

Quito, 29 de mayo del 2019

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mis agradecimientos a Andrea, Xavier y Valeria, mis tutores en esta investigación, por todo su tiempo, apertura, dedicación y sobretodo por brindarme la oportunidad única de trabajar con ellos.

A mis profesores de Ingeniería Ambiental gracias a quienes he adquirido herramientas valiosas para realizar este trabajo de investigación.

Agradezco también a mi familia por todo su apoyo todos los días. Especialmente a mi hermana y a mi sobrina por ser un ejemplo a seguir. Quiero dar las gracias a Javier por brindarme su amor incondicional y a mis amigos por estar siempre para mí.

RESUMEN

Conocer el comportamiento hidrológico de los ríos y su caudal de agua permite establecer una línea base para la gestión de los recursos hídricos. Además, permite relacionar el régimen hidrológico con la biodiversidad acuática, los procesos ecológicos que estos median y los servicios ambientales que estos proveen tanto a nivel local como regional. Esta investigación busca establecer una clasificación de ríos en el Ecuador para relacionarla con procesos ecológicos claves en base a hidrogramas multianuales que analizan los regímenes de caudal. Aplicamos un método de clasificación inductivo, basado en datos de caudal diario medidos en el campo por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en diferentes estaciones hidrológicas ubicadas en la Costa, Sierra y Amazonía ecuatoriana. Los datos pasaron por procesos de limpieza, relleno de datos y homogenización, a través de la herramienta CLIMATOL en el software R con el fin de obtener series homogéneas para el cálculo de indicadores hidrológicos. Calculamos un total de 73 indicadores de alteración hidrológica y de caudal ecológico obtenidos mediante el software IHA (Indicators of Hydrological Alteration) de The Nature Conservancy, el cual facilita el análisis del comportamiento hidrológico con aplicaciones ecológicas. En base al análisis de datos proponemos dos escenarios para la selección de indicadores: i) a través de varios análisis de componentes principales y ii) elegidos tomando como referencia estudios previos. A través de agrupaciones Bray & Curtis (PRIMER software ©), se establecieron diferentes tipos hidrológicos de ríos en el Ecuador. En los dos escenarios propuestos se encontraron 9 tipos de ríos. Se destacan los ríos de la costa con alta estacionalidad, con períodos de crecidas fuertes en Enero, Febrero y Marzo, mientras los ríos de la Amazonía muestran estacionalidad menos marcada y crecidas muy grandes a través de todo el año. Los ríos Andinos muestran dos picos claros de crecimiento a lo largo del año. Estos datos serán utilizados para validarlos con mapas de regionalización de ríos (método deductivo) y luego se los relacionará con la biodiversidad acuática presente para hipotetizar sobre las posibles relaciones del régimen del caudal con las tasas de procesos ecológicos claves en los diferentes tipos de ríos en el país.

Palabras clave: caudal, ríos, indicadores hidrológicos, tipología, Ecuador

ABSTRACT

Knowing the hydrological behavior of rivers and their discharge of water flow of water allows establishing a critical baseline for water resources management. In addition, it allows to relate the hydrological regime with the aquatic biodiversity, the ecological processes they mediate and the environmental services they maintain both at a local and regional level. This research seeks to establish a river classification in Ecuador in order to relate it to key ecological processes based on multi-year hydrographs that analyze flow regimes. We apply an inductive classification method, based on daily flow data measured in the field by the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI) in different hydrological stations located in the Ecuadorian regions: Costa, Sierra, Amazonía. The data went through cleaning, gap filling and homogenization processes, through the CLIMATOL a tool in the software R in order to obtain homogeneous series for the calculation of hydrological indicators. We calculated a total of 73 indicators of hydrological alteration and ecological flow obtained through the IHA (Indicators of Hydrological Alteration) software from The Nature Conservancy, which facilitates the analysis of hydrological behavior with ecological applications. Two scenarios are proposed: selection of indicators through several analysis of main components and selection of indicators in reference to previous studies. Through Bray & Curtis similarity analysis (PRIMER software ©), different hydrological river types were established in Ecuador. In the two scenarios, 9 types of rivers were found. The rivers of the coast with high seasonality stand out, with periods of strong floods in January, February and March, while the rivers of the Amazonía show less marked seasonality and very large floods throughout the year. The Andean rivers show two clear peaks of growth throughout the year. These data will be used to validate them with maps of river regionalization (deductive method) and then relate them to the aquatic biodiversity present to hypothesize about the possible relationships of the flow regime with the rates of key ecological processes in the different types of rivers in the country.

Keywords: flow, rivers, hydrological indicators, typology, Ecuador

Tabla de Contenido

1. Resumen.....	10
2. Introducción.....	12
3. Metodología.....	17
4. Resultados y discusión	23
5. Conclusiones.....	34
6. Referencias.....	36
7. Anexos.....	38

Índice de Figuras

1. Figura 1. Métodos para la clasificación de ríos.....	15
2. Figura 2. Tipología de ríos en Ecuador propuesta por Auerbach, et al.....	16
3. Figura 3. Tipología de ríos en Ecuador propuesta por FEOW.....	16
4. Figura 4. Área de estudio - Ubicación de las estaciones hidrológicas de INAMHI en Ecuador.....	18
5. Figura 5. Disponibilidad de estaciones en el análisis.....	23
6. Figura 6. Análisis de componentes principales - 73 indicadores.....	24
7. Figura 7. Análisis de componentes principales - 37 indicadores.....	24
8. Figura 8. Análisis de componentes principales - 19 indicadores.....	25
9. Figura 9. Análisis de grupos – Escenario 1	27
10. Figura 10. Mapa de la clasificación de ríos en el Ecuador Escenario 1.....	29
11. Figura 11. Análisis de grupos – Escenario 2.....	30
12. Figura 12. Mapa de la clasificación de ríos en el Ecuador Escenario 2.....	33

Índice de Tablas

1. Tabla 1. Análisis de componentes principales Escenario 1.....	26
2. Tabla 2. Componentes principales Escenario 1.....	26
3. Tabla 3. Componentes principales Escenario 2.....	26
4. Tabla 4. Tipología de ríos Escenario 1.....	28
5. Tabla 5. Tipología de ríos Escenario 2.....	32

Tipología de Ríos en el Ecuador: Análisis del régimen del caudal

1. RESUMEN

Conocer el comportamiento hidrológico de los ríos y su caudal de agua permite establecer una línea base para la gestión de los recursos hídricos. Además, permite relacionar el régimen hidrológico con la biodiversidad acuática, los procesos ecológicos que estos median y los servicios ambientales que estos proveen tanto a nivel local como regional. Esta investigación busca establecer una clasificación de ríos en el Ecuador para relacionarla con procesos ecológicos claves en base a hidrogramas multianuales que analizan los regímenes de caudal. Aplicamos un método de clasificación inductivo, basado en datos de caudal diario medidos en el campo por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en diferentes estaciones hidrológicas ubicadas en la Costa, Sierra y Amazonía ecuatoriana. Los datos pasaron por procesos de limpieza, relleno de datos y homogenización, a través de la herramienta CLIMATOL en el software R con el fin de obtener series homogéneas para el cálculo de indicadores hidrológicos. Calculamos un total de 73 indicadores de alteración hidrológica y de caudal ecológico obtenidos mediante el software IHA (Indicators of Hydrological Alteration) de The Nature Conservancy, el cual facilita el análisis del comportamiento hidrológico con aplicaciones ecológicas. En base al análisis de datos proponemos dos escenarios para la selección de indicadores: i) a través de varios análisis de componentes principales y ii) elegidos tomando como referencia estudios previos. A través de agrupaciones Bray & Curtis (PRIMER software ©), se establecieron diferentes tipos hidrológicos de ríos en el Ecuador. En los dos escenarios propuestos se encontraron 9 tipos de ríos. Se destacan los ríos de la costa con alta estacionalidad, con períodos de crecidas fuertes en Enero, Febrero y Marzo, mientras los ríos de la Amazonía muestran estacionalidad menos marcada y crecidas muy grandes a través de todo el año. Los ríos Andinos muestran dos picos claros de crecimiento a lo largo del año. Estos datos serán utilizados para validarlos con mapas de regionalización de ríos (método deductivo) y luego se los relacionará con la biodiversidad acuática presente para hipotetizar sobre las posibles relaciones del régimen del caudal con las tasas de procesos ecológicos claves en los diferentes tipos de ríos en el país.

Palabras clave: caudal, ríos, indicadores hidrológicos, tipología, Ecuador

ABSTRACT

Knowing the hydrological behavior of rivers and their discharge of water flow of water allows establishing a critical baseline for water resources management. In addition, it allows to relate the hydrological regime with the aquatic biodiversity, the ecological processes they mediate and the environmental services they maintain both at a local and regional level. This research seeks to establish a river classification in Ecuador in order to relate it to key ecological processes based on multi-year hydrographs that analyze flow regimes. We apply an inductive classification method, based on daily flow data measured in the field by the National Institute of Meteorology and Hydrology (INAMHI) in different hydrological stations located in the Ecuadorian regions: Costa, Sierra, Amazonía. The data went through cleaning, gap filling and homogenization processes, through the CLIMATOL a tool in the software R in order to obtain homogeneous series for the calculation of hydrological indicators. We calculated a total of 73 indicators of hydrological alteration and ecological flow obtained through the IHA (Indicators of Hydrological Alteration) software from The Nature Conservancy, which facilitates the analysis of hydrological behavior with ecological applications. Two scenarios are proposed: selection of indicators through several analysis of main components and selection of indicators in reference to previous studies. Through Bray & Curtis similarity analysis (PRIMER software ©), different hydrological river types were established in Ecuador. In the two scenarios, 9 types of rivers were found. The rivers of the coast with high seasonality stand out, with periods of strong floods in January, February and March, while the rivers of the Amazonía show less marked seasonality and very large floods throughout the year. The Andean rivers show two clear peaks of growth throughout the year. These data will be used to validate them with maps of river regionalization (deductive method) and then relate them to the aquatic biodiversity present to hypothesize about the possible relationships of the flow regime with the rates of key ecological processes in the different types of rivers in the country.

Keywords: flow, rivers, hydrological indicators, typology, Ecuador

2. INTRODUCCIÓN

Los ríos y riachuelos son ecosistemas de agua dulce en constante cambio, éstos cubren una superficie promedio de $773\,000\text{ km}^2$ que representan el 0.01% del agua dulce existente en el planeta tierra (Allen & Pavelsky, 2018). Estos ecosistemas son el hábitat de al menos 100000 especies de flora y fauna a nivel mundial (Dudgeon et al, 2005). Los ríos se caracterizan principalmente por tener un caudal variable, esto se debe a distintos factores tales como: dimensión, temperatura, precipitación, geomorfología, alteraciones antropogénicas, entre otros (Poff et al, 1997). En cambio, los riachuelos se definen esencialmente por un caudal y dimensión reducidos, además de ser aportantes habituales de un río (Kampf et al, 2018).

Históricamente, los ríos han sido la cuna de asentamiento de civilizaciones humanas, convirtiéndolos en fuentes de importancia alimentaria, económica, energética y desarrollo cultural, y a lo largo del tiempo esto ha ocasionado un impacto ambiental irreversible. Por esto, es indispensable obtener información constante del estado de salud de ríos y riachuelos, con el fin de establecer medidas adecuadas para su manejo, protección y clasificación (Poff et al, 2003).

El manejo adecuado de los ríos, en general, está ligado al estudio de parámetros físico químicos para establecer estándares de calidad, especialmente en los niveles de caudal. Se conoce como caudal al volumen de agua en un determinado tiempo. El caudal varía en diferentes escalas temporales, que pueden ir desde horas hasta años, por cual se requiere información histórica para establecer patrones en su comportamiento. Una vez identificados los patrones naturales, se puede reconocer caudales máximos y mínimos que se asocian con varias funciones ecológicas (Poff et al, 2003).

Dentro de las funciones ecológicas más importantes se encuentra: el transporte de sedimentos, la disponibilidad de alimento, el establecimiento de nuevas especies, etc. Evidenciando de esta manera una estrecha correlación entre el mantenimiento de la biodiversidad nativa y la integridad de los ecosistemas ribereños (Poff et al, 1997). Una vez establecidas las condiciones antes mencionadas se puede hablar de protección de cuerpos de agua dulce. Un ejemplo de esto es el caudal ecológico, el cual busca establecer la cantidad de caudal requerida en un río para mantener las funciones ecosistémicas, y al mismo tiempo satisfacer la necesidad antropogénica del recurso agua.

Sudamérica dispone del 42 % de agua dulce del total las reservas en el planeta (FAO, 2016); sin embargo, enfrenta actividades antropogénicas como: construcción de infraestructura hidroeléctrica, uso en el sector agrícola y demanda de consumo de agua potable, entre otras. Estas actividades generan un impacto directo en el caudal natural de los ríos, alterando su dinámica. Para evitar esta alteración, se puede implementar el uso de un caudal ecológico con el fin de mantener las condiciones del río de una manera sostenible (Anderson et al, 2011).

En vista de que la relación entre el caudal y el funcionamiento ecológico es crítica, es imperativo desarrollar un sistema de clasificación de ríos de acuerdo a sus características hidrológicas y ambientales. Los tipos de ríos tienen diversas aplicaciones: permiten entender la biodiversidad existente, comparar la disponibilidad de recursos de agua dulce a nivel local e internacional, diseñar redes de monitoreo, conocer más acerca del comportamiento ecosistemas ribereños, entender patrones ecológicos en lugares donde la información histórica es escasa, entre otras (Dallaire, 2018).

Por otro lado, existen métodos desarrollados para la clasificación de ríos con dos enfoques: deductivo e inductivo, estos se aplican de acuerdo a la disponibilidad de datos y a

las aplicaciones necesarias. El enfoque deductivo se utiliza cuando los datos de caudal modelados o medidos en campo son escasos. Olden et al, 2012, presenta tres formas de principales de agrupación: regionalización ambiental, regionalización hidrológica y clasificación ambiental.

- La regionalización ambiental considera parámetros como las cuencas hidrológicas y su ubicación espacial para agrupar a los ríos.
- La regionalización hidrológica se basa en la agrupación regional por datos hidrológicos modelados en base a sitios con datos reales medidos.
- La clasificación ambiental establece tipos de ríos por sus semejanzas físicas y climáticas, considerando aspectos como: topología, geografía y clima.

El enfoque inductivo presenta la opción de clasificar ríos por su semejanza hidrológica basándose en el caudal, que representa la variable más crítica (Olden et al, 2012). El régimen de caudal se define por cinco componentes: magnitud (cantidad del agua en un determinado tiempo), frecuencia (cantidad de veces que ocurre un evento de caudal), momento (fecha de un evento de caudal), duración (periodo de tiempo de un evento de caudal) y tasa de cambio (cuán rápido cambia una magnitud de caudal a otra). Estos componentes se ven reflejados en indicadores hidrológicos tales como: medias mensuales, picos máximos, fechas de caudal máximo, tasas de subida de caudal, entre otros (Poff et al, 1997).

A nivel mundial, se han desarrollado clasificaciones de ríos gruesas y finas partiendo de los enfoques inductivo y deductivo previamente mencionados. Un ejemplo de clasificación deductiva es la propuesta por The Nature Conservancy: *Freshwater Ecoregions of the World* (FEOW). FEOW provee una regionalización biogeográfica mundial de ecosistemas de agua dulce, la cual permite una primera categorización gruesa con fines de conservación, esta se podría considerar como una clasificación ambiental (FEOW, 2018). Un ejemplo aplicado es el

caso de Australia, en donde se realizó una regionalización hidrológica con datos de 830 estaciones hidrológicas, sintetizados en 120 indicadores hidrológicos en base a los cuales se identificaron 12 tipos de ríos en todo el país (Kennard et al, 2009).

En el caso específico de Ecuador, se destacan dos clasificaciones hidrológicas deductivas: la clasificación de FEOW (Figura 3) y la clasificación propuesta por Auerbach, et al. (2016) (Figura 2). Sin embargo, no existe ninguna clasificación realizada con el método inductivo. Según FEOW, el Ecuador tiene 4 de las 12 clases de ecosistemas acuáticos, estos son: “North Andean Pacific Slopes, Amazon Lowlands, Amazon High Andes y Western Amazon Piedmont” (FEOW, 2015). Sin embargo, según la investigación desarrollada por Auerbach et al (2016): *Towards Catchment Classification in Data-scarce Regions*, basada en atributos topográficos, climáticos, de tipo de suelo, precipitación, entre otros, se identificaron 23 clasificaciones para los ríos del Ecuador (Auerbach et al, 2016).

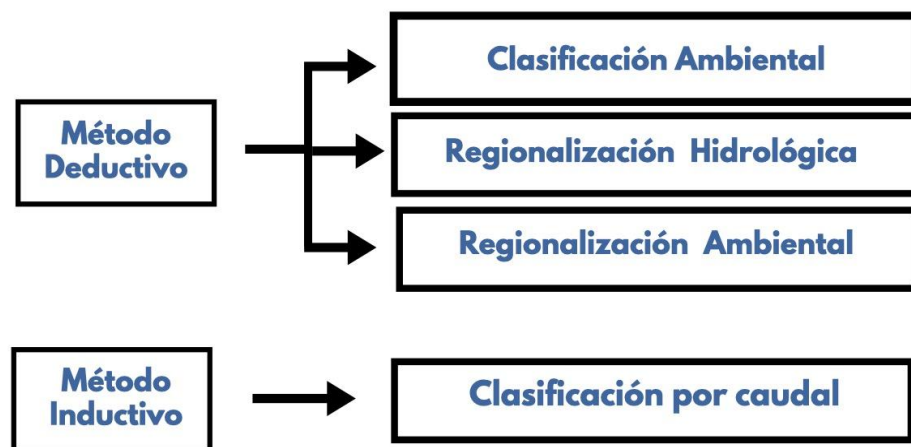


Figura 1. Métodos para la Clasificación de ríos (Olden, 2012).

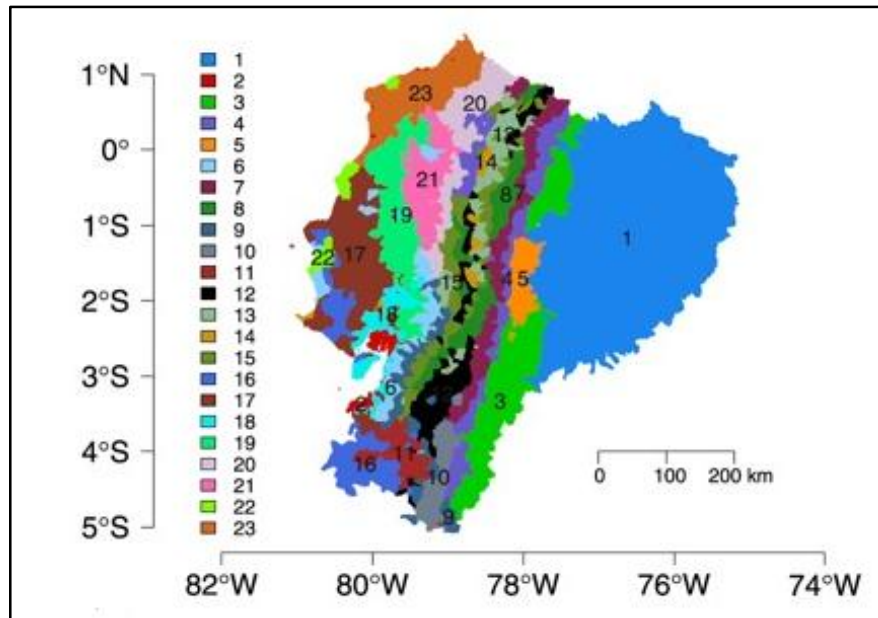


Figura 2. Tipología de Ríos en Ecuador (Fuente: Auerbach et al, 2016).

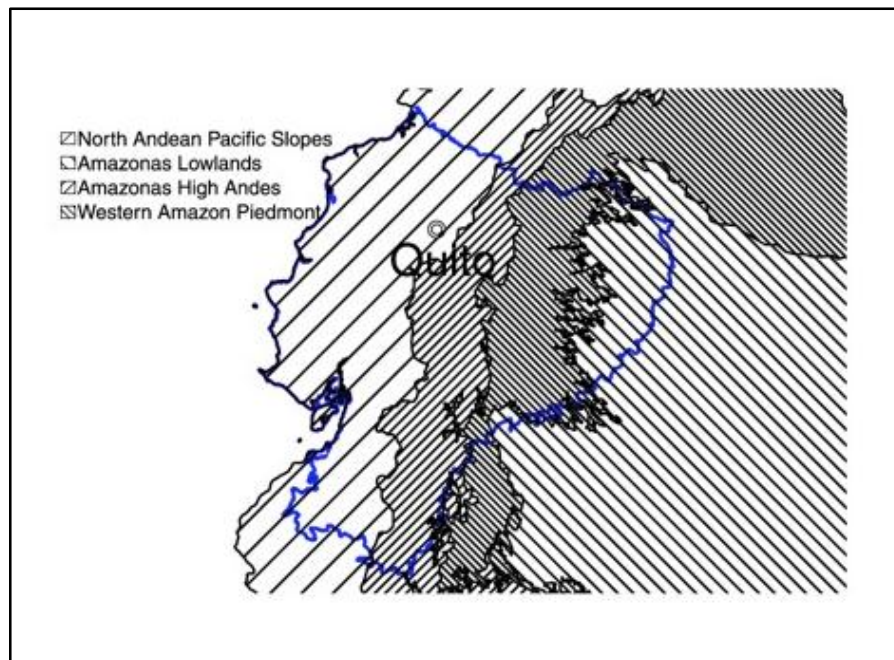


Figura 3. Tipología de Ríos en Ecuador propuesta FEOW (Fuente: FEOW, 2015).

En este contexto, la presente investigación propone una clasificación pionera de ríos en el Ecuador, mediante el método inductivo descrito por Olden et al (2012) en *A framework for hydrologic classification with a review of methodologies and applications in ecohydrology*

(Olden et al, 2012) . Para lo cual a continuación se analiza series de datos de caudal, tomados en estaciones hidrológicas a lo largo de la Sierra, Costa y Amazonía ecuatoriana por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), proporcionando de esta manera, una propuesta de indicadores hidrológicos claves para esta clasificación en base a dos escenarios de análisis .

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

Ecuador está ubicado en la costa noroccidental de América del Sur y posee un área de 255 586 km^2 (INEC, 2018). El país consta de características geográficas, geopolíticas, topográficas, climáticas y meteorológicas únicas en el planeta, lo cual deriva en la proliferación natural de vida, haciéndolo uno de los sitios más mega diversos alrededor del mundo (Bravo, 2013).

Este estudio se refiere a las características físicas de un conjunto de ríos ubicados en las regiones Costa, Sierra y Amazonía presentados en la Figura 4.

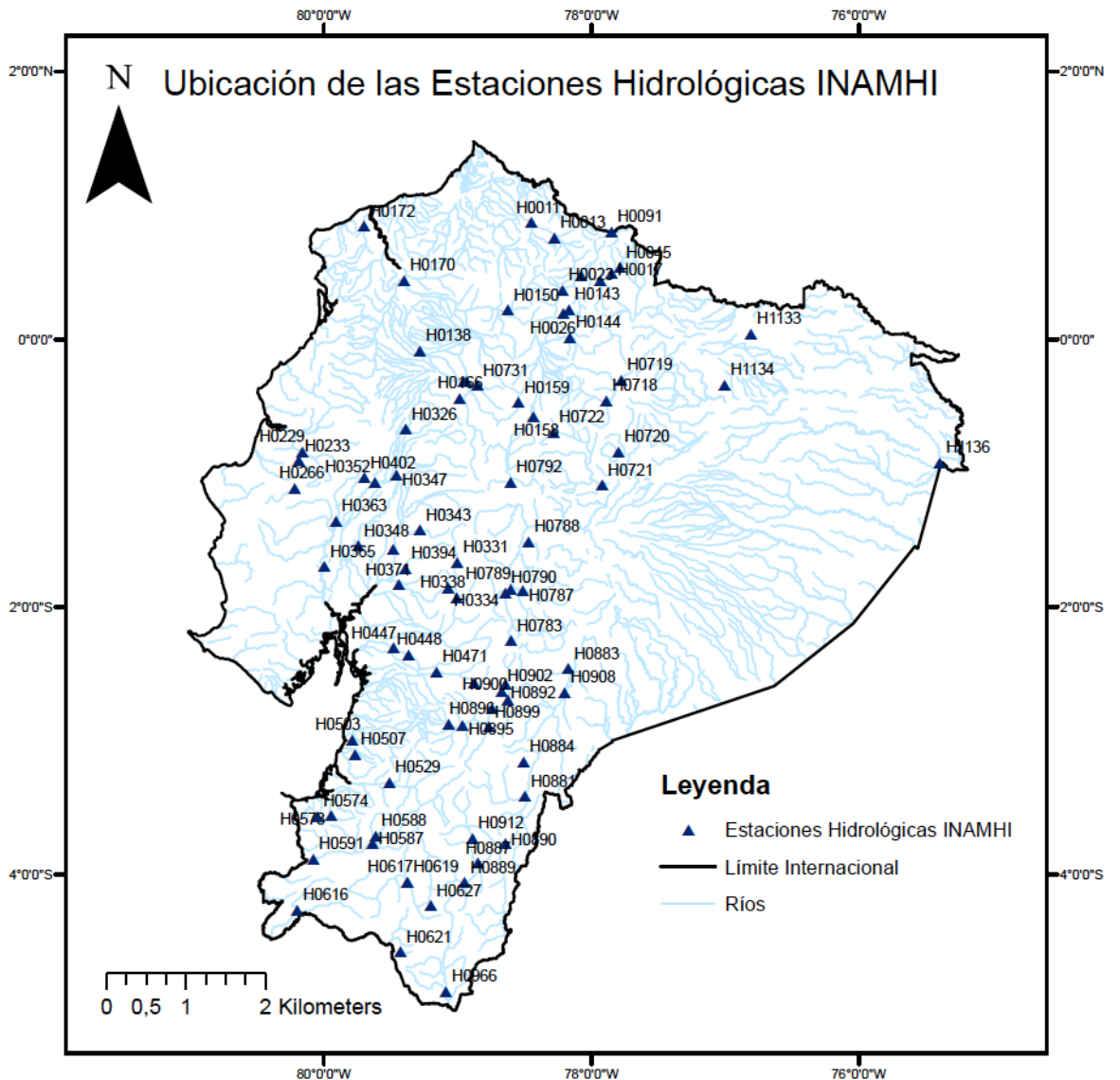


Figura 4. Área de estudio - Ubicación de las Estaciones Hidrológicas INAMHI en Ecuador (Elaborado por Flores, 2019).

3.2 Datos de entrada

El monitoreo nacional hidrológico en Ecuador está a cargo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) fundado en 1961, este lleva un registro de los datos hidrológicos y meteorológicos del país. INAMHI cuenta con una red de estaciones hidrológicas de dos tipos: automáticas y convencionales las cuales proveen de datos diarios del nivel de los ríos. Las estaciones automáticas empezaron su funcionamiento en el 2014, operan con sensores

radar los cuales envían una señal con transmisión por el satélite Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) propiedad de la Agencia Espacial Norteamericana (NASA).

Los datos obtenidos en campo del nivel de los ríos, son transformados a datos de caudal por medio de curvas de caudal. Hace algunos años existían las estaciones convencionales con sensores por presión hidrostática; así como también, estaciones con limnómetros que se basaban en las medidas de nivel dadas por observadores aledaños a las estaciones, sin embargo estas están fuera de funcionamiento.

En la presente investigación se utilizó los datos de caudal de 90 estaciones hidrológicas del INAMHI cuya ubicación se observa en la Figura 4 y en el *Anexo 1. Estaciones hidrológicas INAMHI en Ecuador*.

3.3 Tratamiento de datos

Se realizó un análisis inicial de los datos disponibles en un período de 52 de años, a partir de 1963 al 2015 en 105 estaciones hidrológicas del INAMHI. Se identificaron los años con al menos el 80% de datos comprendidos en 365 días de muestreo, por lo cual se escogieron los datos de 90 de las 105 estaciones. Después, se completaron los datos faltantes ($\pm 20\%$) empleando ecuaciones de regresión lineales y polinómicas de mejor ajuste con un $R^2 \geq 0.8$, entre la estación con datos faltantes y la estación más cercana con datos disponibles en una fecha determinada. Complementariamente, se realizó una revisión manual del comportamiento esperado de la serie.

A partir de esto, se conformó la homogenización de datos mediante el uso de la herramienta CLIMATOL (*paquete del software R (3.5.2)*) utilizado para el tratamiento de datos y resúmenes estadísticos en series climatológicas e hidrológicas. La homogenización permitió eliminar los datos atípicos de la serie final. En el *Anexo 2* se puede revisar información de descarga de la herramienta CLIMATOL.

3.4 Indicadores Hidrológicos

Se calcularon indicadores hidrológicos de datos de caudal de 90 estaciones previamente seleccionadas, por medio de la aplicación *Indicators of Hydrologic Alteration* (IHA) versión 7.1 de The Nature Conservancy. Los indicadores de IHA representan a los cinco componentes principales del caudal: magnitud, frecuencia, tasa de cambio, duración y momento (Poff, 1997) y se dividen en 10 grupos:

1. Magnitud de las condiciones hidrológicas mensuales
2. Magnitud de las condiciones hidrológicas extremas
3. Momento de las condiciones hidrológicas extremas
4. Frecuencia y duración de los pulsos altos y bajos
5. Tasa y frecuencia de las condiciones hidrológicas extremas
6. Caudales bajos mensuales
7. Caudales extremadamente bajos
8. Pulsos de caudal alto
9. Inundaciones pequeñas
10. Inundaciones grandes

Estos grupos se describen en detalle en el *Anexo 7*.

La aplicación IHA, se desarrolló con el fin de facilitar análisis hidrológicos con fines ecológicos. Finalmente se obtuvieron 73 indicadores de alteración hidrológica y de caudal ecológico (The Nature Conservancy, 2011).

Para el análisis en IHA, se realizaron estadísticas paramétricas (media/desviación estándar), se ocupó un año hidrológico desde el 1 de enero al 31 de diciembre y se importaron las series de caudal rellenas y homogéneas en unidades de m^3/s .

3.5 Selección de indicadores

Para la selección de indicadores más representativos en las series de caudal, se plantearon dos escenarios:

- **Escenario 1**

En el Escenario 1, la selección de indicadores se realizó mediante tres análisis de componentes principales (PCA) utilizando el software *Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research Primer 6* (© PRIMER-E Ltd, 2006). Los PCA son análisis estadísticos multivariados los cuales permiten reducir la dimensión de una matriz de n variables, manteniendo las variables con mayor importancia en la matriz (Hubert, 2003). Para realizar el análisis PCA es necesario normalizar previamente los indicadores. Durante el análisis de clasificación hidrológica, el PCA permite identificar los indicadores con una contribución importante en la variabilidad de los regímenes de caudal (Berhanu et al, 2015).

En Ecuador, dada la diversidad de sus pisos altitudinales y la presencia de la Cordillera de los Andes se presentan gran cantidad de ecosistemas. Es por eso que en el análisis se incluyó un factor correspondiente al ecosistema al que pertenece cada estación según su altura y estos se clasifican en: *llanura costera* presentan una altura que va desde 0 - 500 msnm, el *pedemonte de la costa* va desde 500-1000 msnm, el *bosque montano de la costa* va de 1000-3000 msnm, estos ecosistemas se ubican al este de la Cordillera de los Andes.

De la misma manera, la *llanura amazónica* presenta una altura de 0-500 msnm, el *pedemonte amazónico* va de 500-100 msnm, el *bosque montano amazónico* va de 1000-3000 msnm, estos ecosistemas se encuentran al oeste de la Cordillera de los Andes. Además, dentro de los ecosistemas característicos en donde se encuentran las estaciones hidrológicas, se presenta el *páramo* en un rango altitudinal que cubre los ecosistemas mayores a 3000 msnm.

- **Escenario 2**

En el Escenario 2, se identificaron los indicadores hidrológicos principales con respecto a los componentes más relevantes del caudal: magnitud, frecuencia, momento, tasa de cambio y duración (Poff, 1997). La selección se basó en un análisis bibliográfico sobre varios ejercicios de clasificación realizada en otros países tales como: Estados Unidos, Etiopia y Australia (Kennard et al, 2009).

3.6 Análisis de grupos

El análisis de grupos es un método de clasificación que busca establecer conjuntos entre objetos, muestras, individuos, en este caso se aplica en las estaciones hidrológicas basándose en la similaridad de sus atributos. Los atributos de las estaciones son los indicadores hidrológicos calculados y existen varios métodos para realizarlo como: distancia euclidiana y similaridad de Bray Curtis. En este caso, se utilizó la similaridad de Bray Curtis ya que es el método de análisis de similitud más común que considera factores naturales en contraste a otros métodos que no los toman en cuenta (Clarke, 2006).

Los resultados de este análisis se presentan en un dendograma (diagrama de árbol que permite visualizar la relación de las estaciones en base a diferentes variables) (Quinn, 2002). Se presenta un análisis jerárquico, que parte de agrupaciones generales y consigue agrupaciones que superan el 90 % de similaridad. Se utilizaron los siguientes enfoques para el análisis de grupos:

- **Escenario 1**

Se realizaron agrupaciones promedio por medio del método de similaridad Bray-Curtis. Estableciendo las agrupaciones con un 85% de porcentaje de similitud.

- **Escenario 2**

Se realizaron agrupaciones promedio por medio del método de similitud Bray-Curtis. Estableciendo las agrupaciones con un 80% de porcentaje de similitud.

3.7 Representación en ArcGIS

Los tipos de ríos identificados en cada escenario se representaron en ArcGIS con el fin de visualizar una distribución espacial de las estaciones hidrológicas asignadas a cada grupo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tratamiento de datos

Cada estación tiene un número diferente de años de datos recuperados, presentando como mínimo 1 año y como máximo 42 años de datos analizados y en promedio 14 años. En la Figura 5, se observan la disponibilidad de estaciones en un inicio del análisis, en el tratamiento de datos y las estaciones analizadas escogidas para el análisis.

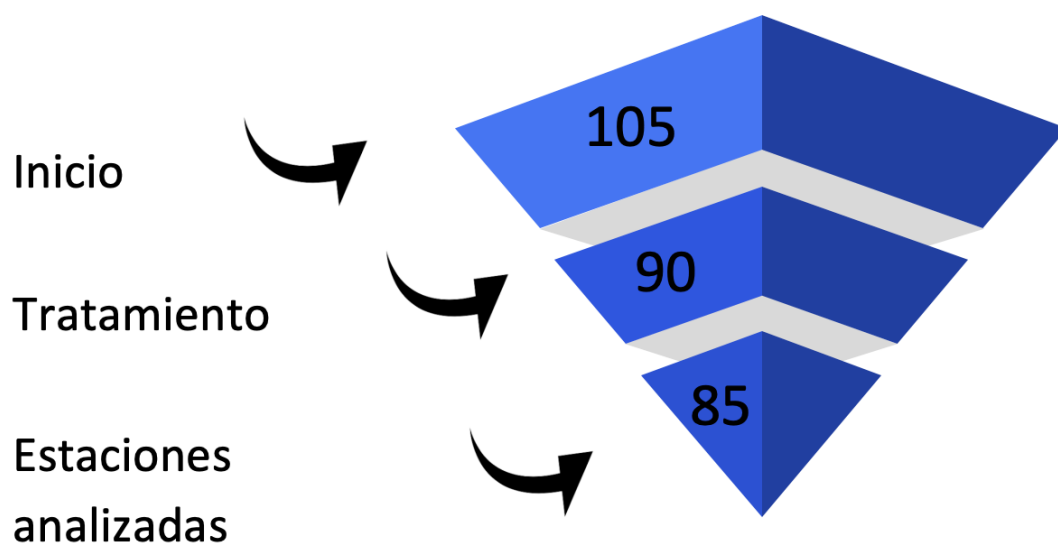


Figura 5. Disponibilidad de estaciones en el análisis (Elaborado por Flores, 2019).

4.2. Cálculo de indicadores

El software IHA permitió calcular un total de 73 indicadores hidrológicos en cada estación, cuyo detalle se adjunta en la sección anexos.

4.3. Selección de indicadores

A continuación, se presentan los resultados para cada análisis de componentes principales realizado para la selección de indicadores.

- **Escenario 1**

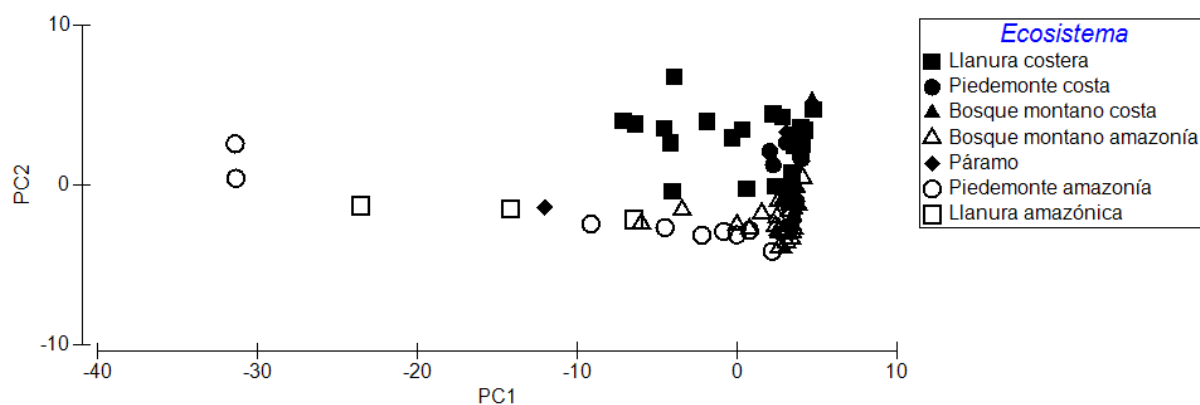


Figura 6. Análisis de componentes principales - 73 indicadores (Elaborado por Flores, 2019).

En la Figura 6, se presenta el análisis de componentes principales que incluye a los **73** indicadores hidrológicos obtenidos por IHA. Se observa cómo se agrupan las diferentes estaciones con respecto al eje central del PCA. Las estaciones amazónicas se presentan dispersas. A partir de este análisis, se reduce la matriz a **37** indicadores que presentan los mayores coeficientes en las combinaciones lineales de las variables.

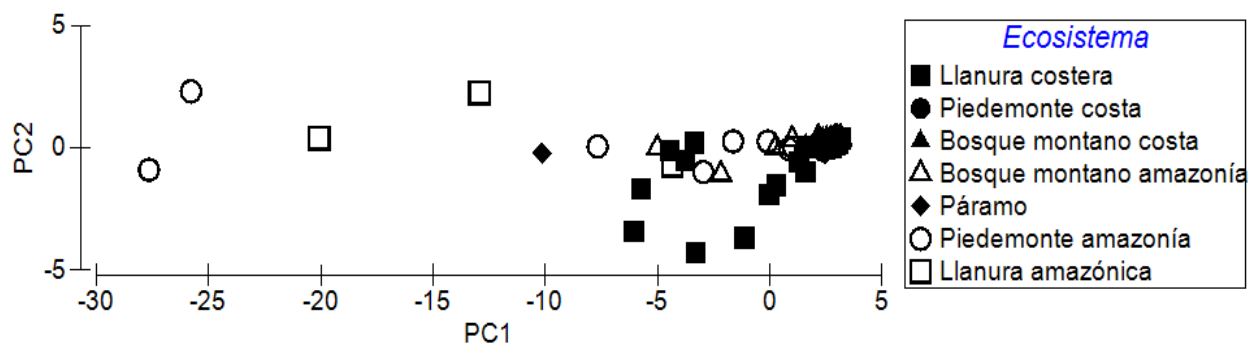


Figura 7. Análisis de componentes principales - 37 indicadores (Elaborado por Flores, 2019).

En la Figura 7, se presenta el análisis de componentes principales que incluye a los **37** indicadores hidrológicos obtenidos en el primer análisis. Las estaciones amazónicas se mantienen dispersas. A partir de este análisis, se reduce la matriz a **19** indicadores que presentan los mayores coeficientes en las combinaciones lineales de las variables.

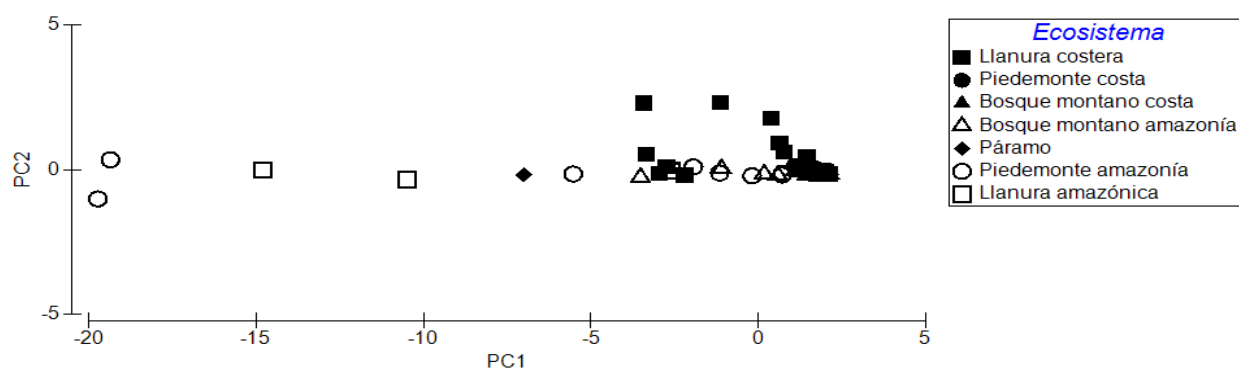


Figura 8. Análisis de componentes principales - 19 indicadores (Elaborado por Flores, 2019).

En la Figura 8, se presenta el análisis de componentes principales que incluye a los **19** indicadores hidrológicos obtenidos en el segundo análisis. A partir de este análisis, se reduce la matriz a **10** indicadores que presentan los mayores coeficientes en las combinaciones lineales de las variables.

PC	Valores eigen	% Variación	% Variación Acumulada
1	18.6	98	98
2	0.217	1.1	99.2

Indicador hidrológico	PC1
Media de octubre	0.231
90-días mínimo	0.231
Junio caudal bajo	0.231
Agosto caudal bajo	0.231
Septiembre caudal bajo	0.231
Octubre caudal bajo	0.231
Noviembre caudal bajo	0.231
Diciembre caudal bajo	0.231
Noviembre	0.23
Julio caudal bajo	0.23

En la Tabla 1 se observan los 10 indicadores seleccionados a partir del PCA en conjunto con el *Anexo 3*, mientras que en la Tabla 2 se presentan las características del PCA.

- **Escenario 2**

La Tabla 3, muestra los indicadores hidrológicos seleccionados para el Escenario 2 en referencia a estudios previos realizados, en conjunto con el *Anexo 4* dónde se encuentran los resultados de los indicadores para el presente escenario.

Variable	Autor
Número de días con caudal 0	Belete et al, 2015
Duración de inundaciones	Poff, Ward, 1989
Temporada de caudal alto	Belete et al, 2015
Picos de caudal alto	Poff, Olden, Pepin, 2006
Temporada de extremos bajos	Poff, Olden, Pepin, 2006
Picos de extremos bajos	Poff, Ward, 1989
Tasa de subida	Gao, Poff, Olden, 2009
Tasa de bajada	Poff, 1997
Conteo de pulsos bajos	Poff, Olden, Pepin, 2006
Conteo de pulsos altos	Poff, Ward, 1989

4.4 Análisis de grupos

A continuación se expondrá el análisis para el Escenario 1 y el Escenario 2, respectivamente.

- **Escenario 1**

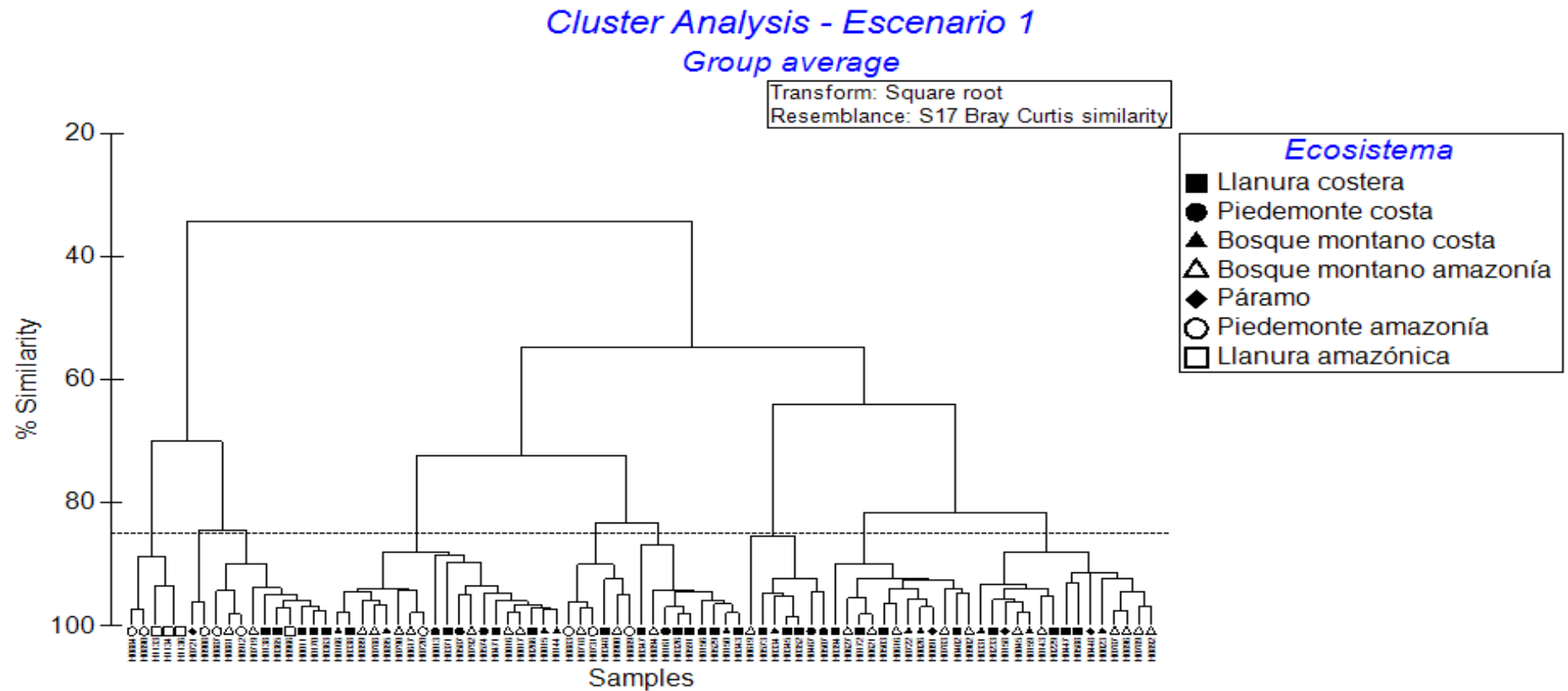


Figura 9. Análisis de grupos - Escenario 1 (Elaborado por Flores, 2019).

En base al Escenario 1, se obtuvieron **9** tipos de ríos para Ecuador, estas clasificaciones están basadas en los **10** parámetros del PCA obtenidos para el Escenario 1 y agrupan a **85** estaciones escogidas en el análisis. En la Tabla 4, se describe cada grupo.

Tabla 4. Tipología de ríos Escenario 1

Grupo	Estaciones	Ríos
1	H0884, H0890, H1133, H1134, H1136,	Zamora, Aguarico, Coca, Napo
2	H0721, H0908	Jatunyacu, Upano
3	H0887, H0881, H0912, H0719, H0138, H0365, H0966, H0011, H0170, H0363	Yacuambi, Bomboiza, Quijos, Blanco, Daule, Mayo, Mira, Guayabamba
4	H0166, H0338, H0899, H0788, H0895, H0790, H0617, H0720, H0013, H0371, H0587, H0792, H0574, H0471, H0016, H0017, H0266, H0015, H0144	Toachi, Chimbo, San Francisco, Puela, Tomebamba, Cebada, Arenal, Misahuallí, Mira, San Pablo, Pindo, Cutuchi, Arenillas , Cañar, Chola, Portoviejo, Granobles
5	H0883, H0718, H0731, H0348, H0900, H0889	Vinces, Quijos, Cosanga, Tutanangoza, Zamora, Paute
6	H0347, H0894, H0161, H0326, H0591, H0156, H0529, H0150	Quevedo, Babahoyo, Echeandía, Intag, Pilaton, Toachi, Jubones, Puyando, Paute
7	H0619, H0573, H507, H0467, H0352, H0345, H0334	Arenal, Cascay, Bonito, Vendeleche, Macul, Zapotal
8	H0902, H0783, H0722, H0627, H0621, H0616, H0503, H0402, H0394, H0172, H0091, H0026.	Dudas, Ozogoche, Yanahurco, Uchimba, Jorupe, Alamor, Tenguel, Congo, Embarcadero, Teone, Grande, Ambi
9	H0023, H0045, H0143, H0158, H0159, H0229, H0233, H0331, H0447, H0448, H0588, H0787, H0789, H0892, H0896	Ambi, Apaqui, Granobles, Pita, San Pedro, Carrisal, Tambo, Chimbo, Bulubulu, Payo, Amarillo, Alao, Guargalla, Mazar, Matadero

En base a una revisión de cada hidrograma multianual en las agrupaciones del Escenario 1, se identifican diferentes comportamientos anuales en los grupos dado que los indicadores en común representan en su mayoría al componente de magnitud. Esta clasificación se basa en caudales bajos y medias mensuales de los datos de caudal analizados.

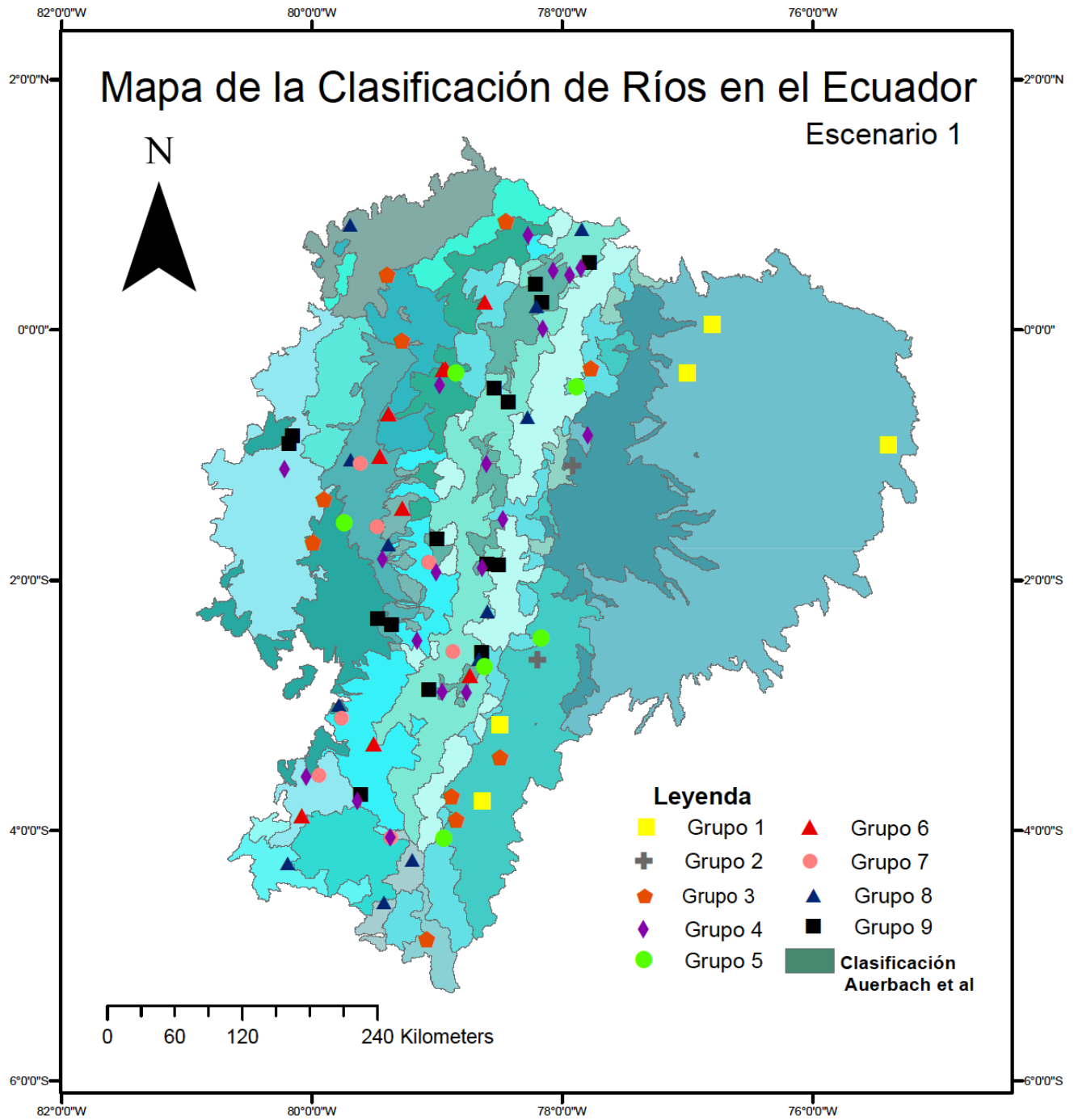


Figura 10. Mapa de la clasificación de ríos en el Ecuador - Escenario 1 (Elaborado por Flores, 2019).

- Escenario 2

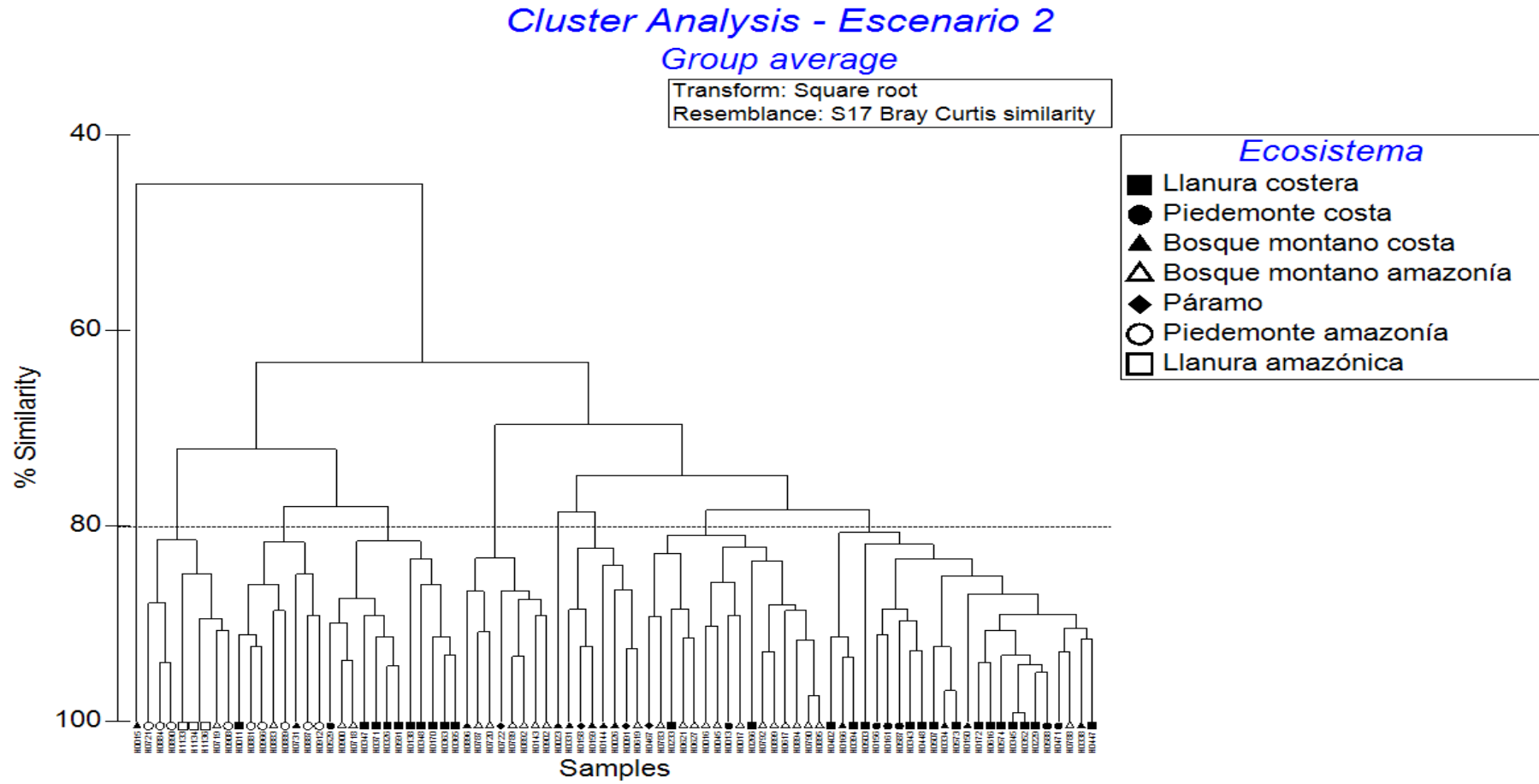


Figura 11. Análisis de grupos - Escenario 2 (Elaborado por Flores, 2019).

En base al Escenario 2, se establecen **9** tipos de ríos en el Ecuador con una similitud del 80%. El dendograma muestra agrupaciones diferenciadas entre los ecosistemas de la costa y los ecosistemas amazónicos. Existen dos tipos de ríos que se diferencian de los demás en estaciones independientes. A continuación en la Tabla 5, se encuentra la información referente a la Tipología de ríos para el Escenario 2.

Tabla 5. Tipología de ríos escenario 2

Grupo	Estaciones	Ríos
1	H0015	Chota
2	H0719, H0721, H0884, H0890, H0908, H1133, H1134, H1136	Quijos, Jatunyacu, Zamora, Upano, Aguarico, Coca, Napo
3	H0011, H0731, H0881, H0833, H0877, H0889, H0912, H0966	Mira, Cosanga, Bomboiza, Yacuambi, Mayo
4	H0138, H0170, H0326, H0347, H0348, H0363, H0365, H0371, H0529, H0591, H0718	Blanco, Guayabamba, Babahoyo, Quevedo, Vinces, Daule, San Pablo, Bonito, Puyango, Quijos
5	H0143, H0720, H0787, H0789, H0892, H0896, H0902, H0722	Granobles, Misahuallí, Alao, Guargalla, Mazar, Matadero, Yanahurco
6	H0023	Ambi
7	H0026, H0091, H0144, H0158, H0159, H0331, H0619	Grande, Pita, San Pedro, Chimbo, Arenal
8	H0013, H0016, H0017, H0045, H0233, H0266, H0467, H0617, H0621, H0627, H0783, H0790, H0792, H0894, H0895, H0899	Apaqui, Chota, Tambo, Portoviejo, Vendeleche, Arenal, Jorupe, Uchima, Ozogoche, Cebadas, Cutuchi, Tomebamba, Paute, San Francisco
9	H0150, H0156, H0161, H0166, H0172, H0229, H0334, H0338, H0343, H0345, H0352, H0394, H0402, H0447, H0448, H0471, H0503, H0507, H0573, H0574, H0587, H0588, H0616, H0788	Intag, Pilaton, Toachi, Teone, Echeandía, Zapotal, Macul, Embacadero, Congo, Bulubulu, Tenguel, Casacay, Arenillas, Amarillo, Alamor, Puela

De igual manera, en la siguiente Mapa (Figura 12) se identifica la clasificación de ríos a nivel nacional para el Escenario 2. En la Figura 12, se encuentra como base la clasificación de ríos Auerbachet al con el fin de contrastar los resultados obtenidos mediante el método inductivo.

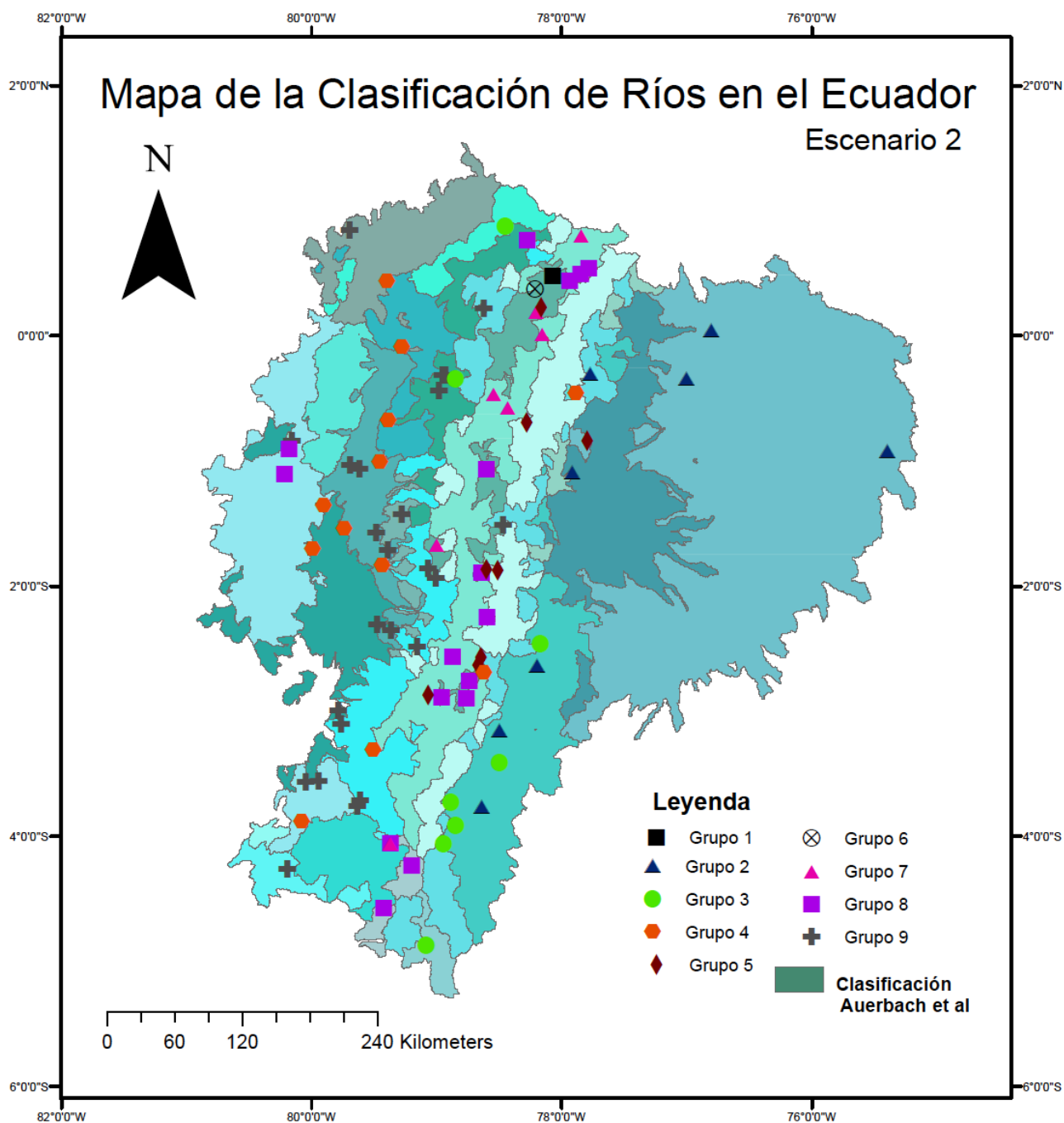


Figura 12. Mapa de la clasificación de ríos en el Ecuador - Escenario 2 (Elaborado por Flores, 2019).

En base a una revisión de cada hidrograma multianual en las agrupaciones del Escenario 2, se identifican comportamientos similares anuales en los grupos dado que los indicadores escogidos representan a los 5 componentes del caudal. Un ejemplo claro es el grupo 2 con las estaciones H0884, H0890, H0908, H1133, H1134 y H1136. El grupo dos identifica a ríos con

magnitudes de caudal medio que tiene dos picos máximos principales en los meses de junio y diciembre. Además en este grupo las magnitudes de caudal están en un rango alto que va desde los 250- 1400 m³/s. En los *Anexos 5 y 6* se pueden observar los hidrogramas multianuales para cada clasificación de ríos en los Escenarios 1 y 2, respectivamente.

Al comparar cualitativamente, los resultados obtenidos en los Escenarios 1 y 2 con la clasificación por pruesta por Auerbach et al. en Ecuador, se tiene que mediante el método inductivo presenta una clasificación gruesa en el país que consta de 9 tipos de ríos en los dos escenarios analizados, mientras que la clasificación de Auerbach resulta específica contando con 23 tipos de ríos identificados. Por ambos métodos existen diversos grupos en la Costa y la Sierra ecuatoriana, sin embargo en la Amazonía las diferencias en resultados de ambos métodos es amplia. Por esta razón, se requiere fortalecer el estudio con información hidrológica en zonas críticas, así como también zonas que cuenten con años limitados de datos de caudal.

5. CONCLUSIONES

La clasificación de ríos es una oportunidad para establecer un análisis del régimen de caudal, tiene diversas aplicaciones entre las cuales se destaca el entendimiento de funciones ecosistémicas. Los indicadores hidrológicos permiten encontrar semejanzas y diferencias en base a eventos claves en el año hidrológico. La investigación realizada es un insumo adicional para los ejercicios de clasificaciones de ríos en el Ecuador cuyo valor agregado es contar con datos hidrológicos históricos.

Se analizaron dos escenarios, en el Escenario 1 se proponen 9 tipos de ríos con 85% de semejanza, las variables que definen esta tipología corresponden a la magnitud del régimen de caudal. Con respecto al Escenario 2, se encontraron 9 tipos de ríos con un 80% de semejanza. Las variables que definen a esta tipología cubren los 5 componentes principales del caudal.

Además, se encontró que el análisis de las series de datos de caudal permite identificar diferencias claves en el comportamiento de los ríos.

En cuanto a la selección de indicadores, se obtuvo que por cualquiera de los dos escenarios presentados, se requiere el entendimiento del objetivo final de la tipología de ríos a realizarse. En síntesis, este estudio presenta el primer ejercicio de tipología de ríos en Ecuador mediante el método inductivo, los resultados requieren ser alimentados con información de otras estaciones hidrológicas, con lo cual se podrá proponer el comportamiento ecológico de cada tipo de río en el país.

6. REFERENCIAS

- Anderson et al. (2011). Environmental flows: A concept for addressing effects of river alterations and climate change in the Andes. Chapter 23 in: Herzog, S.K., R. Martinez, P.M. Jorgensen, and H. Tiessen (eds). Climate change effects on the biodiversity of the tropical Andes: An assessment of the status of scientific knowledge. Inter-American Institute of Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). San Jose dos Campos and Paris
- Auerbach, D., Buchanan, B., Alexiades, A., Anderson, E., Encalada, A., Larson, E., et al. (2016). Towards catchment classification in data – scarce regions. *Ecohydrology*. DOI: 10.1002/DOI: 10.1002/eco.1721
- Belete et al. (2015). Flow Regime Classification and Hydrological Characterization: A Case Study of Ethiopian Rivers. *Water*, 7, 3149-3165
- Bravo, E. (2013). Biodiversidad del Ecuador. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5581/1/APUNTES%20SOBRE%20LA%20BIODIVERSIDAD%20.pdf>
- Allen, G., Pavelsky, T. (2018). Global extent of rivers and streams. *Science*, 361, 585-588. DOI: 10.1126/science.aat0636
- Berhanu, B. (2015). Flow Regime Classification and Hydrological Characterization: A case Study of Ethiopian Rivers. *Water*. DOI: 10.3390/w7063149
- Clarke, K. (2006). Primer v6 User Manual. PRIMER-E Ltd
- Dallaire et al. (2018). A multidisciplinary framework to derive global river reach classifications at high spatial resolution. *Environmental Research Letters*, 14, 024003
- Dudgeon, D., Arthington, A., Gessner, M., Kawabata, Z., Knowler, D., Lévêque, C., Sullivan, C., et al. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81, 163-182. DOI:10.1017/S1464793105006950
- FAO. (2016). El agua, la gran oportunidad de futuro para América Latina. Disponible en: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/517601/>
- FEOW. (2015). Freshwater Ecoregions of the World. Disponible en: <http://www.feow.org>
- Gao et al. (2009). Development of representative indicators of hydrologic alteration. *Journal of Hydrology*. 394, 136-147
- Hubert, M. (2003). Robust PCA and classifications in Biosciences. *Bioinformatics*, 20, 1728-1736
- INEC. (2018). Datos Ecuador. Disponible en: www.ecuadorencifras.com

- Kampf et al. (2018). Rainfall Thresholds for Flow Generation in Desert Ephemeral Streams. *Water Resources Research*, 54, 9935-9950
- Kennard et al. (2009). Classification of natural flow regimes in Australia to support environmental flow management. *Freshwater Biology*. 55, 171-193
- Olden et al. (2012). A framework for hydrologic classification with a review of methodologies and applications in ecohydrology. *Ecohydrology*, 5, 503-518. DOI: 10.1002/eco.251
- Poff et al. (1989). Implications of streamflow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of stream flow patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 1805-1818
- Poff et al. (1997). The Natural Flow Regime. *Bioscience*, 47, 769-784
- Poff et al. (2003). River flows and water wars: emerging science for environmental decision making. *Frontiers Ecology Environment*, 1, 298-306
- Quinn et al. (2002). Experimental Design and Data for Biologists. *Cambridge University Press*.
 Extraído desde:
<https://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/apostilas/Quinn%20&%20Keough.pdf>
- The Nature Conservancy. (2011). Indicadores de alteración hidrológica versión 7.1- Manual del usuario Versión 7.1. Extraído desde:
https://www.conservationgateway.org/Documents/IHAV7-1%20manual%20Spanish_0.pdf

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1. Estaciones hidrológicas INAMHI en Ecuador

Ubicación y altura de las estaciones INAMHI analizadas en Ecuador				
Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altura (m)
H0011	MIRA EN LITA	0,874	-78,450	475
H0013	BLANCO AJ MIRA	0,762	-78,274	890
H0015	CHOTA EN PTE.CARRETERA	0,476	-78,076	1569
H0016	APAQUI AJ CHOTA	0,443	-77,936	1715
H0017	APAQUI D GRUTA LA PAZ #3	0,497	-77,849	2323
H0023	AMBI DJ CARIYACU	0,372	-78,214	2015
H0026	ITAMBI EN L.S.PABLO	0,192	-78,208	2648
H0045	APAQUI DJ MINAS	0,537	-77,783	2650
H0091	GRANDE AJ JATIVA	0,804	-77,846	3120
H0138	BLANCO DJ TOACHI(PTE.UNICOOP)	-0,084	-79,280	284
H0143	GRANOBLES AJ GUACHALA	0,226	-78,167	2750
H0144	GUACHALA AJ GRANOBLES	0,013	-78,158	2740
H0150	INTAG DJ PAMPLONA	0,221	-78,623	1000
H0156	PILATON AJ TOACHI	-0,310	-78,931	890
H0158	PITA AJ SALTO	-0,573	-78,433	3550
H0159	SAN PEDRO EN MACHACHI	-0,462	-78,545	2680
H0161	TOACHI AJ PILATON	-0,314	-78,953	820
H0166	TOACHI EN LAS PAMPAS	-0,437	-78,982	1110
H0170	GUAYLLABAMBA AJ BLANCO	0,442	-79,398	90
H0172	TEAONE DJ TABIAZO	0,844	-79,698	16
H0229	CARRIZAL EN CALCETA	-0,841	-80,156	47
H0233	JUNIN DJ EST.PALMAR	-0,905	-80,183	20
H0266	PORTOVIEJO EN H.VASQUEZ (GUARUMO)	-1,108	-80,218	100
H0326	BABA DJ TOACHI-DCP	-0,668	-79,387	125
H0331	CHIMBO EN SAN LORENZO	-1,667	-79,004	2419
H0338	CHIMBO DJ PANGOR	-1,932	-79,007	1452
H0343	ECHEANDIA EN ECHEANDIA	-1,426	-79,280	425
H0345	ZAPOTAL EN CATARAMA(CATARAMA EN)	-1,571	-79,482	40
H0347	QUEVEDO EN QUEVEDO	-1,009	-79,457	125
H0348	VINCES EN VINCES-DCP	-1,542	-79,743	41
H0352	MACUL EN PTE.CARRETERA	-1,064	-79,617	54
H0363	DAULE EN BALZAR	-1,353	-79,908	30
H0365	DAULE EN LA CAPILLA	-1,696	-79,995	13
H0371	SAN PABLO EN PALMAR	-1,832	-79,439	10
H0394	EMBARCADERO EN H.CLEM(POT-STA.ROSA)	-1,711	-79,391	18
H0402	CONGO EN PTE.CARRETERA	-1,034	-79,694	30
H0447	BULUBULU AJ PAYO	-2,306	-79,476	40
H0448	PAYO AJ BULUBULU	-2,357	-79,366	25
H0467	VENDELECHE EN HDA.LA CURIA	-2,569	-78,875	3020
H0471	CAÑAR DJ RAURA	-2,481	-79,156	870

H0503	TENGUEL EN TENGUEL	-2,991	-79,787	10
H0507	BONITO EN PTE.CARRETERA(AJ PAGUA)	-3,104	-79,764	30
H0529	JUBONES DJ S.FRANCISCO	-3,307	-79,509	712
H0573	CASACAY AJ JUBONES	-3,555	-79,944	80
H0574	ARENILLAS EN ARENILLAS	-3,565	-80,048	20
H0587	PINDO AJ AMARILLO	-3,762	-79,636	520
H0588	AMARILLO EN PORTOVELO	-3,712	-79,613	660
H0591	PUYANGO EN CPTO.MILITAR (PTE.CARRETERA)	-3,883	-80,080	300
H0616	ALAMOR EN SAUCILLO (DJ CELICA)	-4,259	-80,196	247
H0617	ARENAL EN PTE.BOQUERON	-4,054	-79,373	1143
H0619	CANAL ARENAL	-4,054	-79,374	1143
H0621	JORUPE EN AMALUZA	-4,578	-79,425	1762
H0627	UCHIMA AJ CHAMBA	-4,232	-79,202	1603
H0783	OZOGOCHE EN LOS LAGOS	-2,251	-78,600	3756
H0787	ALAO EN HDA.ALAO	-1,877	-78,512	3200
H0788	PUELA AJ CHAMBO	-1,512	-78,470	2475
H0789	GUARGUALLA AJ CEBADAS	-1,868	-78,605	2828
H0790	CEBADAS AJ GUAMOTE	-1,897	-78,642	2840
H0792	CUTUCHI AJ YANAYACU	-1,065	-78,604	2582
H0892	MAZAR AJ PAUTE	-2,571	-78,644	2126
H0894	PAUTE EN PAUTE (DJ GUALACEO)	-2,759	-78,740	2104
H0895	TOMEBAMBA EN MONAY	-2,890	-78,963	2353
H0896	MATADERO EN SAYAUSI	-2,875	-79,067	2602
H0899	SAN FRANCISCO EN GUALACEO	-2,895	-78,764	2400
H0900	PAUTE AJ DUDAS	-2,690	-78,623	2000
H0902	DUDAS EN PINDILIG	-2,629	-78,668	2450
H0718	QUIJOS EN BAEZA	-0,454	-77,886	1770
H0719	QUIJOS DJ OYACACHI	-0,303	-77,775	1490
H0720	MISAHUALLI EN COTUNDO	-0,841	-77,797	1520
H0721	JATUNYACU DJ ILOCULIN	-1,087	-77,919	570
H0722	YANAHURCO DJ VALLE	-0,692	-78,281	3590
H0731	COSANGA AJ QUIJOS	-0,345	-78,852	1740
H0881	BOMBOIZA AJ ZAMORA	-3,415	-78,496	549
H0883	TUTANANGOZA EN SUCUA	-2,463	-78,171	1572
H0884	ZAMORA AJ BOMBOIZA	-3,154	-78,503	548
H0887	YACUAMBI AJ ZAMORA	-3,913	-78,848	961
H0889	ZAMORA DJ SABANILLA(EN ZAMORA)	-4,060	-78,948	902
H0890	ZAMORA DJ NANGARITZA	-3,764	-78,642	890
H0908	UPANO DJ. TUTAMANGOZA	-2,635	-78,198	559
H0912	YACUAMBI EN LA PAZ	-3,727	-78,886	958
H0966	MAYO AJ QDA.ZUMBAYACU	-4,869	-79,085	902
H1133	AGUARICO EN NUEVA LOJA (LA GABARRA)	0,044	-76,808	299
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	-0,340	-77,005	320
H1136	NAPO EN NUEVO ROCAFUERTE	-0,917	-75,396	180

7.2 Anexo 2. Información del paquete CLIMATOL de R

El paquete CLIMATOL consta de funciones para la homogeneización, relleno de datos, control de calidad en series climatológicas. Este paquete permite también realizar análisis de viento por medio de rosas de viento (basadas en la velocidad y la dirección) y también por medio de diagramas Walter y Lieth. Para utilizar este paquete se requiere descargar la librería climatol. El programa ha utilizado diferentes métodos para el relleno de datos tales como el método Paulhus y Kohler. Para normalizar los datos CLIMATOL utiliza la estandarización completa, la división por sus valores medios, entre otros métodos. Los análisis en esta herramienta requieren de información geográfica e información climatológica.

A continuación, se encuentran enlaces para la descarga de el paquete CLIMATOL y su guía de usuario:

- Paquete CLIMATOL

<http://www.climatol.eu>

- Guía de usuario (códigos útiles)

http://www.climatol.eu/homog_climatol-es.pdf

7.3 Anexo 3. Resultados Indicadores Hidrológicos Escenario 1

Indicadores Hidrológicos Escenario 1										
Código	Octubre	Diciembre	30-días mínimo	90-días mínimo	Junio caudal bajo	Agosto caudal bajo	Septiembre caudal bajo	Octubre caudal bajo	Noviembre caudal bajo	Diciembre caudal bajo
H0011	126,40	180,90	69,61	89,08	133,30	96,16	98,15	126,00	138,50	138,50
H0013	9,57	18,50	2,81	4,01	11,99	5,34	5,08	10,70	13,48	14,12
H0015	8,28	8,04	4,34	5,73	8,05	7,12	7,36	8,22	7,13	7,46
H0016	6,80	8,98	3,35	4,66	7,65	6,95	5,96	6,01	6,85	7,00
H0017	7,18	10,03	3,85	5,25	8,41	7,69	6,66	6,10	7,53	7,28
H0023	5,68	6,21	4,12	4,48	4,74	3,13	3,99	4,31	5,27	5,76
H0026	1,71	1,85	1,01	1,28	1,33	1,22	1,28	1,24	1,38	1,42
H0045	2,68	3,84	1,63	2,16	2,91	3,00	2,66	2,49	2,83	2,93
H0091	1,57	1,98	1,01	1,24	1,72	1,49	1,33	1,45	1,64	1,70
H0138	91,36	162,30	62,98	75,23	176,60	90,30	87,23	102,00	108,90	166,50
H0143	4,62	5,98	1,73	2,53	3,50	3,22	2,67	3,13	3,64	3,62
H0144	7,55	6,90	4,98	5,73	6,61	7,11	6,48	6,80	6,65	6,78
H0150	22,00	24,95	16,27	17,90	19,57	19,59	19,31	19,01	19,44	19,44
H0156	19,14	24,14	13,90	15,54	27,46	15,64	16,25	18,99	22,14	23,97
H0158	2,58	2,66	2,23	2,34	2,60	2,54	2,56	2,48	2,59	2,57
H0159	2,62	3,67	1,66	1,95	3,28	2,25	2,15	2,60	2,86	2,99
H0161	18,36	30,07	15,50	17,28	36,45	19,03	18,44	20,02	21,69	27,84
H0166	9,02	11,07	7,60	8,48	19,04	9,59	10,16	9,85	9,69	11,48
H0170	116,30	140,90	100,30	106,40	168,20	112,40	109,60	122,50	140,30	140,90
H0172	2,15	3,29	1,38	1,83	2,39	1,66	1,73	2,02	2,02	2,43
H0229	3,24	4,17	1,76	2,34	3,96	3,96	3,35	3,12	2,69	3,10
H0233	2,75	2,76	2,69	2,74	3,22	3,08	3,04	2,98	2,99	3,03
H0266	8,98	8,02	3,72	6,79	6,92	8,45	6,74	6,38	6,49	6,71
H0326	18,78	31,73	12,86	15,94	56,17	21,08	18,16	21,30	22,22	30,28
H0331	2,51	3,70	1,27	1,55	3,67	1,80	1,89	2,20	3,29	3,60
H0334	0,50	0,75	0,38	0,43	1,05	0,53	0,51	0,53	0,57	0,58
H0338	9,60	11,14	5,91	7,78	17,37	10,24	8,65	10,32	11,07	11,21
H0343	20,36	23,31	16,86	18,83	17,69	21,66	20,70	23,35	20,93	20,41
H0345	0,38	0,42	0,33	0,36	1,29	0,56	0,47	0,44	0,42	0,50
H0347	10,09	32,89	6,77	9,22	61,53	15,39	10,70	13,02	11,97	43,00
H0348	38,30	45,58	26,80	33,44	144,10	46,42	39,06	42,43	41,17	49,66
H0352	0,38	0,50	0,32	0,36	1,16	0,53	0,46	0,45	0,42	0,57
H0363	112,80	179,10	97,18	103,70	119,00	112,60	110,70	114,60	136,30	155,30
H0365	93,11	140,20	84,79	89,02	104,90	94,44	91,73	94,96	116,30	136,30
H0371	5,70	12,33	4,27	5,34	29,38	10,47	7,96	6,70	9,43	13,43
H0394	1,27	4,09	0,94	1,18	5,55	2,10	1,71	1,38	1,62	2,72
H0402	1,90	1,28	1,26	1,69	3,41	2,38	2,11	1,95	1,96	1,80
H0447	2,99	4,43	2,42	2,73	9,79	5,65	4,07	3,83	3,16	4,74
H0448	7,89	4,57	2,19	5,70	8,49	4,52	3,26	2,40	3,17	4,13

H0467	0,92	0,89	0,26	0,59	0,54	0,44	0,52	0,54	0,54	0,56
H0471	7,10	7,04	3,76	5,92	10,76	9,30	8,39	7,05	7,03	7,49
H0503	1,49	1,38	1,06	1,33	3,46	2,02	1,66	1,52	1,53	1,64
H0507	0,54	0,52	0,29	0,40	0,52	0,45	0,42	0,47	0,49	0,53
H0529	20,41	21,63	12,66	17,98	30,35	23,93	22,01	20,02	20,13	21,06
H0573	0,46	0,33	0,30	0,38	1,01	0,66	0,64	0,58	0,49	0,41
H0574	5,38	5,44	4,31	4,89	10,33	7,14	5,94	5,54	6,12	5,63
H0587	8,32	12,87	3,87	4,93	13,06	6,02	7,64	8,25	7,97	11,24
H0588	3,54	10,39	2,80	3,45	9,23	4,43	3,82	4,11	4,63	7,18
H0591	18,10	29,23	14,82	17,10	57,17	24,40	19,56	19,63	19,16	28,62
H0616	1,42	2,10	1,03	1,28	3,69	1,89	1,64	1,36	1,05	1,19
H0617	13,24	15,51	8,12	11,49	16,78	15,15	13,04	13,19	13,09	15,19
H0619	1,01	0,98	0,58	0,77	0,93	0,97	0,95	0,97	0,92	0,96
H0621	2,08	2,85	1,39	1,82	2,21	1,92	1,95	1,98	2,07	2,14
H0627	1,79	2,46	0,97	1,49	1,99	1,83	1,67	1,68	1,73	1,83
H0783	1,87	1,11	0,50	1,00	2,72	2,67	2,27	1,67	1,10	1,38
H0787	5,88	4,78	2,75	4,28	5,88	6,02	5,69	4,78	4,21	4,08
H0788	11,35	11,49	6,31	9,09	12,07	12,11	11,47	9,86	8,98	8,85
H0789	4,42	3,66	2,30	3,05	4,48	4,54	4,40	3,93	3,55	3,58
H0790	16,11	9,53	5,61	9,39	18,76	19,87	18,21	14,45	11,44	10,22
H0792	9,89	10,73	5,56	7,17	9,44	7,75	7,34	8,10	9,02	9,11
H0892	5,20	2,93	2,18	2,84	5,09	5,36	4,71	4,38	3,64	3,00
H0894	27,14	35,55	10,49	21,18	29,97	24,46	21,50	23,28	24,49	27,35
H0895	15,10	10,99	5,28	9,98	14,52	12,08	11,52	11,61	11,28	10,03
H0896	6,26	4,24	1,73	3,96	5,93	5,52	4,99	4,90	4,08	4,40
H0899	13,88	9,13	5,42	7,91	11,98	15,28	14,82	11,95	9,65	8,28
H0900	44,23	51,11	28,24	45,74	56,44	47,53	43,86	44,82	51,16	48,16
H0902	2,52	1,51	0,99	1,31	2,26	2,23	2,28	1,70	1,46	1,57
H0718	38,44	28,21	22,85	31,63	47,68	48,46	41,96	35,19	33,14	31,82
H0719	141,30	116,20	79,88	117,20	170,40	156,40	145,80	128,60	123,40	116,90
H0720	14,02	12,35	7,33	10,86	16,65	14,10	12,86	12,39	12,94	11,88
H0721	228,10	191,90	140,90	186,30	270,00	247,60	228,10	205,70	201,00	194,10
H0722	1,77	1,39	0,83	1,14	1,78	1,80	1,63	1,46	1,38	1,29
H0731	37,61	29,74	16,01	27,84	41,53	39,57	37,92	32,86	31,57	28,96
H0881	82,79	85,21	44,00	65,67	88,93	75,80	72,52	68,83	70,26	68,46
H0883	40,56	34,36	22,58	38,47	34,00	33,13	33,25	34,57	32,42	32,62
H0884	582,80	589,90	411,30	493,30	572,50	546,40	541,40	541,80	550,30	553,00
H0887	93,70	87,11	52,94	76,53	120,20	113,10	99,25	96,20	88,10	88,39
H0889	55,97	54,50	44,31	54,55	68,45	61,00	60,42	55,97	50,82	55,80
H0890	543,80	716,70	368,40	472,30	549,50	493,40	502,50	472,40	482,90	479,10
H0908	189,90	194,80	116,70	173,50	220,50	184,90	179,20	176,40	177,50	183,70
H0912	74,42	92,19	58,93	67,47	89,03	79,04	69,74	70,79	71,30	77,97
H0966	106,40	134,70	79,60	106,50	130,00	107,20	102,80	102,30	114,20	110,60
H1133	398,50	494,60	249,80	362,80	497,30	427,10	388,10	386,40	374,10	404,40

H1134	307,00	347,90	208,90	267,10	365,40	314,20	316,50	302,00	312,40	329,60
H1136	307,00	347,90	208,90	267,10	365,40	314,20	316,50	302,00	312,40	329,60

7.4 Anexo 4. Resultados Indicadores para el Escenario 2.

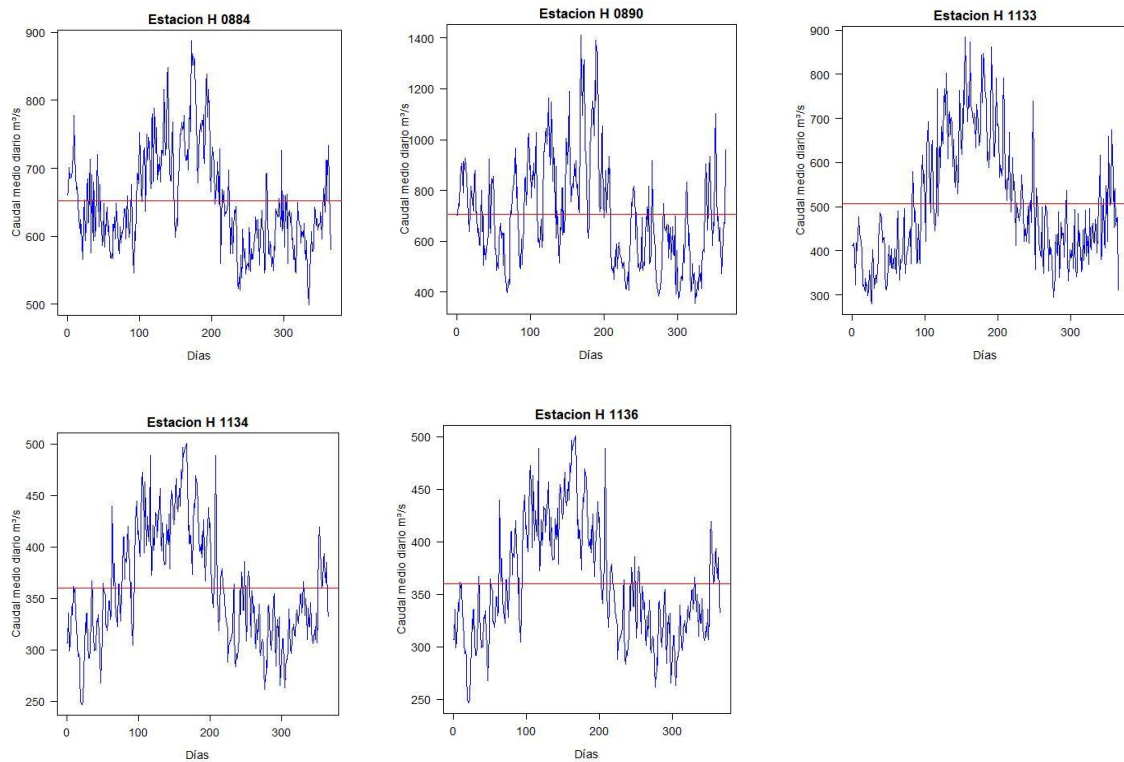
Indicadores Hidrológicos Escenario 2										
Código	Conteo pulsos bajos	Conteo pulsos altos	Tasa de subida	Tasa de bajada	Picos extremos bajos	Temporada extremos bajos	Picos de caudal alto	Temporada caudal alto	Duración grandes inundaciones	Núm días cero caudal
H0011	10,92	17,46	37,38	25,84	54,00	221,40	263,00	173,60	2	0
H0013	13,40	6,80	3,65	2,74	1,89	248,50	30,52	113,50	10,09	35,40
H0015	5,20	10,30	2,01	1,68	0,02	70,23	0,00	0,00	4	19,06
H0016	8,61	17,11	2,60	1,60	0,43	144,60	16,98	203,10	20	38,45
H0017	9,20	14,15	2,91	2,00	0,00	276,90	18,14	196,30	2	29,50
H0023	2,50	5,83	1,21	0,80	0,17	157,10	11,09	123,00	377	23
H0026	4,00	4,67	0,57	0,42	0,25	100,60	2,67	204,10	58	39,5
H0045	7,70	16,40	1,55	1,15	0,00	120,10	7,53	192,50	9	7,389
H0091	6,61	10,00	0,49	0,33	0,20	116,90	3,43	183,50	58,5	0
H0138	4,00	11,47	60,21	46,01	51,90	271,40	527,80	86,99	108,5	69,14
H0143	8,41	7,36	2,63	1,92	0,00	51,15	10,15	202,10	10,5	0
H0144	8,71	13,29	1,42	0,90	3,25	71,61	10,79	220,80	112	6,3
H0150	3,50	8,10	3,17	2,06	8,78	330,20	26,85	287,40	72	0
H0156	0,71	9,71	5,30	3,39	11,68	289,20	63,25	81,90	27,5	0
H0158	1,91	8,23	0,22	0,17	1,47	159,00	3,21	174,50	185	0
H0159	1,42	4,50	0,50	0,38	1,00	100,20	6,27	156,80	148	0
H0161	0,27	8,93	7,35	3,87	13,85	292,20	84,81	54,01	110	0
H0166	0,33	5,50	2,54	1,79	6,23	321,10	35,08	85,94	0	0
H0170	0,00	7,00	37,53	14,22	84,32	207,00	429,30	79,33	126,5	0
H0172	7,36	13,55	4,24	2,49	0,68	326,70	14,54	94,75	59,67	2,2
H0229	2,97	7,70	8,23	4,13	0,57	301,00	34,90	79,33	94	0
H0233	1,00	11,67	1,33	0,77	2,25	218,50	6,46	60,88	30	0
H0266	3,33	6,67	3,73	3,18	2,28	107,80	22,72	122,50	24	0
H0326	4,22	10,56	28,09	15,12	9,80	303,10	233,40	84,38	68	0
H0331	0,00	3,75	0,96	0,49	0,77	245,70	10,28	137,70	132	0
H0334	1,61	2,83	0,52	0,26	0,22	332,50	3,53	67,98	148	0
H0338	0,14	3,48	2,39	1,56	2,87	304,90	37,42	142,10	228	0
H0343	0,00	3,22	6,93	3,53	3,76	326,00	72,40	59,62	21	0,85
H0345	6,86	4,43	2,08	1,39	0,25	299,80	21,70	84,69	97	0
H0347	5,25	8,50	33,24	17,01	5,90	314,10	384,50	59,70	140	0
H0348	3,42	4,33	26,14	14,11	16,45	287,80	487,90	79,76	21	1,7
H0352	7,70	4,80	2,23	1,50	0,25	297,90	20,65	84,49	106	0
H0363	0,00	3,80	18,58	14,53	85,96	210,50	294,20	72,00	27	0
H0365	0,00	3,60	17,18	14,64	82,30	230,90	269,90	97,15	90,5	3,18

H0371	3,36	5,18	10,01	5,50	1,45	317,90	147,20	105,80	81	0
H0394	2,67	6,83	4,30	1,67	0,65	310,70	31,12	64,41	0	0
H0402	13,00	10,00	3,18	2,17	1,60	307,40	18,73	97,50	0	0
H0447	3,57	6,14	3,23	2,02	1,58	318,30	36,39	98,75	166	4,28
H0448	5,50	4,07	6,47	4,53	0,38	294,60	54,52	54,61	24	0,71
H0467	8,00	1,71	0,24	0,20	0,07	284,50	1,80	246,80	14	0
H0471	6,38	5,38	5,68	3,52	2,23	314,40	33,61	151,00	96	0
H0503	0,00	5,00	1,90	0,60	0,95	326,80	9,77	38,96	37	5,5
H0507	7,00	3,33	0,34	0,23	0,09	313,00	1,69	73,42	72	0
H0529	13,27	10,00	16,78	12,20	4,73	301,60	94,32	141,20	103	9,75
H0573	0,75	4,25	0,34	0,15	0,05	303,30	1,74	70,54	147	0
H0574	0,80	8,20	3,48	2,03	3,26	359,80	25,68	71,69	108	0
H0587	6,00	5,60	5,66	2,74	3,32	286,10	52,30	24,69	55	0,38
H0588	0,31	6,62	2,90	1,79	2,01	280,20	31,84	84,44	96	0
H0591	4,71	6,59	18,50	9,52	12,48	313,80	188,40	61,99	79,67	0,63
H0616	3,11	6,55	5,34	2,91	0,39	333,50	22,02	64,34	66,67	3,36
H0617	3,63	13,95	6,24	4,12	4,52	270,70	39,09	153,30	1	8,31
H0619	12,00	14,62	0,17	0,16	0,36	141,50	1,39	205,70	37	0
H0621	5,16	18,28	1,44	1,05	0,57	220,70	6,61	144,50	14,5	0,45
H0627	0,04	16,21	1,42	0,99	0,56	249,10	5,70	155,50	46	0
H0783	1,33	5,00	0,36	0,20	0,50	365,30	5,04	182,60	8,66	0
H0787	18,77	17,48	4,57	3,00	2,19	19,87	20,25	177,70	12,5	0,37
H0788	1,17	20,93	8,76	5,35	4,01	302,50	36,48	175,10	131	0
H0789	4,89	16,94	1,36	0,96	1,87	39,15	9,18	186,80	40	0
H0790	1,95	12,26	6,26	3,58	4,26	361,50	44,56	182,10	11,33	0
H0792	6,43	11,87	2,61	1,73	3,11	186,50	21,72	190,70	30	0
H0892	4,13	9,13	1,13	0,75	1,88	20,21	9,27	185,90	22	0
H0894	3,44	16,56	16,42	10,01	5,50	317,10	82,74	195,80	27,67	0,13
H0895	2,10	14,10	6,55	3,89	2,76	348,90	41,99	178,40	23	0
H0896	5,00	17,50	2,22	1,12	1,28	6,49	14,38	177,50	4	0
H0899	7,30	16,50	5,87	3,57	1,23	200,30	34,95	191,10	9	0
H0900	2,25	18,25	29,14	16,12	20,59	350,50	146,50	176,30	111	0
H0902	2,75	9,33	1,10	0,44	0,49	74,52	5,49	156,90	11	0
H0718	7,13	19,13	14,83	10,52	16,19	357,30	93,67	192,20	76	0
H0719	4,77	18,23	63,03	40,08	61,16	22,67	359,10	173,70	5	0
H0720	8,20	20,00	7,25	4,65	3,98	12,54	35,25	188,30	25,5	0,19
H0721	4,67	18,57	100,00	63,04	107,40	362,20	549,70	173,10	27	0
H0722	0,00	9,75	0,85	0,54	0,60	23,92	4,59	190,90	6,5	0
H0731	2,32	18,26	21,29	11,58	11,98	24,35	103,80	187,20	9,33	0
H0881	0,03	14,00	47,54	38,88	28,07	318,20	271,80	179,00	7	0
H0883	0,67	18,67	28,68	18,52	19,58	267,30	122,60	203,60	2,5	0
H0884	10,97	18,66	128,50	108,40	245,90	295,50	983,10	177,50	28	0
H0887	18,00	27,50	25,88	17,44	45,21	67,00	278,20	183,50	22	0
H0889	16,00	27,00	8,75	6,35	31,87	331,50	118,40	166,00	11	0

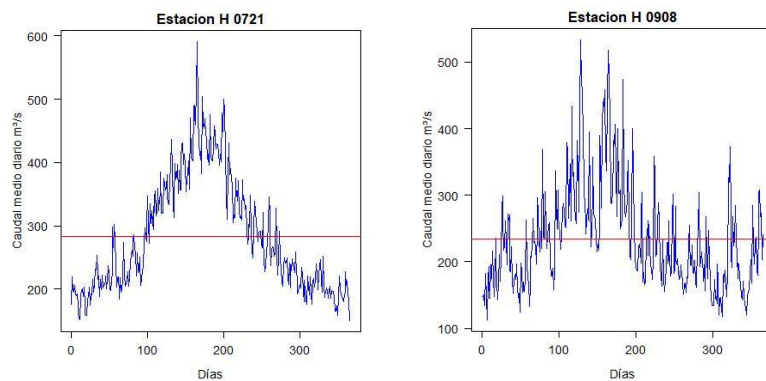
H0890	3,67	15,00	184,10	169,00	274,50	301,80	1387,00	176,90	22	0
H0908	8,00	22,60	84,27	56,59	95,81	9,45	445,70	156,70	33	0
H0912	0,00	18,25	32,23	22,48	46,25	40,41	205,20	179,40	3	0
H0966	1,33	20,78	82,32	51,23	62,67	308,40	340,00	150,70	3	0
H1133	10,73	21,91	158,10	121,40	200,60	8,55	922,40	194,00	3	0
H1134	13,45	21,00	62,10	46,98	163,70	53,87	546,00	179,90	3	0
H1136	13,45	21,00	62,10	46,98	163,70	53,87	546,00	179,90	3	0

7.5 Anexo 5. Hidrogramas para la clasificación obtenida en el Escenario 1

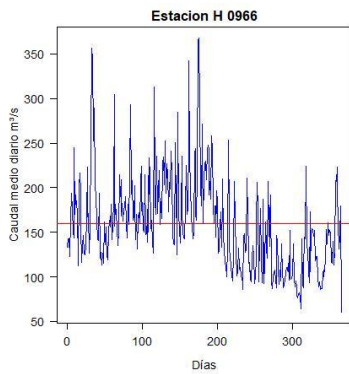
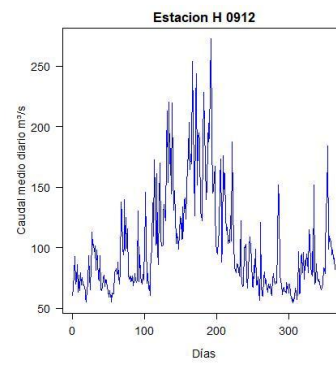
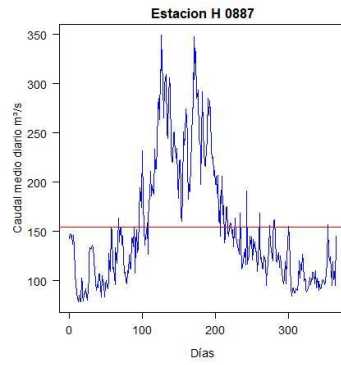
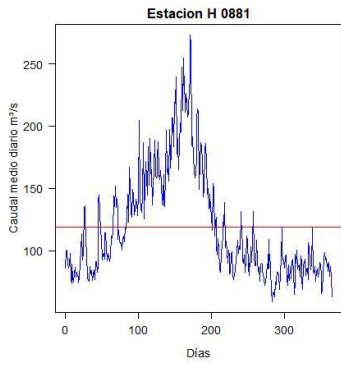
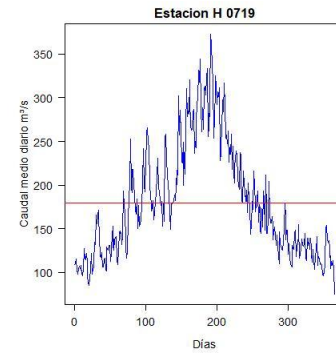
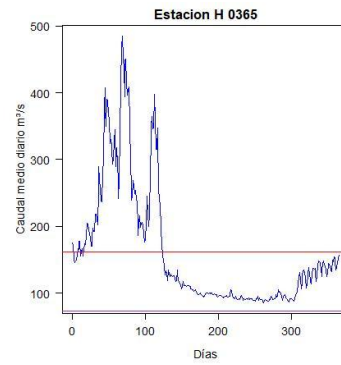
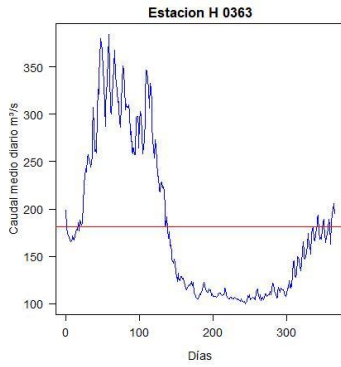
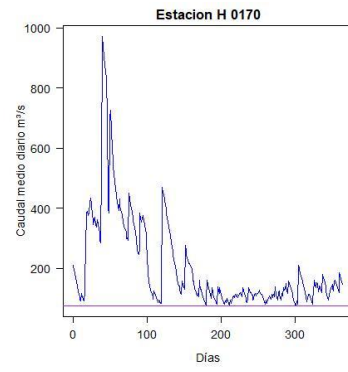
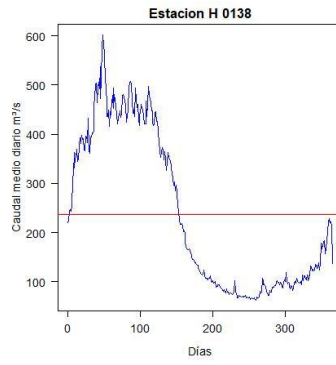
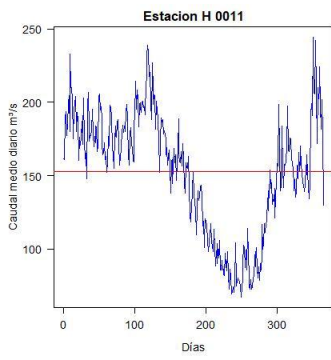
7.5.1 Grupo 1



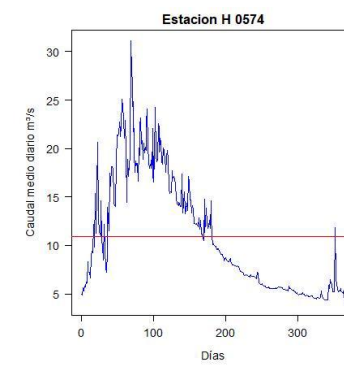
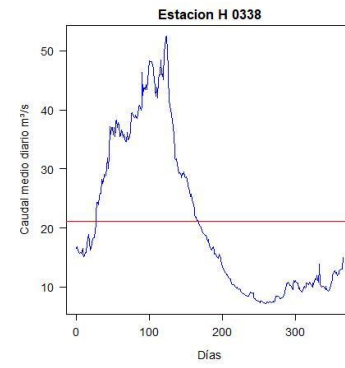
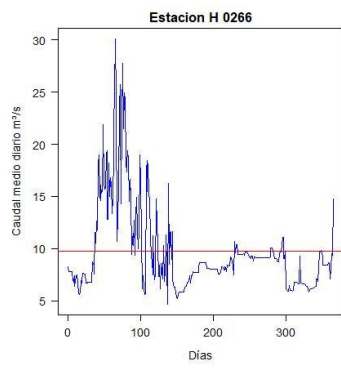
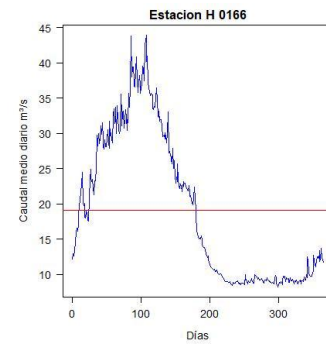
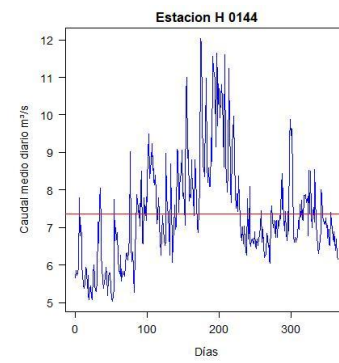
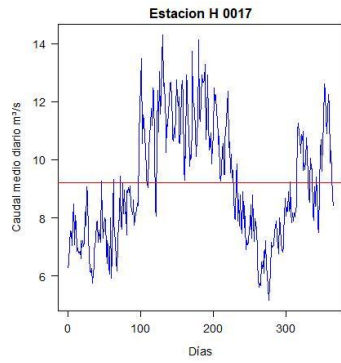
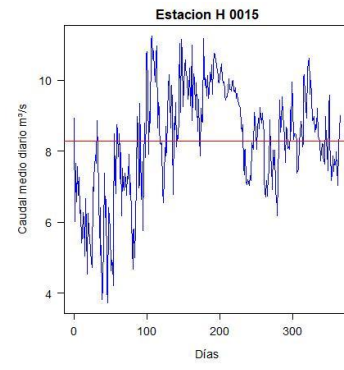
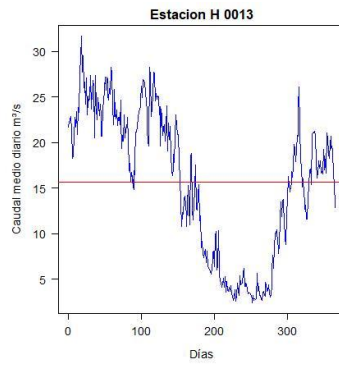
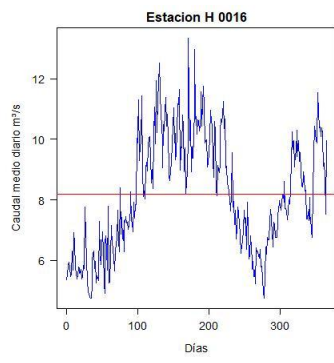
7.5.2 Grupo 2

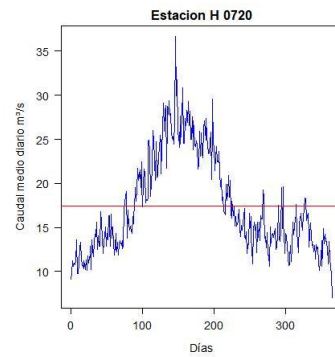
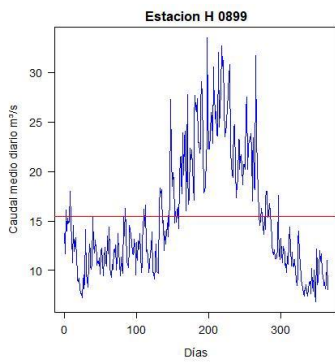
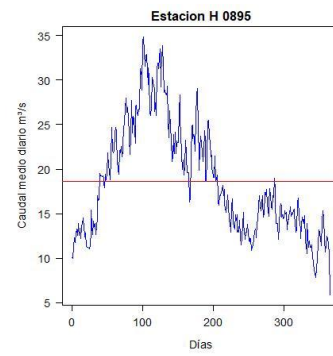
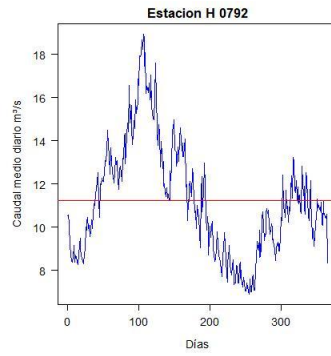
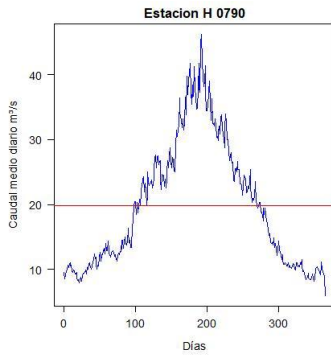
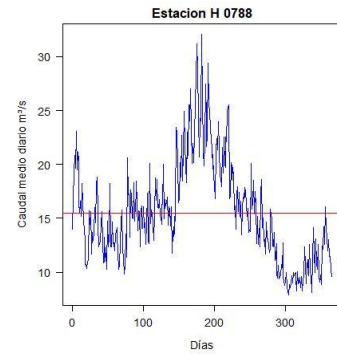
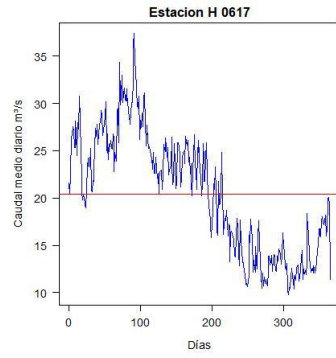
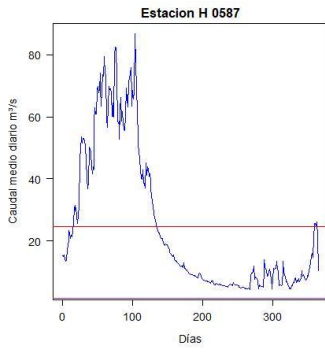


7.5.3 Grupo 3

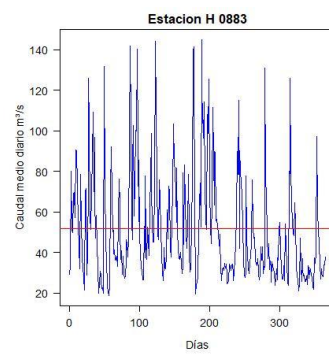
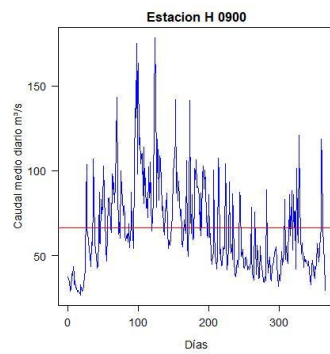
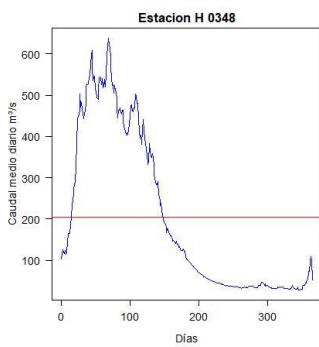


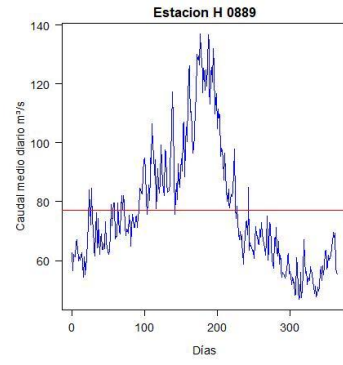
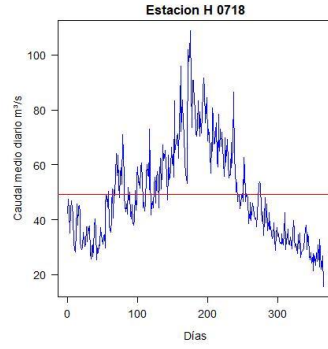
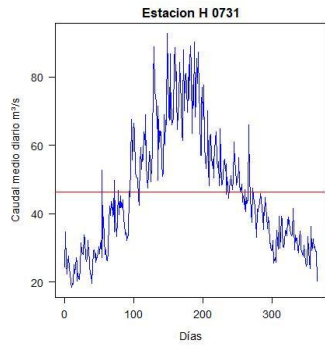
7.5.4 Grupo 4



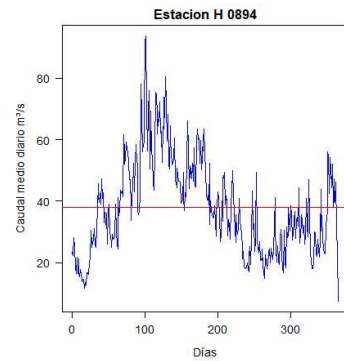
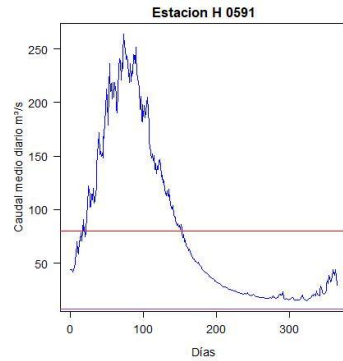
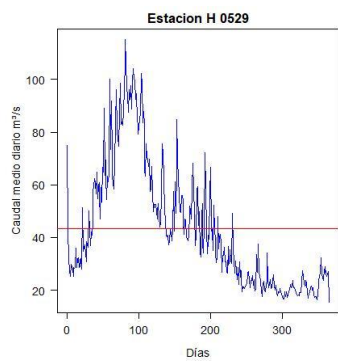
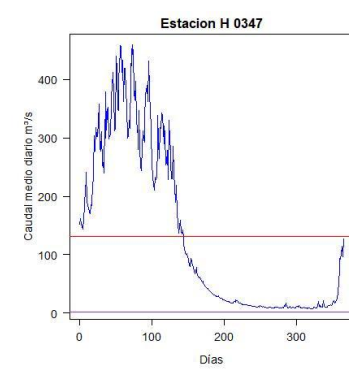
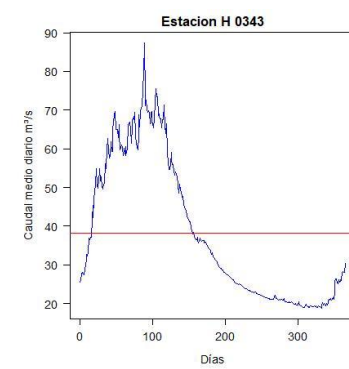
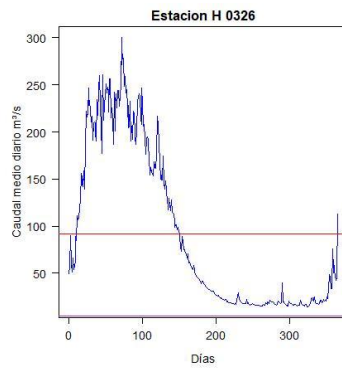
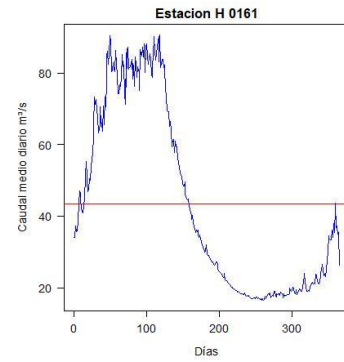
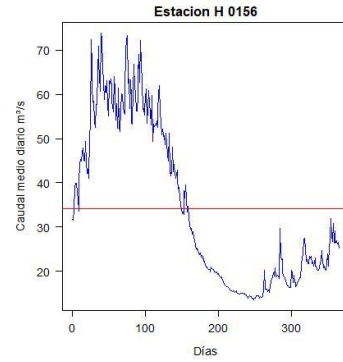
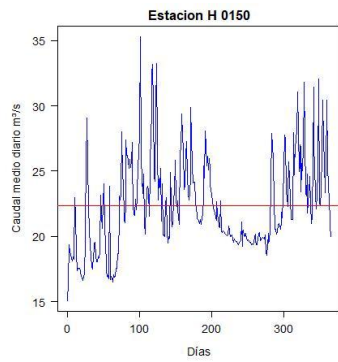


7.5.5 Grupo 5

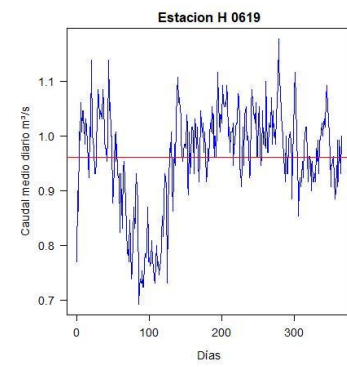
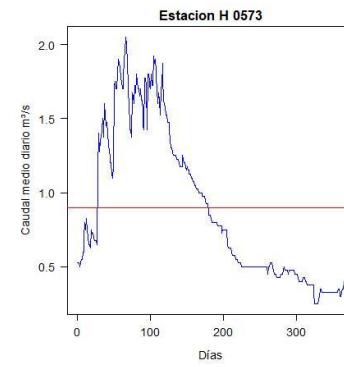
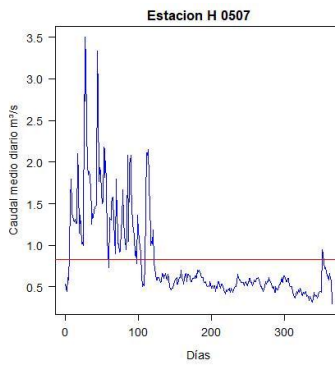
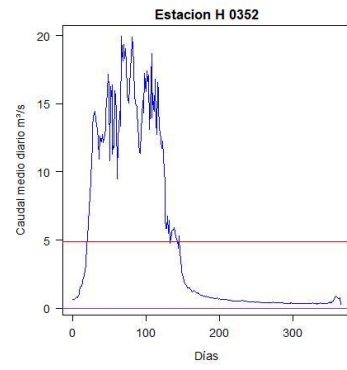
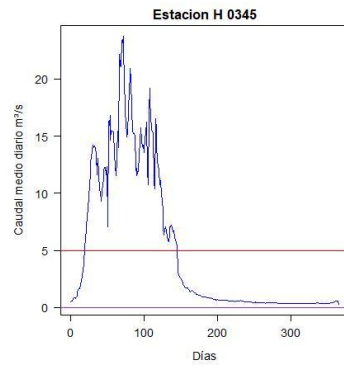
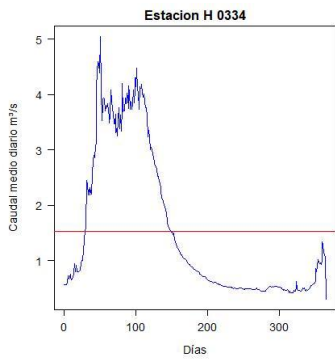




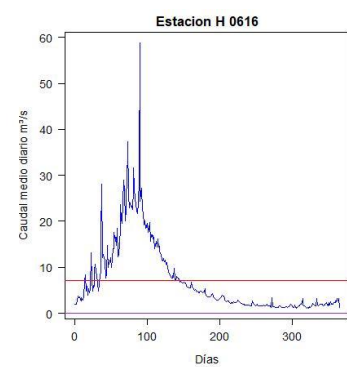
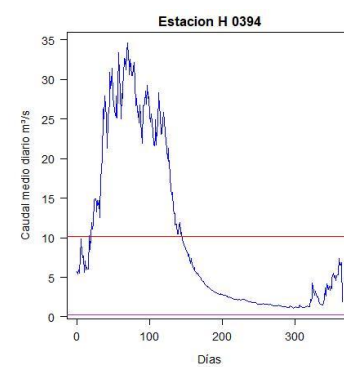
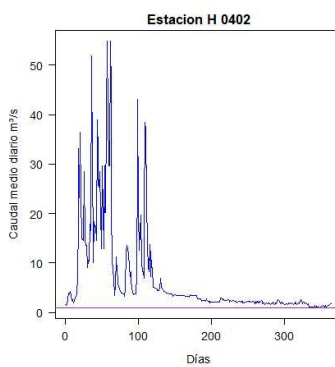
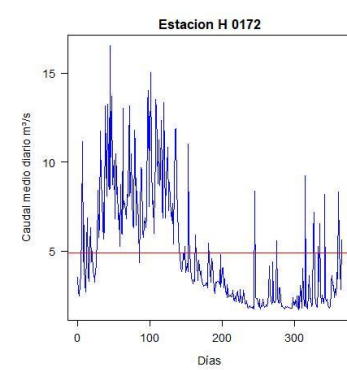
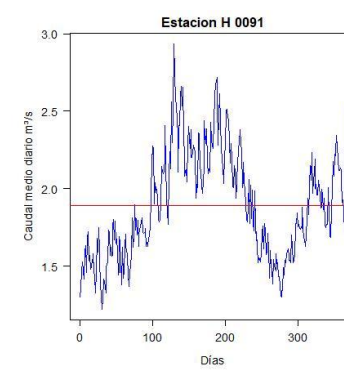
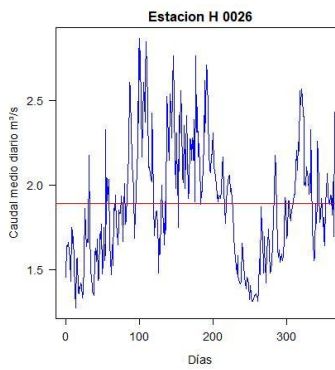
7.5.6 Grupo 6

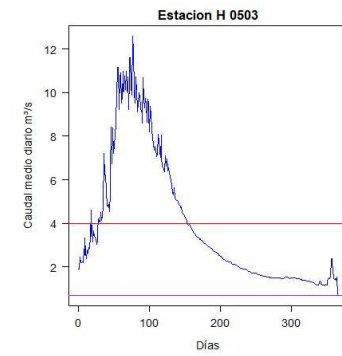
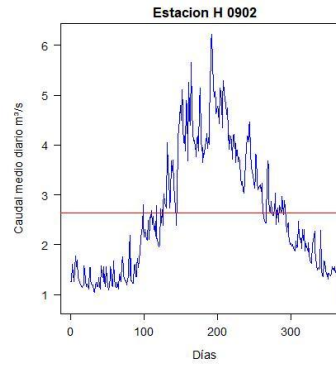
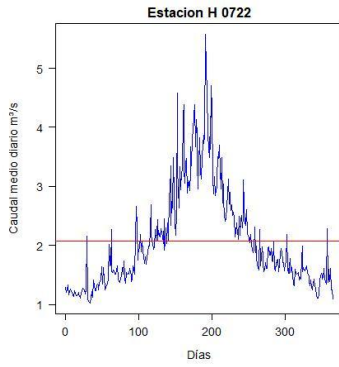
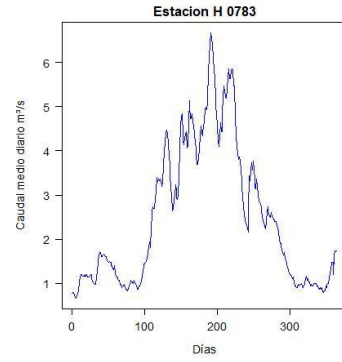
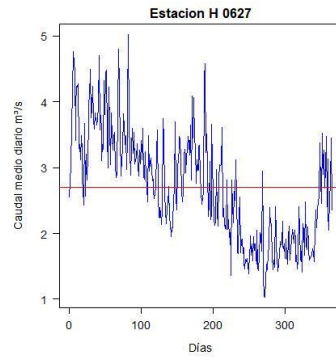
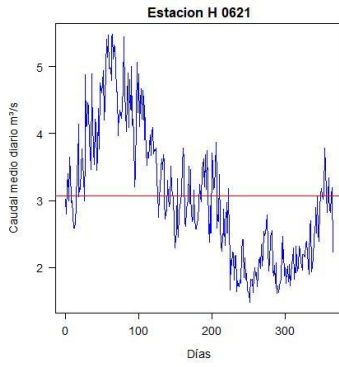


7.5.7 Grupo 7

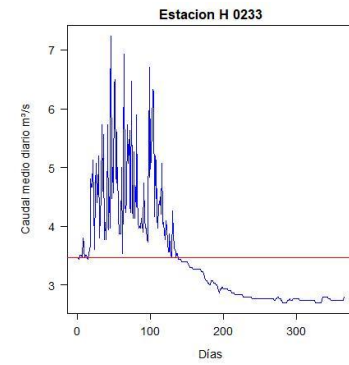
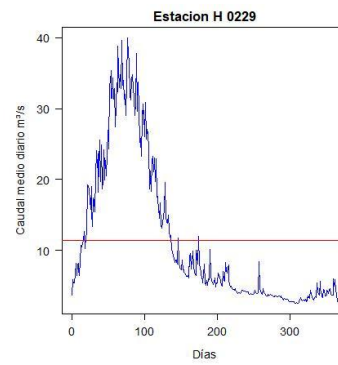
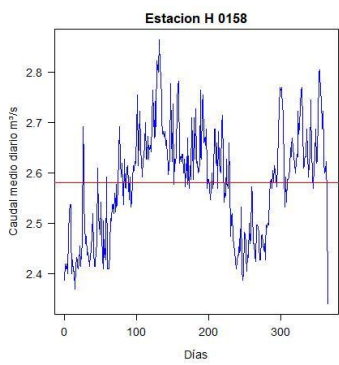
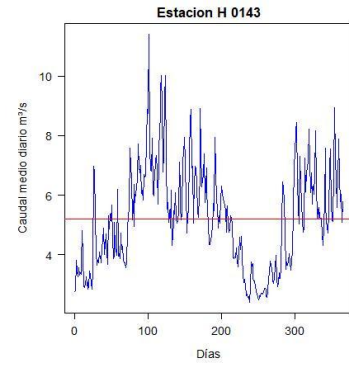
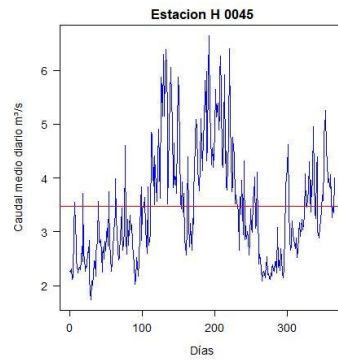
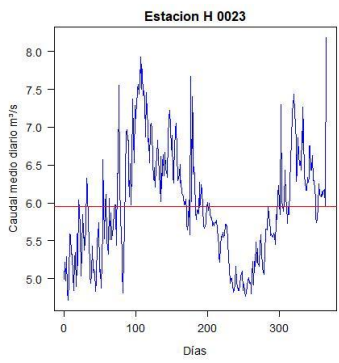


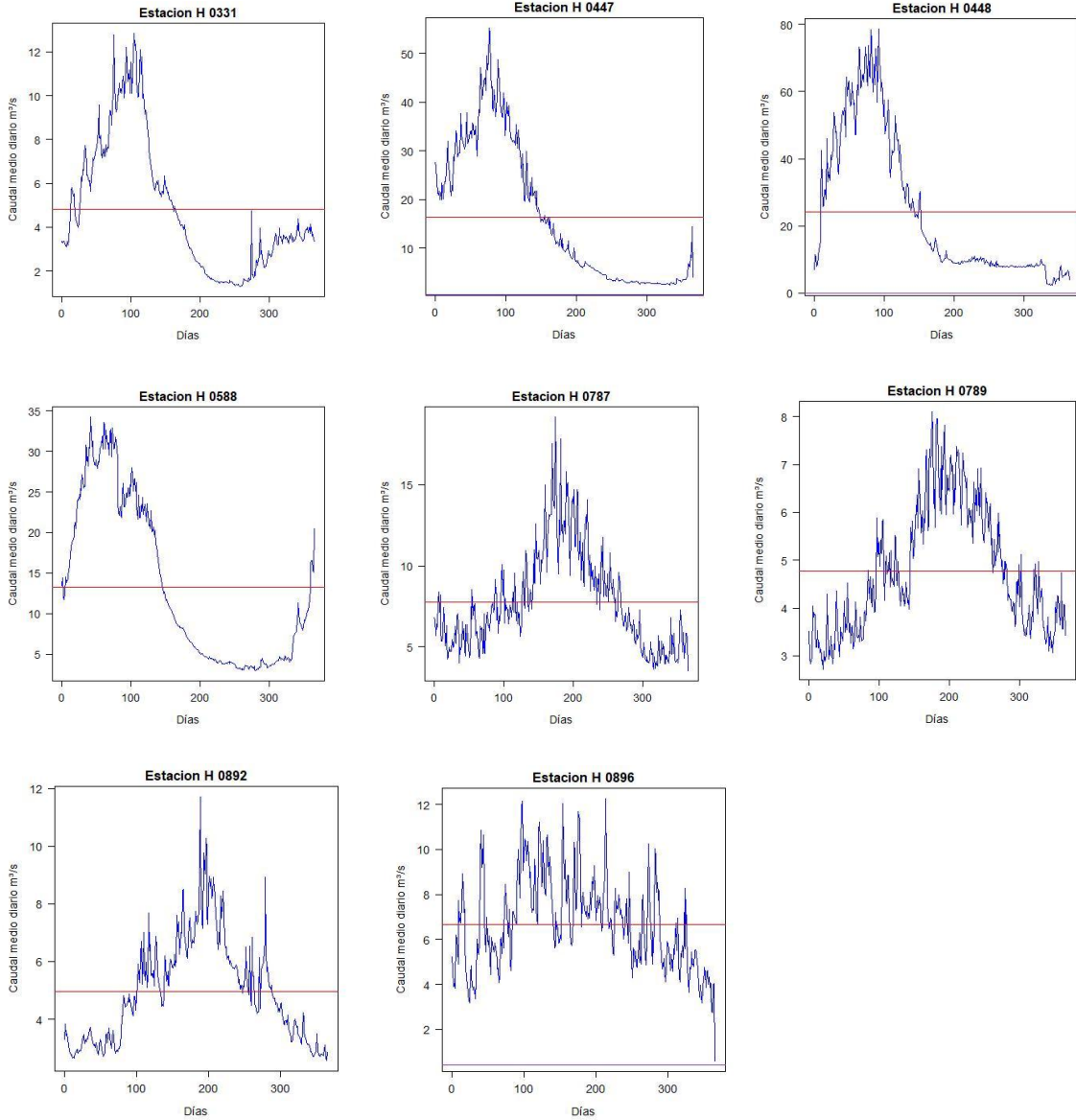
7.5.8 Grupo 8





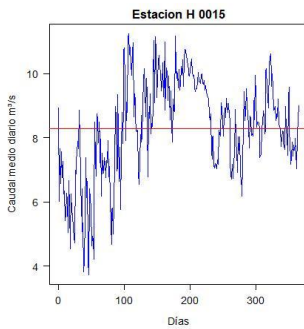
7.5.9 Grupo 9



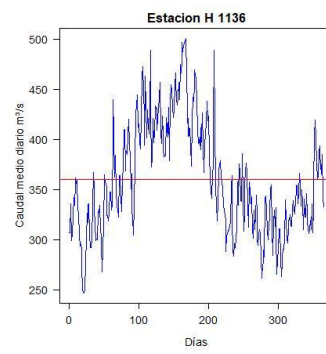
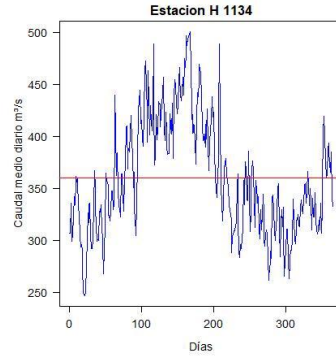
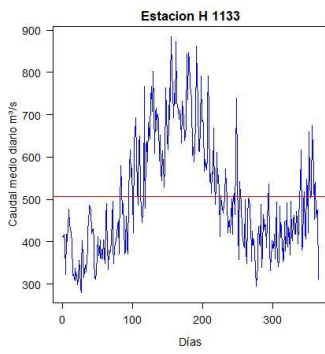
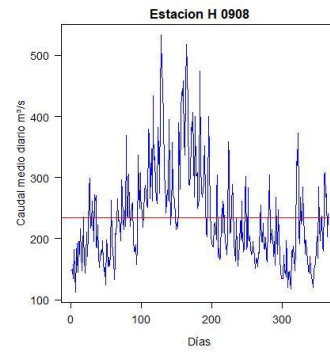
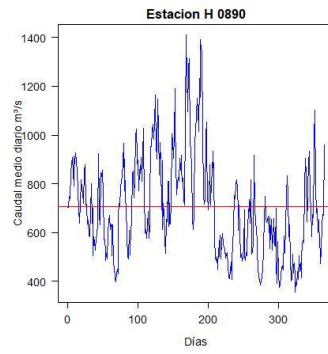
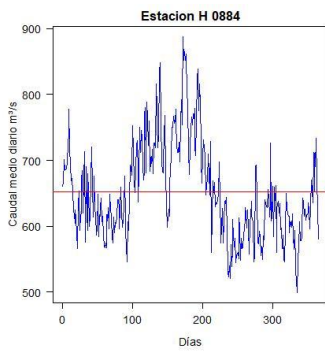


7.6 Anexo 6. Hidrogramas para la clasificación obtenida en el Escenario 2

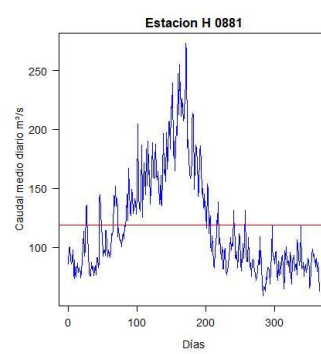
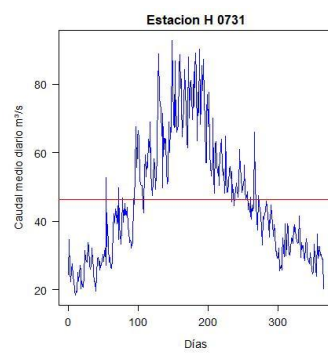
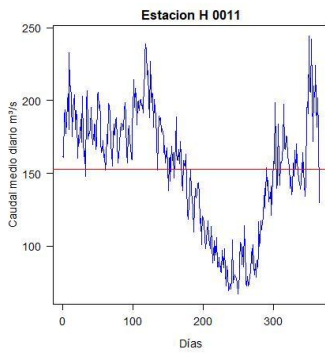
7.6.1 Grupo 1

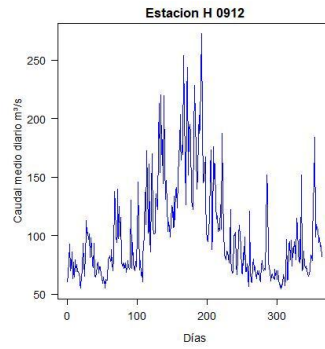
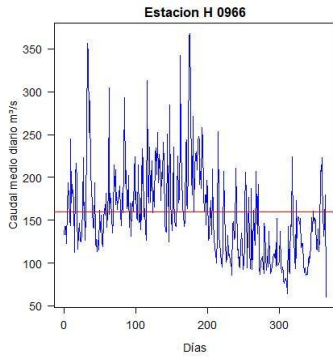
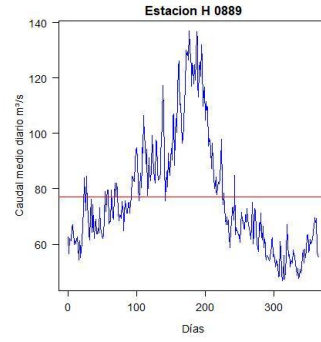
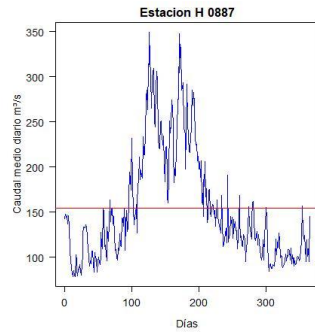
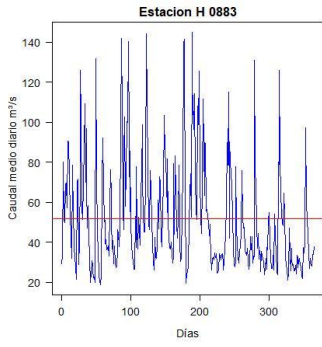


7.6.2 Grupo 2

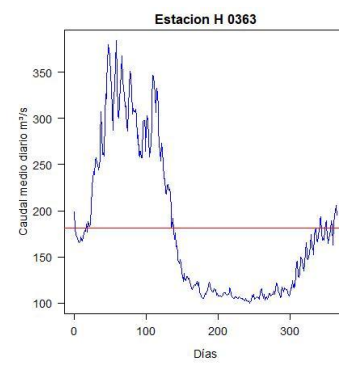
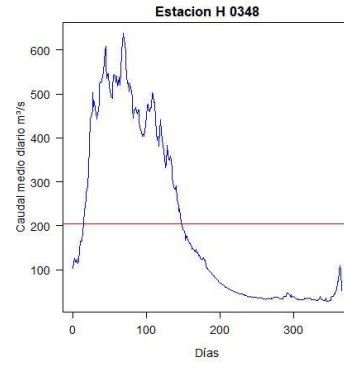
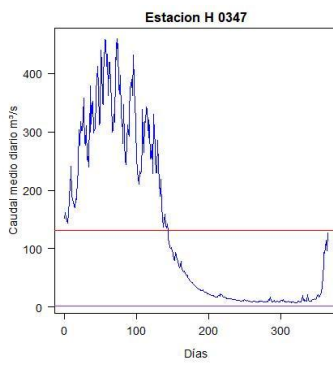
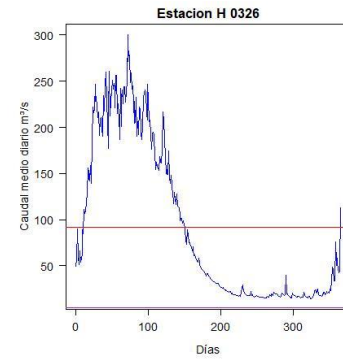
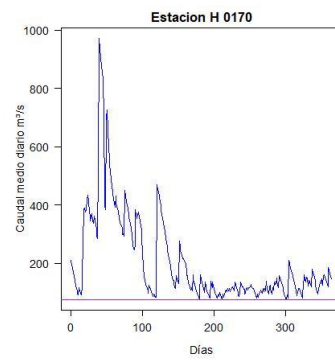
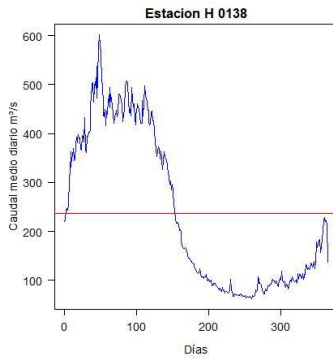


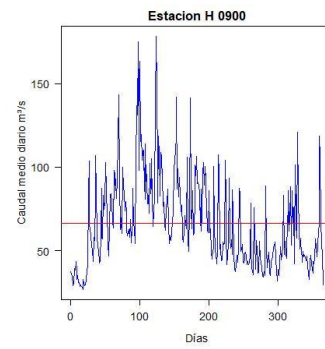
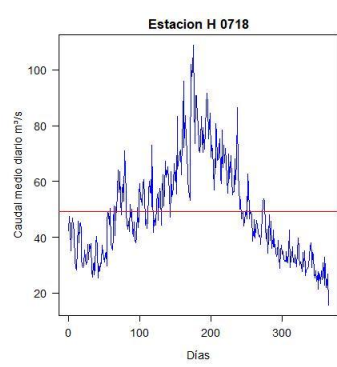
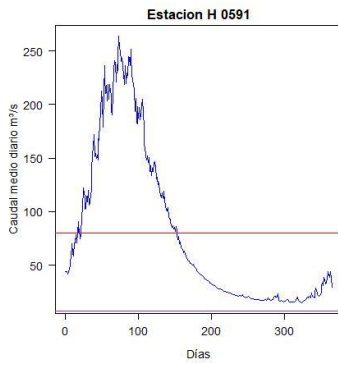
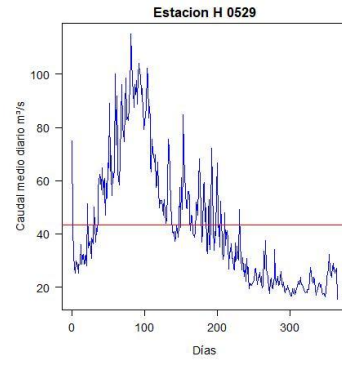
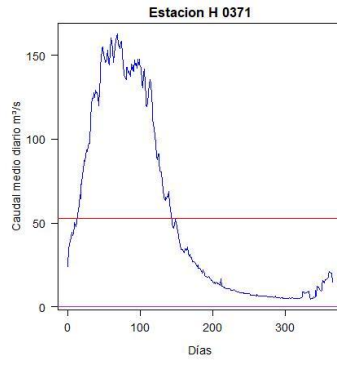
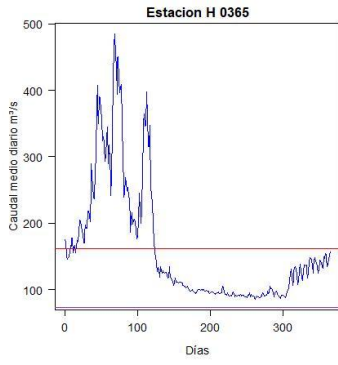
7.6.3 Grupo 3



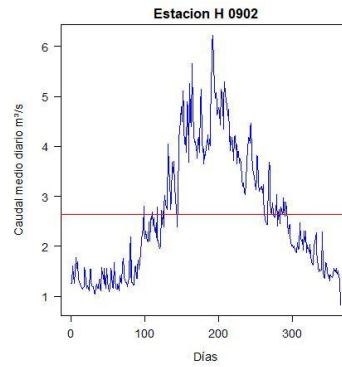
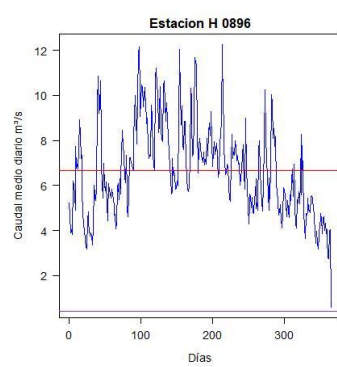
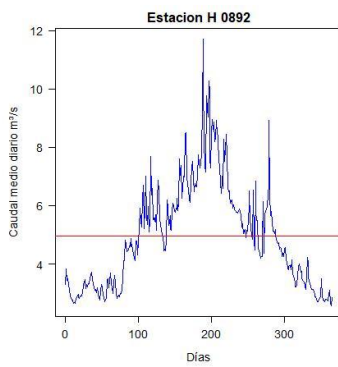
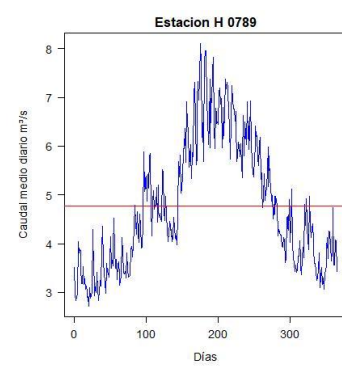
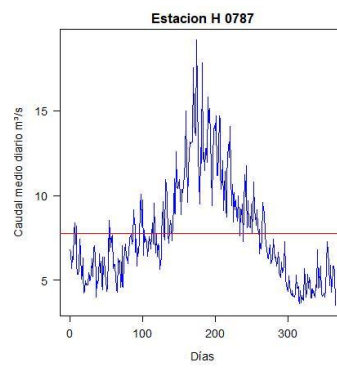
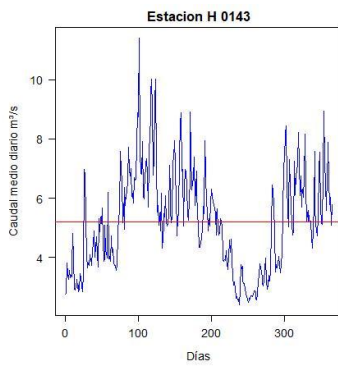


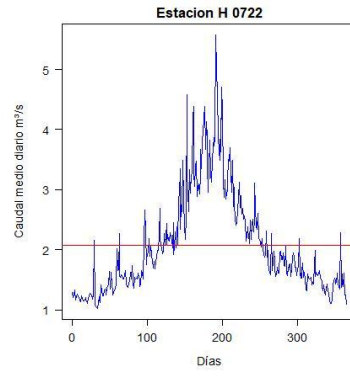
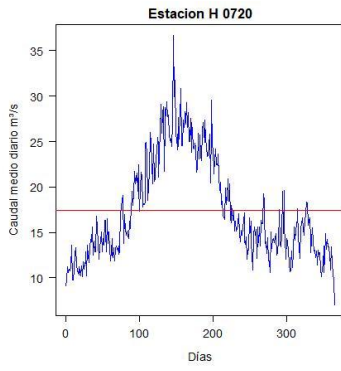
7.6.4 Grupo 4



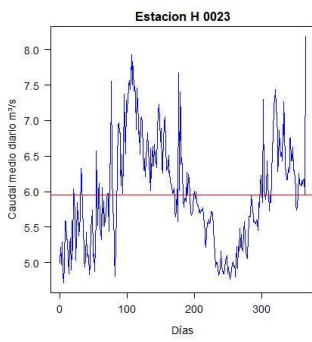


7.6.5 Grupo 5

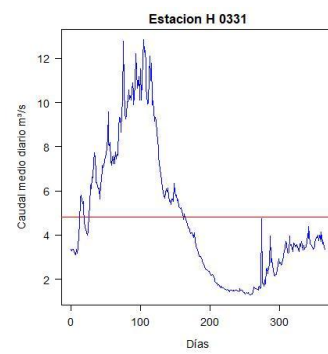
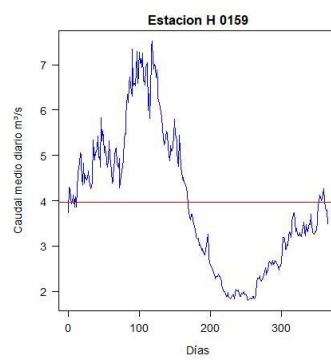
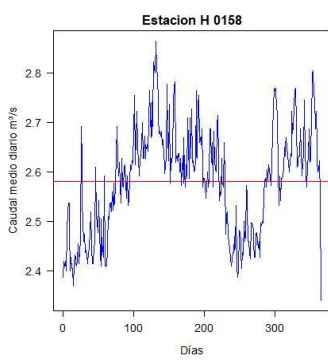
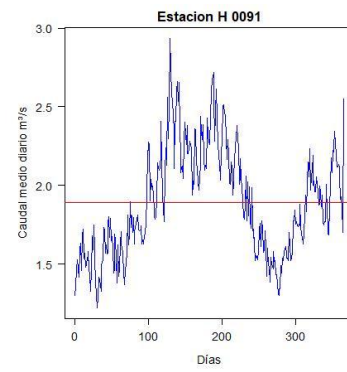
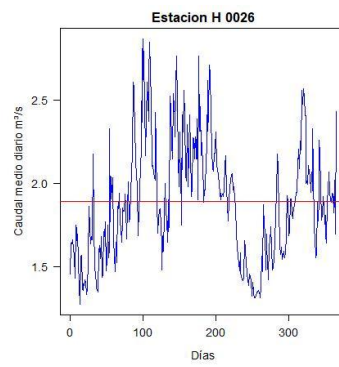
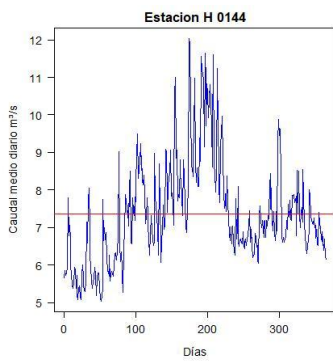


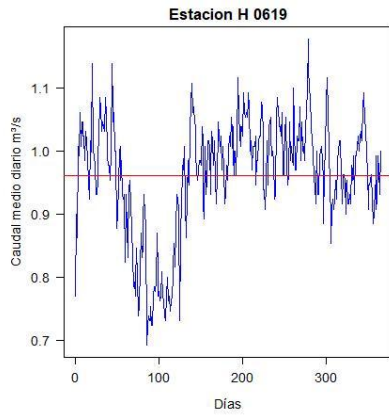


7.6.6 Grupo 6

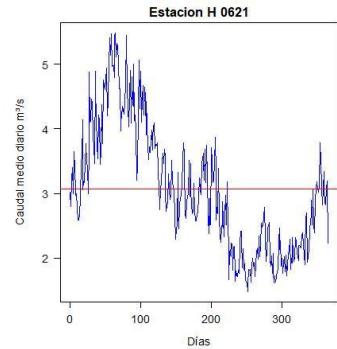
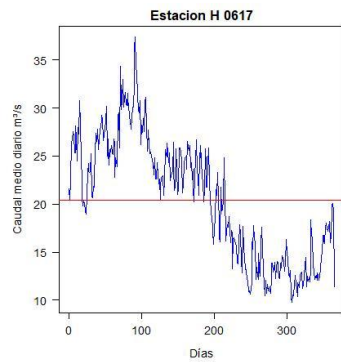
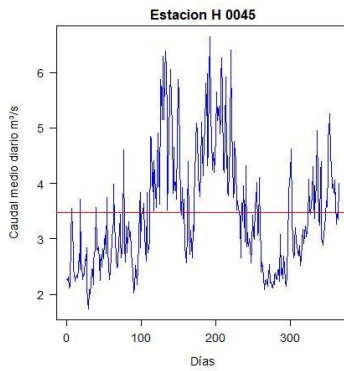
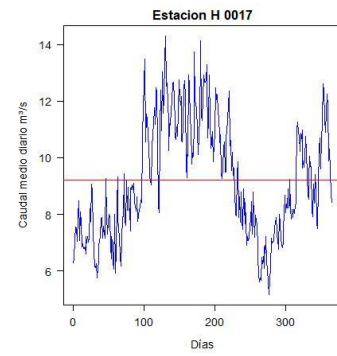
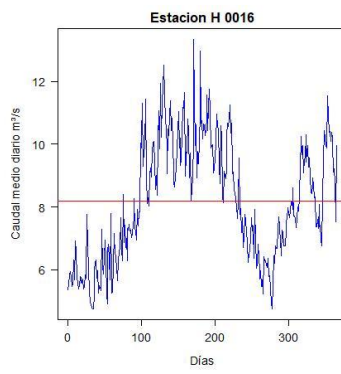
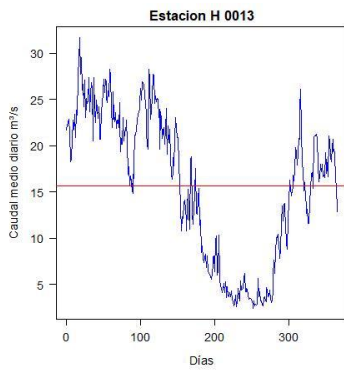


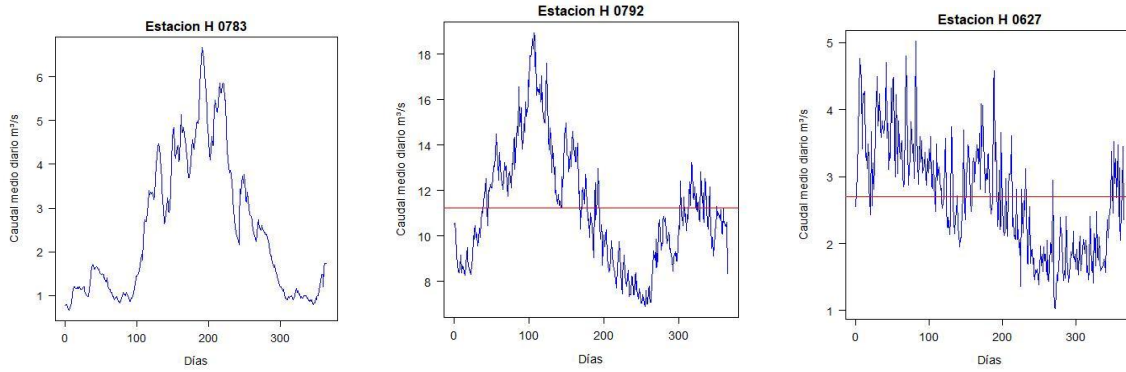
7.6.7 Grupo 7





7.6.8 Grupo 8





7.7 Anexo 7. Software Indicators of Hydrologic Alteration – Indicadores Hidrológicos

El programa IHA se puede descargar en el siguiente link:

<https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/IndicatorsofHydrologicAlteration/Pages/IHA-Software-sp.aspx>

A continuación se encuentra una síntesis de los indicadores hidrológicos que se obtienen mediante el programa:

Grupo de Indicadores Hidrológicos	Descripción de los indicadores hidrológicos calculados por IHA
Magnitud de las condiciones hidrológicas mensuales	En este grupo se calcula la media del media del caudal para cada mes: enero, febrero, marzo, abril, etc.
Magnitud y duración de las condiciones hidrológicas extremas anuales	En este caso se calculan: Mínimos anuales, media de 1,3,7,30,90 días Máximos anuales, media de 1,3,7,30,90 días Número de días con caudal 0 Índice de flujo de base: caudal mínimo de 7 días/ caudal medio annual
Momento de las condiciones hidrológicas extremas anuales	Se obtiene la fecha juliana que presente el caudal máximo y la fecha juliana que presente el caudal mínimo
Frecuencia y duración de los pulsos altos y bajos	Se obtiene la cantidad de pulsos bajos en cada año hidrológico, la media de la duración de los pulsos bajos, la cantidad de pulsos altos en cada año hidrológico, la media o de la duración de pulsos altos.
Tasa y frecuencia de los cambios de las condiciones hidrológicas	Se obtienen las tasas de ascenso, las tasas de descenso y la cantidad de inversiones hidrológicas. Las tasas de ascenso consisten en la media de las diferencias positivas de los valores diarios consecutivos. Las tasas de descenso consisten en todas las diferencias negativas entre los valores diarios consecutivos.
Caudales bajos mensuales	En este grupo se calcula la media de los caudales bajos para cada mes: enero, febrero, marzo, abril, etc.
Caudales extremadamente bajos	Se calcula la frecuencia de los caudales extremadamente bajos durante cada año hidrológico y también la duración, el pico de caudal , la fecha juliana del pico de caudal extremadamente bajo.
Pulsos de caudal alto	Se calcula la frecuencia de caudal alto durante cada año hidrológico, también la duración, el pico de caudal , la fecha juliana del pico de caudal alto , tasas de crecimiento y las tasas de decrecimiento.
Inundaciones pequeñas	Se calcula la frecuencia de inundaciones pequeñas durante cada año hidrológico, también la duración, el pico de caudal , la fecha juliana del pico, tasas de crecimiento y las tasas de decrecimiento.
Inundaciones grandes	Se calcula la frecuencia de inundaciones grandes durante cada año hidrológico, también la duración, el pico de caudal , la fecha juliana del pico, tasas de crecimiento y las tasas de decrecimiento de inundaciones grandes.

Fuente: The Nature Conservancy, 2011