

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRAULICA



***“CARACTERIZACIÓN DE SEQUIAS EN LA CUENCA DEL RIO
PUYANGO-TUMBES EN BASE A LOS ÍNDICES DE FLUJO BASE Y
PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADA”***

TESIS

Para optar el grado de:

INGENIERO HIDRAULICO

Presentado por:

RUBÉN OMAR ORTIZ VÁSQUEZ

Asesorado por:

Dr. Ing. OSWALDO ORTIZ VERA

Co-Asesorado por:

Dr. Ing. SERGIO BYRON MORERA JULCA

CAJAMARCA-PERU

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que éstas conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

Rubén Omar Ortiz Vásquez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y brindarme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida y por ende de mi éxito actual.

A mi madre, que con su ejemplo de ser una madre ejemplar, luchadora y abnegada que me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus consejos sabios.

En relación al plano académico quiero expresar que la investigación pocas veces se deben al trabajo individual, más detrás existe siempre una importante labor de investigadores, que aportan su experiencia y colaboración. Son numerosas las personas y entidades que de una u otra forma han contribuido a la elaboración de esta Tesis, resultando una tarea difícil enumerarlas a todas, sin embargo no puedo dejar de mencionar al Dr. Sergio Morera Julca quien ha sido un apoyo fundamental con su valiosa guía y su asesoramiento además de sus consejos en todo el desarrollo de la misma, al Dr. Oswaldo Ortiz Vera por toda su colaboración y ser siempre un tutor amigo, al Proyecto Especial Binacional Puyango – Tumbes y al INAMHI por concederme el acceso a su base de datos, al Instituto Geofísico del Perú por el apoyo brindado para el desarrollo de la tesis y al jurado de esta Tesis que más que ser un evaluador, se convirtió en un apoyo científico para que la misma se cristalizara.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
Capítulo I. INTRODUCCIÓN	1
1. 1. PROBLEMA.....	3
1. 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
1. 3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
Capítulo II. MARCO TEÓRICO	5
2. 1. Antecedentes.....	5
2. 2. Bases Teóricas.....	11
Sistema Hidrológico de una Cuenca	11
Ciclo Hidrológico.....	17
Hidrograma	17
Escorrentía	18
Caudal Base	18
Curva de Recesión	19
Constante de Recesión	22
Tasa de Recesión	22
Flujos Bajos	23
Sequía.....	23
Indicadores de Sequías	25
Índices de Sequías	26
Separación de Caudal Base	27
Curva de Persistencia (FDC)	31
Índice De Flujo Base (BFI)	32

Método UKIH	33
Filtro de Lyne and Hollick	36
Filtro de Chapman and Maxwell	37
Filtro de Eckhardt	38
Método de Balance de Masas (CMB)	39
Índice de Precipitación Estandarizada (SPI)	41
SPI a 12 Meses	43
SPI a 09 Meses	43
SPI a 06 Meses	44
SPI a 03 Meses	44
Análisis de Conglomerados	44
Dendograma	44
Vector Regional	45
2. 3. Definición de Términos Básicos.....	48
Año Hidrológico	48
Precipitación	48
Aforo	49
Caudal.....	49
Caudal Ecológico	49
Conductividad Eléctrica	49
Threshold.....	49
Calibración.....	49
Intensidad, Duración y Magnitud de una Sequía	50
Capítulo III. MATERIALES Y MÉTODOS	50
3. 1. Descripción y Etapas de la Investigación	51
3. 2. Equipos y Materiales utilizados en la Investigación	72
Capítulo IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
5. 1. Conclusiones	142
5. 2. Recomendaciones.....	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
ANEXOS	148

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cuenca como sistema hidrológico.....	11
Figura 2 Componentes del factor de forma	13
Figura 3 Diferentes hidrografa para cada tipo de cuencas	14
Figura 4 Ciclo hidrológico en una cuenca.....	17
Figura 5 Hidrografa de una tormenta	18
Figura 6 Esquema de caudal base en una tormenta.....	19
Figura 7 Definición de curva de recesión, periodo y segmento de recesión.....	20
Figura 8 Esquema de separación de hidrografa y curva de recesión	21
Figura 9 Propagación de sequías en el ciclo hidrológico.....	25
Figura 10 Indicadores de Sequías	26
Figura 11 Sequías en el Mundo	27
Figura 12 Esquema de separación de hidrografa.....	30
Figura 13 Curva Duración en la estación El Tigre 1964-1982	32
Figura 14 Escorrentía – Caudal base en la estación El Tigre periodo de 1983-1997 e identificación de periodos de recesión.....	33
Figura 15 Comportamiento del Caudal vs Conductividad Eléctrica (CE).....	40
Figura 16 SPI a lo largo de Estados Unidos.....	43
Figura 17 Definición de Dendograma	45
Figura 18 Vector Regional del mes de Enero para la completación y extensión de datos	48
Figura 19 Esquema de un evento de sequía.....	50
Figura 20 Ubicación de la cuenca Puyango-Tumbes en Perú.....	51
Figura 21 Codificación de Pfafstetter en el Perú	52
Figura 22 Litología de la cuenca Puyango – Tumbes	54
Figura 23 Caudales anuales de la estación El Tigre 1964-2015	55
Figura 24 Caudales Característicos en la Estación El Tigre.....	56
Figura 25 Pistola Radar SVR II.....	59
Figura 26 : Aforo líquido con pistola radar.....	60
Figura 27 Diagrama de aforo con molinete.....	60
Figura 28 Aforo con Molinete. Estación El Tigre. Cuenca Puyango-Tumbes.....	61
Figura 29 Ubicación de los puntos de muestreo en la primera Misión, con sus respectivas concentraciones de materia en suspensión (MES).....	62
Figura 30 Seccionamiento de la serie registrada. Estación El Tigre.....	66
Figura 31 Curva de Persistencia en la estación El Tigre	67
Figura 32 Dendograma de las estaciones meteorológicas.....	69
Figura 33 Regiones Meteorológicas similares	70
Figura 34 Aplicación del Vector Regional en Hydraccess.....	70
Figura 35 Hidrografa de la estación El Tigre completado y corregido	74
Figura 36 Hidrografa de la estación 591 Puyango en Camp. Militar completado y corregido.....	75
Figura 37 Hidrografa de la estación 587 Pindo Aj Amarillo completado y corregido	75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación entre el método de la curva de recesión individual y la curva de recesión maestra	22
Tabla 2 Funcionamiento del método de separación UKIH.....	35
Tabla 3 Leyenda de los valores del SPI según condición.....	42
Tabla 4 Litología de la Cuenca del río Puyango – Tumbes	53
Tabla 5 Fenómenos El Niño de 1847-1998.....	57
Tabla 6 Estaciones Hidrométricas en la cuenca Puyango-Tumbes.....	63
Tabla 7 Porcentaje de vacíos en cada una de las estaciones	63
Tabla 8 Correlación entre estaciones a completar	65
Tabla 9 Periodo trabajado en cada una de las estaciones	65
Tabla 10 Estaciones Pluviométricas en la cuenca Puyango-Tumbes	68
Tabla 11 Cantidad de años analizados de las estaciones meteorológicas	71
Tabla 12 Parámetros Geomorfológicos de la cuenca Puyango-Tumbes.....	73
Tabla 13 BFI _{MAX} en la Cuenca Puyango-Tumbes	76
Tabla 14 Parámetros de la Estación El Tigre.....	76
Tabla 15 Parámetros de la Estación 591	76
Tabla 16 Parámetros de la Estación 587	77
Tabla 17 Parámetros de las estaciones complementarias	77
Tabla 18 Resultados BFI Estación El Tigre	78
Tabla 19 Tasa de Recesión en la Estación El Tigre	78
Tabla 20 Valores de Conductividad Eléctrica de la Est. Caboinga	79
Tabla 21 Resultados BFI Eckhardt Est. El Tigre Calibrados	79
Tabla 22 Resultados BFI Estación 591	79
Tabla 23 Resultados BFI Estación 587	80
Tabla 24 Valores de BFI de Eckhardt calibrados en las estaciones 591 y 587.	80
Tabla 25 Resultados BFI Estaciones Complementarias.....	81
Tabla 26 Resultados BFI Eckhardt Calibrados Est. Complementarias	82
Tabla 27 Caudal Ecológico en cada una de las estaciones y periodos registrados.....	83
Tabla 28 Sequías Hidrológicas en la estación El Tigre. Periodo 1964-1982	83
Tabla 29 Sequías Hidrológicas en la estación El Tigre. Periodo 1984-1997	84
Tabla 30 Sequías Hidrológicas en la estación El Tigre. Periodo 1999-2015	85
Tabla 31 Sequías Hidrológicas en la estación 591	87
Tabla 32 Sequías Hidrológicas en la estación 587	91
Tabla 33 Sequías Hidrológicas en la estación 586	94
Tabla 34 Sequías Hidrológicas en la estación 588	95
Tabla 35 Sequías Hidrológicas en la estación 589	97
Tabla 36 Sequías Hidrológicas en la estación 590	98
Tabla 37 Sequías Hidrológicas en la estación 592	99
Tabla 38 SPI 12 Meses. Estación El Tigre.....	100
Tabla 39 SPI 09 Meses. Estación El Tigre.....	101
Tabla 40 SPI 06 Meses. Estación El Tigre.....	101
Tabla 41 SPI 03 Meses. Estación El Tigre.....	102
Tabla 42 Sequías Meteorológicas en la Estación El Salto.....	103

Tabla 43 Sequías Meteorológicas en la estación Puerto Pizarro.....	106
Tabla 44 Sequías Meteorológicas en la estación EM700	108
Tabla 45 Sequías Meteorológicas en la estación EM701	111
Tabla 46 Sequías Meteorológicas en la estación EM702	113
Tabla 47 Sequías Meteorológicas en la estación EM704	116
Tabla 48 Sequías Meteorológicas en la estación EM706	120
Tabla 49 Sequías Meteorológicas en la estación EM708	122
Tabla 50 Sequías Meteorológicas en la estación EM711	125
Tabla 51 Sequías Meteorológicas en la estación EM713	127
Tabla 52 Sequías Meteorológicas en la estación EM715	130
Tabla 53 Sequías Meteorológicas en la estación EM716	132
Tabla 54 Sequías Meteorológicas en la estación EM718	133
Tabla 55 Sequías Meteorológicas en la estación EM723	136
Tabla 56 Sequías Meteorológicas en la estación EM724	138
Tabla 57 Número de Eventos de Sequías registradas según el SPI a 12, 09, 06 y 03 meses.....	141

RESUMEN

La demanda creciente de agua ha hecho que los problemas de sequías requieran una mayor atención, y la cuenca Puyango-Tumbes no está alejado de estos problemas. El primer paso para promover y brindar soluciones, debe ser la caracterización de sequías, para incentivar y servir como plan base para el desarrollo de proyectos. Las sequías se caracterizan mediante el uso de múltiples parámetros climatológicos e hidrológicos que permitan establecer relaciones entre ellos, como son el índice de flujo base (BFI) y de precipitación estandarizada (SPI). En la presente investigación se calculó el BFI en base al uso de 04 técnicas de separación de caudal base, 01 del tipo gráfico (UKIH) y 03 del tipo de filtros digitales tomando como parámetro de filtro, la constante de recesión. Para obtención de este parámetro se llevó a cabo un análisis de la recesión en base a la curva de persistencia y al número de días de recesión. Asimismo de la curva de persistencia se estableció un límite bajo el cual se suscitarán las sequías y se procedió a la caracterización de sequías hidrológicas. Para el cálculo del SPI se usó un registro histórico de 29 estaciones meteorológicas, y después de la regionalización de las precipitaciones se procedió a completar los vacíos de las series históricas, haciendo uso del vector regional. Se aplicó el SPI con ventanas que se traslapan de 03, 06, 09 y 12 meses en cada una de las estaciones. Los análisis revelan que la cuenca sufrió de un rango de sequias moderadas a extremas, las cuales son contrastadas mediante la caracterización del BFI.

Palabras Claves: Sequía, Separación de Caudal Base, Índice de Flujo Base, Índice de Precipitación Estandarizada.

ABSTRACT

The growing demand for water has meant that the problems of droughts require more attention, and the Puyango-Tumbes basin is not far from these problems. The first step to promote and provide solutions, should be the characterization of droughts, to encourage and serve as a base plan for the development of projects. Droughts are characterized by the use of multiple climatological and hydrological parameters that allow establishing relationships among them, such as the base flow index (BFI) and standardized precipitation (SPI). In the present investigation the BFI was calculated based on the use of 04 base flow separation techniques, 01 of the graphic type (UKIH) and 03 of the type of digital filters taking as a filter parameter, the recession constant. To obtain this parameter, an analysis of the recession was carried out based on the persistence curve and the number of days of recession. In addition to the persistence curve, a limit was established under which droughts will arise and hydrological droughts were characterized. For the calculation of the SPI, a historical record of 29 weather stations was used, and after the precipitation regionalization, the gaps of the historical series were completed, making use of the regional vector. The SPI was applied with windows that overlap from 03, 06, 09 and 12 months in each of the stations. The analyzes reveal that the basin suffered from a range of moderate to extreme droughts, which are contrasted by the characterization of the BFI

Key Words: Droughts, Base Flow Separation, Baseflow Index, Standardized Precipitation Index.

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto las sequías son anomalías climatológicas transitorias, estas han afectado durante toda la historia de la humanidad, siendo uno de los principales problemas debido a que períodos prolongados de escasez de recursos hídricos son capaces de provocar efectos adversos sobre la sociedad o los sistemas productivos (Yevjevich, 1971). Esto ha hecho que las sequías ya son consideradas como parte normal del clima debido a que pueden darse en todos los regímenes climáticos del mundo, incluso desiertos o bosques lluviosos (WMO W. M., 2016). Estas son fenómenos complejos difíciles de cuantificar que afectan de manera importante el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos en una región y su conocimiento es requerido para mejorar el manejo y suministro del agua (Paulo, 2006), y que tienen la particularidad de ser de lento desarrollo temporal y amplia cobertura espacial, lo que hace difícil precisar con exactitud su duración y extensión mientras ocurre el fenómeno, dificultando la adopción oportuna de medidas concretas para paliar sus efectos. Estos límites pueden establecerse con precisión una vez que la sequía ha transcurrido totalmente y se le observa desde una perspectiva histórica, mediante la caracterización de ellas. Debido a la complejidad de cuantificarlas, se han desarrollado una serie de índices en base a variables que influyen dentro de la cuenca, como son, el índice de flujo base (BFI) que evalúa las características de flujo base en relación al caudal total; el índice de aridez (AI), que tiene en cuenta los efectos de la temperatura y sequedad; el índice de precipitación estandarizada (SPI) que caracteriza las sequías en base a la precipitación; índice de cobertura vegetal (NDVI) que tiene en cuenta la humedad del suelo en la caracterización de sequías, entre otros (Podestá, 2015).

La cuenca Puyango-Tumbes no ha desarrollado todas sus potencialidades debido a un mal manejo de sus recursos naturales (Lazarte, 2002), y con la demanda creciente de agua y la escasez que conlleva es necesario el buscar soluciones a los problemas que se avecinan. Por lo que en esta investigación se abordará la identificación y caracterización de sequías desde el punto de vista hidrológico y meteorológico, abarcando la mayor ventana de tiempo y espacio en función de los datos diarios de caudales y de precipitaciones mensuales disponibles. Dentro de la cuenca del río Puyango- Tumbes podemos encontrar 08 estaciones hidrométricas y 29 estaciones meteorológicas, con información de hasta 50 años, teniendo así una base de datos robusta para analizar y dar buenos resultados.

1. 1. PROBLEMA

- La escasez del agua en la cuenca binacional del río Puyango-Tumbes.

1. 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

- Caracterización de sequías en la cuenca del río Puyango -Tumbes en base a los índices de flujo base y precipitación estandarizada.

Objetivos Específicos

- Recopilación y procesamiento de información cartográfica de la cuenca del río Puyango-Tumbes.
- Recopilación y procesamiento de información meteorológica e hidrológica de las estaciones dentro de la cuenca del río Puyango-Tumbes.
- Cuantificación del índice de flujo base (BFI).
- Cuantificación del índice de flujo precipitación estandarizada (SPI).
- Caracterización de sequías.

1. 3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

Debido al aumento de la demanda de agua y el cambio climático que se avecina, los últimos años han sido testigos de muchos enfoques e investigaciones en los escenarios globales de sequía (Mishra, 2010).

Las sequías son un fenómeno hidrológico extremo que impide el cubrir las demandas al cien por cien y tiene consecuencias económicas adversas, estas traen consigo impactos a la agricultura; afectando cosechas y vegetación de la zona; al sistema hídrico, afectando los niveles de agua en acuíferos, ríos, lagos y presas; al medio ambiente, modificando los ecosistemas y hábitat además de aumento de la contaminación debido a la menor disolución y capacidad de depuración de materiales.

A pesar de la riqueza del recurso hídrico de la cuenca Puyango-Tumbes, esta no es ajena a la realidad y debido a la creciente demanda de agua y a la escasez que esto conlleva, el entendimiento de la hidrología y la posterior caracterización de sequías, brindarán el soporte necesario para poder gestionar y desarrollar proyectos de gestión y desarrollo sostenibles.

El entender la hidrología en una cuenca pasa por la caracterización de los dos componentes que conforman el caudal es de vital importancia para entender la hidrología dentro de una cuenca: la escorrentía superficial, que es la componente de respuesta rápida dentro del caudal y una respuesta que cambia lentamente conocida como flujo base (Morera, 2017).

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo contiene una revisión de los principales temas que guardan relación con la investigación, partiendo de los antecedentes y conceptos generales, hasta un análisis particular del fundamento teórico de sequías y de cada uno de los índices a cuantificar. Los temas abordados son: conceptos básicos, definición de cuenca, ciclo hidrológico y balance hídrico, sequía, modelos de separación de caudal, filtros, curva de recesión de caudal base, índice de flujo base, índice de precipitación estandarizada, sequía hidrológica, sequía meteorológica, entre otros.

2. 1. Antecedentes

Una discusión de la hidrología de bajo flujo y cuestiones conexas debería comenzar con una definición de lo que realmente es "bajo flujo". Este término puede significar diferentes cosas para diferentes grupos de interés. Para muchos puede ser considerado como los flujos reales en un río que ocurre durante la estación seca del año, otros pueden estar preocupados por la cantidad de tiempo y las condiciones que se producen entre los eventos de inundación... El periodo de flujos bajos es un fenómeno estacional, y un componente integral de un régimen de flujo de cualquier río. La sequía, por otra parte, es un hecho natural resultante de una precipitación menos de lo normal durante un período prolongado de tiempo. Existen varios tipos de sequías pueden ser definidos: meteorológica, atmosférica, agrícola, hidrológica y la gestión del agua. Las sequías son períodos de bajo flujo, pero un evento continuo de bajo flujo estacional no necesariamente constituye una sequía, aunque algunos investigadores se refieren a un período de bajo flujo continuo de un año como la sequía anual. La literatura sobre el análisis y la gestión de la sequía merece una atención especial y un estudio detallado (Smakhtin, 2001).

El filtrado recursivo digital de un hidrograma es un método de separación del caudal base que puede ser fácilmente automatizado y ha sido recomendado por sus resultados reproducibles. En el pasado diferentes formulaciones del filtro más simple llamado filtro de un parámetro han sido propuestos. En este artículo un marco teórico es desarrollado para algoritmos de filtrado que fueron contruidos en la hipótesis que la descarga de un acuífero es linealmente proporcional a su almacenamiento. Esto muestra que los filtros de un parámetro que describen una recesión exponencial del caudal base son casos especiales de filtros de dos parámetros, estos parámetros son la constante de recesión que puede ser determinada de un análisis de recesión y el BFI_{max}, máximo valor del índice de flujo base (Eckhardt K. , 2005).

Se necesita información sobre la disponibilidad y / o contribuciones caudal de base para desarrollar estrategias de cantidad de agua y de gestión de la calidad del agua. La disponibilidad del flujo de base varía en el espacio y el tiempo en una región debido al clima, topografía, paisaje, y las características geológicas. En este estudio, el índice de flujo de base (BFI) (flujo de base / caudal total de flujo) se estimó a partir de los registros de caudales diarios usando un método de filtro digital recursivo e interpolada para producir un mapa de la red para el Estados Unidos contiguos. (Santhi, 2008)

El caudal base es un componente de caudal el cual reacciona lentamente a la precipitación y es usualmente asociado con la descarga de agua de almacenamiento subterráneo. El conocimiento acerca del caudal base es útil en la evaluación de la calidad de agua y las condiciones de flujos bajos. Esto también puede ser útil para calibrar o validar modelos hidrológicos...

Ya que los valores verdaderos del índice de flujo base son desconocidos, no se puede decir, cuál de los métodos brinda mejores estimaciones. Sin embargo, los resultados del método

Eckhardt parece ser hidrológicamente más plausible que los otros algoritmos (Eckhardt, 2008).

🌳 La sequía es un fenómeno hidrológico extremo de gran complejidad que afecta el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos en una misma región. Para caracterizar las sequía mediante la identificación de los periodos secos con impacto en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos, se calcula el Indicador Normalizado de Precipitaciones (SPI), basado en la probabilidad de lluvias en cualquier periodo de tiempo y desarrollado por McKee (McKee, 1993).

🌳 Evaluación de los recursos hídricos disponibles en diferentes depósitos y desplazándose por las diversas rutas en una cuenca es importante para su uso óptimo y protección, y también para la predicción de inundaciones y flujos bajos. Por otra parte, la comprensión de los procesos de generación de esorrentía es esencial para evaluar los impactos de los cambios climáticos y de uso del suelo en la respuesta hidrológica de una cuenca. Existen muchos métodos para la separación del flujo de base, pero difícilmente uno se centra en el comportamiento específico de las zonas bajas de clima templado...

La comprensión de los procesos de generación de esorrentía, es decir, las zonas de origen, vías y tiempos de retención, es importante para la predicción de las cantidades de agua, incluidas las inundaciones y flujos bajos (los flujos de base), y la calidad del agua en una cuenca. Sin embargo, estos procesos continúan siendo difíciles de cuantificar y conceptualizar y la medición directa de cada componente de descarga, de una manera continua y en un número suficiente de posiciones es prácticamente imposible. También se necesita el análisis preciso de las vías de flujo de agua de lluvia a los arroyos para la protección óptima de los recursos superficiales y subterráneos. Comprensión de los

procesos de generación de escorrentía es también esencial para evaluar los impactos de los cambios en la respuesta hidrológica de una cuenca.

En muchas cuencas, el flujo de base es un componente importante del flujo de la corriente y, por lo tanto, las separaciones de flujo de base han sido ampliamente estudiadas y tienen una larga historia en la ciencia de la hidrología y la hidráulica (Gonzales, 2009).

Debido al aumento de la demanda de agua y el cambio climático que se avecina, los últimos años han sido testigos de mucho enfoque en los escenarios globales de sequía. Como un peligro natural, la sequía se caracteriza mejor por varios parámetros climatológicos e hidrológicos. Es necesaria una comprensión de las relaciones entre estos dos conjuntos de parámetros para desarrollar medidas para mitigar los impactos de las sequías. A partir de un análisis de las definiciones de sequía, este trabajo intenta ofrecer un repaso de los conceptos fundamentales de la sequía, la clasificación de las sequías, los índices de sequía, sequías históricas utilizando estudios paleoclimáticos, y la relación entre sequías e índices climáticos a gran escala (Mishra, 2010).

Una preparación efectiva contra la sequía y la mitigación de sus impactos requiere una capacidad adecuada para monitorear, entender y modelar este complejo fenómeno. (Podestá, 2015)

El flujo base es un elemento importante dentro de la modelación hidrológica en cuencas. Su estudio resulta clave en la estimación de la relación precipitación- escurrimiento. La variación de la recarga potencial de los acuíferos someros también fue evaluada. Las curvas de recesión se calibraron con el uso de la relación no lineal entre almacenamiento- descarga de un acuífero. El modelo se calibró mensualmente con base en un parámetro (a), el cual se relacionó con el gasto mensual en un enfoque de regresión. Este proceso permitió obtener valores del parámetro a escala diaria. Las curvas de recesión para las sub-cuencas,

se ajustaron bien al modelo planteado. La regresión permitió ajustar un modelo potencial en los valores extremos inferiores, de modo que el flujo base no excedió al gasto total (Salas, 2015).

✚ La predicción de curvas de recesión es una tarea importante para la gestión y diseño de obras hidráulicas y depósitos de agua subterránea por el efecto que el bajo flujo de agua tiene durante períodos de bajos caudales. Ha habido muchos enfoques para poder relacionar la recesión con ecuaciones exponenciales u otras funciones, pero no ha habido ningún enfoque de éxito para ligar los parámetros de estas funciones exponenciales con el tiempo de recesión, parámetros hidrológicos, y con la descarga máxima inicial antes que comience la recesión (Stella, 2012).

✚ La sequía es uno de los fenómenos climáticos más complejos que afectan a la sociedad y el medio ambiente. Esta complejidad se debe a la dificultad de cuantificar la severidad de una sequía, pues habitualmente identificamos una sequía por sus efectos sobre diferentes sistemas (agricultura, recursos hídricos, ecología, incendios forestales, pérdidas económicas, etc.), pero no existe una variable física determinada que nos permita medir la severidad de la sequía. Por ello, las sequías son difíciles de identificar en el tiempo y el espacio, siendo muy complejo determinar el momento en que una sequía comienza y termina, además de cuantificar su duración, magnitud y extensión superficial. Estas características explican el enorme esfuerzo científico dedicado a desarrollar herramientas que proporcionen una evaluación objetiva y cuantitativa de la gravedad de la sequía. La sequía se cuantifica habitualmente mediante los llamados índices de sequía, que son indicadores indirectos basados en información climática. Diferentes estudios han mostrado la relación existente entre la variabilidad de los índices de sequía y diferentes variables ambientales e hidrológicas (Vicente-Serrano, 2012).

- 📖 De acuerdo con EmDat (2009) las pérdidas económicas ocasionadas por las sequías en el Perú entre 1983 y 2002, equivalen a US\$ 3,2 millones. Si bien es cierto las regiones más susceptibles a las sequías se encuentran al sur andino del país, de acuerdo a la ANA (2010) entre el 2000 y 2010 las sequías se han presentado en todo el territorio nacional. Así, la ANA ha reportado 163 eventos de sequías: 127 en la vertiente del Pacífico, 25 en la vertiente del Titicaca y 11 en la vertiente del Atlántico (Amazonas). El plan de trabajo que se sigue es en dos fases, donde la primera consiste en la estimación de los índices de sequías a diferentes ventanas de tiempo (1, 3, 6, 9 y 12 meses) que permitieron la caracterización y monitoreo de sequías meteorológicas, agro-meteorológicas e hidrológicas (Senamhi, Boletín de Sequías a Nivel Nacional , 2014).
- 📖 El predecir futuras sequías en una región es una importante tarea y el primer paso para encontrar soluciones sostenibles y sustentables al manejo del agua y a la evaluación de las ocurrencias de sequías, es la caracterización de sequías. Sin embargo, esto refleja una tarea compleja, debido al carácter arbitrario de la precipitación. La sequía es de hecho una característica recurrente del clima y viene ocurriendo en todas las zonas climáticas y es originado por un déficit de precipitación sobre un periodo de tiempo dado, escalas cortas caracterizan sequías meteorológicas mientras escalas más largas son estudiadas por las sequías hidrológicas. (Bordi, 2014).

2. 2. Bases Teóricas

Sistema Hidrológico de una Cuenca

Una cuenca es un sistema abierto, complejo, cuyos elementos biofísicos, sociales y económicos se encuentran estrechamente interrelacionado. Es un sistema abierto porque transfiere- recibe y da- flujos y materia de sus fronteras con otros sistemas (Villón, 2002).

Cuenca hidrológica. Área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido (Villón, 2002).

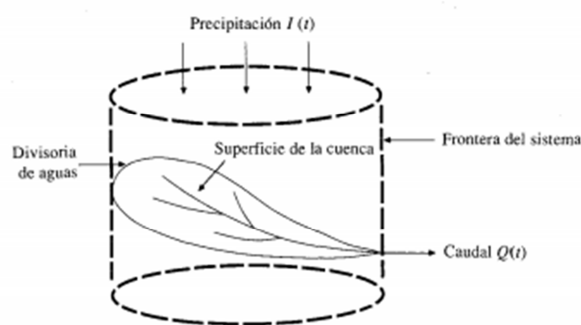


Figura 1 Cuenca como sistema hidrológico

Fuente: (Villón, 2002).

Parámetros Geomorfológicos de Cuenca. El funcionamiento de la cuenca se asemeja al de un colector, que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación presenta pérdidas de agua, situación que depende de las condiciones climatológicas y de las características físicas de la cuenca. Cuencas vecinas sometidas a las mismas condiciones climáticas, pueden tener regímenes de flujo totalmente distintos, situación debida principalmente a las características físicas de las cuencas. En función de esto, las características físicas más importantes de una cuenca son:

- Área
- Perímetro
- Forma de la cuenca
- Relación de Elongación
- Índice de compacidad
- Longitud del cauce principal

Parámetros Geométricos

Área (A)

Es el área plana en proyección horizontal, de forma muy irregular, obtenida después de delimitar la cuenca; se reporta en kilómetros cuadrados, excepto las cuencas pequeñas que se expresan en hectáreas (Villón, 2002). En la actualidad existen diversos y variedad de programas (softwares) que nos permiten determinar con mayor precisión longitudes y superficies de las cuencas. Entre los paquetes computacionales, se tienen:

- SIGs: QGIS, ArcGIS, IDRISI, ETC.
- CADs: AutoCAD, LANDESKTOP, VECTOR WORK, etc.

Perímetro de la cuenca (P)

Borde del contorno (límite exterior) de la forma irregular de la cuenca proyectada en un plano horizontal, obtenida una vez delimitada la cuenca (Villón, 2002).

Parámetros de Forma de la Cuenca

La forma de la cuenca afecta en las características de descarga de la corriente, principalmente en los eventos de flujo máximo. En general, los escurrimientos de una cuenca de forma casi circular serán diferentes a los de otra, estrecha y alargada, aunque tengan la misma área.

Índice de compacidad o Coeficiente de Gravelius (Ic)

Es el cociente que existe entre el perímetro de la cuenca respecto al perímetro de un círculo del área de la misma cuenca

Ecuación 1 Coeficiente de Gravelius

$$Ic = \frac{P}{P_0} = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi * A}} = 0.282 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

Si $Ic = 1$ la cuenca es de forma circular. Este coeficiente nos dará luces sobre la escorrentía y la forma del hidrograma resultante de una determinada lluvia caída sobre la cuenca.

Si: $Ic \approx 1$ cuenca regular

$Ic \neq 1$ cuenca irregular; (Ic grande, menos susceptible a inundaciones).

Factor de Forma (Ff)

Fue definido por Horton, como el cociente entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud del cauce principal:

Ecuación 2 Factor de Forma

$$Ff = \frac{B}{Lc}$$

Ancho promedio de la cuenca:

$$B = \frac{A}{Lc} \quad Ff = \frac{A}{Lc^2}$$

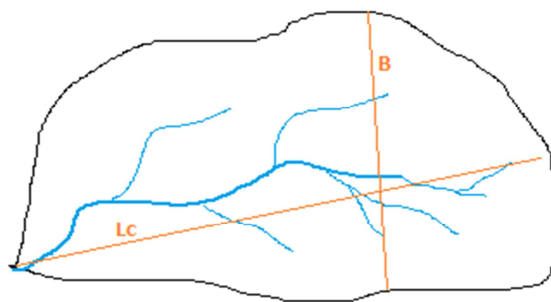


Figura 2 Componentes del factor de forma

Dónde:

B = Ancho Promedio de la cuenca, (Km)

A = Área de la cuenca, (Km²)

L_c = Longitud de la cuenca, que se define como la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta.

Esta ecuación muestra que las cuencas no son similares en forma. A medida que el área aumenta, su relación A/L^2 disminuye, lo cual indica una tendencia al alargamiento en cuencas grandes. La forma de la cuenca afecta los hidrogramas de caudales máximos, por lo que se han hecho numerosos esfuerzos para tratar de cuantificar este efecto por medio de un valor numérico.

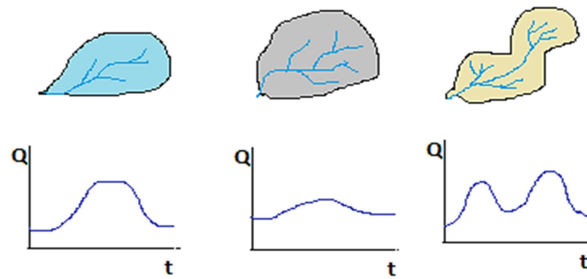


Figura 3 Diferentes hidrograma para cada tipo de cuencas

Coefficiente de forma (Kf)

Relación entre la anchura media B_m de la cuenca y la longitud media (L_m):

Ecuación 3 Coeficiente de Forma

$$Kf = \frac{B_m}{L}$$

Dónde:

B_m = Ancho media de la cuenca

L_m = Longitud media de la cuenca (distancia entre la salida y el punto más alejado de la cuenca).

Relación de Elongación (Re)

Definido por Schumm, es la relación entre el diámetro de un círculo (D) de área igual a la cuenca y la longitud de la cuenca (L_c).

$$R_e = \frac{D}{Lc}$$

Expresando el diámetro en función del área de la cuenca (A) queda:

Ecuación 4 Relación de Elongación

$$Re = 1.1284 * \frac{\sqrt{A}}{Lc}$$

Si R_e varía entre 0.60 y 1.00 cuenca con amplia variedad de climas y geologías. Además está fuertemente correlacionado con el relieve de la cuenca, de manera que valores cercanos a la unidad son típicos de regiones con relieve bajo, en cambio donde R_e que varía de 0.60 a 0.80 está asociado a fuertes relieves y pendientes pronunciadas del terreno (Campos Aranda). Relieves y pendientes pronunciadas del terreno por que esta entre 0.6 y 0.8.

Relación de circularidad (R_{ci})

Relación de circularidad, (R_{ci}), denominado también como radio de circularidad, es el cociente entre el área de la cuenca (A) y la del círculo cuyo perímetro (P) es igual al de la cuenca:

Ecuación 5 Relación de circularidad

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Dónde: A=Área de la Cuenca en Km²; P=Perímetro de la cuenca en Km.

Cuando $R_{ci}=1$, la cuenca es circular y si $R_{ci}=0.785$, la cuenca es cuadrada.

Rectángulo equivalente o rectángulo de Gravelius

El rectángulo equivalente es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y perímetro (mismo índice de compacidad), igual distribución de alturas (igual curva hipsométrica), e igual distribución de terreno, en cuanto a sus condiciones de cobertura.

Cálculo de los lados l y L del rectángulo

El rectángulo equivalente es lógicamente una transformación puramente geométrica de la cuenca en un rectángulo de igual perímetro, convirtiéndose las curvas de nivel en rectas paralelas al lado menor, siendo éstos la primera y la última curva de nivel. Si L y l, son respectivamente los lados mayor y menor del rectángulo equivalente a P y A, el perímetro y el tamaño de la cuenca, en Km y Km², entonces se tiene por las definiciones precedentes que:

$$\text{Área: } A = L * l$$

$$\text{Perímetro: } P = 2 * (L + l)$$

$$\text{El índice de Gravelious (Índice de Compacidad) es: } Ic = 0.282 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right)$$

Sustituyendo A y P en la ecuación de Ic y despejando se obtienen:

Ecuación 6 Longitud de lado mayor

$$L = \frac{Ic\sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Ic}\right)^2} \right]$$

Ecuación 7 Longitud de lado menor

$$l = \frac{Ic\sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{Ic}\right)^2} \right]$$

Donde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo

l = longitud del lado menor del rectángulo

Ic = Índice de Compacidad o de Gravelious

A = Área de la cuenca

P = Perímetro de la cuenca

En el caso de dos cuencas con rectángulos equivalentes similares, se admite que poseen un comportamiento hidrológico análogo siempre que posean igual clima y que el tipo y la distribución de sus suelos, de su vegetación y de su red de drenaje sean comparables (Villón, 2002).

Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta Tierra. El ciclo hidrológico se puede representar como un sistema, es decir, como una estructura o volumen en el espacio, delimitada por una frontera, cuyos componentes internos interactúan entre sí o con otros sistemas adyacentes. Los componentes del sistema serán las variables hidrológicas y los procesos que las relacionan entre sí; los sistemas adyacentes serán aquellos que tienen como límites comunes las capas altas de la atmósfera y los sistemas geológicos profundos (Chow V. T., 1988).

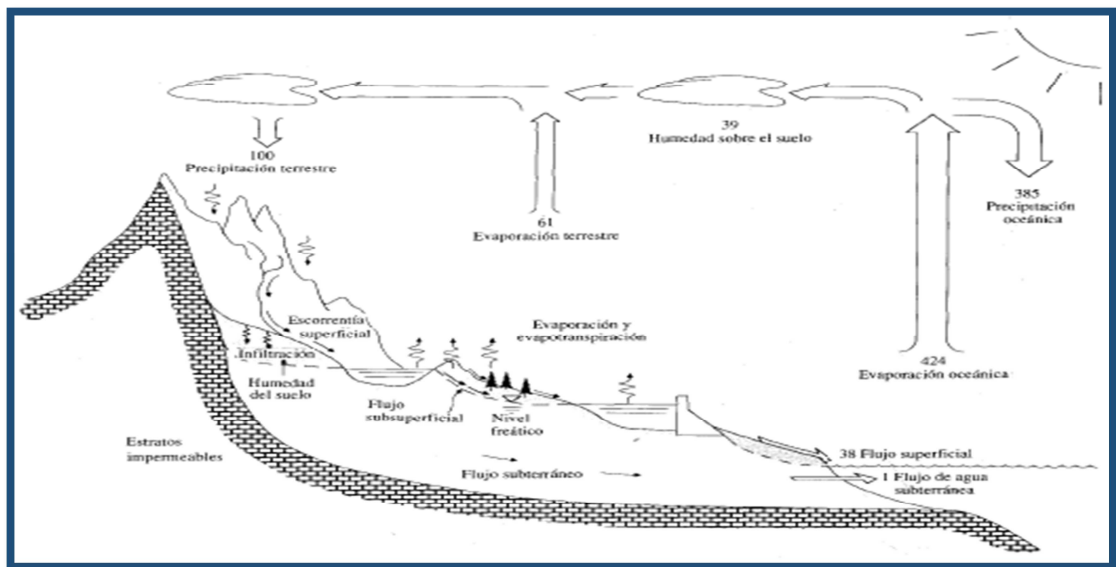


Figura 4 Ciclo hidrológico en una cuenca

Hidrograma

El hidrograma es una gráfica que representa la variación temporal del caudal medido en un punto de un río o de una corriente. Los parámetros físicos de la cuenca (geomorfología, cobertura, uso del suelo) y las características geológicas de las formaciones acuíferas en contacto con el río, determinan la forma y las magnitudes relativas de las componentes de los hidrogramas.

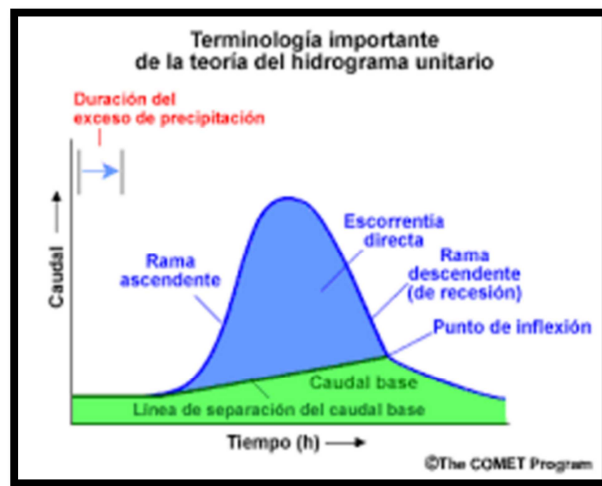


Figura 5 Hidrograma de una tormenta

Fuente: (TheCometProgram, 2010)

Escorrentía

La escorrentía superficial describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua, esta puede generarse puede generarse por precipitación o por fundición de nieve o glaciares. La fundición de nieve y glaciares se da sólo en áreas lo bastante frías como para que se formen permanentemente y en áreas donde no hay nieve, la escorrentía proviene principalmente la precipitación. Sin embargo, no toda la precipitación produce escorrentía, porque esta también es producida por la descarga de acuíferos en épocas de estiaje.

Caudal Base

El caudal base es un importante componente genético del caudal, el cual reacciona en forma lenta a un evento de precipitación y que proviene del almacenamiento de agua subterránea u otras fuentes retardadas (almacenamiento subterráneo superficial, lagos, glaciares de fusión, etc.). Durante la mayor parte de la estación seca del año, la descarga de flujo se compone enteramente de flujo base. En una estación húmeda, la descarga se compone de flujo base y flujo rápido, que representa la respuesta directa de captación a eventos de lluvia (Smakhtin, 2001) .

El flujo base puede caracterizarse por su hidrograma que se deriva del hidrograma de flujo total por varias técnicas de separación de flujo base. El entender el proceso de generación de escorrentía es importante para la comprender la magnitud y dinámica de la descarga de agua subterránea (Rouhani, 2012).

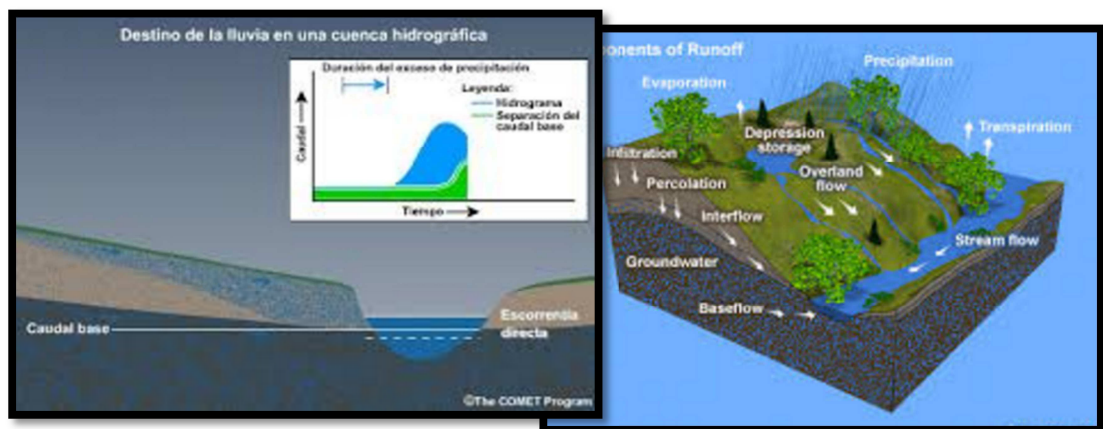


Figura 6 Esquema de caudal base en una tormenta

Fuente: (TheCometProgram, 2010)

Curva de Recesión

La representación gráfica del flujo base, se denomina “curva de recesión” el cual muestra la variación del flujo base durante periodos de poca o ausente precipitación sobre una cuenca determinada observada en un hidrograma (Chow, 1988).

El gradual decaimiento del agua almacenada en una cuenca durante periodos con baja o cero precipitación es reflejada en la forma de curva de recesión. La duración del decaimiento es referido como un periodo de recesión y un segmento de recesión es una parte seleccionada de la curva de recesión (Hisdal H. -L., 2009).

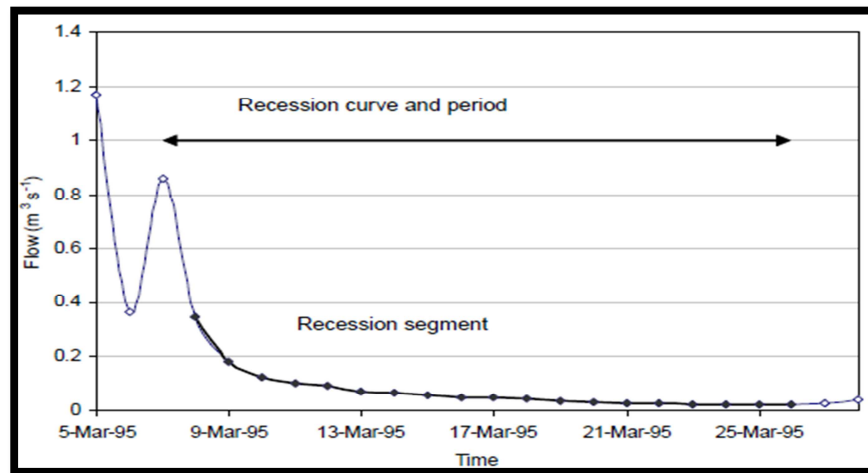


Figura 7 Definición de curva de recesión, periodo y segmento de recesión.

Fuente: (Hisdal H. -L., 2009)

La forma matemática de la curva de recesión ha sido interpretada con una función exponencial decreciente como se muestra en la ecuación:

Ecuación 8 Forma Matemática de la curva de Recesión

$$Q_t = Q_0 e^{-\frac{t}{\alpha}}$$

El valor de Q_t representa el caudal en el tiempo t , Q_0 es el caudal inicial y α es el índice de recesión que representa el tiempo de “vida media” o tiempo promedio en el que una gota de agua que ingresa al acuífero en contacto con el río (Chow V. , 1998).

Es importante hacer notar que la información a procesar debe ser seleccionada cuidadosamente, de otra manera los puntos pueden dispersarse ampliamente, dificultando la construcción de la curva de recesión. En climas húmedos, por ejemplo, las precipitaciones interrumpen

frecuentemente los periodos de recesión, que trae como resultado segmentos de recesiones de cortas duración, variable en una serie de descarga determinada.

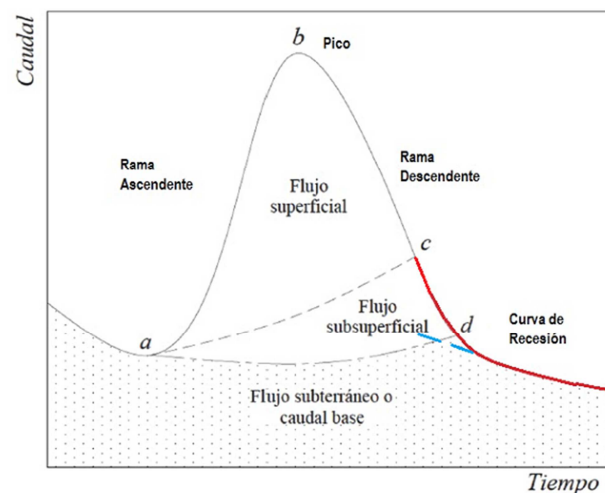
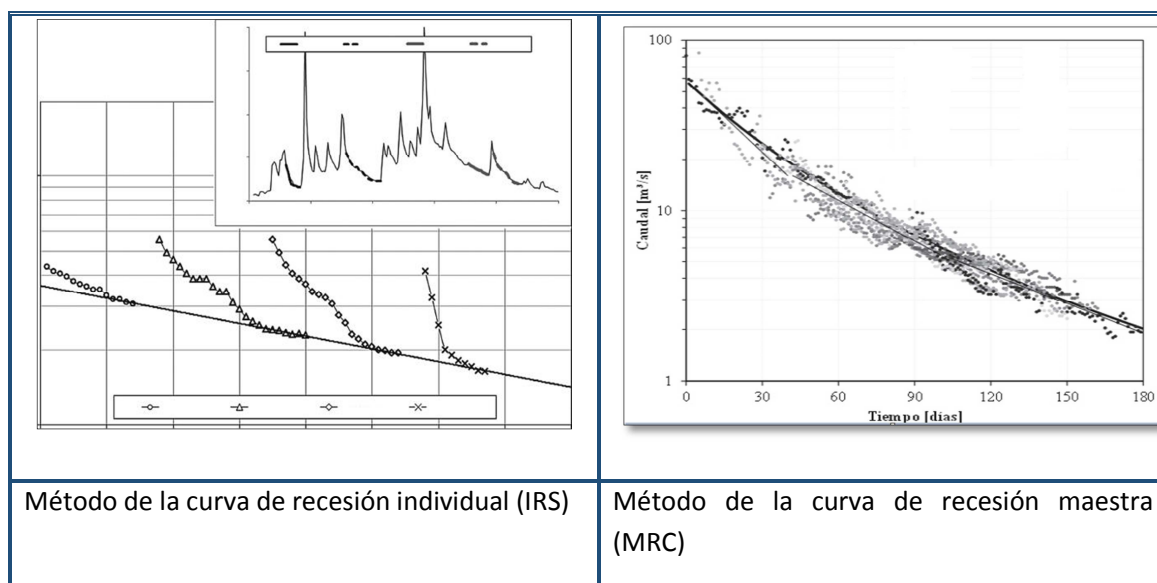


Figura 8 Esquema de separación de hidrograma y curva de recesión

Fuente: (Gómez, 2014)

Por ello se han creado diversas maneras de representar dichos segmentos en una curva. Sin embargo, el problema más recurrente es la presencia de alta variabilidad que existe en el comportamiento de los segmentos individuales. Los segmentos de recesión representan diferentes estados en los procesos de flujos de salida, y una variación estacional de corto plazo en la recesión, lo que intensifica el problema de derivar una recesión característica. Para ello la curva de recesión maestra (MRC), por medio de su construcción, permite representar una curva de recesión media, el cual suele perder la información de variabilidad en la recesión. Si la variabilidad dentro de una cuenca es del mismo orden que variaciones entre cuencas, se debe tener cuidado en tomar las MRC. Por el contrario, si se desea conservar la variabilidad, estos se deben trabajar individualmente para obtener una expresión cuantitativa para cada segmento mediante el uso de las curva de recesión simple (IRS). En la Tabla 01 se muestra la comparación entre los análisis del método de curva de recesión individual y la curva de recesión maestra.

Tabla 1 Comparación entre el método de la curva de recesión individual y la curva de recesión maestra



Fuente: (Hisdal H. -L., 2009)

Constante de Recesión

El descenso o agotamiento del agua almacenada en el acuífero en épocas de estiaje o pocas lluvias da lugar a la recesión. La pendiente de la recta formada por la curva de recesión en la escala logarítmica es la llamada constante de recesión del río en el punto de interés, esto es descrito en la ecuación 09.

Ecuación 9 Constante de Recesión

$$k = \frac{Q}{Q_{-1}}$$

Si la tasa de recesión sigue un decaimiento exponencial, el resultado es una línea recta y la constante de recesión puede ser estimada a partir de la pendiente k.

Para estimar la constante de recesión es conveniente el estudio de varias curvas de recesión, para optimizar los resultados.

Tasa de Recesión

Otro término físico significativo en la evaluación de la curva de recesión es la constante de recesión k en días⁻¹, que representa la pendiente de la curva de caudales de una línea recta en

escala semi-logarítmica y también corresponde al inverso del índice de recesión (WMO W. M., 2009). La tasa de recesión (c) es estimada mediante la expresión:

Ecuación 10 Tasa de Recesión

$$c = -\frac{\Delta t}{\ln k}$$

Flujos Bajos

El glosario internacional de hidrología (WMO W. M., International Glossary of Hydrology, 1974) define el flujo bajo como "flujo de agua en una corriente durante un tiempo seco prolongado". Esta definición no hace una distinción clara entre los flujos bajos y las sequías, entonces los flujos bajos es un fenómeno estacional, y un componente integral de un régimen de flujo de cualquier río. Los caudales bajos se derivan normalmente de la descarga de aguas subterráneas o de la descarga superficial de lagos, pantanos o glaciares que se funden. El flujo anual más bajo ocurre generalmente en la misma estación cada año. Las magnitudes de los caudales bajos anuales, la variabilidad de los caudales y la tasa de agotamiento del caudal en ausencia de lluvia, la duración de los eventos continuos de bajo caudal y la contribución relativa de los caudales bajos al hidrograma total del caudal son algunas de las características ampliamente utilizadas en la hidrología de bajo flujo en una variedad de formas.

Sequía

La World Meteorological Organization (WMO), define a la sequía como una desviación acumulativa respecto de las condiciones normales o previstas de precipitación, es decir, respecto de una media estadística o de un promedio a largo plazo. Este déficit de precipitación puede sobrevenir en poco tiempo o tardar meses en manifestarse a través de la disminución del caudal de los ríos, de los niveles de los embalses o de la altura de las aguas subterráneas. La evolución sigilosa de la sequía hace que, en ocasiones, sus efectos tarden semanas o meses en

hacerse patentes (WMO W. M., Vigilancia y Alerta Temprana de la sequía, 2006). Estas son reconocidas como un desastre ambiental y han atraído la atención de ecologistas, ecólogos, hidrólogos, meteorólogos, geólogos y científicos agrícolas. Las sequías ocurren en prácticamente todas las zonas climáticas, tales como zonas de alta y baja precipitación, y están relacionadas principalmente con la reducción de la cantidad de precipitación recibida durante un período prolongado de tiempo, como una estación o un año. Temperaturas; vientos fuertes; baja humedad relativa; el calendario y las características de las lluvias, incluida la distribución de los días lluviosos durante las estaciones de cultivo, la intensidad y duración de la lluvia y el inicio y la terminación, desempeñan un papel importante en la aparición de sequías. Además del crecimiento de la población y la expansión de los sectores agrícola, energético e industrial, la demanda de agua se ha multiplicado y hasta la escasez de agua se ha producido casi cada año en muchas partes del mundo. Otros factores, como el cambio climático y la contaminación del suministro de agua, han contribuido a la escasez de agua. En los últimos años, las inundaciones y las sequías se han experimentado con picos más altos y niveles de gravedad (Mishra, 2010). Se pueden definir varios tipos de sequía: meteorológica, atmosférica, agrícola, hidrológica y de gestión del agua (Smakhtin, 2001).

Sequía Meteorológica.- Las sequía meteorológicas son vistas como una causa natural del cambio climático que conduce al déficit de precipitación sobre un determinado de tiempo (Stahl, 2001).

Sequía Agrícola.- se define habitualmente en términos de disponibilidad de agua en los suelos para el sostenimiento de los cultivos y para el crecimiento de las especies forrajeras y, menos habitualmente, como una desviación de los regímenes de precipitación normales durante cierto período de tiempo.

Sequía Hidrológica.- La falta de precipitación se propaga a través del ciclo hidrológico y combinada con las altas pérdidas por evaporación podría producirse una deficiencia de humedad del suelo (sequía agronómica), que subsecuentemente puede dirigir a la reducción o agotamiento del agua subterránea a lo que se conoce como la sequía hidrológica (Stahl, 2001).

Sequía Socioeconómica- La *sequía socioeconómica* se diferencia notablemente de los demás tipos de sequía porque refleja la relación entre la oferta y la demanda de mercancías básicas, como lo son el agua, los piensos o la energía hidroeléctrica, que dependen de las precipitaciones. La oferta varía anualmente en función de la precipitación o de la disponibilidad de agua. La demanda fluctúa también y suele tender al alza debido, entre otros factores, al aumento de la población o al desarrollo.

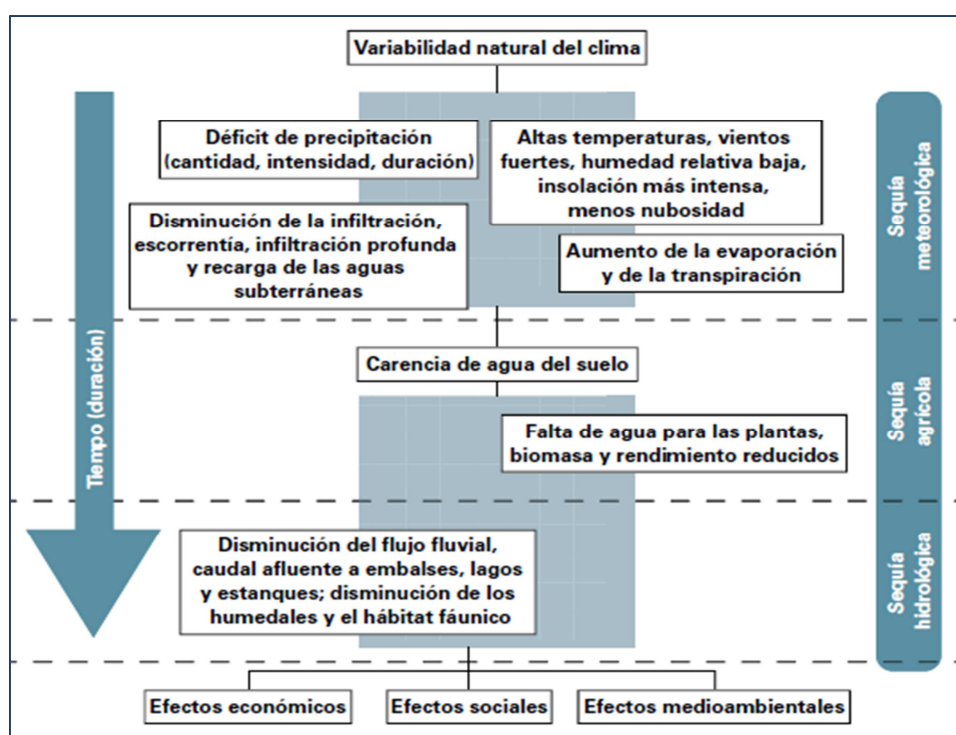


Figura 9 Propagación de sequías en el ciclo hidrológico

Fuente: (WMO W. M., 2006)

Indicadores de Sequías

Los indicadores son variables o parámetros utilizados para describir las condiciones de las sequías. Cabe citar, por ejemplo, la precipitación, la temperatura, los caudales fluviales, los niveles de las aguas subterráneas y de los embalses, la humedad del suelo y el manto de nieve (WMO W. M., 2016)



Figura 10 Indicadores de Sequías

Fuente: (WMO W. M., 2016)

Índices de Sequías

Suelen ser representaciones numéricas informatizadas de la gravedad de las sequías, determinadas mediante datos climáticos o hidrometeorológicos, entre los que se incluyen los indicadores enumerados. Tienen por objeto analizar el estado cualitativo de las sequías en el entorno en un periodo de tiempo determinado. Desde el punto de vista técnico, los índices también son indicadores. Vigilar el clima en diversas escalas temporales permite reconocer los periodos húmedos de corta duración dentro de las sequías de larga duración o los periodos secos de corta duración. Los índices pueden simplificar relaciones complejas y brindar valiosos instrumentos para la comunicación con distintos públicos y usuarios, incluida la población general. Se utilizan para proporcionar un estudio cuantitativo de la gravedad, la localización, el desarrollo cronológico y la duración de los episodios de sequía (WMO W. M., 2016)

La información extraída de los indicadores e índices es útil para planificar y diseñar aplicaciones (como evaluaciones del riesgo, sistemas de alerta temprana de la sequía e instrumentos de apoyo a las decisiones para gestionar riesgos en los sectores afectados por las

sequías), siempre que se tenga conocimiento del régimen climático y la climatología de sequía del lugar. Asimismo, se pueden utilizar varios indicadores e índices para validar indicadores de sequía modelados, asimilados u obtenidos por teledetección (WMO W. M., 2016)

Dentro de los cuales podemos encontrar los más representativos SPI, SPEI, BFI, NDVI, percentiles de precipitación, deciles, etc.



Figura 11 Sequías en el Mundo

Separación de Caudal Base

Técnica usada para entender la hidrología dentro de una cuenca, consiste en dividir el hidrograma del caudal total en dos componentes: (i) el caudal directo.- el cual se origina en época de lluvias producto de las escorrentías superficiales en la cuenca, y (ii) el caudal base.- el cual es el componente más estable (cambia lentamente) (IGP, 2017).

Esta ha sido ampliamente utilizada para identificar la aportación de flujo de los distintos compartimentos de la cuenca (suelo, acuífero, escorrentía, etc.), sobre el caudal total, especialmente para la evaluación de inundaciones o para la identificación de sequías.

La separación del flujo base dentro de un hidrograma ha sido estudiado ampliamente por varios investigadores (Hall, 1968; Tallaksen, 1995; Chapman, 1999; Piggot, 2005; Eckhardt, 2005, Gonzales, 2009, Liu, 2014, etc), debido a que la fracción de flujo base respecto al flujo total en el río es un valor que puede ser utilizado como indicador de sostenibilidad de la reserva hídrica en cuencas.

En la actualidad las técnicas de filtros han incorporado elementos que incluyen una base física, la mayoría de ellos reflejan la recesión del hidrograma (Chapman, 1999) , otros hacen algunas simplificaciones considerando un balance de masas en laderas (Furey, 2001) o consideran que la infiltración tiene una componente rápida y otra lenta, como el filtro IHACRES (Jakeman, 1993).

Los métodos para la separación de flujo se clasifican principalmente en métodos gráficos, químicos (isótopos estables del agua) y algoritmos numéricos (filtros) con base física, estos últimos utilizan series de tiempo de caudales (Gómez, 2014).

En estudios de separación de flujo base conviene aplicar varios métodos para poder contrastar los resultados (Gonzales, 2009).

- **Métodos Gráficos:** Los métodos gráficos se basan en las aproximaciones intentando interpretar los aumentos del caudal debido a que no cuentan con una base física. En general, todos los métodos gráficos son fáciles pero simplistas y subjetivos, no son automáticos y son difíciles de aplicar cuando el hidrograma es complejo (i. e. sobre posición de eventos). No es aplicable para largos periodos, sólo en eventos concretos (Samkhtin, 2001).

Dentro de los métodos gráficos, podemos encontrar:

- Método de los mínimos locales (Método UKIH, 1980).
- Método de los intervalos fijos (Sloto, 1996).

- Método de intervalos deslizantes (Sloto, 1996).
- Filtros Digitales: Los algoritmos numéricos o filtros digitales están basados en las curvas de recesión, fueron creados para reproducir, a partir de hidrogramas, señales de alta frecuencia (respuesta de flujo superficial) y señales de baja frecuencia (respuesta del flujo base) en forma repetitiva (Gómez, 2014). El hidrograma está conformado por un flujo rápido que representa el flujo superficial originado por eventos de precipitación, y por un flujo más lento relacionado con el flujo subterráneo. Estos permiten caracterizar el comportamiento del caudal de base en la cuenca a largo plazo y son más objetivos que los métodos gráficos (Vilanova, 2008).

Los algoritmos numéricos, hacen referencia a procesos simples con resultados muy sensibles a los parámetros del filtro, por lo que un análisis que refleje la incidencia de cada parámetro en el resultado es importante. Los podemos clasificar según el número de parámetros que se use:

- Filtros digitales de 1 parámetro: que consideran a la constante de recesión como parámetro de filtro.
 - Filtro de Chapman and Maxwell (Chapman and Maxwell, 1996).
 - Filtro de Lyne and Hollick (Lyne and Hollick, 1979).
 - EWMA (Tularam, 2008).
- Filtros digitales de 2 parámetros: Los principales son:
 - Filtro de Eckhardt: considera a la constante de recesión y a la índice de flujo base (Eckhardt K , 2005).
 - Filtro de Boughton (Boughton, 1993).
- Filtros digitales de 3 a más parámetros: Dentro de los más reconocidos son:

- IHACRES: que considera 2 parámetros adicionales a la constante de recesión (Jakeman, 1993).
- Filtro de Furey and Gupta: considera 3 parámetros adicionales, relacionados con las características del acuífero, sumados a la constante de recesión (Furey and Gupta, 2001).
- Métodos Isotópicos o Químicos: estos son más usados para la calibración de los filtros digitales, se basa en la hipótesis que los componentes químicos del flujo base y la escorrentía superficial son diferentes, esto es verificado ya que requiere la medición de datos isotópicos, iónicos y de volumen. La principal ventaja es que las concentraciones de los componentes químicos están relacionadas con los procesos físicos reales y las trayectorias de flujo en la cuenca que generan los diferentes componentes de flujo, mientras la desventaja es los datos requeridos (Stewart, 2006).

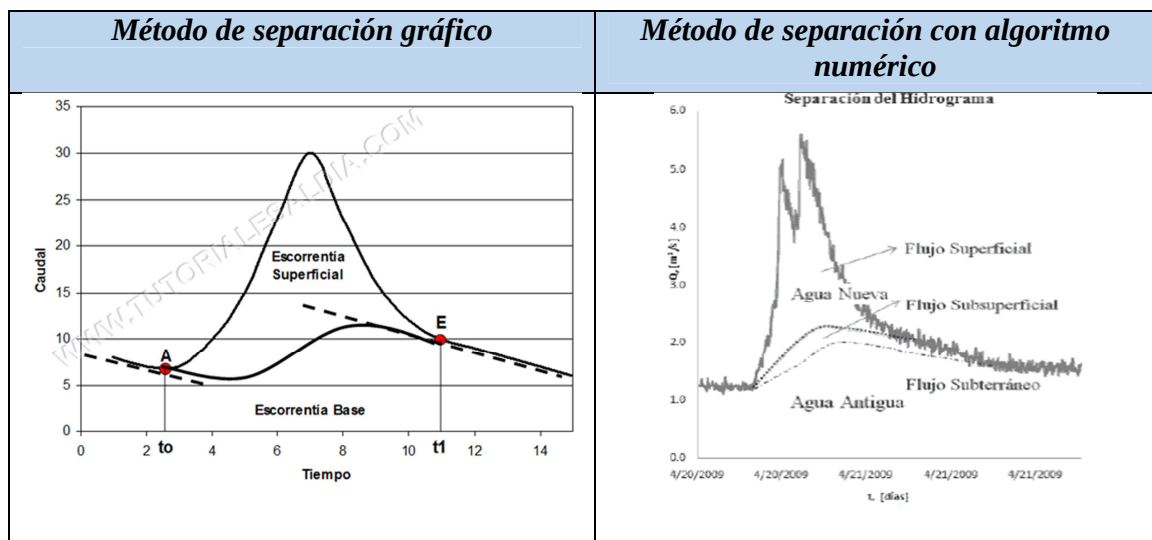


Figura 12 Esquema de separación de hidrograma

Fuente: (Gómez, 2014)

Curva de Persistencia (FDC)

La curva de persistencia o curva de duración de flujo grafica la frecuencia acumulada de una corriente como una función del porcentaje del tiempo que el caudal es excedido. Las FDCs representa la variabilidad de una cuenca ya que incluye valores tanto como altos como valores de bajos flujos (Hisdal H. -L., 2009). Los índices de bajos flujos son frecuentemente derivados de la curva como excedencia de flujo, así una excedencia de un flujo es un índice que expresa la proporción del tiempo que un caudal diario es excedido durante un periodo de registro. Las formas de la gráfica de las FDCs son frecuentemente usadas para comparar el régimen de diferentes cuencas y útiles para la selección de cuencas análogas cuando no están reguladas. Los percentiles de la FDC son usados como índices de flujos bajos y su uso dependerá mucho del río a ser estudiado (WMO , 2009).

Percentil	Per. 1964-1982
100%	5.60
95%	12.60
90%	14.70
85%	16.40
80%	18.60
75%	21.00
70%	23.80
65%	27.30
60%	30.60
55%	35.10
50%	40.00
45%	46.90
40%	56.54
35%	70.40
30%	86.86
25%	113.00
20%	140.08
15%	178.50
10%	231.44
5%	336.23
0%	1370.20

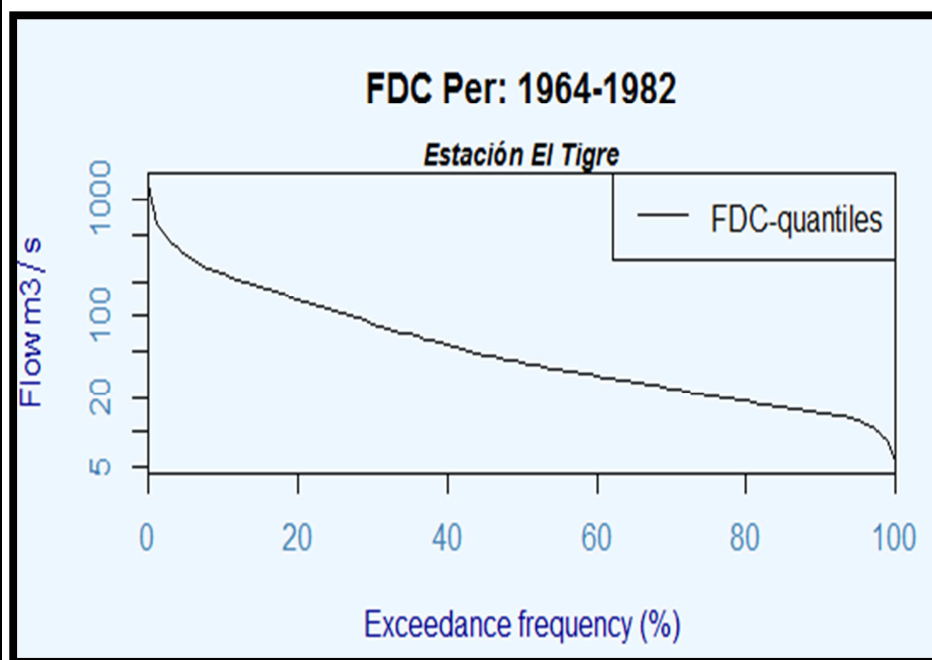


Figura 13 Curva Duración en la estación El Tigre 1964-1982

Fuente: Propia

Índice De Flujo Base (BFI)

El índice de flujo base es la relación que existe entre el flujo base y el caudal total, su valor que puede ser utilizado como indicador de sostenibilidad de la reserva hídrica de las cuencas (IAEA, 2010) y como un índice de la capacidad de la cuenca para liberar agua en periodos de sequías. En las series de tiempo su valor ha sido visto como una útil medida que refleja del comportamiento dinámico del agua subterránea en una cuenca (Hisdal H. , 2002). Lo cual lo hace un excelente complemento del SPI para la caracterización de sequías.

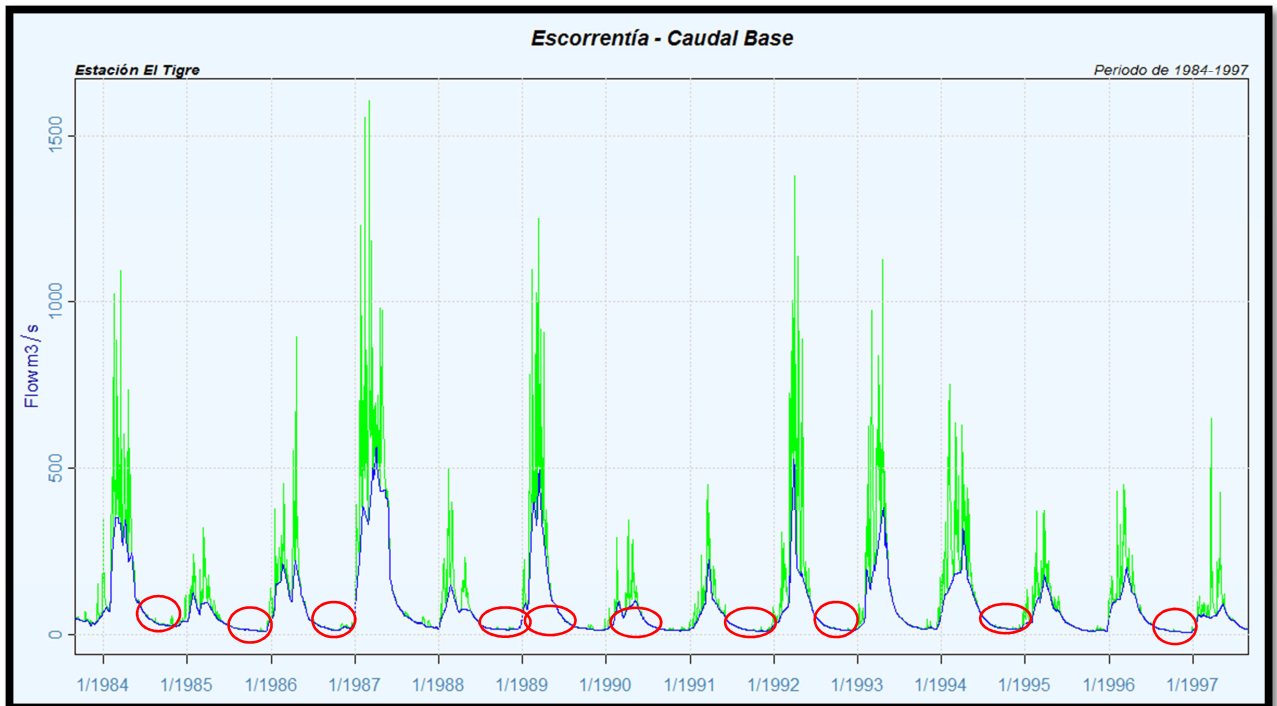


Figura 14 Escorrentía – Caudal base en la estación El Tigre periodo de 1983-1997 e identificación de periodos de recesión

Fuente: Propia

Los métodos para la separación de hidrogramas y obtención del BFI en la presente investigación fueron: 01 método grafico (UKIH) y 03 filtros digitales, de los cuales 02 de ellos usan solo un parámetro en su análisis y el filtro de Eckhardt, para lo cual se han detallado a continuación:

Método UKIH

El método UKIH desarrollado en 1980 para caracterizar la respuesta hidrológica de una cuenca a la geología y litología, este se basa en la identificación e interpolación de puntos de inflexión (indican los días donde los valores de caudal son asumidos como flujo base) dentro de una entrada serie de tiempo de la información monitoreada de caudales, aplicado a data media diaria. Para calcular los puntos inflexión, los datos de caudales son particionados en una

secuencia de segmentos de 5 días y el mínimo valor de caudal dentro de cada segmento. Los procedimientos son (Gustard et al., 1992):

Dividir el registro de caudal medio diario en segmentos de 5 días consecutivos subsecuentes buscando el punto de inflexión en la secuencia de valores mínimos (sin superposición). Los puntos de inflexión son luego conectados para obtener el hidrograma del caudal base que es restringido para igualar la ordenada del hidrograma observado en el día que el hidrograma separado excede al observado.

- a. Dividir los datos de caudal medio diario en segmentos de 5 días consecutivos, sin traslape y se calcula el valor mínimo para cada segmento llamados $Q_1, Q_2, Q_3 \dots Q_n$.
- b. Considerar a su vez $(Q_1, Q_2, Q_3), (Q_2, Q_3, Q_4), \dots (Q_{i-1}, Q_i, Q_{i+1})$, etc. En cada caso, si:

$$0.9 * \text{valor central} < \text{valores extremos}$$

Luego el valor central es coordenada de la línea del caudal base. Se sigue el procedimiento hasta que se hayan analizado todos los datos para proporcionar un conjunto derivado de coordenadas de caudal base $QB_1, QB_2, QB_3, \dots QB_n$ que tendrán diferentes periodos de tiempo entre sí.

- c. Por interpolación lineal entre cada valor QB_i , se estima cada valor diario de $QB_1, \dots QB_n$.
- d. Si $QB_i > Q_i$ se establece $QB_i = Q_i$.
- e. Calcular el volumen (V_B) debajo de la línea del caudal base entre el primer y el último punto de inflexión del caudal base $QB_1, \dots QB_n$.
- f. Calcular (V_A) que es el volumen debajo del registro medio diario de los caudales Q_n para periodos $QB_1, \dots QB_n$.
- g. El índice de caudal base BFI es luego igual a $\frac{V_B}{V_A}$.

Este método fue replicado por (Piggot, 2005) donde se revisó que existían dos aspectos que no lo hacen óptimos: el cálculo del flujo base excede a su correspondiente valor de caudal observado y, por otro lado, se tiene una dependencia de los valores calculados con los respectivos segmentos de datos de entrada (caudales agrupados en bloques de 5 días, en los que se selecciona el valor mínimo por cada bloque).

En el primer aspecto, sostuvo que el resultado excede al caudal observado ocurre fundamentalmente en la vecindad de un incremento abrupto en el caudal observado debido al derretimiento de la nieve y precipitaciones, el cual es superado con la implementación de restricción del cálculo del caudal base. Si el valor del flujo base determinado por interpolación es mayor que el correspondiente caudal observado, el valor observado es usado en lugar del valor interpolado. Para ello utilizó un caudal base de referencia (resultado calculado al restringir los valores interpolados de caudal base) para restringir los resultados en valores que eran iguales o menores que los interpolados estimados y además todas las diferencias (valores no restringidos menos los valores de referencia) son mayores o iguales a cero. Así la ventaja más grande de dicha aplicación fue lograra resultados intuitivamente correctos para que el caudal base no exceda al caudal. Concluyó además que las implicancia de restringir los valores del caudal base pueden ser más pronunciadas en condiciones de flujo base. En el segundo caso (agrupación de datos), la incertidumbre asociada a la segmentación de los datos de caudal se resuelve mediante el cálculo del caudal base usando segmentaciones que se desplazan con respecto a un origen entre cero a cuatro días y el promedio de los cinco valores resultantes de caudal base para cada día.

Tabla 2 Funcionamiento del método de separación UKIH

Fecha	Caudal Diario(m ³ /s)	Qmin	0.9*Qmin	Condición 0.9*val.cen<=val. Ext.	Baseflow (m ³ /s)
-------	----------------------------------	------	----------	-------------------------------------	------------------------------

01-ene-10	0.109	0.039	0.0351	FALSO	NEXT	-
02-ene-10	0.063					-
03-ene-10	0.043					-
04-ene-10	0.039					-
05-ene-10	0.229					-
06-ene-10	0.186	0.095	0.0855	FALSO	NEXT	-
07-ene-10	0.116					-
08-ene-10	0.111					-
09-ene-10	0.095					-
10-ene-10	0.123					-
11-ene-10	0.178	0.062	0.0558	FALSO	NEXT	-
12-ene-10	0.091					-
13-ene-10	0.076					-
14-ene-10	0.073					-
15-ene-10	0.062					-
16-ene-10	0.054	0.054	0.0486	VERDADERO	OK	0.054
17-ene-10	1.06					0.056
18-ene-10	0.856					0.058
19-ene-10	1.05					0.06
20-ene-10	1.34					0.062
21-ene-10	1.64	0.255	0.2295	FALSO	NEXT	0.064
22-ene-10	1.35					0.067
23-ene-10	0.559					0.069
24-ene-10	0.255					0.071
25-ene-10	0.644					0.073
26-ene-10	0.793	0.492	0.4428	FALSO	NEXT	0.075
27-ene-10	0.896					0.077
28-ene-10	0.631					0.079
29-ene-10	1					0.082
30-ene-10	0.492					0.085
31-ene-10	0.377	0.1	0.09	VERDADERO	OK	0.088
01-feb-10	0.163					0.091
02-feb-10	0.123					0.095
03-feb-10	0.102					0.098
04-feb-10	0.1					0.1
:	:	:	:	:	:	:

Filtro de Lyne and Hollick

El algoritmo de Lyne and Hollick (1979), consideran que la forma del filtro implica que el flujo base se mantiene constante cuando no se presenta escorrentía directa. Se conoce que el

caudal total se expresa forma válida y es validada desde el punto de vista hidrológico, siendo el caudal total la suma del caudal base más la esorrentía directa.

Se puede obtener el caudal base, usando el algoritmo de recesión.

Ecuación 11 Filtro de Lyne and Hollick

$$b_k = \alpha * b_{k-1} + \frac{(1 - \alpha)}{2} * (y_k + y_{k-1})$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

Donde:

- y : flujo total
- α : constante de recesión
- b : flujo base
- k : número de paso de tiempo

Filtro de Chapman and Maxwell

El caudal base total es el promedio medio ponderado de la esorrentía directa y el flujo base, en el intervalo de tiempo anterior (Chapman and Maxwell, 1996). En (Lyne and Hollick, 1979), propone que el parámetro de filtrado sea la constante de recesión y además los resultados deben estar sujetos a $b_k \leq y_k$.

El algoritmo de Chapman and Maxwell (1996), es usado como uno de los filtros base para los algoritmos numéricos usados en la actualidad, está en función del parámetro del filtro α (constante de recesión).

Ecuación 12 Filtro de Chapman and Maxwell

$$b_k = \frac{(3\alpha - 1)}{3 - \alpha} * b_{k-1} + \frac{(1 - \alpha)}{3 - \alpha} * (y_k + y_{k-1})$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

Donde:

- y : flujo total
- α : constante de recesión
- b : flujo base
- k : número de paso de tiempo

Filtro de Eckhardt

Este filtro de dos parámetros fue deducido por (Eckhardt, 2005) , quien utilizó como base el algoritmo de (Chapman and Maxwell, 1996) para desarrollar un filtro en función de dos parámetros de filtro a (constante de recesión) y el BFI_{max} (Índice de Flujo Base máximo). Entre los filtros digitales, el filtro de Eckhardt es uno de los que brinda mejor aproximaciones en sus resultados.

*Desarrollo del filtro

El caudal puede ser expresado de forma válida desde el punto de vista hidrológico, mediante la siguiente ecuación 13:

Ecuación 13

$$y_k = f_k + b_k$$

Donde:

- y : flujo total
- f : escurrimiento directo (componente de respuesta rápida)
- b : flujo base (componente de respuesta lenta)
- k : número de paso de tiempo

Luego el componente de respuesta lenta o el flujo base puede ser escrito desde la forma general del filtro recursivo de un parámetro, como se muestra en la ecuación 14 que sigue:

Ecuación 14

$$b_k = Ab_{k-1} + By_k$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

Asumiendo una relación lineal entre la descarga del acuífero y el almacenamiento, los parámetros A y B en la ecuación anterior pueden ser expresados como funciones de la constante de recesión y el BFI_{max} , las ecuaciones siguientes sostienen lo dicho:

Ecuación 15

$$B = \frac{BFI_{max}(1 - a)}{1 - aBFI_{max}}$$

Ecuación 16

$$A = \left[\frac{1 - BFI_{max}}{1 - aBFI_{max}} \right] a$$

Y luego el filtro puede ser expresado como:

Ecuación 17 Filtro de Eckhardt

$$b_k = \frac{(1 - BFI_{MAX})ab_{k-1} + (1 - BFI_{MAX})y_k}{1 - aBFI_{MAX}}$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

La ecuación anterior es visto como un filtro de dos parámetros, deducido a partir de un filtro de un parámetro (a), con la aparición del BFI_{max} , el cual funciona como dos parámetros siempre y cuando $BFI_{max} < 1$.

Como se observa el filtro de Eckhardt, muestra dos parámetros en su ecuación; que son la constante de recesión “ a ” y el máximo valor del índice de flujo base “ BFI_{max} ”. El parámetro de la constante de recesión “ a ” puede ser obtenida a partir de un análisis de la curva de recesión mientras que el otro parámetro es un parámetro empírico obtenido de las características de la litológicas de la cuenca. Según (Eckhardt, 2005), presenta una relación de valores tentativos para el “ BFI_{max} ”. Eckhardt introdujo parámetros predefinidos en función de propiedades de captación geológicas e hidrogeológicas: $BFI_{max} = 0,80$ para arroyos perennes con acuíferos porosos; $BFI_{max} = 0.50$ para corrientes efímeras con acuíferos porosos; $BFI_{max} = 0.25$ para arroyos perennes con acuíferos de roca dura. El autor también sugirió que estos valores predefinidos pueden causar aproximaciones tendenciosas en el cálculo de BFI, y que el uso acoplado de diferentes métodos, como el experimento de trazadores, podría ser útil para optimizar la configuración de los parámetros. (Eckhardt K. , 2005)

Método de Balance de Masas (CMB)

El método de balance de masa se basa en la suposición de que el flujo de base tiene características químicas diferentes en comparación con el escurrimiento superficial debido a las diferentes rutas de flujo de estos dos tipos de flujos. Como consecuencia, el hidrograma de flujo total se puede separar en diferentes componentes en la base de las concentraciones de un solo componente.

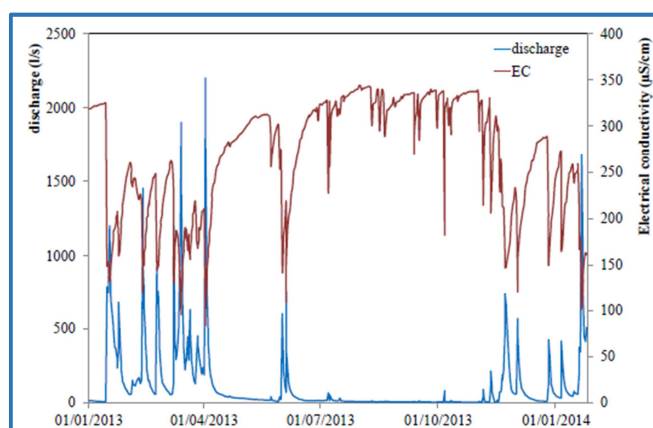


Figura 15 Comportamiento del Caudal vs Conductividad Eléctrica (CE)

Fuente: (Longobardi, 2014)

El componente de flujo base tiene generalmente un mayor valor de EC comparado con la conductividad de escorrenría superficial y por esta razón puede utilizarse EC como trazadores naturales del componente de flujo de flujo (Longobardi, 2014), como se observa en la figura 15.

Las principales suposiciones de CMB son que conductividad de flujo base igual a conductividad del flujo en épocas de flujos más bajos (estiaje), mientras que conductividad de escorrenría directa es igual a la conductividad del flujo en épocas donde los flujos son más altos (avenidas), y se supone que las conductividades de flujo base y escorrenría son constantes durante el período de registro. Una vez determinado las conductividades, el flujo base es determinado mediante la Ecuación 18:

$$b_k = y_k \frac{(CE_{Total} - CE_{Escorrentía Directa})}{(CE_{Flujo Base} - CE_{Escorrentía Directa})}$$

Sujeto a $b_k \leq y_k$.

Donde:

- y : flujo total.
- CE : conductividad eléctrica.
- b : flujo base.
- k : número de paso de tiempo.

Índice de Precipitación Estandarizada (SPI)

El SPI es un potente y flexible índice sencillo de calcular; debido a que, el único parámetro necesario para su cálculo es la precipitación. Además, es tan efectivo para analizar los períodos y ciclos húmedos como los secos.

El SPI se obtiene mediante el ajuste de una distribución de probabilidad al registro de precipitaciones y luego la transformación a una distribución, de manera que la media y la desviación estándar del SPI son cero y uno. Los valores positivos o negativos del SPI representan condiciones de lluvia mayores o menores que la precipitación media, respectivamente.

Como una de las ventajas principales en su aplicación es su flexibilidad ya que se puede calcular a diferentes escalas temporales, es decir, se puede calcular desde el SPI de 1 mes hasta el de 72 meses, aunque estadísticamente, la franja de aplicación más práctica es de entre 1 y 24 meses (Guttman, 1994, 1999). Esta ventaja del SPI posibilita abordar muchos de los tipos de sequía (meteorológica, agronómica, hidrológica), y poder establecer correlación con los otros indicadores de sequías (Hayes, 2000). Así por ejemplo habrá que estudiar el SPI entre 1 a 3 meses para la sequía meteorológica, de entre 1 y 6 meses para la sequía agrícola, y de entre unos 6 y 24 meses o más para los análisis y aplicaciones de la sequía hidrológica (WMO W. M., 2012).

Estudiando así desde las condiciones de humedad del suelo ya que estas suelen responder a anomalías de precipitación en una escala temporal relativamente corta hasta los caudales fluviales y el almacenamiento en reservorios que se reflejan en las anomalías de precipitación a largo plazo. La metodología computacional a emplear nos podrá ayudar a clasificar los resultados para cada una de las estaciones a trabajar, de acuerdo a la escala de propuesta por (McKee, 1993), que se ve en la Tabla 03:

Tabla 3 Leyenda de los valores del SPI según condición

Condición	Valor
extremadamente húmedo	2,0 y más
muy húmedo	1,5 a 1,99
moderadamente húmedo	1,0 a 1,49
normal o aproximadamente normal	-0,99 a 0,99
moderadamente seco	-1,0 a -1,49
severamente seco	-1,5 a -1,99
extremadamente seco	-2 y menos

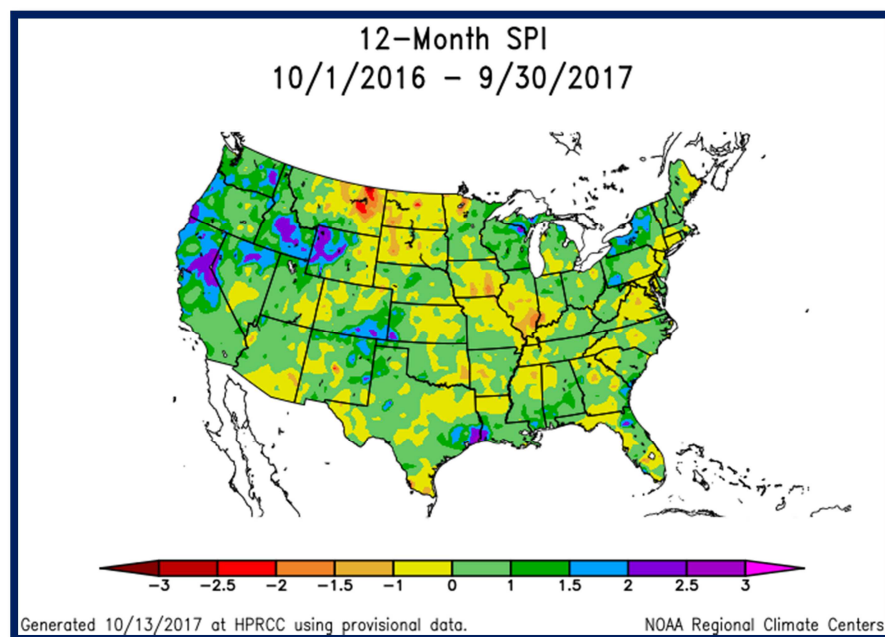


Figura 16 SPI a lo largo de Estados Unidos

Fuente: NOAA Regional Climate Centers

SPI a 12 Meses

El SPI en estas escalas temporales refleja patrones de precipitación a largo plazo. Un SPI de 12 meses es una comparación de la precipitación de 12 meses consecutivos con la registrada en los mismos 12 meses consecutivos de todos los años precedentes para los que se dispone de datos, es decir trabaja con una ventana móvil de 12 meses. Los SPI de estas escalas temporales generalmente se vinculan con cauces fluviales, niveles de los reservorios e incluso niveles de las aguas subterráneas a escalas temporales más largas. El SPI a esta escala mantiene una excelente correlación el BFI debido a sus características hidrológicas o plurianuales (WMO W. M., 2012).

SPI a 09 Meses

El SPI de 9 meses da una indicación de pautas de precipitación interestacionales en escalas temporales medias, debido a que las sequías tardan una estación o más en presentarse. Los

valores por debajo de -1.5 para esta escala considera que ha habido un impacto grave en la agricultura como en otros sectores (WMO W. M., 2012).

SPI a 06 Meses

El SPI de 6 meses compara la precipitación de ese período con una ventana de período de 6 meses del registro histórico. El SPI de 6 meses indica tendencias de precipitación entre estacionales y el medio plazo y se considera más sensible a las condiciones en esta escala que el Índice de Palmer. Un SPI de 6 meses puede ser muy eficaz para mostrar la precipitación en distintas estaciones (WMO W. M., 2012).

SPI a 03 Meses

El SPI de 3 meses ofrece una comparación de la precipitación a lo largo de un período específico con una ventana de 3 meses con los totales de precipitación incluidos en el registro histórico. El SPI de 3 meses refleja condiciones de humedad a corto plazo y medio plazo y proporciona una estimación estacional de la precipitación (WMO W. M., 2012).

Análisis de Conglomerados

Es una técnica multivariante que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencias entre los grupos. Tiene por objeto agrupar elementos en grupos homogéneos en función de las similitudes entre ellos. Detecta grupos internamente homogéneos (y heterogéneos entre sí) (Ayuga, 2008).

Dendograma

El dendograma es la representación gráfica que mejor ayuda a interpretar el resultado de un análisis cluster (Ayuga, 2008).

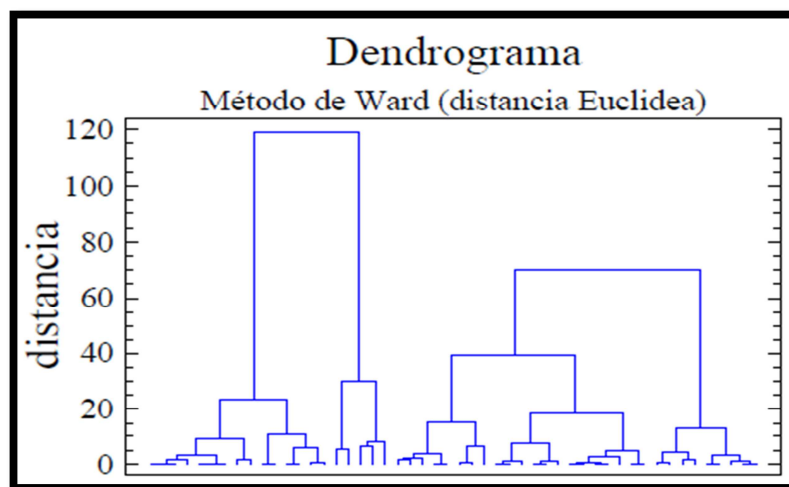


Figura 17 Definición de Dendrograma

Fuente: (Ramos, 2001)

Vector Regional

El Vector Regional es un método de crítica de datos (y accesoriamente de reconstitución de datos faltantes), elaborado en el ORSTOM-IRD en los años setenta, con el objeto de homogenizar los datos pluviométricos. Sin embargo, nada se opone a utilizar este método para otros datos que no sean lluvias, con tal que éstos sean relativamente independientes entre sí de un año a otro, y que sean pseudo-proporcionales. Esta última condición significa que los datos de las diferentes estaciones deben variar en el mismo sentido y en proporciones casi idénticas, con variaciones ligeras debidas al ruido de fondo. Es generalmente el caso para estaciones de una zona que no sea demasiado extendida, sometida al mismo comportamiento climático.

El método del Vector Regional consiste en elaborar, a partir del conjunto de la información disponible, una especie de estación ficticia que sea representativa de toda la zona de estudio. Para cada estación se calcula un promedio extendido sobre todo el período de estudio, y para cada año, se calcula un índice que será superior a 1 cuando el año es excedentario, e inferior a 1 cuando el año es deficitario. A esta serie de índices anuales se le llama Vector Regional, ya que toma en cuenta la información de una región que se supone es climáticamente homogénea. Este

método también puede aplicarse a datos mensuales, tratando separadamente cada uno de los meses del año como si se tratara de un valor anual. Pero en este caso, especialmente respecto a los meses poco abundantes, el carácter pseudo-proporcional de los datos será menos evidente. Una vez elaborado el Vector Regional, la crítica de los datos es enormemente facilitada, ya que se puede:

- Evaluar la calidad de los datos de una estación por curvas de dobles acumuladas con los índices del Vector Regional, lo que ayuda a poner de relieve problemas de calidad eventuales sobre una estación.
- Comparar gráficamente y correlacionar los datos de una estación con los índices del Vector Regional.
- En cierta medida y con precaución, evaluar los datos faltantes de una estación multiplicando el índice de un año del Vector Regional por el promedio extendido de la estación sobre el período de estudio.

Es evidente que la calidad del Vector Regional depende de la calidad de los datos de entrada. Aunque los algoritmos utilizados por los dos métodos intentan minimizar la influencia de los datos erróneos, el Vector calculado al comienzo sigue contaminado por los errores que existen en los datos de las estaciones. Sólo de manera iterativa, eliminando los datos visiblemente imaginarios y corrigiendo poco a poco los errores más evidentes sobre los datos de entrada, se llegará a un Vector Regional de buena calidad.

El método usado en la investigación fue el de Y. Brunet Moret, el cual calcula el promedio extendido y los índices del Vector Regional por un método de mínimos cuadrados, tratando de minimizar las desviaciones entre los índices de las estaciones y el Vector. Considera que el índice regional de un año es el promedio de los índices de todas las estaciones. Sin embargo, durante el proceso toma la precaución de filtrar los índices de las estaciones que se alejan

demasiado del promedio, puesto que el promedio es influenciado por los valores extremos. La filtración de los valores se hace en forma iterativa. Cuando tales valores se detectan durante una iteración, son remplazados por su estimación por medio del Vector que acaba de calcularse, y el cálculo recommienza con estos nuevos valores, hasta obtener un Vector Regional con ningún valor demasiado alejado. Por lo tanto se puede notar que a pesar de filtrar los valores demasiado alejados del promedio, estos valores guardan una cierta influencia sobre el Vector Regional calculado. En efecto, el Vector calculado durante una iteración y utilizado para re-estimar estos valores está contaminado por estos valores, sobre todo si las estaciones son poco numerosas. El vector regional elabora una estación ficticia (vector) que sea una “especie de promedio” de todas las estaciones de la zona. El vector se calcula bajo el concepto de precipitación media extendida, salvando los problemas del peso de las estaciones más lluviosas sobre las menos lluviosas. Este emplea el método de mínimos cuadrados para encontrar los índices pluviométricos regionales anuales Z_i y la precipitación media extendida P_j , esto se logra al minimizar la ecuación. (Espinoza, 2005)

Ecuación 19 Fórmula que emplea el vector regional

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{P_i} - Z_i \right)$$

Donde; i es el índice del año, j es el índice de la estación, N es el número de años, M es el número de estaciones. P_{ij} es la precipitación anual en la estación j el año i , P_j es la precipitación media extendida al período de N años y finalmente Z_i es el índice pluviométrico regional del año i (Brunet-Moret, 1979).

Para ejecutar este método se hizo uso del programa computacional HYDRACCESS.

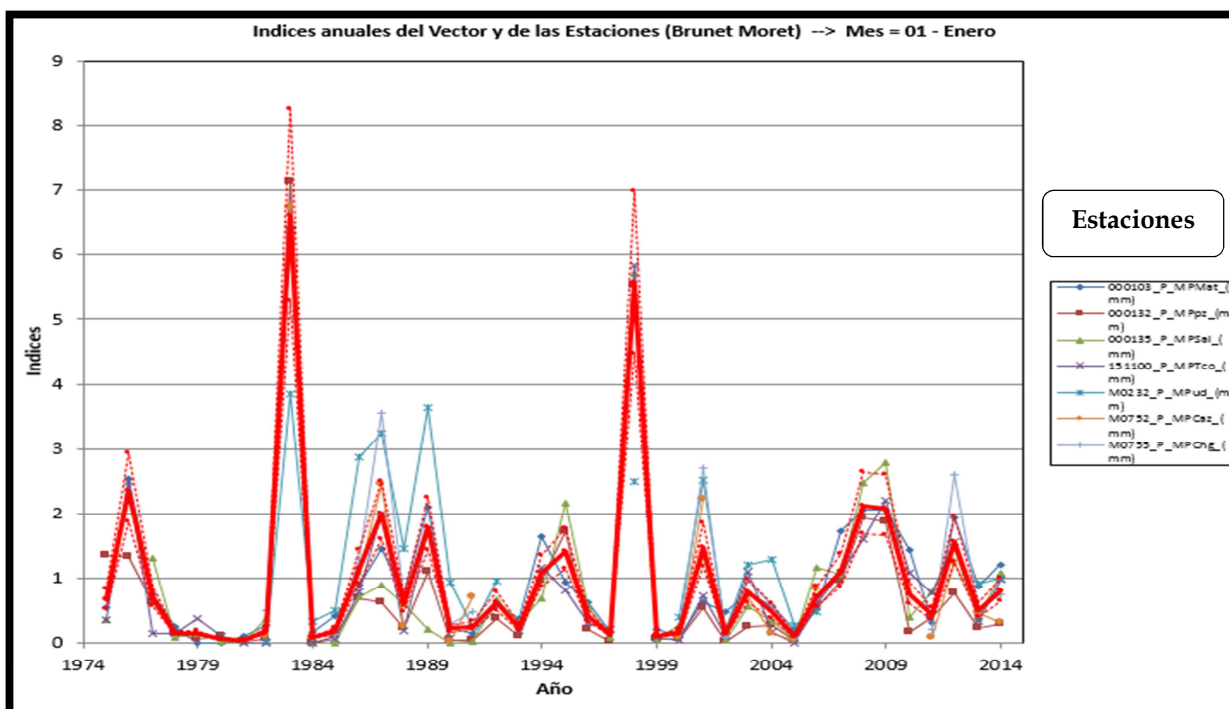


Figura 18 Vector Regional del mes de Enero para la completación y extensión de datos

2.3. Definición de Términos Básicos

Año Hidrológico

El comienzo del año hidrológico puede variar entre una región y otra, incluso dentro de un mismo país. Por ejemplo, en países del hemisferio norte con clima continental extremo, con veranos muy secos e inviernos lluviosos, el comienzo del año hidrológico suele darse en septiembre u octubre. En el hemisferio sur, al contrario, puede considerarse marzo o abril.

En el caso de Perú y sobretodo en la sierra existe una marcada temporalidad entre lluvias y estiaje, pues el año hidrológico inicia el 1 de setiembre de cada año y culmina el 31 de agosto (Senamhi, Balance hídrico superficial-Cuenca del Río Chicama).

Precipitación

La precipitación, es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como el granizo y nevisca.

Aforo

Medición del caudal de un río o corriente.

Caudal

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección en una determinada unidad de tiempo.

Caudal Ecológico

Se entenderá como caudal ecológico al volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural. El caudal ecológico mínimo será equivalente al 95% de la curva de persistencia del periodo a evaluar (ANA, 2016).

Conductividad Eléctrica

Refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica.

Threshold

Límite obtenido de la curva de persistencia (FDC), bajo el cual se asume que se presentará la ocurrencia de una sequía. Su valor puede variar desde Q75 a Q95 para ríos perennes a Q50 a Q40 para ríos o quebradas efímeras, su valor dependerá de las características de la cuenca a evaluar.

Calibración

Es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar).

Intensidad, Duración y Magnitud de una Sequía

Toda sequía presentan tres rasgos distintivos: intensidad, duración y magnitud. La intensidad refleja el déficit de precipitación y la gravedad de los efectos asociados a ese déficit. Su magnitud suele determinarse en términos de la desviación, respecto de las pautas normales, de parámetros climáticos tales como la precipitación o el nivel de los embalses, o de índices como, por ejemplo, el índice de precipitación normalizado. Otra característica esencial de las sequías es su duración, midiendo la longitud del evento. En la figura 18, la línea punteada magenta indica el umbral por debajo del cual se considera sequía. La magnitud del evento es el producto de la duración y la intensidad (área sombreada color marrón debajo del umbral de evento seco).

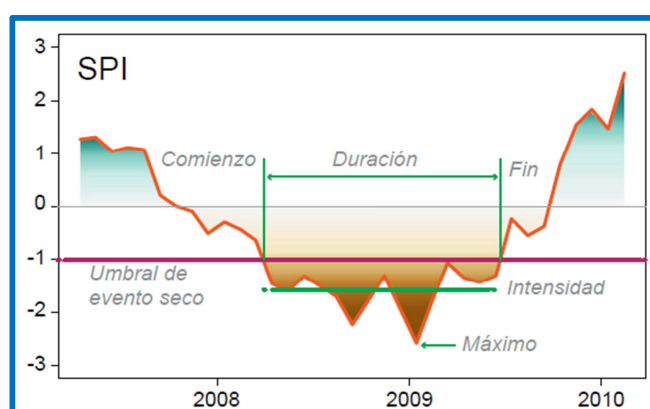


Figura 19 Esquema de un evento de sequía

Fuente: (Podestá, 2015)

Capítulo III. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de la presente investigación es de tipo descriptiva al momento de caracterizar la geomorfología en la cuenca Puyango-Tumbes y de tipo analítico estableciendo relación entre el análisis de recesión, el índice de flujo base, el índice precipitación y las sequías.

3. 1. Descripción y Etapas de la Investigación

Ubicación de la Cuenca.- La cuenca del río Puyango-Tumbes se ubica en las provincias de El Oro y Loja en Ecuador y el departamento de Tumbes en Perú. Geográficamente el área de la cuenca se halla entre las coordenadas 9°530,000 – 9°615,000 N y 536,000 –680,000 E (PEBPT, 2001). ANEXO 1

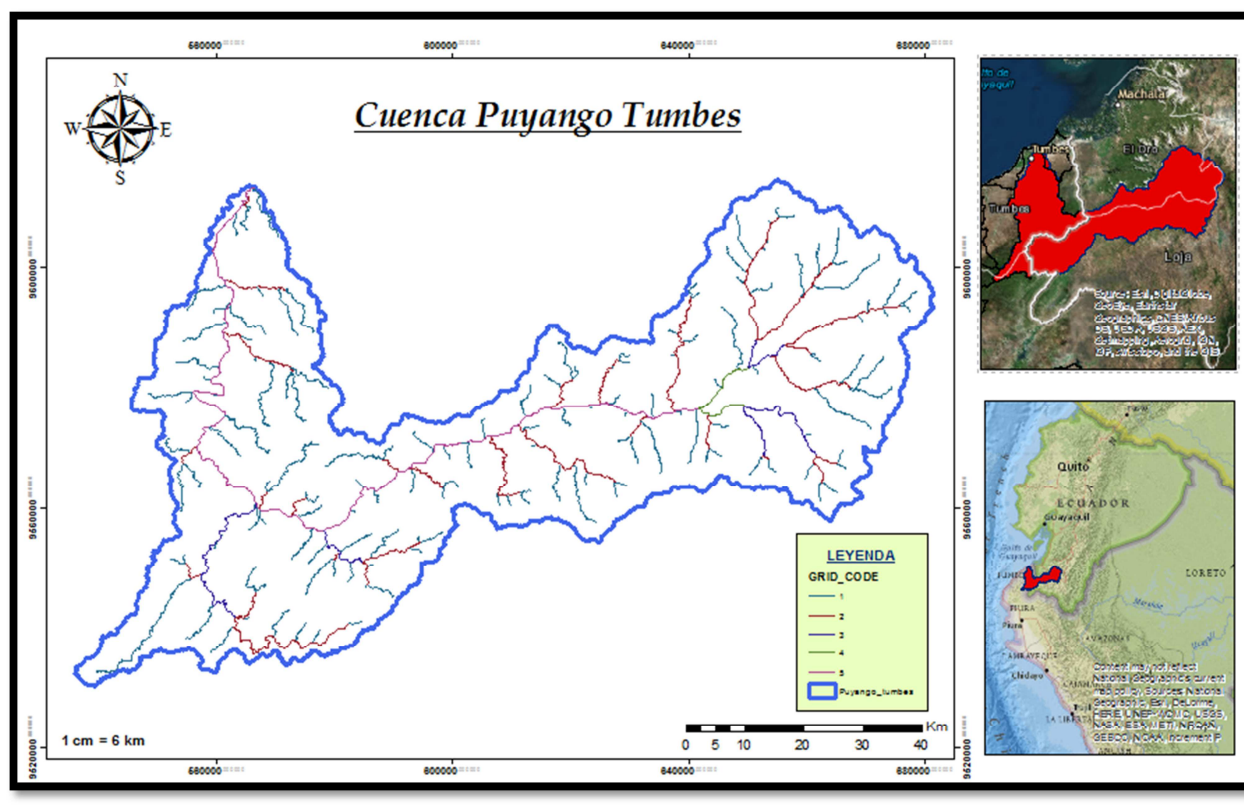


Figura 20 Ubicación de la cuenca Puyango-Tumbes en Perú

Según la codificación Pfafstetter en el Perú la cuenca pertenece a la región hidrográfica 1 como se observa en la figura 19.

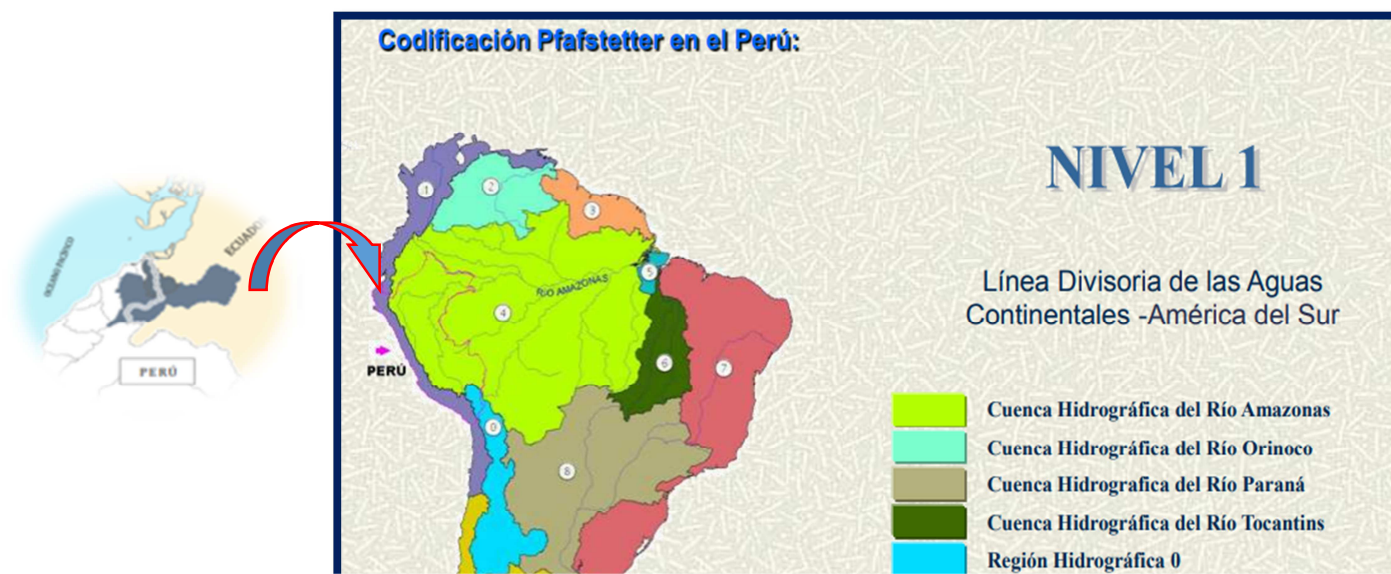


Figura 21 Codificación de Pfafstetter en el Perú

Fuente: (Aguirre, 2005)

Descripción de la cuenca Puyango-Tumbes y de la metodología empleada: El río Puyango – Tumbes mide aproximadamente 239 Km de longitud y su área de drenaje es aprox. 5400. Km² en su desembocadura correspondiendo un 35% al territorio peruano y el 65% restante al territorio ecuatoriano. El río nace en la cordillera del Chilla a 3600 m.s.n.m., en suelo ecuatoriano donde su origen está constituido por los ríos Calera, Amarillo, Luis y Amburgas en la zona de Zaruma en la provincia de El Oro, que luego se unen a los ríos Pindo, Yaguacha y Piñas, cuya pendiente se aproxima al 7‰, y donde toma una pendiente moderada de 3‰, toma el nombre de río Puyango, cerca de la localidad de Balsas, siguiendo la dirección general este a oeste por unos 100 Km pasando por el hito Trapazola a 692 m.s.n.m. en el lugar denominado Linda Chara, a partir del cual forma parte de la frontera internacional entre los países de Perú y Ecuador, hasta llegar al hito Cazaderos a 476 m.s.n.m., donde confluye con el río Cazaderos y cambia su dirección de sur a norte, ingresando a territorio peruano y adoptando el nombre de río Tumbes, donde la pendiente del cauce es inferior al 1‰. En el Perú recorre unos 80 Km hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, cerca de la ciudad de Tumbes (Araoz, 2002).

Para el estudio de la **litología** de la cuenca Puyango-Tumbes se ha contrastado los datos de la cuenca con los del Estudio Geoambiental de la cuenca del río Puyango-Tumbes (INGEMMET, 2006), con el fin de generar la información sobre la litología dentro de la cuenca, tal como se resumió en la Tabla 04 incluyendo su área dentro de la cuenca, en ella podemos distinguir 07 formaciones:

Tabla 4 Litología de la Cuenca del río Puyango – Tumbes

Nombre	Área	%	Características Litológicas
Sedimentaria	2768.52	51.22	Roca Dura
Volcánica	627.93	11.62	Poroso
Materiales	21.21	0.39	Poroso
Metamórficas	991.31	18.34	Roca Dura
Depósito Aluv.	150.67	2.79	Poroso
Arenisca	189.48	3.51	Poroso
Intrusivas	655.88	12.13	Roca Dura
Total	5405.00	100.00	

Fuente: Propia

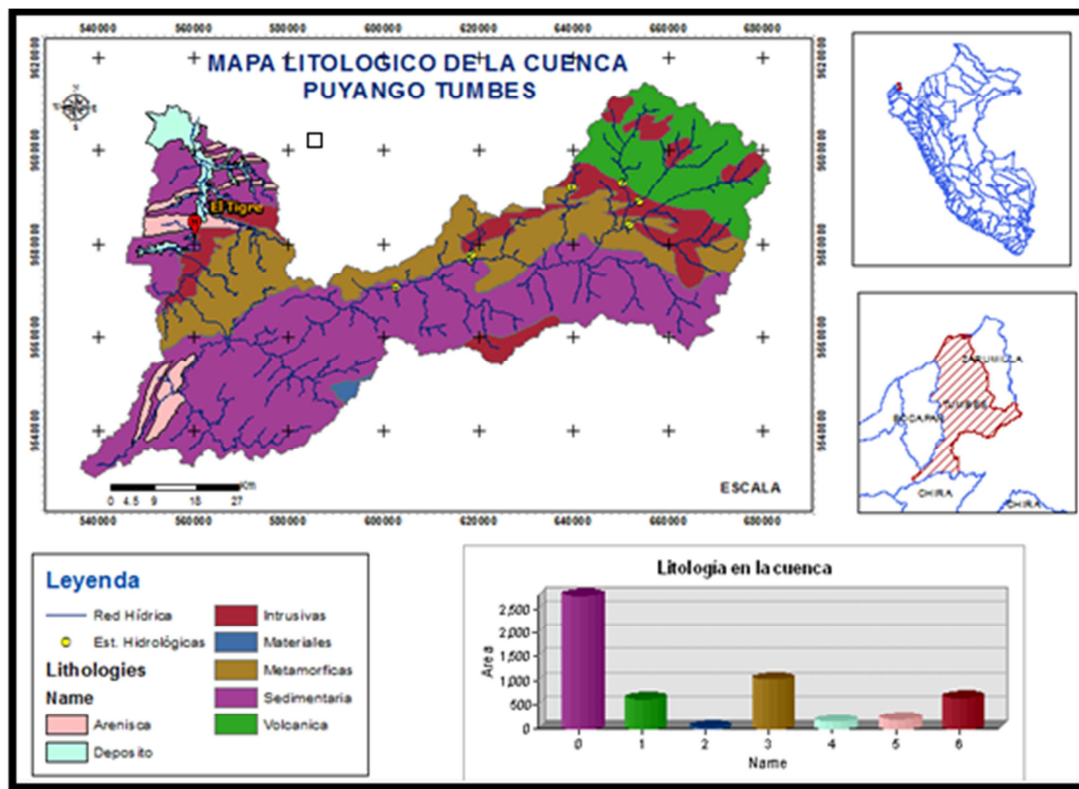


Figura 22 Litología de la cuenca Puyango – Tumbes

Fuente: Propia

En cuanto a la **hidrología**, en la cuenca Puyango-Tumbes la precipitación anual varían de 300 mm en la cuenca baja a 2600 mm en las zonas montañosas de la cuenca alta. Los valores de humedad relativa están por encima del 70% y la velocidad del viento presenta promedio de 5.0 m/s (Lazarte, 2002). El río Puyango -Tumbes se caracteriza por transportar gran cantidad de sedimentos en suspensión en épocas de avenidas, como resultado de las altas precipitaciones y la fuerte pendiente del río, principalmente en la parte ecuatoriana. El aporte de sedimentos de los tributarios es también muy significativo. Esta situación ha generado que en el último tramo del río Tumbes se acumule gran cantidad de sedimentos, formándose un valle relativamente joven sujeto a periódicas modificaciones.

Para la zona de Ecuador en el período 1964-1975 se registró que el escurrimiento anual en la estación de aforos de Puyango, Puente Carretera o también llamada Puyango en Campamento militar (ver figura 19, localizada en el centro de la cuenca del río Puyango – Tumbes, alcanzó un promedio de $84 \text{ m}^3/\text{s}$. La descarga más baja y más alta anual en los 12 años de registro evaluados fueron $33 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1968 y $123 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1973, respectivamente (INAMHI).

En el período de registros en la Estación El Tigre (1963-2015) la descarga máxima instantánea alcanzó los $3576 \text{ m}^3/\text{s}$ (09 de febrero de 1998; año excepcionalmente húmedo) y el menor valor fue de $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondiente al 07 de diciembre de 1968 (año excepcionalmente seco). La descarga media anual del río es de $114.9 \text{ m}^3/\text{s}$. En la figura 21 se puede observar los valores anuales dentro de la estación El Tigre, y el efecto de los 02 FENs extremos dentro de la hidrología de la cuenca.

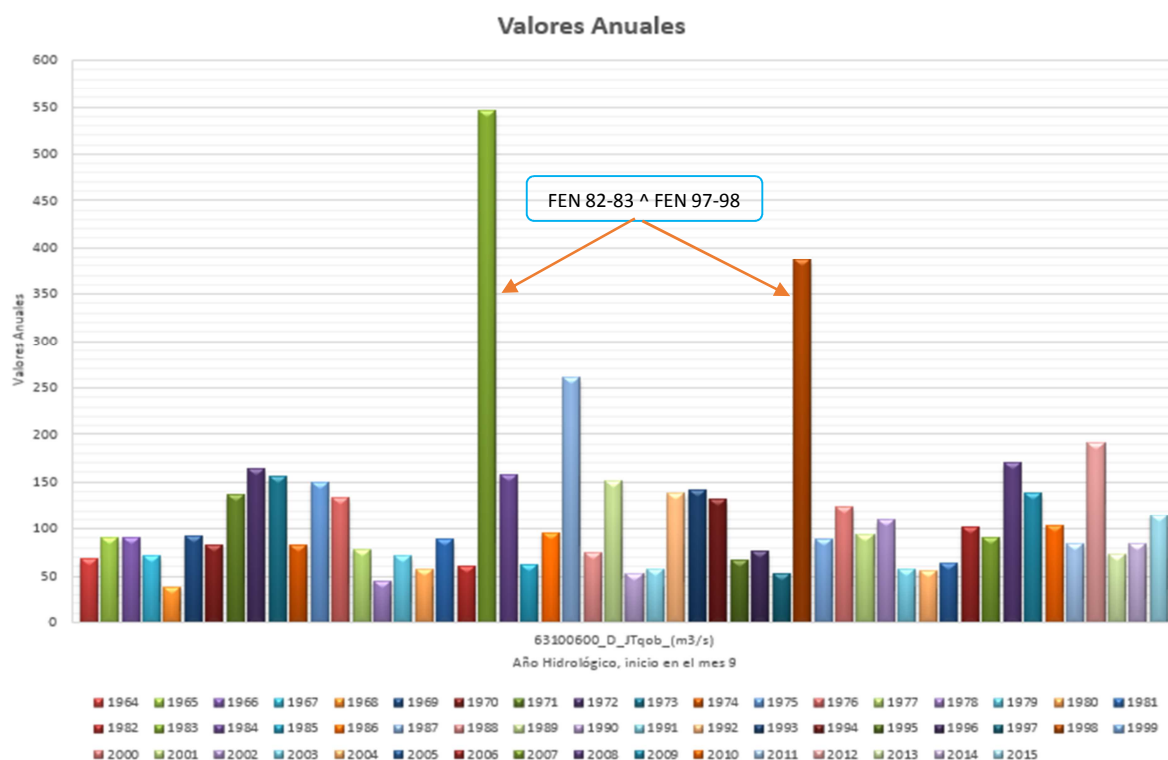


Figura 23 Caudales anuales de la estación El Tigre 1964-2015

El ciclo hidrológico inicia en el mes de setiembre las descargas máximas del río Puyango - Tumbes se presenta generalmente en el primer trimestre de cada año y en algunos casos en la primera quincena del mes de abril.

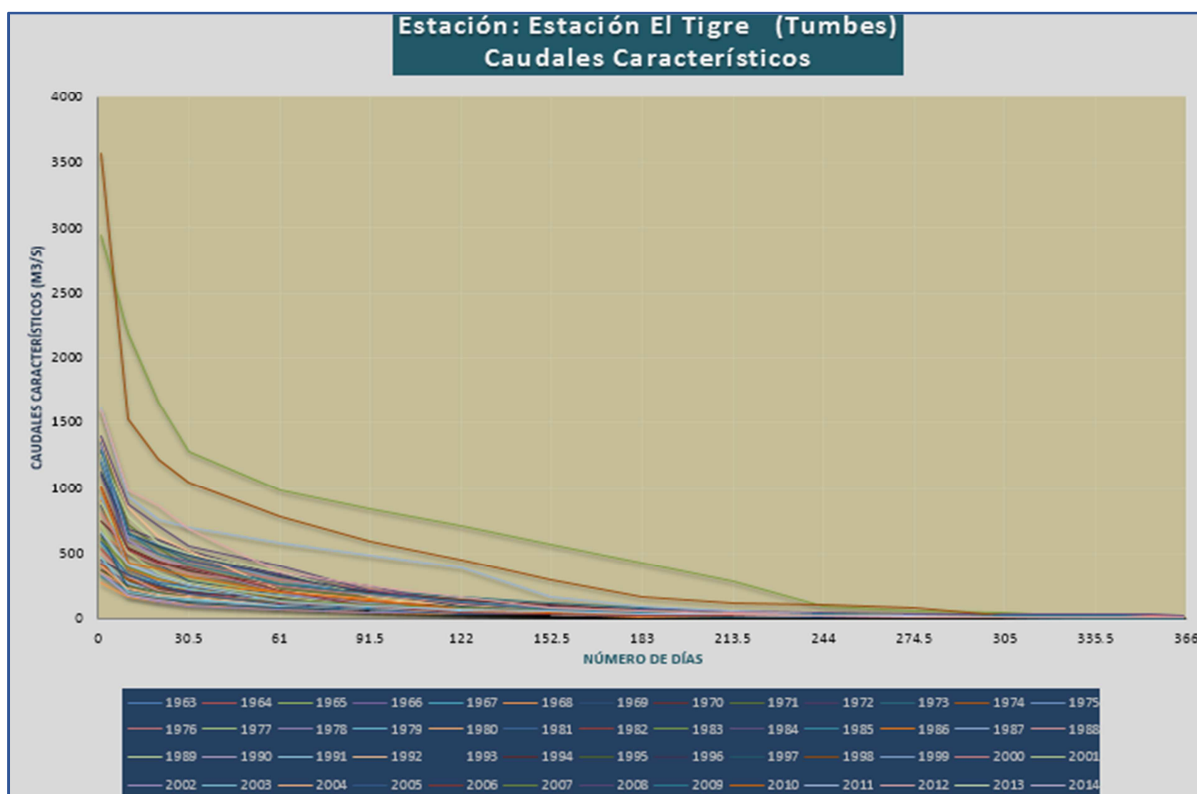


Figura 24 Caudales Característicos en la Estación El Tigre

Es importante hacer notar el efecto de dos eventos extraordinarios de Niño, el cual está asociado a un aumento de temperatura en el mar y la región costera, torrenciales lluvias e inundaciones en la costa norte, deficiencia de precipitaciones en la sierra sur, una mayor frecuencia en la ocurrencia de deslizamientos y flujos, incremento del caudal de los ríos de la cuenca del Pacífico, esto es reflejado en la figura 24.

Según registros «El Niño», se ha hecho presente en los siguientes años: 1918, 1925/26, 1929, 1932, 1939, 1940, 1941, 1943, 1951, 1953, 1956/57, 1965, 1972/73, 1976, 1982/83, 1987, 1991-1993 y 1997/98.

Durante el fenómeno El Niño, las temperaturas superficiales marinas se incrementaron fuera de lo normal llegando en los eventos extraordinarios a 7,7 °C en el año 1983 y 8 °C en el año 1998 y siendo los volúmenes de agua captada en la cuenca correspondiente a los dos últimos fenómenos El Niño (1983 y 1998) alcanzan 11 418 MMC/año y 13 777,8 MMC respectivamente.

Además que durante FENs extraordinarios (1982-1983 y 1997-1998), la intensidad y las distribuciones espaciales de precipitación, escorrentía y precipitación cambian dramáticamente, en particular en el norte del Perú. Las zonas áridas y semi-áridas, ubicadas aguas abajo y cercanas a la costa, reciben de 14 a 170 veces la precipitación media normal, mientras que las áreas húmedas, situadas cerca de la divisoria principal, reciben hasta 3 veces la precipitación media durante años normales (Morera, 2017).

Para entender mejor en la Tabla 05 se presenta una clasificación de los “Niños”, según su intensidad

Tabla 5 Fenómenos El Niño de 1847-1998

Intensidad	Año	Características
Débil	1847-1963	Lluvias leves
Moderado	1911-1994	Lluvias moderadas
Intenso	1858-1973	Lluvias intensas
Muy intenso (Mega Niños)	1891, 1925, 1983, 1998	Lluvias torrenciales

En cuanto a las características climáticas tenemos que dentro de la cuenca Puyango –Tumbes la temperatura es de carácter tropical, sin manifestaciones extremas durante el año; el promedio anual en las llanuras es de 24.5°C y de 22°C en la zona montañosa. En los períodos de años normales la temperatura promedio en verano es de 26°C y en invierno de 23°C; sin embargo, cuando se presenta el fenómeno de El Niño la temperatura sobrepasa valores máximos diarios de 35°C y 30°C, para las llanuras y la zona montañosa respectivamente. La precipitación

pluvial y la temperatura son los elementos meteorológicos más importantes, considerándose la lluvia netamente veraniega. La precipitación anual a lo largo de la cuenca varía entre 200 y 2600 mm siendo la precipitación media anual de la cuenca superior a los 1000 mm. La evaporación presenta una relación directa con la temperatura y la precipitación pluvial, por ello la evaporación es mayor durante el verano. La evaporación promedio total anual en el valle es relativamente alta, del orden de 880 mm. La evaporación en la cuenca varía con la altitud, en el período 1964-1979 varió entre 829 y 1651 mm. (ANA, Caracterización de la cuenca Tumbes, 2012).

Recolección de la Información: Se han realizado visitas a campo con el fin de identificar características de la cuenca como vegetación, pendiente, geología, etc. que serán detalladas en el ítem correspondiente, además de observar el comportamiento de la cuenca en época de estiaje en los ríos principales y tributarios mediante los aforos. También se recolecto muestras de sedimentos en suspensión de 13 puntos de muestreo, obtenidos de las principales subcuencas productoras de sedimentos.

Aforo con Pistola Radar

Para calcular el caudal con Pistola Radar en el presente monitoreo se utilizó la metodología empleada por Dramais (2013). El modelo de Pistola Radar probado en este estudio es el SVR II utilizando la tecnología FMCW (frecuencia modulada de ondas continuas) con una frecuencia de 24,1 GHz. Lo primero que se debe realizar es seleccionar tramos rectos y puntos de control con una sección homogénea o cercana a un puente, ya que esto facilitará el levantamiento batimétrico de la sección. Una vez definidos los puntos de control en cada sección, se procede a medir las velocidades superficiales del río con la Pistola Radar, es necesario conocer la inclinación del ángulo de la Pistola Radar por debajo de la línea horizontal o ángulo de incidencia (ecuación 12).



Figura 25 Pistola Radar SVR II.

La velocidad que muestra la Pistola Radar en su pantalla, no es la velocidad superficial, sino la velocidad del Radar (V_r). Para obtener la velocidad superficial debemos aplicar la siguiente ecuación:

Ecuación 20 Velocidad Superficial

$$V_s = \frac{V_R}{\cos \beta}$$

Dónde:

V_s Es la velocidad superficial

V_R la Velocidad medido por el radar en m / s

β el ángulo de incidencia se mide por el SVR en °

Según la ecuación anterior, para obtener la velocidad superficial, debemos dividir la velocidad medida por la Pistola Radar entre el ángulo de inclinación, que en esta misión se usó un ángulo de 30°. Obtenida la velocidad superficial del río, se debe calcular la velocidad media (V_m) en cada vertical, para ello se usó la siguiente ecuación:

Ecuación 21 Velocidad media en la vertical

$$V_m = V_s \times \alpha$$

Donde:

V_m La velocidad media en la vertical

V_s La velocidad superficial

α El coeficiente de velocidad

En la ecuación anterior, el coeficiente de velocidad “ α ” depende de la profundidad del flujo y el tipo de fondo. Los valores de α se encuentran en la tabla:

Para determinar los caudales, se utilizó el método área vs velocidad, el cual consiste en multiplicar el área parcial de cada vertical con su respectiva velocidad media, finalmente se sumaron todos los caudales parciales de cada vertical y se obtuvo el caudal total de la sección de aforo. La Figura 26 muestra la metodología de aforo desde un punto en uno de los puntos de muestreo.

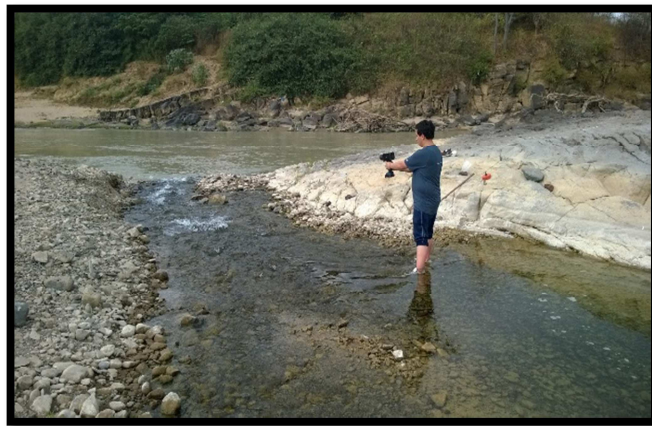


Figura 26 : Aforo líquido con pistola radar

Aforo con Molinete

Este mide la velocidad de la corriente en varios puntos de la misma vertical y en varias verticales de la sección del cauce. A partir de las velocidades se obtiene el caudal al multiplicar las velocidades por el perfil en cada sección y luego sumarlas, como se observa en la figura 27.

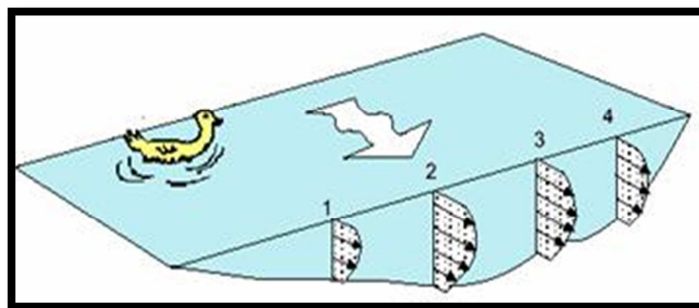


Figura 27 Diagrama de aforo con molinete

Para el caso de la cuenca Puyango-Tumbes, este procedimiento es usado en la estación El Tigre y debido a que el ancho del río en este punto es de 60 a 65 metros en épocas de estiaje y puede llegar hasta los 130 metros en avenidas, se utiliza un carro Huaro y un cable amarrado de cerro a cerro para su medición, esta se hace a una longitud cada 5 metros y una profundidad de 2.5 metros en los cuales se introduce el molinete, se registra las velocidades y se obtienen los perfiles. Es importante acotar que para épocas de mayor precipitación el equipo que brinda mejores resultados es el ADCP, este nos permite obtener la velocidad de cada columna vertical en el río, mediante un sonar que hace un barrido en todo el tramo obteniendo las secciones y el perfil de velocidad.



Figura 28 Aforo con Molinete. Estación El Tigre. Cuenca Puyango-Tumbes

Se muestran los puntos monitoreados en las misiones:

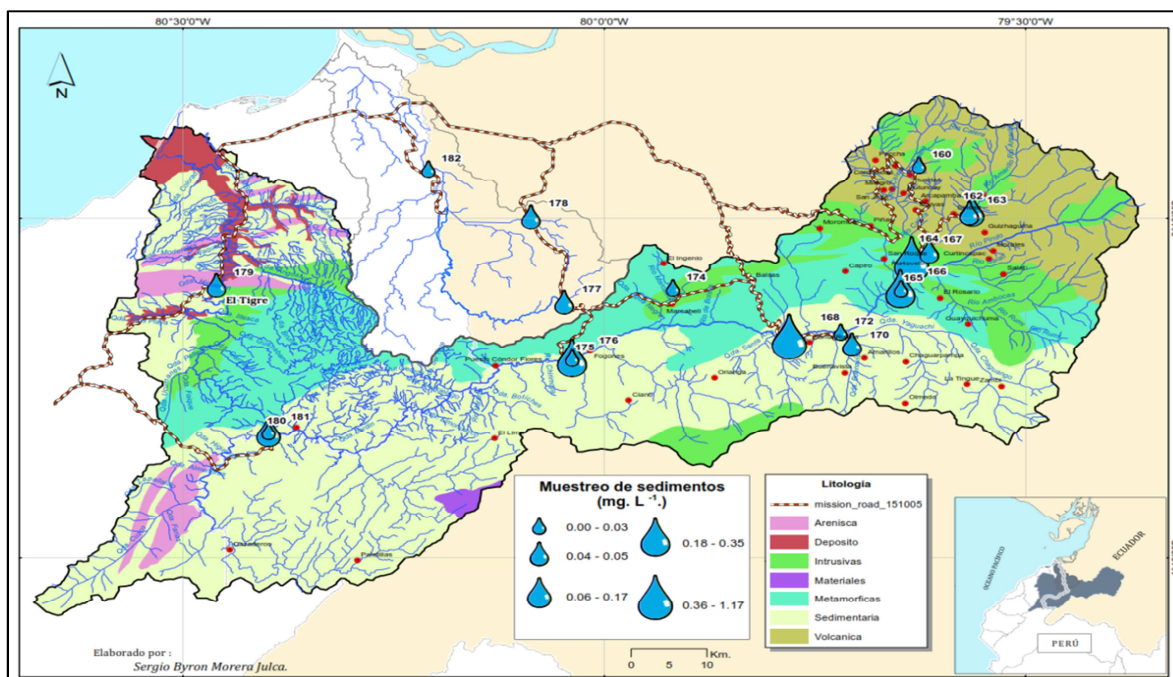


Figura 29 Ubicación de los puntos de muestreo en la primera Misión, con sus respectivas concentraciones de materia en suspensión (MES)

Fuente: Morera, S.B. 2014

Por otro lado, también se ha recopilado información de entidades e instituciones como IGP, SENAMHI, INAMHI, PROYECTO ESPECIAL PUYANGO-TUMBES, ANA, ALA entre otros.

Dentro de la información proporcionada, en lo referente a la hidrometría esta ha sido obtenida por medición directa durante 50 años, a partir del año 1963 hasta 2015, incluyendo los fenómenos extremos del Niño que abarcan los años 19682-1983 y 1997-1998. Como se explica la cuenca Puyango- Tumbes cuenta con un área de 5400 km² de los cuales el 65% pertenece a la República de Ecuador mientras el restante pertenece a Perú, dentro de la cuenca se encuentra 08 estaciones hidrométricas, 07 se encuentran en Ecuador y una sola en Perú, la estación El Tigre.

Estas se detallan en la tabla 06:

Tabla 6 Estaciones Hidrométricas en la cuenca Puyango-Tumbes

<u>Código</u>	<u>Nombre</u>	<u>País</u>	<u>Cuenca</u>	<u>Río</u>	<u>Administrador</u>	<u>Latitud</u>	<u>Altitud</u>
H586	CALERA AJ AMARILLO	Ecuador	Puyango	Puyango	INAMHI	-3.6817	680
H587	PINDO AJ AMARILLO	Ecuador	Puyango	Pindo	INAMHI	-3.7538	563
H588	AMARILLO EN PORTOVELO	Ecuador	Puyango	Amarillo	INAMHI	-3.7122	660
H589	PUYANGO AJ MARCABELI	Ecuador	Puyango	Puyango	INAMHI	-3.8242	360
H590	MARCABELI AJ PUYANGO	Ecuador	Puyango	Puyango	INAMHI	-3.8103	450
H591	PUYANGO EN CPTO. MILITAR	Ecuador	Puyango	Puyango	INAMHI	-3.8833	300
H592	MOROMORO	Ecuador	Puyango	Puyango	INAMHI	-3.6886	980
63100600	EL TIGRE	Perú	Tumbes	Tumbes	SENAMHI	-3.7686	50

La ubicación de las estaciones hidrométricas dentro de la cuenca Puyango –Tumbes esta descrita en el ANEXO 02.

La parte determinística de la presente tesis se ha ejecutado usando valores directos (reales) de las estaciones, para algunos valores faltantes se ha procedido a la completación de valores.

Los datos de las estaciones hidrométricas 587, 588, 589, 590 y 591 fueron comparados con estaciones con mayor cantidad de datos históricos como estación El Tigre (63100600). Luego de la comparación se comprobó que los valores de las estaciones 587, 591 y la estación El Tigre si reflejan las verdaderas características meteorológicas de la cuenca alta, media y baja, respectivamente.

Por lo que se buscó la completación de los datos hidrométricos mediante un proceso de correlación múltiple en el paquete Cormul, para completar el número de vacíos existente. Por lo que se analizó el porcentaje de vacíos en cada estación obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7 Porcentaje de vacíos en cada una de las estaciones

<u>Estación</u>	<u>Nombre</u>	<u>Nº datos</u>	<u>% Vacíos en la serie</u>
586	CALERA AJ AMARILLO	7658	60.38
587	PINDO AJ AMARILLO	16588	14.17
588	AMARILLO EN PORTOVELO	11031	42.92

589	PUYANGO AJ MARCABELI	6729	65.18
590	MARCABELI AJ PUYANGO	4118	78.69
591	PUYANGO EN CPTO. MILITAR	17233	10.83
592	MOROMORO	3070	84.12
63100600	EL TIGRE	19206	0.63

En base a lo mostrado en la Tabla 07 se buscó la completación de los vacíos en las 08 estaciones hidrológicas pero debido a la susceptibilidad del BFI a la falta de datos (OMM,2008), se completaron las estaciones 587 y 591 con un porcentaje de vacíos de 9% y 12% con respecto a la estación El Tigre. Para llevar a cabo la completación y extensión de datos se tuvo que evaluar y corregir la serie histórica de caudales diarios de la estación El Tigre, mediante una interpolación lineal, para luego aplicar el paquete Cormul, que permite establecer correlación entre una estación base con otra estación que se necesite completar y/o extender. La correlación entre datos es una medida del grado de relación que guardan entre ellos y una buena herramienta estadística para comprobar si, a priori, un conjunto de datos mantienen algún tipo de dependencia. La manera más sencilla de estimar el grado de dependencia (correlación) entre datos es preguntarse si entre ellos existe la posibilidad que dependan linealmente unos de los otros. El valor del coeficiente de correlación varía entre -1 y 1 . El coeficiente toma el valor de 1 cuando los puntos de datos describen una perfecta línea recta con pendiente positiva, con x e y aumentando conjuntamente. El paquete Cormul menciona que cuanto mayor sea el número de series, menor será la sensibilidad al error en una de ellas y solo se utilizan los datos de series que presenten una alta correlación con la serie de datos que se quiere completar (Barreda, 2004).

Para la cuenca Puyango-Tumbes se tomó como estación base a El Tigre, y a partir de esta se empezó a usar el paquete con las demás estaciones para su completación y extensión, debido a la proximidad con la estación E591, por el mismo criterio se tomó la E591 para completar la

estación E589 y por estar en la misma cuenca los resultados de la correlación se muestran en la tabla, se trabajó con un factor de correlación de aceptación mayor a 0.7, presentando así una buena correlación entre estación siendo útil para la completación de las mismas.

Tabla 8 Correlación entre estaciones a completar

Estación Base	Estación a completar	Factor de Correlación
El Tigre	E591	0.799
E591	E589	0.850

El criterio tomado para estas estaciones no puede ser el mismo que para las demás estaciones debido a que su porcentaje de vacíos excede el 50%. (Tabla 07), por lo que se ha trabajado analizándolas por periodos de caudales registrados mayores a 03 años, obteniendo el BFI de cada una de ellas. A continuación, en la Tabla 09 se presentan el registro de periodos trabajados en cada una de las estaciones:

Tabla 9 Periodo trabajado en cada una de las estaciones

<u>Estación</u>	<u>Nombre</u>	<u>Periodo Inicial</u>	<u>Periodo Final</u>	<u>Observación</u>
586	CALERA AJ AMARILLO	11/04/1964 04/07/1977	31/12/1973 31/12/1981	Río de Orden 2
587	PINDO AJ AMARILLO	01/09/1964	31/08/2014	Río de Orden 3
588	AMARILLO EN PORTOVELO	24/10/1963 11/10/1972 01/12/1976	30/09/1972 31/12/1975 31/12/1989	Río de Orden 2
589	PUYANGO AJ MARCABELI	14/01/1983 01/01/1990 01/01/2012	25/02/1989 31/01/1993 30/11/2015	Río de Orden 5
590	MARCABELI AJ PUYANGO	01/04/1983 01/01/2012	20/05/1988 31/12/2014	Río de Orden 2
591	PUYANGO EN CPTO. MILITAR	01/09/1965	31/08/2014	Río de Orden 5
592	MOROMORO	01/08/1985	31/12/1989	Río de Orden 2
63100600	EL TIGRE	01/09/1963	31/08/2015	Río de Orden 5

Dentro del campo de Observación, se han clasificado a los ríos de acuerdo a la clasificación Strahler.

Al trabajar con las series completas se observó que dentro del registro se encuentran 02 eventos El Niño extremos (82-83 y 97-98), por lo que para evitar la sobreestimación del flujo base en los resultados del BFI, se optó por seccionar los registros de las estaciones 587, 591 y la Estación El Tigre, debido a que estos representan fenómenos extremos que varían en demasía los valores del índice a cuantificar. En la figura 30 se observa el hidrograma de la Estación El Tigre y el seccionamiento en los 03 periodos.

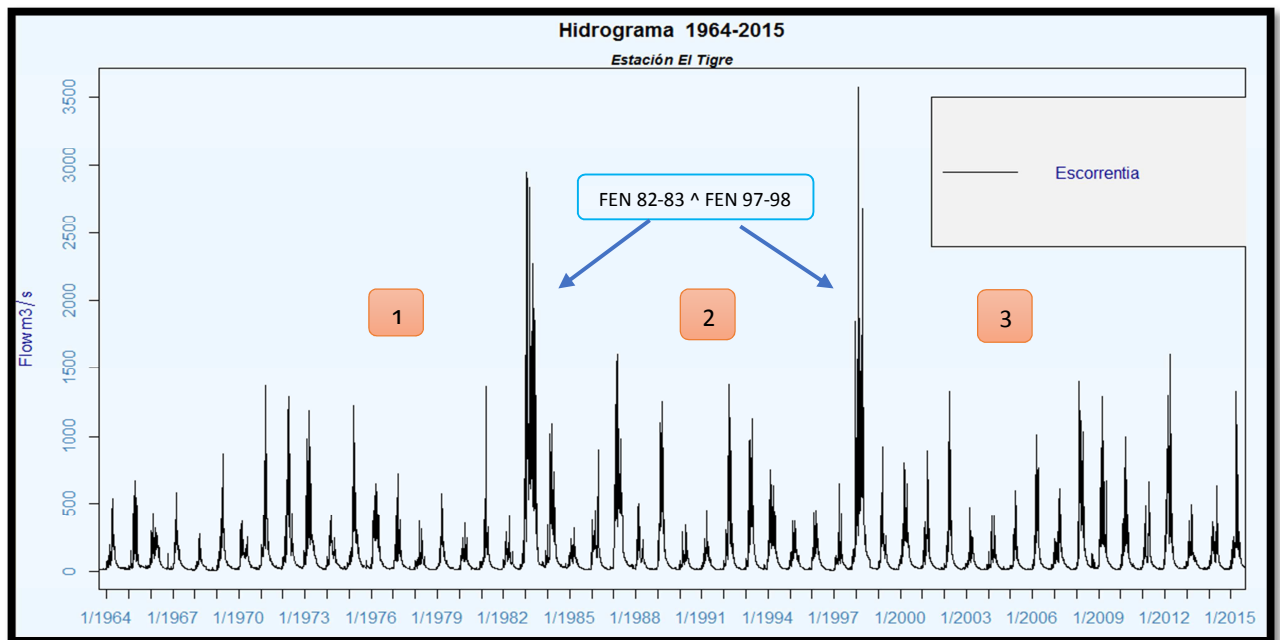


Figura 30 Seccionamiento de la serie registrada. Estación El Tigre

La elección de seccionar los registros también se justifica mediante la curva de persistencia, ya que éstas reflejan el comportamiento hidrológico de una cuenca, en la figura 31 se observa las curvas de persistencia de los periodos seccionados y de los 02 FENs (Fenómenos del Niño Extremos), concluyendo con la marcada diferencia que existe estos.

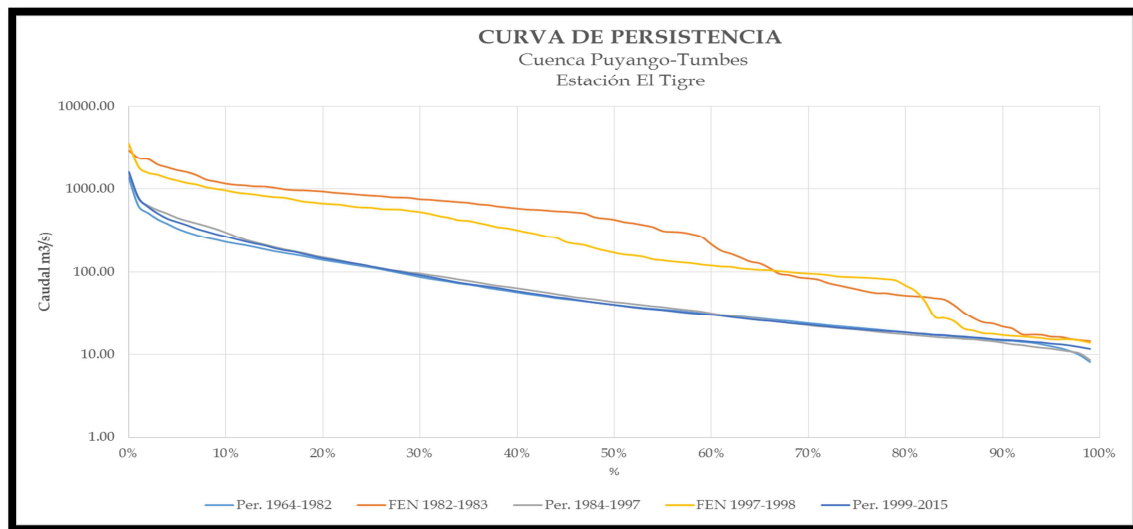


Figura 31 Curva de Persistencia en la estación El Tigre

Después de haber seleccionado los periodos a trabajar se ha procedido a la aplicación de los método de separación del caudal base, en base a los métodos gráficos y a los algoritmos digitales, usando los thresholds obtenidos de la curva de persistencia y los parámetros del análisis de la recesión. Mientras que para el filtro de Eckhardt además del constante de recesión obtenido del análisis de recesión, otro parámetro es incluido BFI_{MAX} , que su valor varía en función a las características litológicas de la cuenca, para la obtención de este, se usó los valores propuestos por (Eckhardt K. , 2005) y mediante un promedio ponderado se obtuvo el valor del BFI_{MAX} que represente a la cuenca Puyango-Tumbes. Más este valor por ser un valor empírico debe ser calibrado, por lo que se hizo uso de los datos diarios de conductividad eléctrica de la estación Caboinga para la obtención del BFI según el método de balance de masas (CMB). Para así calibrar el filtro en base a la relación entre el BFI del método del CMB y el BFI de Eckhardt.

La caracterización de sequías hidrológicas se hizo en base al BFI anual, utilizando un límite para establecer el inicio y el término de la sequía, y comparando los valores de caudales diarios

con el caudal ecológico, siendo este el Q95 de las curvas de persistencia obtenido de cada periodo analizado.

Para aplicar el SPI, es necesario contar con información pluviométrica a escala mensual por lo que dentro de la información que se tiene se contó con 29 estaciones, con un mínimo de 20 años de precipitación mensual, esta es detallada en la Tabla 10:

Tabla 10 Estaciones Pluviométricas en la cuenca Puyango-Tumbes

<u>Id Estación</u>	<u>Nombre</u>	<u>Latitud</u>	<u>Longitud</u>	<u>Altura</u>	<u>País</u>	<u>Río</u>	<u>Administrador</u>
151100	EL TIGRE	-3.802	-80.457	45.00	Perú	Tumbes	SENAMHI
000103	MATAPALO	-3.700	-80.210	74.00	Perú	Tumbes	SENAMHI
000132	PUERTO PIZARRO	-3.506	-80.465	1.00	Perú	Tumbes	SENAMHI
000135	EL SALTO	-3.500	-80.284	21.00	Perú	Tumbes	SENAMHI
EM700	-	-3.699	-79.611	1100.00	Ecuador	Puyango	INAMHI
EM701	-	-3.783	-79.909	520.00	Ecuador	Puyango	INAMHI
EM702	-	-3.901	-80.079	305.00	Ecuador	Puyango	INAMHI
EM703	-	-3.717	-79.650	753.00	Ecuador	Puyango	INAMHI
EM704	-	-3.723	-79.644	576.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM705	-	-3.711	-79.619	747.00	Ecuador	Puyango	INAMHI
EM706	-	-3.763	-79.635	610.00	Ecuador	Puyango	INAMHI
EM707	-	-3.617	-79.675	1425.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM708	-	-3.767	-79.825	700.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM709	-	-3.775	-79.721	1160.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM710	-	-3.602	-79.630	1350.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM711	-	-3.680	-79.741	980.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM712	-	-3.586	-79.663	1540.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM713	-	-3.750	-79.533	1150.00	Ecuador	Pindo	EX - PREDESUR
EM714	-	-3.888	-79.713	1020.00	Ecuador	Yaguachi	EX - PREDESUR
EM715	-	-4.083	-80.475	290.00	Ecuador	Qda. Cazaderos	EX - PREDESUR
EM716	-	-3.926	-79.961	1470.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM717	-	-3.926	-79.961	1470.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM718	-	-4.017	-80.311	290.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM719	-	-4.221	-79.524	1935.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM720	-	-3.983	-80.125	1150.00	Ecuador	Qda. Zapallos	EX - PREDESUR
EM721	-	-3.821	-79.560	850.00	Ecuador	Pindo	EX - PREDESUR
EM722	-	-4.074	-79.300	1580.00	Ecuador	Chira	EX - PREDESUR
EM723	-	-3.893	-79.867	1140.00	Ecuador	Puyango	EX - PREDESUR
EM724	-	-3.677	-79.703	1126.00	Ecuador	Puyango	INAMHI

La ubicación de las estaciones se detalla en el ANEXO 03.

Para completar su información pluviométrica de las estaciones meteorológicas, se hizo uso del método del vector regional, el cual está orientado a tres tareas definidas: la crítica de datos, la homogenización y la extensión-completación de datos de precipitación, pero antes de su aplicación es necesario el identificar regiones meteorológicas similares para tener una buena correlación entre estaciones. Esto es llevado a cabo mediante un análisis de conglomerados o cluster que nos permite agrupar las estaciones según las características ingresadas. El resultado del análisis cluster se representa en forma de dendrograma como se ve a continuación en la figura 32:

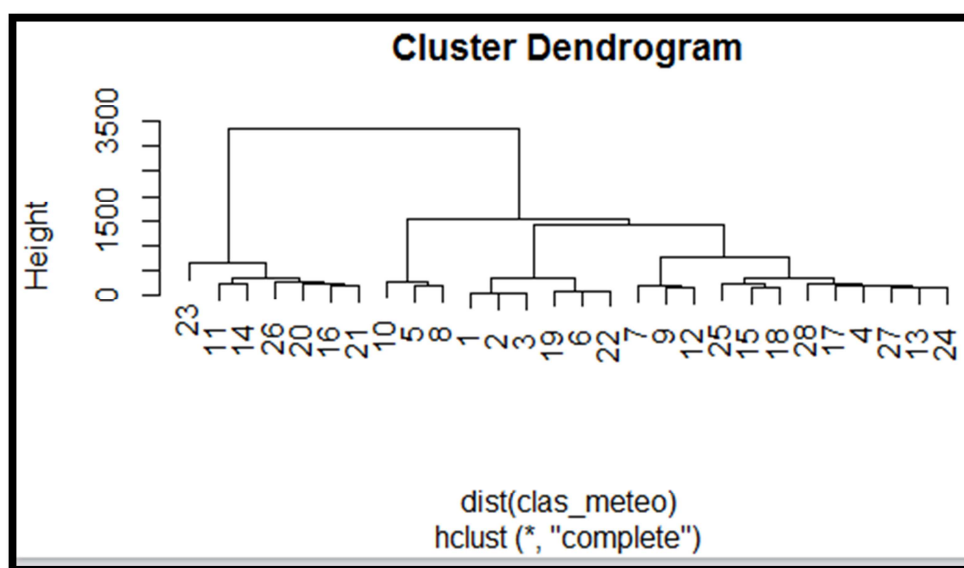


Figura 32 Dendrograma de las estaciones meteorológicas

Después de haber aplicado el análisis de conglomerados, se identificaron 4 regiones de precipitación, las cuales son agrupadas en las Figura 33.

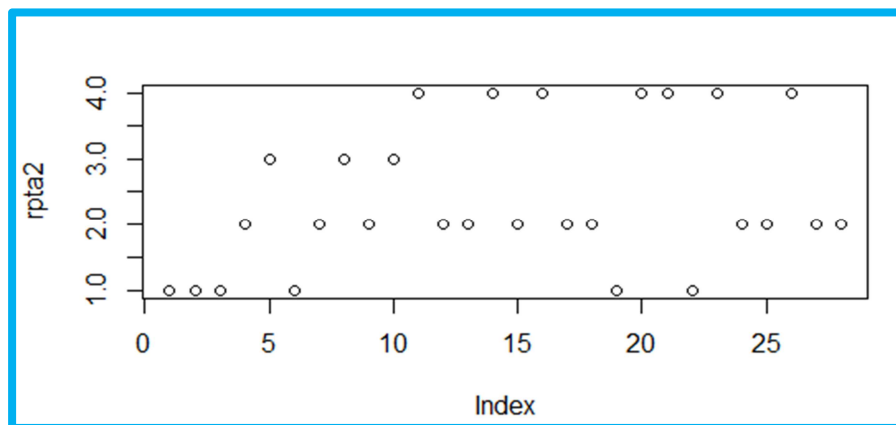


Figura 33 Regiones Meteorológicas similares

Luego de haber aplicado el análisis de conglomerados y la identificación de las 04 regiones similares, se procedió a la aplicación del vector regional según el método de Brunet y Moret en Hydraccess, como se ve en la figura 34.

Vector Regional de índices anuales

Parámetros del archivo multi-estaciones

Nombre: C:\Documents and Settings\pc\Escritorio\yes_cluster\MultEst_ files = 676

Año Inicio: 1960 Número de Estaciones: 12

Año Final: 2016 Número de Años: 57

Tipo de Datos: Valores Mensuales Mes de trabajo: 01 - Enero

Parámetros del procesamiento

Año Inicio trabajo: 1964 Número mínimo de estaciones por año: 3

Año Final trabajo: 2016 Número mínimo de años por estación: 5

☒ Brunet Moret --> Desvío límite inferior: 0.80 Desvío límite superior: 1.25 ☒ Desvíos Índices / Vector ☒ Coeficientes Índices / Vector ☒ Rieles de doubles masas

☐ Hiez --> Valor límite inferior: 5

Parámetros de la estimación

☒ calcular los valores con un desvío aleatorio entre -2 DED y +2 DED DED: 0.35

☐ guardar los valores observados con desvíos entre -2 DED y +2 DED

Estación: M0180 ZARUMA

Captor: M-PZad Precipitación diaria: 523 valores

Captor de salida: M-Vec Valores estimados por el vector regional: 441 valores

Estaciones

Estaciones	Años
M0180_P_MPZad_(mm)	1972-01
M0479_P_MPPod_(mm)	1973-01
M0736_P_MPBad_(mm)	1975-01
M0739_P_MPGud_(mm)	1976-01
M0743_P_MPMod_(mm)	1980-01
M0748_P_MPSal_(mm)	1981-01
M0751_P_MPBue_(mm)	1982-01
M0757_P_MPLim_(mm)	1983-01
M0758_P_MPPra_(mm)	1984-01
M0770_P_MPOri_(mm)	1985-01
M0773_P_MPPri_(mm)	1986-01
	1987-01
	1988-01
	1989-01
	1990-01
	1991-01
	1992-01
	1993-01
	1994-01
	1995-01
	1996-01
	1997-01
	1998-01
	1999-01
	2000-01
	2001-01

Leer un Archivo multi-estaciones Calcular el Vector Detalles de la Estación Mapa del Año ☒ Desvíos ☐ Medias Completar el captor de salida

<http://IRD> [Contactar el autor: Philippe.Vauchel@ird.fr](mailto:Philippe.Vauchel@ird.fr) <http://Hybam/Hydraccess>

Figura 34 Aplicación del Vector Regional en Hydraccess

Luego de completar y extender los datos de precipitaciones mensuales en las 29 estaciones, se concluyó con la Tabla 11, mostrando la cantidad de años a analizar antes de aplicar el SPI.

Tabla 11 Cantidad de años analizados de las estaciones meteorológicas

<u>Id Estación</u>	<u>Cant. De Estaciones</u>	<u>N° de años procesados aprox</u>
El Tigre - Matapalo - El Salto - Pto Pizarro -EM702 - EM715 - EM724 - EM718 - EM700	09 Estaciones	40 años
EM703 - EM704 - EM705 - EM706 - EM707 - EM708 - EM711- EM712 - EM713 - EM714 - EM719 - EM720 - EM721 - EM722 -EM723	15 Estaciones	30 años
EM701 - EM710 - EM716 - EM717 - EM709	05 Estaciones	20 - 25 años

Luego de la completación y extensión de datos se procedió a la aplicación y caracterización de sequías mediante el SPI, en los resultados se muestran la caracterización del SPI a 12 meses debido a la interacción que presenta con el BFI, más se ha calculado el SPI de 3, 6, 9 y 12 meses para todas las estaciones.

Debido a la cantidad de información dentro de nuestra cuenca, es conveniente hacer uso de las isoyetas, que son líneas que presentan la misma cantidad de precipitación. Esto nos servirá para conocer el comportamiento meteorológico histórico dentro de la cuenca, como es detalla en el ANEXO 10.

Software.- Los softwares usados como apoyo en el desarrollo de la presente investigación fueron ArcGIS 10.5, AutoCAD 2016, Cormul, EasyFit 5.5, Hydraccess, Microsoft Excel 2010, Microsoft Word 2010, SPI Application, R-Studio.

3. 2. Equipos y Materiales utilizados en la Investigación

Equipos de campo.- Los equipos de campo usados en la investigación fueron:

- Pistola radar SVR II
- Molinete
- Carro Huaro
- GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
- Wincha topográfica con precisión al milímetro (30 metros)
- Wincha métrica con precisión al milímetro (5 metros)
- Cordel
- Ganchos separadores
- EPP(Botas, sombrero, lentes, guantes)
- Cámara fotográfica
- Calculadora Texas voyage 200

Equipos de gabinete.- Los equipos usados en la investigación fueron:

- Laptop LENOVO core i5
- Impresora multifuncional HP 2050

Materiales.- Los materiales usados dentro de la investigación fueron Papel Bond A4, memoria USB, Disco Duro, lápices, lapiceros, marcadores, plumón de pizarra, pizarra acrílica, archivadores.

Capítulo IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Parámetros Geomorfológicos De La Cuenca

Una cuenca es toda área de terreno cuyas precipitaciones son evacuadas por un sistema común de cauces de agua, y comprende desde el punto donde se inicia ésta evacuación hasta su desembocadura. Su compleja función hidrológica depende de sus características físicas y climáticas que ejercen efectos determinantes en su comportamiento. En la Tabla 12 se muestran los parámetros geomorfológicos de la cuenca Puyango-Tumbes.

Tabla 12 Parámetros Geomorfológicos de la cuenca Puyango-Tumbes

Parámetro Geomorfológico	Valor
Área(km ²)	5405.32
Perímetro(km)	614.22
Índice de Compacidad	2.36
Long. De los ríos de la cuenca (km)	209.39
Longitud del curso de agua más largo (km)	239.47
Ancho medio	26.00
Factor de forma.	0.12
Rectángulo Equivalente • Long. Mayor del rectángulo • Long. Menor del rectángulo	288.37 18.74
Relación de Elongación	0.35
Relación de circularidad	0.18
Longitud total de los cursos de agua efímeros, intermitentes y perennes de una cuenca.	3327.59
Densidad de drenaje (km/km ²)	0.61

Los resultados muestran que la cuenca Puyango-Tumbes es una cuenca exorreica con la clasificación de muy grande debido al área que presenta ($>5\,000\text{ km}^2$), el índice de compacidad muestra que la cuenca presenta una forma alargada, tal como se muestra en el Anexo 1.

En base a la recopilación y procesamiento de la información hidrológica se han completado y corregido los registros de las estaciones El Tigre, 591 y 587, en las figuras a continuación se muestran los hidrogramas de las series completadas. Los hidrogramas completos se muestran a continuación:

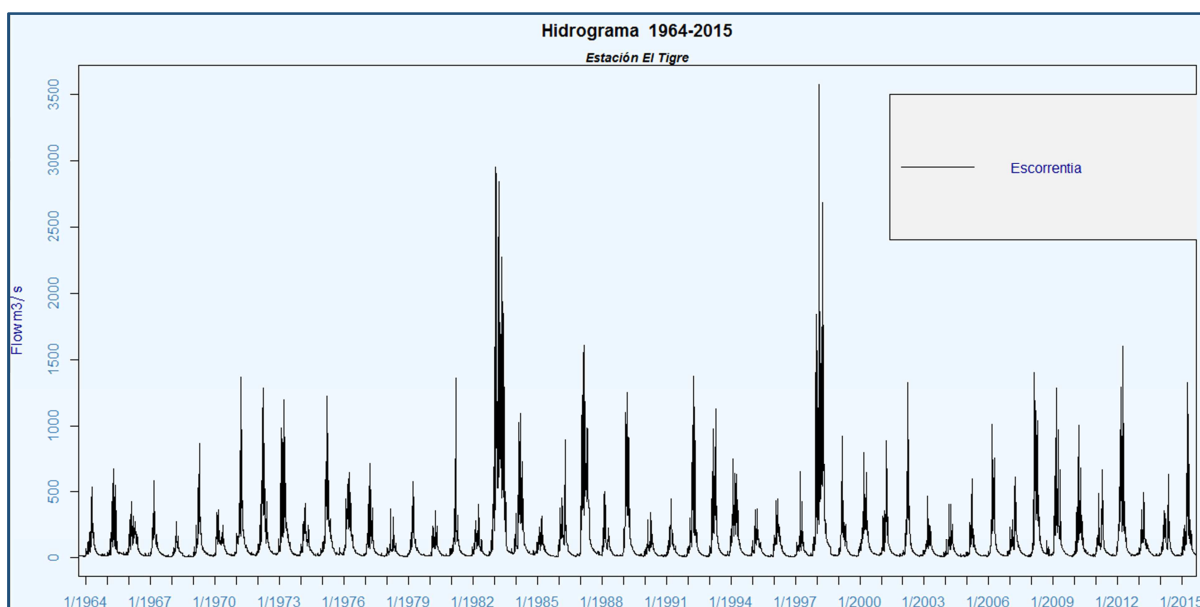


Figura 35 Hidrograma de la estación El Tigre completado y corregido

El paquete Cormul brindó el soporte para la completación de datos, los valores de correlación son los presentados en la Tabla 08. A continuación se muestran los hidrogramas de la estación 591y 587 completados.

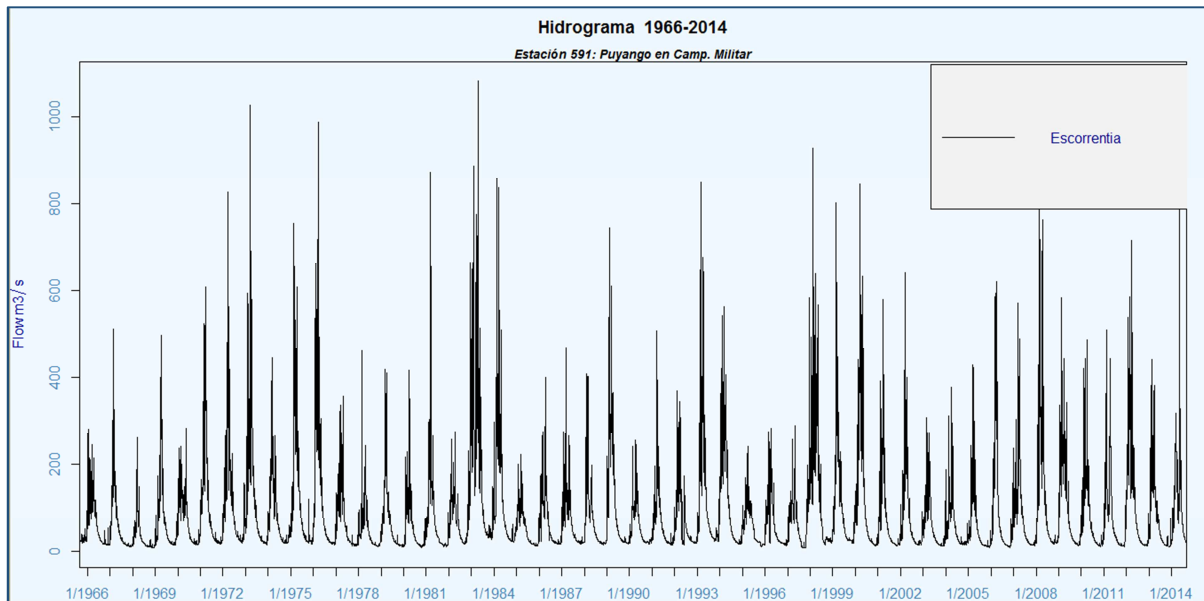


Figura 36 Hidrograma de la estación 591 Puyango en Camp. Militar completado y corregido

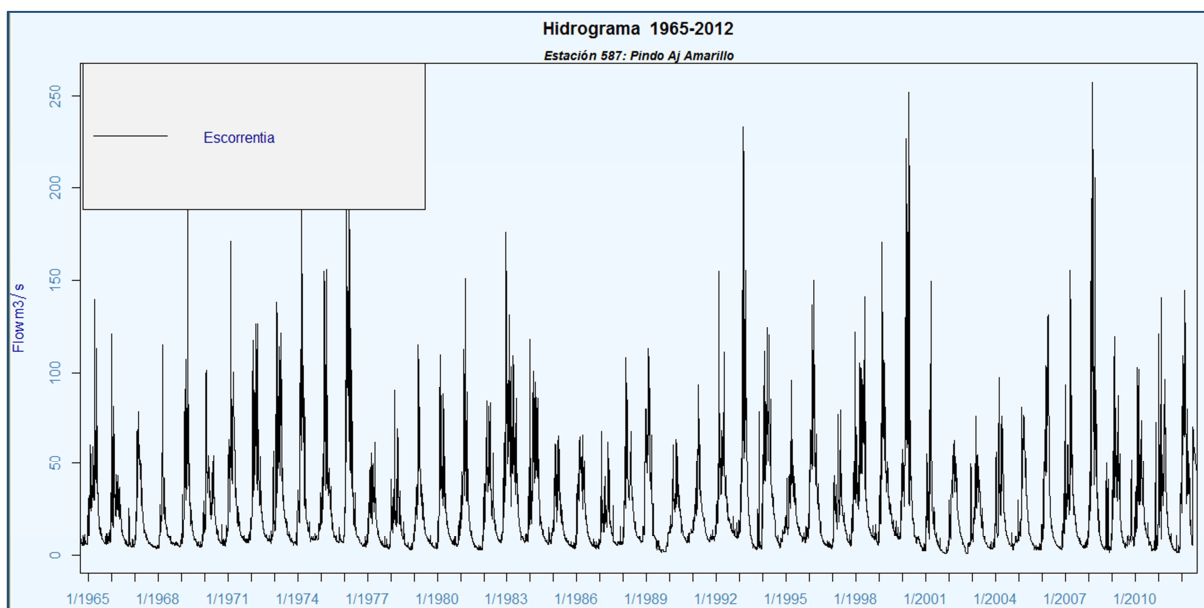


Figura 37 Hidrograma de la estación 587 Pindo Aj Amarillo completado y corregido

Después del seccionamiento planteado en la metodología y de los periodos seleccionados para las estaciones complementarias, los parámetros usados y los resultados obtenidos en cada una de las estaciones hidrométricas se presentan en las tablas a continuación.

Como el valor del parámetro BFI_{MAX} , en el filtro de Eckhardt no puede ser medido este estará en función de las características litológicas e hidrogeológicas de la cuenca, para minimizar este valor se usaron los valores ofrecidos por (Eckhardt K. , 2005) como menciona en su metodología y se obtuvo el parámetro de BFI_{MAX} para la cuenca Puyango-Tumbes.

Tabla 13 BFI_{MAX} en la Cuenca Puyango-Tumbes

<u>Nombre</u>	<u>Área</u>	<u>BFI_{max} por formación</u>	<u>BFI_{max} por área</u>	<u>Características del acuífero</u>	<u>BFI_{max}</u>
Sedimentaria	2768.52	0.80	2214.82	Roca Dura	
Volcánica	627.93	0.25	156.98	Poroso	
Materiales	21.21	0.50	10.61	Poroso	
Metamórficas	991.35	0.25	247.84	Roca Dura	
Depósito Aluv.	150.95	0.80	120.76	Poroso	
Arenisca	189.48	0.50	94.74	Poroso	
Intrusivas	655.88	0.25	163.97	Roca Dura	
Total	5405.32		3009.71		0.56

Al haber obtenido el valor del BFI_{MAX} , se calculó los demás parámetros para la separación de flujo base.

Tabla 14 Parámetros de la Estación El Tigre

Estación El Tigre						
	FDC		Days Recession Frequency	Constante de Recesión		BFI _{MAX}
	Threshold	Valor		MRC	IRS	
Per. 64-82	Q80	18.60 m3/s	4 días	0.9393	0.9507	0.56
Per. 84-97	Q75	19.90 m3/s	5 días	0.9465	0.9598	
Per. 99-15	Q75	20.27 m3/s	6 días	0.955	0.961	

Tabla 15 Parámetros de la Estación 591

Estación 591						
	FDC		Days Recession Frecuency	Constante de Recesión		BFI _{MAX}
	Threshold	Valor		MRC	IRS	
<u>Per. 66-82</u>	Q75	20.03 m3/s	4 días	0.9555	0.9683	0.56
<u>Per. 84-97</u>	Q80	20.93 m3/s	5 días	0.9732	0.9771	
<u>Per. 99-14</u>	Q80	17.25 m3/s	5 días	0.9589	0.9632	

Tabla 16 Parámetros de la Estación 587

Estación 587						
	FDC		Days Recession Frecuency	Constante de Recesión		BFI MAX
	Threshold	Valor		MRC	IRS	
<u>Per. 65-82</u>	Q75	7.06 m ³ /s	4 días	0.9457	0.9596	0.56
<u>Per. 84-97</u>	Q70	9.27 m ³ /s	4 días	0.9528	0.9607	
<u>Per. 99-12</u>	Q75	5.18 m ³ /s	5 días	0.9231	0.9403	

Tabla 17 Parámetros de las estaciones complementarias

Est. 586	Per. Hidro	1965-73	1978-81
	BFI MAX	0.5600	0.5600
MRC	a	0.9378	0.9333
IRS	a	0.9427	0.9451
FDC	Threshold	Q40	Q25
Days Recession		5 días	4 días

Est. 588	Per. Hidro	1965-71	1974-75	1978-89
	BFI MAX	0.5600	0.5600	0.5600
MRC	a	0.9478	0.9337	0.9271
IRS	a	0.9627	0.9601	0.9264
FDC	Threshold	Q60	Q40	Q65
Days Recession		4 días	4 días	4 días

Est. 590	Per. Hidro	1983-88	2013-14
	BFI MAX	0.5600	0.5600
MRC	a	0.9311	0.9555
IRS	a	0.9313	0.9553
FDC	Threshold	Q55	Q35
Days Recession		8 días	5 días

Est. 589	Per. Hidro	1984-1988	1991-92	2013-14
	BFI MAX	0.5600	0.5600	0.5600
MRC	a	0.9414	0.9446	0.9384
IRS	a	0.9537	0.9433	0.9685
FDC	Threshold	Q75	Q60	Q65
Days Recession		4 días	12 días	5 días

Est. 592	Per. Hidro	1985-1988
	BFI MAX	0.5600
MRC	a	0.9515
IRS	a	0.9577
FDC	Threshold	Q25
Days Recession		5 días

Después de haber obtenidos los parámetros del filtro se aplicaron las técnicas mencionadas en la metodología para la separación de flujo base y cálculo del BFI.

Tabla 18 Resultados BFI Estación El Tigre

<u>Método de Análisis MRC</u>			
Estación El Tigre			
<u>Resumen</u>	<u>Per. 64-82</u>	<u>Per. 84-97</u>	<u>Per. 99-15</u>
-) BFI (UKIH)	0.6936	0.6992	0.6446
-) BFI (Lyne and H.)	0.7095	0.7120	0.6576
-) BFI (Chapman)	0.6706	0.6779	0.6315
-) BFI (Eckhardt)	0.6763	0.6829	0.6361

<u>Método de Análisis IRS</u>			
Estación El Tigre			
<u>Resumen</u>	<u>Per. 64-82</u>	<u>Per. 84-97</u>	<u>Per. 99-15</u>
-) BFI (UKIH)	0.6936	0.6992	0.6446
-) BFI (Lyne and H.)	0.7060	0.7080	0.6555
-) BFI (Chapman)	0.6746	0.6828	0.6331
-) BFI (Eckhardt)	0.6792	0.6864	0.6370

Tabla 19 Tasa de Recesión en la Estación El Tigre

Periodo	<u>Método MRC</u>		<u>Método IRS</u>	
	<u>Cte. de Recesión</u>	<u>Tasa de Recesión</u>	<u>Cte. de Recesión</u>	<u>Tasa de Recesión</u>
Per. 1 Tigre	0.9393	15.969	0.9507	19.78737
Per. 2 Tigre	0.9465	18.187	0.9598	24.3659
Per. 3 Tigre	0.9550	21.718	0.9610	25.15379

Como se observa los resultados de la estación El Tigre, el filtro de Chapman y el filtro de Eckhardt mantienen estrecha relación pero es debido a que el valor del parámetro del BFI_{max} para la cuenca esta alrededor de 0.56 mientras que si aumentamos el valor del BFI_{max} aumentará el valor del BFI en el filtro de Eckhardt se aproximará al de los resultados del filtro de Lyne and Hollick, por lo que la calibración del BFI de Eckhardt en la estación El Tigre, es necesaria.

Para la calibración del filtro de Eckhardt, se hizo uso del método de balance de masas (CBM), método del tipo isotópico, para los cuales se usó como trazador la conductividad eléctrica, tomada diariamente en el periodo de 09/11/2016 hasta 09/01/2017. Los valores de conductividad eléctrica en periodo de estiaje representarán la conductividad del flujo base y en periodo de avenidas representará la escorrentía directa, los valores obtenidos para la estación Caboinga se muestra a continuación.

Tabla 20 Valores de Conductividad Eléctrica de la Est. Caboinga

CE baseflow	216.70
CE directflow	80.50

En base a los valores de la Tabla 20 y a la ecuación 18 se obtuvo el valor del BFI, siendo este de **0.814** para ese periodo. Este valor representará nuestro nuevo BFI_{MAX} , el cual nos servirá para recalcular el valor BFI según el filtro de Eckhardt, en cada una de nuestras estaciones.

Los resultados del BFI calibrados en la estación El Tigre son mostrados en la Tabla 21:

Tabla 21 Resultados BFI Eckhardt Est. El Tigre Calibrados

Estación El Tigre			
<u>Resumen BFI (Eckhardt)</u>	<u>Per. 64-82</u>	<u>Per. 84-97</u>	<u>Per. 99-15</u>
Método MRC	0.7245	0.7256	0.6786
Método IRS	0.7196	0.7197	0.6745

Ahora se muestran los resultados para las demás estaciones.

Tabla 22 Resultados BFI Estación 591

Método de Análisis MRC			
Estación 591			
<u>Resumen</u>	<u>Per. 66-82</u>	<u>Per. 84-97</u>	<u>Per. 99-14</u>
-) BFI (UKIH)	0.7196	0.7390	0.6891
-) BFI (Lyne and H.)	0.7298	0.7437	0.6994
-) BFI (Chapman)	0.7003	0.7260	0.6736

-) BFI (Eckhardt)	0.7042	0.7281	0.6774	
Método de Análisis IRS				
Estación 591				
Resumen	Per. 66-82	Per. 84-97	Per. 99-14	
-) BFI (UKIH)	0.7196	0.7390	0.6891	
-) BFI (Lyne and H.)	0.7262	0.7427	0.6981	
-) BFI (Chapman)	0.7056	0.7277	0.6751	
-) BFI (Eckhardt)	0.7083	0.7295	0.6785	

Tabla 23 Resultados BFI Estación 587

Método de Análisis MRC				
Estación 587				
Resumen	Per. 65-82	Per. 84-97	Per. 99-12	
-) BFI (UKIH)	0.7474	0.8075	0.7097	
-) BFI (Lyne and H.)	0.7591	0.8142	0.7292	
-) BFI (Chapman)	0.7211	0.7790	0.6783	
-) BFI (Eckhardt)	0.7256	0.7823	0.6856	
Método de Análisis IRS				
Estación 587				
Resumen	Per. 65-82	Per. 84-97	Per. 99-12	
-) BFI (UKIH)	0.7474	0.8075	0.7097	
-) BFI (Lyne and H.)	0.7556	0.8127	0.7243	
-) BFI (Chapman)	0.7276	0.7836	0.6849	
-) BFI (Eckhardt)	0.7308	0.7862	0.6904	

Tabla 24 Valores de BFI de Eckhardt calibrados en las estaciones 591 y 587.

Estación 591			
Resumen BFI (Eckhardt)	Per. 64-82	Per. 84-97	Per. 99-15
Método MRC	0.7384	0.7483	0.7123
Método IRS	0.7335	0.7470	0.7101
Estación 587			
Resumen BFI (Eckhardt)	Per. 64-82	Per. 84-97	Per. 99-15
Método MRC	0.7630	0.8088	0.7417
Método IRS	0.7595	0.8085	0.7359

Se observa que los valores del BFI de Eckhardt calibrados, se asemejan a los obtenidos mediante el filtro de Lyne and Hollick. En la Tabla 25 se muestran los resultados adicionales.

Tabla 25 Resultados BFI Estaciones Complementarias

Método de Análisis MRC			
Est. 586	Per. Hidro	1965-73	1978-81
-) BFI (UKIH)		0.9151	0.7923
-) BFI (Lyne and H.)		0.9171	0.8038
-) BFI (Chapman)		0.8648	0.7543
-) BFI (Eckhardt)		0.8684	0.7596

Est. 588	Per. Hidro	1965-71	1974-75	1978-89
-) BFI (UKIH)		0.7558	0.8110	0.8121
-) BFI (Lyne and H.)		0.7663	0.8209	0.7719
-) BFI (Chapman)		0.7295	0.7705	0.7200
-) BFI (Eckhardt)		0.7338	0.7756	0.7263

Est. 589	Per. Hidro	1984-1988	1991-92	2013-14
-) BFI (UKIH)		0.7577	0.7186	0.7836
-) BFI (Lyne and H.)		0.7693	0.7316	0.7946
-) BFI (Chapman)		0.7282	0.6946	0.7499
-) BFI (Eckhardt)		0.7331	0.6996	0.7548

Est. 590	Per. Hidro	1983-88	2013-14
-) BFI (UKIH)		0.6575	0.6444
-) BFI (Lyne and H.)		0.6802	0.6592
-) BFI (Chapman)		0.6366	0.6319
-) BFI (Eckhardt)		0.6435	0.6364

Est. 592	Per. Hidro	1986-87
-) BFI (UKIH)		0.6852
-) BFI (Lyne and H.)		0.6979
-) BFI (Chapman)		0.6670
-) BFI (Eckhardt)		0.6715

Método de Análisis IRS			
Est. 586	Per. Hidro	1965-73	1978-81
-) BFI (UKIH)		0.9151	0.7923
-) BFI (Lyne and H.)		0.9167	0.8014
-) BFI (Chapman)		0.8686	0.7607
-) BFI (Eckhardt)		0.8718	0.7649

Est. 588	Per. Hidro	1965-71	1974-75	1978-89
-) BFI (UKIH)		0.7558	0.8110	0.8121
-) BFI (Lyne and H.)		0.7627	0.8159	0.7720
-) BFI (Chapman)		0.7367	0.7857	0.7197
-) BFI (Eckhardt)		0.7396	0.7885	0.7260

Est. 589	Per. Hidro	1984-1988	1991-92	2013-14
-) BFI (UKIH)		0.7577	0.7186	0.7836
-) BFI (Lyne and H.)		0.7663	0.7320	0.7882
-) BFI (Chapman)		0.7342	0.6941	0.7659
-) BFI (Eckhardt)		0.7379	0.6992	0.7681

Est. 590	Per. Hidro	1983-88	2013-14
-) BFI (UKIH)		0.6575	0.6444
-) BFI (Lyne and H.)		0.6802	0.6593
-) BFI (Chapman)		0.6366	0.6319
-) BFI (Eckhardt)		0.6435	0.6364

Est. 592	Per. Hidro	1986-87
-) BFI (UKIH)		0.6852
-) BFI (Lyne and H.)		0.6960
-) BFI (Chapman)		0.6691
-) BFI (Eckhardt)		0.6730

Después de haber calculado el BFI en cada de las estaciones se quiso saber cómo es el comportamiento del BFI a lo largo de la cuenca Puyango-Tumbes, por lo que se buscó un periodo de tiempo en el que todas o la mayoría de estaciones se traslapen para evaluarse, este periodo fue el de 1986 a 1988, donde se observa el BFI a lo largo de la cuenca. ANEXO 5

Al terminar con la separación del flujo base y la cuantificación del Índice de Flujo Base (BFI), se procedió a la caracterización de las sequías hidrológicas en base a los parámetros establecidos anteriormente.

Tabla 26 Resultados BFI Eckhardt Calibrados Est. Complementarias

Método de Análisis MRC					Método de Análisis IRS				
Est. 586	Per. Hidro	1965-73	1978-81		Est. 586	Per. Hidro	1965-73	1978-81	
-) BFI (Eckhardt)		0.8884	0.7981		-) BFI (Eckhardt)		0.8900	0.7972	
Est. 588	Per. Hidro	1965-71	1974-75	1978-89	Est. 588	Per. Hidro	1965-71	1974-75	1978-89
-) BFI (Eckhardt)		0.7689	0.8114	0.7732	-) BFI (Eckhardt)		0.7655	0.8108	0.7734
Est. 589	Per. Hidro	1984-1988	1991-92	2013-14	Est. 589	Per. Hidro	1984-1988	1991-92	2013-14
-) BFI (Eckhardt)		0.7717	0.7412	0.7917	-) BFI (Eckhardt)		0.7692	0.7414	0.7881
Est. 590	Per. Hidro	1983-88	2013-14		Est. 590	Per. Hidro	1983-88	2013-14	
-) BFI (Eckhardt)		0.7021	0.6785		-) BFI (Eckhardt)		0.7021	0.6786	
Est. 592	Per. Hidro	1986-87			Est. 592	Per. Hidro	1986-87		
-) BFI (Eckhardt)		0.7123			-) BFI (Eckhardt)		0.7092		

Es importante acotar que cada evento caracterizado fue comparado con el caudal ecológico para cada periodo registrado. Los eventos menores a 5 días no se han tomado en cuenta debido que son sequías minoritarias o periodos de transición húmedos.

El caudal ecológico para cada periodo de las estaciones principales se muestra en la tabla 27.

Tabla 27 Caudal Ecológico en cada una de las estaciones y periodos registrados

Estación El Tigre		Estación 591		Estación 587	
Periodo	Caudal Ecológico	Periodo	Caudal Ecológico	Periodo	Caudal Ecológico
Per. 64-82	12.60 m ³ /s	Per. 66-82	12.59 m ³ /s	Per. 65-82	4.43 m ³ /s
Per. 84-97	11.80 m ³ /s	Per. 84-97	16.24 m ³ /s	Per. 84-97	4.43 m ³ /s
Per. 99-15	13.52 m ³ /s	Per. 99-14	12.76 m ³ /s	Per. 99-12	2.71 m ³ /s

Est. 586		Est. 588		Est. 589	
Periodo	Caudal Ecológico	Periodo	Caudal Ecológico	Periodo	Caudal Ecológico
1965-73	1.82 m ³ /s	1965-71	2.20 m ³ /s	1984-1988	8.69 m ³ /s
1978-81	1.34 m ³ /s	1974-75	2.69 m ³ /s	1991-92	26.70 m ³ /s
		1978-89	1.56 m ³ /s	2013-14	9.95 m ³ /s

Est. 590		Est. 592	
Periodo	Caudal Ecológico	Periodo	Caudal Ecológico
1983-88	0.10 m ³ /s	1985-88	0.23 m ³ /s
2013-14	0.24 m ³ /s		

El caudal ecológico estimado de la curva de persistencia, nos servirá para evaluar en la caracterización de sequías hidrológicas al comparar el porcentaje de veces que el caudal mínimo en un evento de sequía ha sido inferior al caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización de sequías en la estación El Tigre para el periodo de 1964 a 1982:

Tabla 28 Sequías Hidrológicas en la estación El Tigre. Periodo 1964-1982

Nº Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	01/09/1963	26/12/1963	117	11.00 m ³ /s
2	22/09/1964	30/09/1964	9	17.30 m ³ /s
3	21/10/1964	30/10/1964	10	14.00 m ³ /s
4	20/11/1964	20/12/1964	31	14.50 m ³ /s
5	01/01/1965	16/01/1965	16	15.10 m ³ /s
6	07/09/1966	30/09/1966	24	16.20 m ³ /s
7	21/10/1966	27/11/1966	38	14.80 m ³ /s
8	01/12/1966	26/12/1966	26	14.20 m ³ /s
9	20/08/1967	29/10/1967	71	10.10 m ³ /s
10	31/10/1967	13/01/1968	75	7.50 m ³ /s

11	01/07/1968	27/12/1968	180	5.60 m ³ /s
12	08/01/1969	13/01/1969	6	13.70 m ³ /s
13	16/10/1969	28/10/1969	13	16.40 m ³ /s
14	31/10/1969	05/11/1969	6	17.30 m ³ /s
15	08/11/1969	12/11/1969	5	16.80 m ³ /s
16	14/11/1969	03/12/1969	20	12.10 m ³ /s
17	09/12/1969	16/12/1969	8	14.70 m ³ /s
18	16/10/1970	27/10/1970	12	14.70 m ³ /s
19	10/11/1970	29/11/1970	20	14.10 m ³ /s
20	24/11/1971	29/11/1971	6	16.60 m ³ /s
21	23/10/1973	31/10/1973	9	16.10 m ³ /s
22	12/11/1973	28/11/1973	17	15.20 m ³ /s
23	30/11/1973	18/12/1973	19	13.30 m ³ /s
24	05/09/1974	23/09/1974	19	15.60 m ³ /s
25	31/10/1974	07/11/1974	8	14.60 m ³ /s
26	16/10/1976	30/11/1976	46	16.40 m ³ /s
27	20/09/1977	25/09/1977	6	17.00 m ³ /s
28	01/10/1977	17/12/1977	78	11.90 m ³ /s
29	22/12/1977	28/12/1977	7	14.00 m ³ /s
30	12/08/1978	17/12/1978	128	10.40 m ³ /s
31	01/10/1979	17/12/1979	78	14.00 m ³ /s
32	20/12/1979	11/01/1980	23	12.90 m ³ /s
33	23/08/1980	06/10/1980	45	13.60 m ³ /s
34	11/10/1980	26/11/1980	47	13.50 m ³ /s
35	21/08/1981	31/08/1981	11	16.80 m ³ /s
36	06/09/1981	01/12/1981	87	12.40 m ³ /s
37	21/08/1982	31/08/1982	11	16.90 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 37 sequías siendo la de mayor duración de 180 días comprendida entre el periodo de 01/07/1968 al 27/12/1968 siendo el caudal mínimo registrado de 5.6 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 21.68 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización en la estación El Tigre para el periodo de 1984 a 1997:

Tabla 29 Sequías Hidrológicas en la estación El Tigre. Periodo 1984-1997

Nº Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin (m ³ /s)
1	27/07/1985	16/12/1985	143	9.81
2	01/09/1986	01/11/1986	62	11.3
3	09/12/1986	15/12/1986	7	17.2

4	07/08/1988	11/09/1988	36	14.6
5	18/09/1988	02/11/1988	46	13.9
6	05/11/1988	15/12/1988	41	15.3
7	12/09/1989	12/10/1989	31	16.8
8	19/10/1989	23/10/1989	5	15.8
9	04/11/1989	24/12/1989	51	11.8
10	30/12/1989	07/01/1990	9	15.1
11	09/08/1990	02/10/1990	55	12.6
12	04/10/1990	16/10/1990	13	13.3
13	18/10/1990	27/11/1990	41	11
14	29/11/1990	04/12/1990	6	15.5
15	06/12/1990	25/12/1990	20	11.3
16	07/08/1991	04/11/1991	90	10.1
17	07/11/1991	13/12/1991	37	9.9
18	17/12/1991	25/12/1991	9	15.3
19	23/09/1992	20/12/1992	89	10.7
20	28/12/1992	02/01/1993	6	15.8
21	03/10/1993	19/10/1993	17	14.6
22	22/11/1993	12/12/1993	21	15.4
23	03/10/1994	06/11/1994	35	15.8
24	09/11/1994	06/12/1994	28	14.7
25	10/12/1994	18/12/1994	9	17.5
26	10/08/1995	11/11/1995	94	10.4
27	13/11/1995	25/12/1995	43	9.867
28	29/07/1996	28/12/1996	153	6.319
29	03/01/1997	12/01/1997	10	14.69
30	05/08/1997	31/08/1997	27	15.25

En el periodo mencionado se registran 30 sequías siendo la de mayor duración de 153 días comprendida entre el periodo de 29/07/1996 al 28/12/1996 siendo el caudal mínimo registrado de 6.32 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 33.33 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización en la estación El Tigre para el periodo de 1999 a 2015:

Tabla 30 Sequías Hidrológicas en la estación El Tigre. Periodo 1999-2015

Nº Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin (m3/s)
1	07/10/1998	25/10/1998	19	17.18
2	27/10/1998	07/11/1998	12	17.26

3	10/11/1998	23/11/1998	14	17.18
4	25/11/1998	19/12/1998	25	13.44
5	22/12/1998	01/01/1999	11	15.94
6	20/08/1999	26/09/1999	38	14.61
7	30/09/1999	02/12/1999	64	12.29
8	12/11/2000	19/11/2000	8	19.08
9	21/11/2000	30/11/2000	10	19.08
10	22/12/2000	28/12/2000	7	19.12
11	04/09/2001	09/09/2001	6	19.08
12	17/09/2001	14/11/2001	59	11.72
13	29/11/2001	25/12/2001	27	14.04
14	02/09/2002	23/10/2002	52	12.29
15	29/10/2002	05/11/2002	8	15.93
16	23/11/2002	08/12/2002	16	15.25
17	03/08/2003	09/08/2003	7	19.04
18	11/08/2003	29/11/2003	111	9.654
19	02/12/2003	14/12/2003	13	11.18
20	20/12/2003	26/12/2003	7	15.98
21	30/07/2004	08/09/2004	41	12.29
22	12/09/2004	24/10/2004	43	10.11
23	26/10/2004	08/11/2004	14	12.29
24	13/11/2004	15/12/2004	33	11.76
25	30/07/2005	13/10/2005	76	14.04
26	15/10/2005	14/11/2005	31	12.94
27	16/11/2005	23/12/2005	38	10.49
28	23/08/2006	12/11/2006	82	12.33
29	18/11/2006	23/11/2006	6	16.95
30	04/09/2007	14/11/2007	72	11.87
31	16/11/2007	26/11/2007	11	12.12
32	02/12/2007	16/12/2007	15	11.84
33	23/10/2008	27/10/2008	5	18.73
34	19/11/2008	26/11/2008	8	17.48
35	15/09/2009	28/11/2009	75	11.1
36	30/11/2009	18/12/2009	19	14.45
37	13/09/2010	20/10/2010	38	13.67
38	22/10/2010	14/11/2010	24	12.28
39	21/11/2010	11/12/2010	21	11.47
40	13/12/2010	17/12/2010	5	15.77
41	05/09/2011	04/10/2011	30	14.1
42	12/10/2011	10/11/2011	30	13.18
43	13/11/2011	05/12/2011	23	13.41
44	17/08/2012	30/08/2012	14	16.65
45	26/09/2012	06/10/2012	11	18.7
46	08/10/2012	18/10/2012	11	18
47	22/10/2012	05/11/2012	15	17.6
48	28/08/2013	14/10/2013	48	13.7

49	19/10/2013	31/10/2013	13	16.8
50	03/11/2013	09/12/2013	37	14.5
51	03/09/2014	10/10/2014	38	13.6
52	14/10/2014	12/11/2014	30	14.8
53	17/11/2014	07/12/2014	21	14.3

En el periodo mencionado se registran 53 sequías siendo la de mayor duración de 111 días comprendida entre el periodo de 11/08/2003 al 29/11/2003 siendo el caudal mínimo registrado de 9.65 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 56.76 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización de sequías en la estación 591 para el periodo de 1966 a 1982:

Primer Periodo: 1966-1982

Tabla 31 Sequías Hidrológicas en la estación 591

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	09/10/1965	15/10/1965	7	17.24 m3/s
2	28/08/1966	30/09/1966	34	15.27 m3/s
3	21/10/1966	27/11/1966	38	13.80 m3/s
4	29/11/1966	27/12/1966	29	13.45 m3/s
5	29/12/1966	02/01/1967	5	17.66 m3/s
6	04/08/1967	01/09/1967	29	16.04 m3/s
7	03/09/1967	13/01/1968	133	10.23 m3/s
8	17/01/1968	24/01/1968	8	15.46 m3/s
9	28/06/1968	11/10/1968	106	9.24 m3/s
10	14/10/1968	01/01/1969	80	7.67 m3/s
11	07/01/1969	13/01/1969	7	13.63 m3/s
12	28/08/1969	20/09/1969	24	16.24 m3/s
13	30/09/1969	25/10/1969	26	13.98 m3/s
14	27/10/1969	05/11/1969	10	13.81 m3/s
15	07/11/1969	23/11/1969	17	14.71 m3/s
16	25/11/1969	29/11/1969	5	17.25 m3/s
17	07/09/1970	22/09/1970	16	16.84 m3/s
18	24/09/1970	30/09/1970	7	16.64 m3/s
19	03/10/1970	09/10/1970	7	16.84 m3/s
20	14/10/1970	27/10/1970	14	14.90 m3/s
21	29/10/1970	04/11/1970	7	16.84 m3/s
22	07/11/1970	30/11/1970	24	13.80 m3/s
23	15/10/1971	22/10/1971	8	17.87 m3/s

24	02/11/1971	07/11/1971	6	18.28 m ³ /s
25	10/11/1971	29/11/1971	20	15.65 m ³ /s
26	01/11/1972	08/11/1972	8	18.50 m ³ /s
27	23/10/1973	01/11/1973	10	17.86 m ³ /s
28	12/11/1973	27/11/1973	16	16.64 m ³ /s
29	29/11/1973	17/12/1973	19	14.71 m ³ /s
30	07/09/1974	27/09/1974	21	17.65 m ³ /s
31	30/10/1974	15/11/1974	17	17.45 m ³ /s
32	02/12/1975	19/12/1975	18	16.84 m ³ /s
33	02/10/1976	20/10/1976	19	16.25 m ³ /s
34	22/10/1976	03/12/1976	43	15.50 m ³ /s
35	05/12/1976	16/12/1976	12	14.53 m ³ /s
36	29/08/1977	25/09/1977	28	12.10 m ³ /s
37	28/09/1977	17/12/1977	81	13.10 m ³ /s
38	21/12/1977	27/12/1977	7	15.08 m ³ /s
39	05/08/1978	18/12/1978	136	10.99 m ³ /s
40	18/08/1979	24/08/1979	7	18.72 m ³ /s
41	31/08/1979	17/09/1979	18	16.84 m ³ /s
42	23/09/1979	10/01/1980	110	10.68 m ³ /s
43	31/07/1980	28/11/1980	121	7.91 m ³ /s
44	13/08/1981	15/12/1981	125	9.40 m ³ /s
45	14/08/1982	31/08/1982	18	18.07 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 45 sequías siendo la de mayor duración de 136 días comprendida entre el periodo de 05/08/1978 al 18/12/1978 siendo el caudal mínimo registrado de 7.67 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 17.78 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Segundo Periodo: 1984-1997

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	09/08/1985	18/08/1985	10	18.71 m ³ /s
2	20/08/1985	14/12/1985	117	11.93 m ³ /s
3	06/09/1986	25/09/1986	20	18.28 m ³ /s
4	27/09/1986	01/11/1986	36	16.84 m ³ /s
5	08/11/1986	21/11/1986	14	16.04 m ³ /s
6	24/11/1986	14/12/1986	21	15.46 m ³ /s
7	27/09/1987	02/10/1987	6	19.81 m ³ /s
8	15/10/1987	20/10/1987	6	18.50 m ³ /s
9	24/10/1987	14/11/1987	22	16.04 m ³ /s
10	22/11/1987	01/12/1987	10	17.66 m ³ /s
11	03/12/1987	01/01/1988	30	17.66 m ³ /s
12	05/09/1988	11/09/1988	7	18.07 m ³ /s

13	19/09/1988	15/12/1988	88	14.78 m ³ /s
14	05/10/1989	10/10/1989	6	19.37 m ³ /s
15	04/11/1989	23/12/1989	50	16.04 m ³ /s
16	31/12/1989	05/01/1990	6	18.93 m ³ /s
17	16/09/1990	02/10/1990	17	18.71 m ³ /s
18	08/10/1990	16/10/1990	9	19.59 m ³ /s
19	20/10/1990	26/11/1990	38	16.24 m ³ /s
20	14/12/1990	22/12/1990	9	18.28 m ³ /s
21	02/09/1991	14/09/1991	13	18.07 m ³ /s
22	17/09/1991	01/10/1991	15	17.45 m ³ /s
23	03/10/1991	02/11/1991	31	14.53 m ³ /s
24	07/11/1991	01/12/1991	25	14.90 m ³ /s
25	03/12/1991	10/12/1991	8	18.07 m ³ /s
26	09/05/1992	22/05/1992	14	15.46 m ³ /s
27	24/05/1992	29/05/1992	6	15.08 m ³ /s
28	31/10/1992	17/11/1992	18	18.71 m ³ /s
29	27/11/1992	18/12/1992	22	18.28 m ³ /s
30	02/10/1994	05/11/1994	35	16.04 m ³ /s
31	07/11/1994	18/11/1994	12	17.04 m ³ /s
32	20/11/1994	06/12/1994	17	15.65 m ³ /s
33	10/12/1994	16/12/1994	7	18.50 m ³ /s
34	21/09/1995	10/10/1995	20	19.64 m ³ /s
35	12/10/1995	01/01/1996	82	10.99 m ³ /s
36	03/09/1996	14/12/1996	103	12.77 m ³ /s
37	16/12/1996	27/12/1996	12	15.07 m ³ /s
38	12/08/1997	31/08/1997	20	8.26 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 38 sequías siendo la de mayor duración de 117 días comprendida entre el periodo de 20/08/1985 al 14/12/1985 siendo el caudal mínimo registrado de 8.26 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 44.74 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Tercer Periodo: 1999-2014

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	01/09/1998	07/09/1998	7	14.19 m ³ /s
2	13/10/2000	06/12/2000	55	12.93 m ³ /s
3	16/12/2000	27/12/2000	12	13.28 m ³ /s
4	18/09/2001	14/11/2001	58	12.10 m ³ /s
5	30/11/2001	15/12/2001	16	14.16 m ³ /s
6	10/09/2002	21/10/2002	42	14.16 m ³ /s

7	27/11/2002	05/12/2002	9	14.58 m ³ /s
8	01/09/2003	25/10/2003	55	12.43 m ³ /s
9	28/10/2003	29/11/2003	33	11.14 m ³ /s
10	02/12/2003	12/12/2003	11	12.76 m ³ /s
11	24/08/2004	05/09/2004	13	16.24 m ³ /s
12	15/09/2004	29/09/2004	15	15.08 m ³ /s
13	01/10/2004	21/10/2004	21	15.08 m ³ /s
14	26/10/2004	04/11/2004	10	14.71 m ³ /s
15	15/11/2004	26/11/2004	12	14.53 m ³ /s
16	28/11/2004	02/12/2004	5	16.04 m ³ /s
17	06/08/2005	22/12/2005	140	8.05 m ³ /s
18	12/08/2006	12/11/2006	93	7.31 m ³ /s
19	17/11/2006	23/11/2006	7	13.63 m ³ /s
20	19/09/2007	23/11/2007	66	13.45 m ³ /s
21	25/11/2007	30/11/2007	6	16.04 m ³ /s
22	03/12/2007	15/12/2007	13	12.59 m ³ /s
23	15/10/2008	26/10/2008	12	16.24 m ³ /s
24	05/10/2009	23/10/2009	19	16.63 m ³ /s
25	25/10/2009	24/11/2009	31	13.10 m ³ /s
26	04/12/2009	09/12/2009	6	14.90 m ³ /s
27	11/09/2010	18/10/2010	38	12.59 m ³ /s
28	21/10/2010	13/11/2010	24	10.53 m ³ /s
29	01/12/2010	09/12/2010	9	11.45 m ³ /s
30	02/09/2011	06/10/2011	35	12.76 m ³ /s
31	09/10/2011	06/12/2011	59	10.83 m ³ /s
32	15/09/2012	30/11/2012	77	12.76 m ³ /s
33	06/12/2012	11/12/2012	6	16.24 m ³ /s
34	29/08/2013	14/10/2013	47	11.61 m ³ /s
35	17/10/2013	30/10/2013	14	12.10 m ³ /s
36	01/11/2013	09/12/2013	39	9.51 m ³ /s
37	12/12/2013	17/12/2013	6	13.32 m ³ /s
38	24/12/2013	31/12/2013	8	15.85 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 38 sequías siendo la de mayor duración de 140 días comprendida entre el periodo de 06/08/2005 al 22/12/2005 siendo el caudal mínimo registrado de 8.05 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 34.21 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización de sequías en la estación 587 para el periodo de 1965 a 1982:

Primer Periodo: 1965-1982

Tabla 32 Sequías Hidrológicas en la estación 587

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	14/09/1964	11/10/1964	28	5.50 m3/s
2	20/10/1964	28/10/1964	9	5.39 m3/s
3	21/11/1964	19/12/1964	29	5.74 m3/s
4	06/09/1965	22/09/1965	17	6.36 m3/s
5	24/09/1965	29/09/1965	6	6.23 m3/s
6	03/10/1965	14/10/1965	12	5.87 m3/s
7	22/10/1965	26/10/1965	5	6.23 m3/s
8	28/10/1965	10/11/1965	14	6.11 m3/s
9	04/08/1966	08/08/1966	5	6.36 m3/s
10	10/08/1966	03/10/1966	55	4.61 m3/s
11	07/10/1966	12/10/1966	6	5.87 m3/s
12	17/10/1966	27/11/1966	42	4.19 m3/s
13	01/12/1966	02/01/1967	33	4.29 m3/s
14	05/08/1967	13/01/1968	162	3.52 m3/s
15	19/01/1968	23/01/1968	5	5.86 m3/s
16	19/07/1968	28/07/1968	10	6.11 m3/s
17	03/08/1968	04/10/1968	63	5.15 m3/s
18	07/10/1968	11/10/1968	5	5.62 m3/s
19	13/10/1968	25/12/1968	74	4.50 m3/s
20	30/08/1969	25/09/1969	27	4.93 m3/s
21	27/09/1969	25/10/1969	29	4.29 m3/s
22	27/10/1969	28/11/1969	33	4.09 m3/s
23	06/09/1970	29/09/1970	24	6.11 m3/s
24	14/10/1970	25/10/1970	12	5.16 m3/s
25	08/11/1970	28/11/1970	21	4.71 m3/s
26	23/11/1971	29/11/1971	7	6.59 m3/s
27	20/10/1973	04/11/1973	16	5.28 m3/s
28	14/11/1973	26/11/1973	13	6.36 m3/s
29	28/11/1973	05/12/1973	8	5.70 m3/s
30	07/12/1973	17/12/1973	11	5.49 m3/s
31	30/09/1975	06/10/1975	7	6.59 m3/s
32	06/12/1975	20/12/1975	15	6.59 m3/s
33	05/09/1976	29/11/1976	86	4.65 m3/s
34	01/12/1976	16/12/1976	16	4.09 m3/s
35	05/08/1977	15/08/1977	11	5.87 m3/s
36	17/08/1977	24/09/1977	39	4.53 m3/s

37	28/09/1977	25/10/1977	28	4.31 m ³ /s
38	28/10/1977	17/12/1977	51	3.57 m ³ /s
39	21/12/1977	27/12/1977	7	4.65 m ³ /s
40	11/08/1978	17/12/1978	129	2.91 m ³ /s
41	04/09/1979	15/09/1979	12	6.27 m ³ /s
42	22/09/1979	10/01/1980	111	3.52 m ³ /s
43	23/08/1980	09/09/1980	17	6.41 m ³ /s
44	12/09/1980	05/10/1980	24	5.18 m ³ /s
45	12/10/1980	16/10/1980	44	4.67 m ³ /s
46	20/07/1981	16/12/1981	150	2.72 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 38 sequías siendo la de mayor duración de 150 días comprendida entre el periodo de 20/07/1981 al 16/12/1981 siendo el caudal mínimo registrado de 2.72 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 29.73 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Segundo Periodo: 1984-1997

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	12/09/1983	13/10/1983	32	6.85 m ³ /s
2	26/10/1983	30/10/1983	5	7.93 m ³ /s
3	01/11/1983	07/11/1983	7	7.62 m ³ /s
4	11/11/1983	30/11/1983	20	7.31 m ³ /s
5	12/08/1984	18/10/1984	68	5.61 m ³ /s
6	30/10/1984	24/11/1984	26	6.26 m ³ /s
7	01/07/1985	15/07/1985	15	7.83 m ³ /s
8	21/07/1985	15/12/1985	148	3.57 m ³ /s
9	17/12/1985	21/12/1985	5	5.61 m ³ /s
10	12/07/1986	04/01/1987	177	3.52 m ³ /s
11	01/08/1987	14/11/1987	106	5.18 m ³ /s
12	21/11/1987	28/12/1987	38	5.77 m ³ /s
13	23/08/1988	11/09/1988	20	8.59 m ³ /s
14	15/09/1988	31/10/1988	47	6.92 m ³ /s
15	16/05/1989	29/11/1989	198	1.41 m ³ /s
16	26/08/1990	30/09/1990	36	6.78 m ³ /s
17	03/10/1990	15/10/1990	13	7.35 m ³ /s
18	21/10/1990	26/10/1990	6	7.50 m ³ /s
19	14/08/1991	25/09/1991	43	7.06 m ³ /s
20	11/10/1991	25/10/1991	15	8.10 m ³ /s
21	15/11/1991	30/11/1991	16	7.93 m ³ /s
22	02/07/1993	30/09/1993	91	3.01 m ³ /s
23	01/11/1993	11/12/1993	41	3.41 m ³ /s

24	02/08/1994	20/08/1994	19	7.43 m ³ /s
25	23/08/1994	31/10/1994	70	3.63 m ³ /s
26	14/09/1995	19/09/1995	6	7.62 m ³ /s
27	18/10/1995	30/10/1995	13	6.95 m ³ /s
28	21/07/1996	10/01/1997	174	3.23 m ³ /s
29	13/08/1997	31/08/1997	19	7.18 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 29 sequías siendo la de mayor duración de 198 días comprendida entre el periodo de 16/05/1989 al 29/11/1989 siendo el caudal mínimo registrado de 1.41 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 13.51 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Tercer Periodo: 1999-2012

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	12/10/2000	02/12/2000	52	2.44 m ³ /s
2	13/12/2000	01/01/2001	20	2.18 m ³ /s
3	21/07/2001	05/08/2001	16	3.85 m ³ /s
4	10/08/2001	22/12/2001	135	0.84 m ³ /s
5	24/08/2002	25/10/2002	63	0.67 m ³ /s
6	24/08/2003	06/10/2003	44	3.46 m ³ /s
7	11/10/2003	26/10/2003	16	3.37 m ³ /s
8	29/10/2003	16/11/2003	19	3.19 m ³ /s
9	20/11/2003	27/11/2003	8	3.65 m ³ /s
10	04/12/2003	12/12/2003	9	4.25 m ³ /s
11	27/08/2004	03/09/2004	8	4.69 m ³ /s
12	18/09/2004	28/09/2004	11	2.93 m ³ /s
13	21/08/2005	24/09/2005	35	2.93 m ³ /s
14	26/09/2005	13/11/2005	49	2.93 m ³ /s
15	15/11/2005	03/12/2005	19	2.93 m ³ /s
16	05/12/2005	19/12/2005	15	3.10 m ³ /s
17	25/08/2006	11/11/2006	79	3.10 m ³ /s
18	19/11/2006	23/11/2006	5	4.15 m ³ /s
19	19/09/2007	11/10/2007	23	4.04 m ³ /s
20	13/10/2007	22/10/2007	10	4.04 m ³ /s
21	24/10/2007	09/11/2007	17	3.65 m ³ /s
22	19/11/2007	23/11/2007	5	4.47 m ³ /s
23	05/12/2007	12/12/2007	8	4.25 m ³ /s
24	04/08/2008	24/09/2008	52	2.93 m ³ /s
25	02/11/2008	09/11/2008	8	3.05 m ³ /s
26	13/11/2008	15/12/2008	33	1.58 m ³ /s
27	18/07/2009	31/07/2009	14	3.84 m ³ /s

28	07/09/2010	19/10/2010	43	2.28 m ³ /s
29	21/10/2010	12/11/2010	23	2.28 m ³ /s
30	20/11/2010	26/11/2010	7	2.94 m ³ /s
31	28/11/2010	09/12/2010	12	3.18 m ³ /s
32	02/08/2011	06/10/2011	66	2.28 m ³ /s
33	09/10/2011	09/11/2011	32	1.27 m ³ /s
34	11/11/2011	07/12/2011	27	1.27 m ³ /s

La caracterización de sequías para las estaciones complementarias se llevará a cabo en los periodos mencionados en la metodología. Los resultados de la caracterización para la estación 586 son:

Primer Periodo: 1965-1973

Tabla 33 Sequías Hidrológicas en la estación 586

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	01/09/1965	20/12/1965	111	2.17 m ³ /s
2	18/05/1966	24/05/1966	7	2.79 m ³ /s
3	09/06/1966	21/01/1967	227	1.97 m ³ /s
4	01/06/1967	16/02/1968	261	1.74 m ³ /s
5	10/05/1968	07/02/1969	274	1.40 m ³ /s
6	01/07/1969	11/01/1970	195	1.53 m ³ /s
7	22/07/1970	19/01/1971	182	1.15 m ³ /s
8	23/05/1971	21/01/1972	244	1.87 m ³ /s
9	13/07/1972	31/12/1972	172	1.93 m ³ /s
10	29/06/1973	31/08/1973	64	2.70 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 10 sequías siendo la de mayor duración de 274 días comprendida entre el periodo de 10/05/1968 al 07/02/1969 siendo el caudal mínimo registrado de 1.15 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 40.0 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Segundo Periodo: 1978-1981

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	01/09/1977	24/02/1978	177	1.39 m ³ /s
2	12/03/1978	25/03/1978	14	3.78 m ³ /s
3	28/05/1978	21/01/1979	239	0.23 m ³ /s
4	17/05/1979	31/01/1980	260	1.13 m ³ /s

5	11/05/1980	16/01/1981	251	1.18 m ³ /s
6	25/04/1981	31/08/1981	129	3.09 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 06 sequías siendo la de mayor duración de 260 días comprendida entre el periodo de 17/05/1979 al 31/01/1980 siendo el caudal mínimo registrado de 0.23 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 50.0 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización para la estación 588 son:

Primer Periodo: 1965-1971

Tabla 34 Sequías Hidrológicas en la estación 588

Nº Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	01/09/1964	15/10/1964	45	2.33 m ³ /s
2	19/10/1964	04/11/1964	17	2.70 m ³ /s
3	19/11/1964	30/11/1964	12	3.70 m ³ /s
4	03/12/1964	19/12/1964	17	3.17 m ³ /s
5	25/07/1965	29/09/1965	67	2.33 m ³ /s
6	03/10/1965	15/10/1965	13	2.48 m ³ /s
7	19/10/1965	05/11/1965	18	3.26 m ³ /s
8	19/07/1966	03/10/1966	77	2.33 m ³ /s
9	14/10/1966	03/01/1967	82	2.06 m ³ /s
10	23/07/1967	13/01/1968	175	1.69 m ³ /s
11	27/06/1968	11/10/1968	107	2.20 m ³ /s
12	13/10/1968	22/12/1968	71	1.69 m ³ /s
13	20/07/1969	29/11/1969	133	1.54 m ³ /s
14	25/07/1970	01/12/1970	130	2.13 m ³ /s
15	12/08/1971	22/08/1971	11	4.23 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 15 sequías siendo la de mayor duración de 175 días comprendida entre el periodo de 23/07/1967 al 13/01/1968 siendo el caudal mínimo registrado de 1.54 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 6.67 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Segundo Periodo: 1974-1975

Nº Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin (m ³ /s)
-----------	--------	-----	----------	-----------------------------

1	01/09/1973	28/12/1973	119	2.13
2	03/01/1974	12/01/1974	10	10.243
3	16/01/1974	31/01/1974	16	10.243
4	01/06/1974	27/12/1974	210	3.965
5	07/01/1975	15/01/1975	9	13.515
6	19/06/1975	31/08/1975	74	6.307

Tercer Periodo: 1978-1989

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin (m3/s)
1	01/09/1977	26/09/1977	26	2.836
2	28/09/1977	25/10/1977	28	2.539
3	29/10/1977	14/12/1977	47	1.881
4	12/08/1978	04/12/1978	115	2.003
5	06/12/1978	16/12/1978	11	2.836
6	23/07/1979	18/09/1979	58	2.641
7	22/09/1979	09/01/1980	110	1.157
8	21/01/1980	26/01/1980	6	3.661
9	17/07/1980	28/09/1980	74	1.158
10	21/10/1980	24/11/1980	35	3.127
11	06/07/1981	14/12/1981	162	0.826
12	14/07/1982	09/10/1982	88	2.003
13	11/10/1982	19/10/1982	9	2.539
14	22/09/1983	15/10/1983	24	2.915
15	12/11/1983	25/11/1983	14	3.078
16	28/07/1984	17/10/1984	82	1.918
17	12/11/1984	26/11/1984	15	2.531
18	09/07/1985	09/12/1985	154	0.544
19	09/07/1986	24/12/1986	169	0.895
20	24/08/1987	14/11/1987	83	2.931
21	21/11/1987	27/12/1987	37	3.257
22	03/10/1988	16/10/1988	14	2.478
23	25/04/1989	31/08/1989	129	0.042

En el periodo mencionado se registran 23 sequías siendo la de mayor duración de 169 días comprendida entre el periodo de 09/07/1986 al 24/12/1986 siendo el caudal mínimo registrado de 0.04 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 4.35 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización para la estación 589 son:

Periodo: 1978-1989

Tabla 35 Sequías Hidrológicas en la estación 589

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	04/10/1983	08/10/1983	5	14.19 m ³ /s
2	15/11/1983	24/11/1983	10	13.00 m ³ /s
3	31/08/1984	15/10/1984	46	10.28 m ³ /s
4	31/10/1984	24/11/1984	25	9.78 m ³ /s
5	14/08/1985	25/09/1985	43	10.47 m ³ /s
6	27/09/1985	14/11/1985	49	7.98 m ³ /s
7	16/11/1985	14/12/1985	29	7.75 m ³ /s
8	29/08/1986	25/09/1986	28	11.86 m ³ /s
9	27/09/1986	09/10/1986	13	10.75 m ³ /s
10	11/10/1986	01/11/1986	22	9.95 m ³ /s
11	06/11/1986	13/12/1986	38	8.69 m ³ /s
12	24/08/1987	14/11/1987	83	8.69 m ³ /s
13	21/11/1987	01/12/1987	11	10.21 m ³ /s
14	03/12/1987	14/12/1987	12	9.95 m ³ /s
15	16/12/1987	03/01/1988	19	12.45 m ³ /s
16	20/08/1988	31/08/1988	12	13.97 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 16 sequías siendo la de mayor duración de 83 días comprendida entre el periodo de 24/08/1987 al 14/11/1987 siendo el caudal mínimo registrado de 7.75 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 6.25 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Periodo: 1991-1992

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	01/09/1990	26/11/1990	87	7.75 m ³ /s
2	28/11/1990	03/12/1990	6	14.28 m ³ /s
3	05/12/1990	30/12/1990	26	7.98 m ³ /s
4	03/01/1991	09/01/1991	7	17.29 m ³ /s
5	19/07/1991	25/12/1991	159	7.75 m ³ /s
7	26/08/1992	31/08/1992	6	18.72 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 07 sequías siendo la de mayor duración de 159 días comprendida entre el periodo de 01/09/1990 al 26/11/1990 siendo el caudal mínimo registrado de 7.75 m³/s.

Periodo: 2013-2014

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	01/09/2012	16/10/2012	46	32.91 m ³ /s
2	18/10/2012	07/11/2012	21	30.29 m ³ /s
3	06/12/2012	11/12/2012	6	40.40 m ³ /s
4	24/08/2013	14/10/2013	52	29.37 m ³ /s
5	17/10/2013	09/12/2013	54	25.42 m ³ /s
6	26/12/2013	30/12/2013	5	36.68 m ³ /s
7	01/01/2014	08/01/2014	8	21.72 m ³ /s
8	08/07/2014	31/08/2014	55	18.97 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 08 sequías siendo la de mayor duración de 55 días comprendida entre el periodo de 08/07/2014 al 31/08/2014 siendo el caudal mínimo registrado de 18.97 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó 37.50 % de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización para la estación 590 son:

Periodo: 1984-1987

Tabla 36 Sequías Hidrológicas en la estación 590

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	18/11/1983	08/12/1983	21	0.28 m ³ /s
2	19/12/1983	26/12/1983	8	0.35 m ³ /s
3	04/01/1984	21/01/1984	18	0.28 m ³ /s
4	18/03/1985	04/01/1986	293	0.08 m ³ /s
5	07/01/1986	15/01/1986	9	0.26 m ³ /s
6	11/05/1986	13/12/1986	217	0.06 m ³ /s
7	15/12/1986	05/01/1987	22	0.12 m ³ /s
8	15/01/1987	21/01/1987	7	0.16 m ³ /s
9	29/01/1987	05/02/1987	8	0.24 m ³ /s

10	21/02/1987	04/03/1987	12	0.24 m ³ /s
11	17/07/1987	31/08/1987	46	0.23 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 11 sequías siendo la de mayor duración de 293 días comprendida entre el periodo de 18/03/1985 al 04/01/1986 siendo el caudal mínimo registrado de 0.08 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó que ninguno de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Periodo: 2013-2014

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	21/09/2012	25/11/2012	66	0.51 m ³ /s
2	27/11/2012	01/01/2013	36	0.41 m ³ /s
3	12/06/2013	18/02/2014	252	0.19 m ³ /s
4	12/03/2014	16/03/2014	5	0.51 m ³ /s
5	18/03/2014	01/05/2014	45	0.36 m ³ /s
6	24/07/2014	31/08/2014	39	0.36 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 06 sequías siendo la de mayor duración de 252 días comprendida entre el periodo de 12/06/2013 al 18/02/2014 siendo el caudal mínimo registrado de 0.19 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó que ninguno de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

Los resultados de la caracterización para la estación 592 son:

Tabla 37 Sequías Hidrológicas en la estación 592

N° Evento	Inicio	Fin	Duración	Qmin
1	01/09/1985	05/01/1986	127	0.17 m ³ /s
2	08/01/1986	13/01/1986	6	0.90 m ³ /s
3	08/03/1986	04/04/1986	28	1.62 m ³ /s
4	11/05/1986	27/12/1986	231	0.29 m ³ /s
5	29/12/1986	08/01/1987	11	0.63 m ³ /s
6	17/01/1987	23/01/1987	7	1.52 m ³ /s
7	12/05/1987	21/05/1987	10	2.25 m ³ /s

8	24/05/1987	14/01/1988	236	0.36 m ³ /s
9	14/03/1988	09/04/1988	27	1.89 m ³ /s
10	18/05/1988	31/08/1988	106	1.10 m ³ /s

En el periodo mencionado se registran 10 sequías siendo la de mayor duración de 236 días comprendida entre el periodo de 24/05/1987 al 14/01/1988 siendo el caudal mínimo registrado de 0.36 m³/s. Al comparar los valores de caudal ecológico con los caudales mínimo registrados en cada evento, se observó que el 20% de los eventos no superan el valor del caudal ecológico.

En relación del SPI, los resultados que mostraremos serán para el SPI a 3, 6, 9 y 12 meses para cada una de las estaciones, también se pueden observar estos en escala gráfica en el Anexo 10.

Tabla 38 Sequía Meteorológica a SPI 12 Meses. Estación El Tigre

SPI 12 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación del Evento
1	may-66	ene-67	-1.16	9 meses	-10.44	Moderadamente Seco
2	feb-68	feb-69	-2.30	13 meses	-29.85	Extremadamente Seco
3	feb-74	ene-75	-1.28	12 meses	-15.36	Moderadamente Seco
4	mar-79	mar-79	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
5	ene-80	mar-80	-1.21	3 meses	-3.63	Moderadamente Seco
6	ene-81	ene-81	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
7	mar-82	dic-82	-2.04	10 meses	-20.40	Extremadamente Seco
8	mar-85	dic-85	-1.26	10 meses	-12.60	Moderadamente Seco
9	abr-88	dic-88	-1.16	9 meses	-10.48	Moderadamente Seco
10	abr-90	abr-90	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
11	dic-90	ene-91	-1.14	2 meses	-2.27	Moderadamente Seco
12	feb-97	feb-97	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
13	feb-14	abr-14	-1.24	3 meses	-3.72	Moderadamente Seco
14	ene-15	feb-15	-1.21	2 meses	-2.41	Moderadamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 14 sequías siendo un 85.71 % moderadamente secos, mientras que eventos extremadamente secos representan el 14.29% de los eventos registrados, no se registraron eventos severamente secos.

Tabla 39 Sequía Meteorológica SPI 09 Meses. Estación El Tigre

SPI 09 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	ene-65	feb-65	-1.99	2 meses	-3.98	Extremadamente Seco
2	abr-66	dic-66	-1.19	9 meses	-10.71	Moderadamente Seco
3	nov-67	nov-67	-1.36	1 meses	-1.36	Moderadamente Seco
4	ene-68	dic-68	-2.23	12 meses	-26.70	Extremadamente Seco
5	ene-74	sep-74	-1.41	9 meses	-12.69	Moderadamente Seco
6	feb-80	mar-80	-1.37	2 meses	-2.74	Moderadamente Seco
7	ene-82	nov-82	-2.11	11 meses	-23.19	Extremadamente Seco
8	feb-85	oct-85	-1.21	9 meses	-10.89	Moderadamente Seco
9	mar-88	nov-88	-1.16	9 meses	-10.44	Moderadamente Seco
10	abr-90	may-90	-1.00	2 meses	-2.00	Moderadamente Seco
11	ene-91	ene-91	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
12	dic-91	dic-91	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
13	dic-96	dic-96	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
14	feb-05	feb-05	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
15	mar-11	mar-11	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
16	sep-11	sep-11	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
17	nov-11	nov-11	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
18	ene-13	feb-13	-1.20	2 meses	-2.40	Moderadamente Seco
19	sep-13	sep-13	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
20	dic-13	dic-13	-1.98	1 meses	-1.98	Severamente Seco
21	abr-14	abr-14	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 21 sequías siendo un 80.95 % moderadamente secos, mientras que severamente seco representa un 4.76 % y extremadamente seco el 14.29 % de los eventos.

Tabla 40 Sequía Meteorológica SPI 06 Meses. Estación El Tigre

SPI 06 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	oct-64	feb-65	-1.54	5 meses	-7.70	Severamente Seco

2	nov-65	nov-65	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
3	abr-66	sep-66	-1.24	6 meses	-7.42	Moderadamente Seco
4	ago-67	ago-67	-1.53	1 meses	-1.53	Severamente Seco
5	feb-68	dic-68	-2.04	11 meses	-22.45	Extremadamente Seco
6	oct-71	dic-71	-1.25	3 meses	-3.76	Moderadamente Seco
7	dic-72	dic-72	-1.37	1 meses	-1.37	Moderadamente Seco
8	nov-73	nov-73	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
9	ene-74	jul-74	-1.42	7 meses	-9.94	Moderadamente Seco
10	feb-80	mar-80	-1.38	2 meses	-2.75	Moderadamente Seco
11	oct-81	nov-81	-1.20	2 meses	-2.39	Moderadamente Seco
12	ene-82	sep-82	-1.98	9 meses	-17.80	Severamente Seco
13	feb-85	jul-85	-1.22	6 meses	-7.34	Moderadamente Seco
14	oct-86	oct-86	-1.25	1 meses	-1.25	Moderadamente Seco
15	mar-88	sep-88	-1.14	7 meses	-7.97	Moderadamente Seco
16	ene-91	ene-91	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
17	sep-91	sep-91	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
18	feb-05	feb-05	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
19	mar-11	mar-11	-1.09	1 meses	-1.09	Moderadamente Seco
20	jul-11	ago-11	-1.09	2 meses	-2.18	Moderadamente Seco
21	ene-13	feb-13	-1.24	2 meses	-2.47	Moderadamente Seco
22	jun-13	jun-13	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
23	sep-13	sep-13	-1.97	1 meses	-1.97	Severamente Seco
24	abr-14	abr-14	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco
25	jul-14	jul-14	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 25 sequías siendo un 80.0 % moderadamente secos, mientras que severamente seco representa un 16.0 % y extremadamente seco el 4.0 % de los eventos.

Tabla 41 Sequía Meteorológica SPI 03 Meses. Estación El Tigre

SPI 03 meses						Clasificación
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	
1	ene-65	feb-65	-1.94	2 meses	-3.88	Severamente Seco
2	abr-66	jun-66	-1.37	3 meses	-4.11	Moderadamente Seco

3	may-67	may-67	-1.53	1 meses	-1.53	Severamente Seco
4	ene-68	jun-68	-2.13	6 meses	-12.76	Extremadamente Seco
5	ene-74	abr-74	-1.48	4 meses	-5.91	Moderadamente Seco
6	feb-80	mar-80	-1.32	2 meses	-2.63	Moderadamente Seco
7	ene-82	jun-82	-1.72	6 meses	-10.34	Severamente Seco
8	ene-84	ene-84	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
9	feb-85	abr-85	-1.23	3 meses	-3.68	Moderadamente Seco
10	mar-88	jun-88	-1.14	4 meses	-4.56	Moderadamente Seco
11	jun-91	jun-91	-1.36	1 meses	-1.36	Moderadamente Seco
12	ene-05	feb-05	-1.18	2 meses	-2.35	Moderadamente Seco
13	jun-06	jun-06	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
14	mar-11	mar-11	-1.28	1 meses	-1.28	Moderadamente Seco
15	jul-11	jul-11	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
16	ene-13	feb-13	-1.19	2 meses	-2.37	Moderadamente Seco
17	jun-13	jun-13	-1.94	1 meses	-1.94	Severamente Seco
18	mar-14	may-14	-1.37	3 meses	-4.11	Moderadamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 18 sequías siendo un 72.22 % moderadamente secos, mientras que severamente seco representa un 22.22 % y extremadamente seco el 5.56 % de los eventos.

**Estación El Salto*

Tabla 42 Sequías Meteorológicas en la Estación El Salto

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	feb-78	jun-78	-1.098	5 meses	-5.49	Moderadamente Seco
2	ene-79	ene-79	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
3	dic-79	feb-80	-1.14	3 meses	-3.42	Moderadamente Seco
4	mar-82	mar-82	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
5	mar-85	mar-86	-2.05	13 meses	-26.65	Extremadamente Seco
6	mar-88	mar-88	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
7	ene-89	feb-89	-1.14	2 meses	-2.27	Moderadamente Seco
8	abr-89	sep-89	-1.05	6 meses	-6.27	Moderadamente Seco
9	dic-89	ene-92	-1.42	26 meses	-36.92	Moderadamente Seco

10	may-11	dic-11	-1.15	8 meses	-9.20	Moderadamente Seco
11	mar-14	sep-14	-1.26	7 meses	-8.82	Moderadamente Seco
12	dic-14	feb-15	-1.62	3 meses	-4.86	Severamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 12 sequías siendo un 83.33 % moderadamente secos, mientras que severamente seco representa un 8.33 % y extremadamente seco el 8.33 % de los eventos.

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	ene-78	may-78	-1.15	5 meses	-5.75	Moderadamente Seco
2	ene-80	feb-80	-1.49	2 meses	-2.98	Severamente Seco
3	mar-82	mar-82	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
4	ene-85	dic-85	-2.16	12 meses	-25.92	Extremadamente Seco
5	oct-88	oct-88	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
6	feb-89	feb-89	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
7	abr-89	sep-89	-1.03	6 meses	-6.18	Moderadamente Seco
8	ene-90	dic-91	-1.36	24 meses	-32.64	Moderadamente Seco
9	mar-11	mar-11	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
10	may-11	dic-11	-1.18	8 meses	-9.44	Moderadamente Seco
11	ene-13	feb-13	-1.54	2 meses	-3.08	Severamente Seco
12	mar-14	oct-14	-1.24	8 meses	-9.92	Moderadamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 12 sequías siendo un 75.0 % moderadamente secos, mientras que severamente seco representa un 16.67 % y extremadamente seco el 8.33 % de los eventos.

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	dic-77	abr-78	-1.18	5 meses	-5.91	Moderadamente Seco
2	mar-79	mar-79	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
3	dic-79	feb-80	-1.42	3 meses	-4.26	Moderadamente Seco

4	mar-82	mar-82	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
5	ene-85	sep-85	-2.09	9 meses	-18.79	Extremadamente Seco
6	dic-85	dic-85	-1.24	1 meses	-1.24	Moderadamente Seco
7	dic-88	dic-88	-1.24	1 meses	-1.24	Moderadamente Seco
8	feb-89	feb-89	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
9	abr-89	jul-89	-1.02	4 meses	-4.09	Moderadamente Seco
10	sep-89	sep-89	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
11	feb-90	sep-90	-1.48	8 meses	-11.80	Moderadamente Seco
12	ene-91	sep-91	-1.28	9 meses	-11.52	Moderadamente Seco
13	sep-95	sep-95	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
14	may-11	ago-11	-1.25	4 meses	-5.00	Moderadamente Seco
15	oct-11	nov-11	-1.27	2 meses	-2.54	Moderadamente Seco
16	nov-12	feb-13	-1.51	4 meses	-6.04	Severamente Seco
17	mar-14	ago-14	-1.29	6 meses	-7.74	Moderadamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 17 sequías siendo un 88.24 % moderadamente secos, mientras que severamente seco representa un 5.88 % y extremadamente seco el 5.88 % de los eventos.

SPI 03 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	ene-78	abr-78	-1.11	4 meses	-4.42	Moderadamente Seco
2	mar-79	mar-79	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
3	ene-80	feb-80	-1.40	2 meses	-2.80	Moderadamente Seco
4	mar-82	mar-82	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
5	ene-85	jun-85	-1.90	6 meses	-11.40	Severamente Seco
6	abr-88	abr-88	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
7	feb-89	feb-89	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
8	abr-89	abr-89	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
9	jun-89	jun-89	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
10	ene-90	jun-90	-1.52	6 meses	-9.13	Severamente Seco
11	ene-91	jun-91	-1.25	6 meses	-7.50	Moderadamente Seco
12	jun-95	jun-95	-1.19	1 meses	-1.19	Moderadamente Seco
13	jun-96	jun-96	-1.19	1 meses	-1.19	Moderadamente Seco
14	mar-11	mar-11	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco

15	may-11	may-11	-1.29	1 meses	-1.29	Moderadamente Seco
16	jul-11	jul-11	-1.09	1 meses	-1.09	Moderadamente Seco
17	dic-12	feb-13	-1.32	3 meses	-3.97	Moderadamente Seco
18	mar-14	may-14	-1.47	3 meses	-4.42	Moderadamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 18 sequías siendo un 88.89 % moderadamente secos, mientras que severamente seco representa un 11.11 % y no se registraron eventos extremadamente secos.

**Estación Puerto Pizarro*

Tabla 43 Sequías Meteorológicas en la estación Puerto Pizarro

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	feb-78	mar-80	-1.11	26 meses	-28.86	Moderadamente Seco
2	mar-82	nov-82	-1.27	9 meses	-11.43	Moderadamente Seco
3	mar-85	ene-86	-1.14	11 meses	-12.54	Moderadamente Seco
4	mar-86	mar-86	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
5	abr-88	jun-88	-1.07	3 meses	-3.20	Moderadamente Seco
6	dic-88	dic-88	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
7	feb-91	feb-91	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
8	feb-97	feb-97	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	dic-71	ene-71	-1.13	-10 meses	11.25	Moderadamente Seco
2	feb-78	oct-78	-1.07	9 meses	-9.63	Moderadamente Seco
3	mar-79	oct-79	-1.08	8 meses	-8.62	Moderadamente Seco
4	feb-80	mar-80	-1.15	2 meses	-2.30	Moderadamente Seco
5	feb-82	oct-82	-1.35	9 meses	-12.15	Moderadamente Seco
6	mar-85	oct-85	-1.17	8 meses	-9.36	Moderadamente Seco
7	mar-88	mar-88	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
8	nov-88	nov-88	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco

9	ene-90	ene-90	-1.43	1 meses	-1.43	Moderadamente Seco
10	nov-90	nov-90	-1.19	1 meses	-1.19	Moderadamente Seco
11	ene-97	ene-97	-1.26	1 meses	-1.26	Moderadamente Seco
12	feb-05	feb-05	-1.25	1 meses	-1.25	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	sep-71	nov-71	-1.19	3 meses	-3.57	Moderadamente Seco
2	ene-72	ene-72	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
3	dic-72	dic-72	-1.44	1 meses	-1.44	Moderadamente Seco
4	oct-73	dic-73	-1.29	3 meses	-3.87	Moderadamente Seco
5	feb-78	jul-78	-1.09	6 meses	-6.54	Moderadamente Seco
6	mar-79	jul-79	-1.09	5 meses	-5.45	Moderadamente Seco
7	feb-80	mar-80	-1.19	2 meses	-2.37	Moderadamente Seco
8	feb-82	jul-82	-1.45	6 meses	-8.70	Moderadamente Seco
9	feb-85	jul-85	-1.19	6 meses	-7.11	Moderadamente Seco
10	nov-86	nov-86	-1.28	1 meses	-1.28	Moderadamente Seco
11	ago-88	ago-88	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
12	oct-89	ene-90	-1.31	4 meses	-5.24	Moderadamente Seco
13	ago-90	sep-90	-1.29	2 meses	-2.58	Moderadamente Seco
14	oct-91	oct-91	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
15	sep-95	sep-95	-1.44	1 meses	-1.44	Moderadamente Seco
16	ene-97	ene-97	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
17	feb-05	feb-05	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 08 eventos para un SPI a 12 meses, 12 eventos para un SPI a 09 meses y 17 eventos para un SPI a 06 meses. No se registraron eventos extremadamente secos en estas ventanas.

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	dic-72	dic-72	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco

2	dic-73	dic-73	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
3	abr-74	abr-74	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
4	dic-76	dic-76	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
5	feb-78	abr-78	-1.13	3 meses	-3.40	Moderadamente Seco
6	mar-79	abr-79	-1.09	2 meses	-2.18	Moderadamente Seco
7	dic-79	dic-79	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
8	feb-80	feb-80	-1.36	1 meses	-1.36	Moderadamente Seco
9	ene-82	abr-82	-1.52	4 meses	-6.07	Severamente Seco
10	feb-85	abr-85	-1.27	3 meses	-3.80	Moderadamente Seco
11	may-88	may-88	-1.11	1 meses	-1.11	Moderadamente Seco
12	dic-89	ene-90	-1.18	2 meses	-2.36	Moderadamente Seco
13	may-90	jun-90	-1.28	2 meses	-2.56	Moderadamente Seco
14	ene-91	ene-91	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
15	jun-95	jun-95	-1.60	1 meses	-1.60	Severamente Seco
16	ene-97	ene-97	-1.19	1 meses	-1.19	Moderadamente Seco
17	ene-05	feb-05	-1.27	2 meses	-2.53	Moderadamente Seco
18	jun-06	jun-06	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco

En dicha estación, para esta ventana de tiempo se registraron 18 sequías siendo un 88.89 % moderadamente secos, mientras que severamente seco representa un 11.11 % y no se registraron eventos extremadamente secos.

**Estación EM700*

Tabla 44 Sequías Meteorológicas en la estación EM700

Evento	SPI 12 meses					Clasificación del Evento
	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	
1	ene-75	ene-75	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
2	may-77	ago-77	-1.02	4 meses	-4.08	Moderadamente Seco
3	ene-78	feb-78	-1.98	2 meses	-3.96	Severamente Seco
4	mar-80	mar-80	-1.35	1 meses	-1.35	Moderadamente Seco
5	abr-85	mar-86	-1.66	12 meses	-19.92	Severamente Seco
6	dic-86	dic-86	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
7	feb-87	ene-88	-1.94	12 meses	-23.28	Severamente Seco
8	feb-90	abr-90	-1.51	3 meses	-4.53	Severamente Seco

9	abr-03	abr-03	-1.00	1 meses	-1	Moderadamente Seco
10	dic-03	dic-03	-1.00	1 meses	-1	Moderadamente Seco
11	mar-07	abr-07	-1.04	2 meses	-2.08	Moderadamente Seco
12	dic-07	dic-07	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	may-77	may-77	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
2	nov-77	nov-77	-1.16	1 meses	-1.16	Moderadamente Seco
3	ene-78	nov-78	-2.02	11 meses	-22.22	Extremadamente Seco
4	dic-79	mar-80	-1.17	4 meses	-4.68	Moderadamente Seco
5	dic-81	dic-81	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
6	abr-85	dic-85	-1.86	9 meses	-16.74	Severamente Seco
7	mar-86	mar-86	-1.31	1 meses	-1.31	Moderadamente Seco
8	sep-86	oct-86	-1.02	2 meses	-2.04	Moderadamente Seco
9	feb-87	dic-87	-1.97	11 meses	-21.67	Severamente Seco
10	nov-88	nov-88	-1.49	1 meses	-1.49	Severamente Seco
11	nov-89	abr-90	-1.37	6 meses	-8.22	Moderadamente Seco
12	feb-91	feb-91	-1.22	1 meses	-1.22	Moderadamente Seco
13	dic-96	ene-97	-1.09	2 meses	-2.18	Moderadamente Seco
14	ene-02	ene-02	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
15	sep-03	sep-03	-1.16	1 meses	-1.16	Moderadamente Seco
16	dic-05	ene-06	-1.73	2 meses	-3.46	Severamente Seco
17	mar-07	mar-07	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
18	sep-07	oct-07	-1.24	2 meses	-2.48	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	nov-76	dic-76	-1.26	2 meses	-2.52	Moderadamente Seco
2	ago-77	ago-77	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
3	ene-78	ago-78	-1.91	8 meses	-15.28	Severamente Seco
4	nov-78	nov-78	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
5	feb-80	mar-80	-1.29	2 meses	-2.58	Moderadamente Seco

6	sep-81	nov-81	-1.69	3 meses	-5.07	Severamente Seco
7	abr-85	sep-85	-2.18	6 meses	-13.08	Extremadamente Seco
8	jun-86	ago-86	-1.01	3 meses	-3.03	Moderadamente Seco
9	feb-87	sep-87	-1.94	8 meses	-15.52	Severamente Seco
10	ago-89	ago-89	-1.13	1 meses	-1.13	Moderadamente Seco
11	dic-89	abr-90	-1.41	5 meses	-7.05	Moderadamente Seco
12	feb-91	feb-91	-1.23	1 meses	-1.23	Moderadamente Seco
13	nov-94	nov-94	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco
14	ene-95	ene-95	-1.13	1 meses	-1.13	Moderadamente Seco
15	sep-01	sep-01	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
16	ene-02	ene-02	-1.30	1 meses	-1.30	Moderadamente Seco
17	oct-02	oct-02	-1.41	1 meses	-1.41	Moderadamente Seco
18	jun-03	jun-03	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
19	sep-05	ene-06	-1.49	5 meses	-7.47	Severamente Seco
20	oct-06	oct-06	-1.51	1 meses	-1.51	Severamente Seco
21	mar-07	mar-07	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
22	jun-07	jul-07	-1.16	2 meses	-2.32	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	ene-75	ene-75	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco
2	oct-76	dic-76	-1.36	3 meses	-4.08	Moderadamente Seco
3	may-77	may-77	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
4	jul-77	jul-77	-1.42	1 meses	-1.42	Moderadamente Seco
5	ene-78	may-78	-1.80	5 meses	-9.00	Severamente Seco
6	oct-78	oct-78	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
7	jun-79	jun-79	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
8	dic-79	feb-80	-1.66	3 meses	-4.98	Severamente Seco
9	sep-80	sep-80	-1.38	1 meses	-1.38	Moderadamente Seco
10	jul-81	jul-81	-2.16	1 meses	-2.16	Extremadamente Seco
11	oct-81	nov-81	-1.68	2 meses	-3.36	Severamente Seco
12	mar-85	ago-85	-1.84	6 meses	-11.04	Severamente Seco
13	mar-86	mar-86	-1.44	1 meses	-1.44	Moderadamente Seco
14	jul-86	jul-86	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
15	feb-87	jul-87	-1.76	6 meses	-10.56	Severamente Seco

16	may-89	may-89	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
17	jul-89	jul-89	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
18	dic-89	mar-90	-1.30	4 meses	-5.20	Moderadamente Seco
19	feb-91	feb-91	-1.38	1 meses	-1.38	Moderadamente Seco
20	ago-94	ago-94	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
21	oct-94	oct-94	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
22	sep-96	sep-96	-2.15	1 meses	-2.15	Extremadamente Seco
23	ene-97	ene-97	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
24	ago-01	oct-01	-1.88	3 meses	-5.64	Severamente Seco
25	jul-02	sep-02	-1.35	3 meses	-4.05	Moderadamente Seco
26	feb-03	mar-03	-1.04	2 meses	-2.07	Moderadamente Seco
27	ago-04	ago-04	-1.27	1 meses	-1.27	Moderadamente Seco
28	dic-04	ene-05	-1.06	2 meses	-2.12	Moderadamente Seco
29	jun-05	nov-05	-1.49	6 meses	-8.94	Severamente Seco
30	jul-06	jul-06	-1.23	1 meses	-1.23	Moderadamente Seco
31	oct-06	oct-06	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
32	mar-07	abr-07	-1.59	2 meses	-3.18	Severamente Seco
33	oct-07	oct-07	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 12 eventos para un SPI a 12 meses, 18 eventos para un SPI a 09 meses, 22 eventos para un SPI a 06 meses y 33 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca sobrepasaron el 7% del total de eventos.

**Estación EM701*

Tabla 45 Sequías Meteorológicas en la estación EM701

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	nov-67	mar-69	-2.07	17 meses	-35.19	Extremadamente Seco
2	abr-77	dic-77	-1.17	9 meses	-10.53	Moderadamente Seco
3	ene-82	nov-82	-1.74	11 meses	-19.14	Severamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	oct-67	feb-69	-1.89	17 meses	-32.13	Severamente Seco
2	abr-77	sep-77	-1.17	6 meses	-7.02	Moderadamente Seco
3	nov-77	nov-77	-1.73	1 meses	-1.73	Severamente Seco
4	nov-80	dic-80	-1.16	2 meses	-2.32	Moderadamente Seco
5	dic-81	oct-82	-1.77	11 meses	-19.47	Severamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	ago-67	dic-68	-1.73	17 meses	-29.41	Severamente Seco
2	feb-69	feb-69	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
3	mar-70	abr-70	-1.10	2 meses	-2.20	Moderadamente Seco
4	feb-72	feb-72	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
5	ene-77	ene-77	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
6	abr-77	jun-77	-1.18	3 meses	-3.54	Moderadamente Seco
7	ago-77	sep-77	-1.43	2 meses	-2.86	Moderadamente Seco
8	sep-79	sep-79	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
9	ago-80	oct-80	-1.37	3 meses	-4.11	Moderadamente Seco
10	sep-81	ago-82	-1.58	12 meses	-18.96	Severamente Seco
11	oct-85	nov-85	-1.31	2 meses	-2.62	Moderadamente Seco
12	dic-86	dic-86	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
13	jul-88	ago-88	-1.45	2 meses	-2.90	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	may-67	jun-67	-1.47	2 meses	-2.94	Moderadamente Seco
2	oct-67	jul-68	-1.50	10 meses	-15.00	Severamente Seco
3	nov-68	dic-68	-1.39	2 meses	-2.78	Moderadamente Seco
4	sep-69	oct-69	-1.64	2 meses	-3.28	Severamente Seco
5	mar-70	abr-70	-1.12	2 meses	-2.24	Moderadamente Seco

6	ene-72	feb-72	-1.09	2 meses	-2.17	Moderadamente Seco
7	ago-74	ago-74	-1.41	1 meses	-1.41	Moderadamente Seco
8	ene-77	ene-77	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
9	may-77	jun-77	-1.55	2 meses	-3.10	Severamente Seco
10	jun-79	jun-79	-1.97	1 meses	-1.97	Severamente Seco
11	may-80	may-80	-1.12	1 meses	-1.12	Moderadamente Seco
12	jul-80	sep-80	-1.41	3 meses	-4.23	Moderadamente Seco
13	jul-81	nov-81	-1.22	5 meses	-6.10	Moderadamente Seco
14	ene-82	may-82	-1.50	5 meses	-7.50	Severamente Seco
15	jul-84	jul-84	-1.36	1 meses	-1.36	Moderadamente Seco
16	oct-85	nov-85	-1.91	2 meses	-3.81	Severamente Seco
17	dic-86	dic-86	-1.33	1 meses	-1.33	Moderadamente Seco
18	nov-87	nov-87	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
19	abr-88	jun-88	-1.39	3 meses	-4.17	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 03 eventos para un SPI a 12 meses, 05 eventos para un SPI a 09 meses, 13 eventos para un SPI a 06 meses y 19 eventos para un SPI a 03 meses. No se han registrado ningún evento extremadamente seco a excepción del SPI a 12 meses donde se registra un evento.

**Estación EM702*

Tabla 46 Sequías Meteorológicas en la estación EM702

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	may-74	dic-74	-1.26	8 meses	-10.08	Moderadamente Seco
2	oct-77	oct-77	-1.00	1 meses	-1	Moderadamente Seco
3	dic-77	dic-77	-1.12	1 meses	-1.12	Moderadamente Seco
4	feb-82	oct-82	-1.40	9 meses	-12.6	Moderadamente Seco
5	abr-85	dic-85	-1.46	9 meses	-13.14	Moderadamente Seco
6	mar-86	mar-86	-1.10	1 meses	-1.1	Moderadamente Seco
7	may-88	dic-88	-1.11	8 meses	-8.88	Moderadamente Seco
8	ene-91	feb-91	-1.10	2 meses	-2.2	Moderadamente Seco
9	dic-93	ene-94	-1.17	2 meses	-2.34	Moderadamente Seco

10	feb-95	feb-95	-1.2	1 meses	-1.2	Moderadamente Seco
11	feb-96	sep-96	-1.09	8 meses	-8.72	Moderadamente Seco
12	nov-96	mar-97	-1.51	5 meses	-7.55	Severamente Seco
13	feb-05	feb-05	-1.31	1 meses	-1.31	Moderadamente Seco
14	sep-07	ene-08	-1.27	5 meses	-6.35	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	mar-74	nov-74	-1.39	9 meses	-12.51	Moderadamente Seco
2	abr-77	abr-77	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
3	sep-77	nov-77	-1.43	3 meses	-4.29	Moderadamente Seco
4	ene-82	sep-82	-1.49	9 meses	-13.45	Severamente Seco
5	feb-85	dic-85	-1.39	11 meses	-15.29	Moderadamente Seco
6	mar-88	nov-88	-1.17	9 meses	-10.53	Moderadamente Seco
7	ene-91	feb-91	-1.30	2 meses	-2.60	Moderadamente Seco
8	sep-92	sep-92	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
9	nov-92	nov-92	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
10	oct-93	dic-93	-1.17	3 meses	-3.51	Moderadamente Seco
11	nov-94	dic-94	-1.49	2 meses	-2.98	Severamente Seco
12	may-96	feb-97	-1.29	10 meses	-12.90	Moderadamente Seco
13	ene-02	ene-02	-1.29	1 meses	-1.29	Moderadamente Seco
14	ene-05	feb-05	-1.24	2 meses	-2.48	Moderadamente Seco
15	dic-05	ene-06	-1.15	2 meses	-2.29	Moderadamente Seco
16	jun-07	oct-07	-1.30	5 meses	-6.50	Moderadamente Seco
17	dic-07	dic-07	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	mar-74	oct-74	-1.46	8 meses	-11.68	Moderadamente Seco
2	abr-77	abr-77	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
3	jun-77	ago-77	-1.48	3 meses	-4.45	Moderadamente Seco
4	oct-81	nov-81	-1.44	2 meses	-2.88	Moderadamente Seco
5	ene-82	jul-82	-1.46	7 meses	-10.22	Moderadamente Seco

6	feb-85	jul-85	-1.42	6 meses	-8.52	Moderadamente Seco
7	nov-85	nov-85	-1.34	1 meses	-1.34	Moderadamente Seco
8	dic-87	dic-87	-1.26	1 meses	-1.26	Moderadamente Seco
9	mar-88	may-88	-1.07	3 meses	-3.21	Moderadamente Seco
10	jul-88	ago-88	-1.36	2 meses	-2.72	Moderadamente Seco
11	dic-89	dic-89	-1.26	1 meses	-1.26	Moderadamente Seco
12	dic-90	feb-91	-1.27	3 meses	-3.81	Moderadamente Seco
13	nov-91	nov-91	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
14	ago-92	sep-92	-1.35	2 meses	-2.70	Moderadamente Seco
15	mar-93	ago-93	-1.13	6 meses	-6.78	Moderadamente Seco
16	ago-94	oct-94	-1.83	3 meses	-5.49	Severamente Seco
17	ago-95	sep-95	-1.37	2 meses	-2.74	Moderadamente Seco
18	may-96	jul-96	-1.30	3 meses	-3.90	Moderadamente Seco
19	sep-96	sep-96	-2.19	1 meses	-2.19	Extremadamente Seco
20	ene-97	feb-97	-1.44	2 meses	-2.88	Moderadamente Seco
21	ene-02	ene-02	-1.34	1 meses	-1.34	Moderadamente Seco
22	ene-05	feb-05	-1.17	2 meses	-2.34	Moderadamente Seco
23	oct-05	nov-05	-1.51	2 meses	-3.02	Severamente Seco
24	mar-07	jul-07	-1.26	5 meses	-6.30	Moderadamente Seco
25	oct-07	oct-07	-1.97	1 meses	-1.97	Severamente Seco

SPI 03 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	mar-74	jul-74	-1.47	5 meses	-7.35	Moderadamente Seco
2	mar-77	may-77	1.62	3 meses	4.86	Moderadamente Seco
3	jul-81	jul-81	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
4	nov-81	nov-81	-1.16	1 meses	-1.16	Moderadamente Seco
5	ene-82	abr-82	-1.55	4 meses	-6.20	Severamente Seco
6	feb-85	abr-85	-1.44	3 meses	-4.32	Moderadamente Seco
7	nov-85	nov-85	-1.34	1 meses	-1.34	Moderadamente Seco
8	dic-87	dic-87	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco
9	abr-88	may-88	-1.40	2 meses	-2.80	Moderadamente Seco
10	dic-89	dic-89	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
11	dic-90	feb-91	-1.16	3 meses	-3.48	Moderadamente Seco
12	nov-91	nov-91	-1.24	1 meses	-1.24	Moderadamente Seco

13	may-92	jun-92	-1.24	2 meses	-2.48	Moderadamente Seco
14	abr-94	jul-93	-1.39	-8 meses	11.12	Moderadamente Seco
15	may-94	jul-94	-1.72	3 meses	-5.16	Severamente Seco
16	may-95	jun-95	-1.44	2 meses	-2.87	Moderadamente Seco
17	feb-96	abr-96	-1.21	3 meses	-3.63	Moderadamente Seco
18	jun-96	jul-96	-1.63	2 meses	-3.26	Severamente Seco
19	ene-97	feb-97	-1.62	2 meses	-3.24	Severamente Seco
20	nov-00	nov-00	-1.24	1 meses	-1.24	Moderadamente Seco
21	ene-02	ene-02	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
22	ene-05	feb-05	-1.18	2 meses	-2.36	Moderadamente Seco
23	jul-05	jul-05	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
24	nov-05	nov-05	-1.24	1 meses	-1.24	Moderadamente Seco
25	feb-07	abr-07	-1.36	3 meses	-4.08	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 14 eventos para un SPI a 12 meses, 17 eventos para un SPI a 09 meses, 25 eventos para un SPI a 06 meses y 25 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca sobrepasaron el 4% del total de eventos.

Estación EM704

Tabla 47 Sequías Meteorológicas en la estación EM704

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	may-77	feb-79	-2.02	22 meses	-44.48	Extremadamente Seco
2	mar-80	ene-81	-1.49	11 meses	-16.44	Severamente Seco
3	mar-82	ago-82	-1.16	6 meses	-6.96	Moderadamente Seco
4	abr-85	ene-86	-1.43	10 meses	-14.25	Moderadamente Seco
5	mar-86	mar-86	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
6	feb-90	abr-90	-1.54	3 meses	-4.62	Severamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>

1	abr-77	feb-79	-1.79	23 meses	-41.17	Severamente Seco
2	ene-80	oct-80	-1.49	10 meses	-14.91	Severamente Seco
3	dic-81	dic-81	-1.12	1 meses	-1.12	Moderadamente Seco
4	feb-82	may-82	-1.16	4 meses	-4.62	Moderadamente Seco
5	abr-84	nov-85	-1.64	20 meses	-32.80	Severamente Seco
6	oct-87	oct-87	-1.31	1 meses	-1.31	Moderadamente Seco
7	dic-89	abr-90	-1.62	5 meses	-8.11	Severamente Seco
8	feb-91	feb-91	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
9	dic-96	ene-97	-1.56	2 meses	-3.11	Severamente Seco
10	ene-02	ene-02	-1.72	1 meses	-1.72	Severamente Seco
11	dic-05	ene-06	-1.49	2 meses	-2.97	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	dic-76	dic-76	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
2	abr-77	ago-77	-1.31	5 meses	-6.55	Moderadamente Seco
3	ene-78	sep-78	-2.18	9 meses	-19.62	Extremadamente Seco
4	nov-78	feb-79	-1.24	4 meses	-4.96	Moderadamente Seco
5	dic-79	jul-80	-1.45	8 meses	-11.57	Moderadamente Seco
6	sep-81	nov-81	-1.44	3 meses	-4.32	Moderadamente Seco
7	feb-82	abr-82	-1.11	3 meses	-3.33	Moderadamente Seco
8	jun-82	jun-82	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
9	abr-85	sep-85	-1.71	6 meses	-10.26	Severamente Seco
10	ago-86	ago-86	-1.11	1 meses	-1.11	Moderadamente Seco
11	jul-87	jul-87	-1.23	1 meses	-1.23	Moderadamente Seco
12	ago-88	ago-88	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
13	nov-89	abr-90	-1.56	6 meses	-9.36	Severamente Seco
14	feb-91	feb-91	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
15	sep-96	oct-96	-1.04	2 meses	-2.08	Moderadamente Seco
16	oct-01	oct-01	-1.74	1 meses	-1.74	Severamente Seco
17	ene-02	ene-02	-1.52	1 meses	-1.52	Severamente Seco
18	sep-05	dic-05	-1.45	4 meses	-5.78	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>

1	dic-76	dic-76	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
2	abr-77	jun-77	-1.40	3 meses	-4.20	Moderadamente Seco
3	ene-78	jun-78	-2.04	6 meses	-12.24	Extremadamente Seco
4	ago-78	ago-78	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
5	nov-78	ene-79	-1.09	3 meses	-3.26	Moderadamente Seco
6	ago-79	ago-79	-1.31	1 meses	-1.31	Moderadamente Seco
7	dic-79	abr-80	-1.69	5 meses	-8.45	Severamente Seco
8	jun-81	jul-81	-1.20	2 meses	-2.39	Moderadamente Seco
9	oct-81	nov-81	-1.32	2 meses	-2.63	Moderadamente Seco
10	mar-82	abr-82	-1.23	2 meses	-2.46	Moderadamente Seco
11	mar-85	may-85	-1.74	3 meses	-5.23	Severamente Seco
12	nov-85	nov-85	-1.43	1 meses	-1.43	Moderadamente Seco
13	mar-86	mar-86	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
14	may-86	may-86	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
15	jul-86	ago-86	-1.42	2 meses	-2.84	Moderadamente Seco
16	abr-87	may-87	-1.25	2 meses	-2.49	Moderadamente Seco
17	jul-89	jul-89	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
18	nov-89	mar-90	-1.53	5 meses	-7.67	Severamente Seco
19	feb-91	feb-91	-1.32	1 meses	-1.32	Moderadamente Seco
20	oct-94	oct-94	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
21	jun-96	jun-96	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
22	sep-97	sep-97	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
23	nov-00	nov-00	-1.43	1 meses	-1.43	Moderadamente Seco
24	jul-01	oct-01	-1.60	4 meses	-6.41	Severamente Seco
25	ene-02	ene-02	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
26	sep-02	sep-02	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
27	jun-05	oct-05	-1.41	5 meses	-7.05	Moderadamente Seco
28	jul-06	jul-06	-1.29	1 meses	-1.29	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 06 eventos para un SPI a 12 meses, 11 eventos para un SPI a 09 meses, 18 eventos para un SPI a 06 meses y 28 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca sobrepasaron el 5.56% del total de eventos, solo en el SPI a 12 meses presenta un valor de 16.67%.

Estación M0705

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	feb-78	feb-79	-1.39	13 meses	-18.07	Moderadamente Seco
2	ene-90	feb-91	-3.32	14 meses	-46.48	Extremadamente Seco
3	mar-92	feb-93	-1.84	12 meses	-22.08	Severamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	mar-78	nov-78	-1.40	9 meses	-12.60	Moderadamente Seco
2	dic-89	feb-91	-3.13	15 meses	-46.95	Extremadamente Seco
3	feb-92	dic-92	-1.96	11 meses	-21.56	Severamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	nov-76	dic-76	-1.18	2 meses	-2.36	Moderadamente Seco
2	mar-78	ago-78	-1.44	6 meses	-8.64	Moderadamente Seco
3	nov-78	dic-78	-1.04	2 meses	-2.08	Moderadamente Seco
4	oct-81	oct-81	-1.41	1 meses	-1.41	Moderadamente Seco
5	sep-89	feb-91	-2.60	18 meses	-46.75	Extremadamente Seco
6	feb-92	dic-92	-1.79	11 meses	-19.69	Severamente Seco
7	sep-05	oct-05	-1.15	2 meses	-2.30	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	oct-76	dic-76	-1.28	3 meses	-3.84	Moderadamente Seco
2	may-77	may-77	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
3	jul-77	jul-77	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
4	feb-78	may-78	-1.39	4 meses	-5.56	Moderadamente Seco
5	oct-78	nov-78	-1.13	2 meses	-2.26	Moderadamente Seco

6	dic-79	dic-79	-1.80	1 meses	-1.80	Severamente Seco
7	jul-81	jul-81	-1.40	1 meses	-1.40	Moderadamente Seco
8	abr-87	abr-87	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
9	jun-89	jul-89	-1.68	2 meses	-3.36	Severamente Seco
10	sep-89	ago-90	-2.34	12 meses	-28.04	Extremadamente Seco
11	oct-90	feb-91	-1.56	5 meses	-7.78	Severamente Seco
12	ago-91	sep-91	-1.36	2 meses	-2.71	Moderadamente Seco
13	feb-92	ago-92	-1.96	7 meses	-13.72	Severamente Seco
14	nov-92	dic-92	-1.08	2 meses	-2.16	Moderadamente Seco
15	oct-94	oct-94	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
16	sep-96	sep-96	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
17	sep-01	oct-01	-1.51	2 meses	-3.01	Severamente Seco
18	jul-05	ago-05	-1.25	2 meses	-2.49	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 03 eventos para un SPI a 12 meses, 03 eventos para un SPI a 09 meses, 07 eventos para un SPI a 06 meses y 18 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca sobrepasaron el 14.29 % del total de eventos, solo en el SPI a 12 y 09 meses se presentaron 02 eventos extremadamente secos.

Estación EM706

Tabla 48 Sequías Meteorológicas en la estación EM706

<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	SPI 12 meses			<u>Clasificación del Evento</u>
			<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	
1	ene-77	abr-79	-1.67	28 meses	-46.76	Severamente Seco
2	ene-80	ene-80	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
3	mar-80	feb-81	-1.43	12 meses	-17.16	Moderadamente Seco
4	may-81	may-81	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
5	oct-81	dic-81	-1.04	3 meses	-3.12	Moderadamente Seco
6	feb-82	sep-82	-1.20	8 meses	-9.6	Moderadamente Seco
7	abr-85	dic-86	-1.29	21 meses	-27.09	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	nov-76	mar-79	-1.58	29 meses	-45.82	Severamente Seco
2	ene-80	nov-80	-1.45	11 meses	-15.96	Moderadamente Seco
3	ene-81	ene-81	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
4	nov-81	ene-82	-1.14	3 meses	-3.42	Moderadamente Seco
5	mar-82	sep-82	-1.13	7 meses	-7.91	Moderadamente Seco
6	abr-85	dic-85	-1.41	9 meses	-12.69	Moderadamente Seco
7	mar-86	nov-86	-1.28	9 meses	-11.52	Moderadamente Seco
8	dic-05	dic-05	-1.23	1 meses	-1.23	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	oct-76	ago-77	-1.37	11 meses	-15.02	Moderadamente Seco
2	dic-77	sep-78	-1.73	10 meses	-17.30	Severamente Seco
3	nov-78	nov-78	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
4	ene-79	mar-79	-1.56	3 meses	-4.68	Severamente Seco
5	dic-79	ago-80	-1.44	9 meses	-12.96	Moderadamente Seco
6	ene-81	ene-81	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
7	sep-81	nov-81	-1.99	3 meses	-5.96	Severamente Seco
8	mar-82	ago-82	-1.17	6 meses	-7.02	Moderadamente Seco
9	abr-85	sep-85	-1.66	6 meses	-9.96	Severamente Seco
10	mar-86	ago-86	-1.28	6 meses	-7.68	Moderadamente Seco
11	oct-86	dic-86	-1.50	3 meses	-4.50	Severamente Seco
12	sep-05	oct-05	-1.18	2 meses	-2.36	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	sep-76	jul-77	-1.37	11 meses	-15.07	Moderadamente Seco
2	dic-77	jun-78	-1.73	7 meses	-12.11	Severamente Seco
3	ene-79	mar-79	-1.46	3 meses	-4.38	Moderadamente Seco

4	dic-79	may-80	-1.53	6 meses	-9.18	Severamente Seco
5	ago-80	sep-80	-1.53	2 meses	-3.06	Severamente Seco
6	jun-81	nov-81	-1.57	6 meses	-9.42	Severamente Seco
7	mar-82	may-82	-1.25	3 meses	-3.75	Moderadamente Seco
8	mar-85	ago-85	-1.65	6 meses	-9.87	Severamente Seco
9	mar-86	may-86	-1.35	3 meses	-4.05	Moderadamente Seco
10	jul-86	oct-86	-1.55	4 meses	-6.20	Severamente Seco
11	dic-86	dic-86	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
12	nov-00	nov-00	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
13	sep-01	oct-01	-1.56	2 meses	-3.12	Severamente Seco
14	sep-02	sep-02	-1.39	1 meses	-1.39	Moderadamente Seco
15	jun-05	jul-05	-1.10	2 meses	-2.19	Moderadamente Seco
16	sep-05	sep-05	-1.25	1 meses	-1.25	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 07 eventos para un SPI a 12 meses, 08 eventos para un SPI a 09 meses, 12 eventos para un SPI a 06 meses y 16 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas no se registraron eventos extremadamente secos.

Estación EM708

Tabla 49 Sequías Meteorológicas en la estación EM708

SPI 12 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación del Evento
1	ene-78	feb-79	-1.9	14 meses	-26.6	Severamente Seco
2	ene-81	ene-81	-1.48	1 meses	-1.48	Moderadamente Seco
3	mar-82	nov-82	-1.7	9 meses	-15.3	Severamente Seco
4	abr-85	mar-86	-1.96	12 meses	-23.52	Severamente Seco
5	dic-86	feb-87	-1.13	3 meses	-3.39	Moderadamente Seco
6	feb-90	mar-90	-1.04	2 meses	-2.07	Moderadamente Seco
7	mar-04	mar-04	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
8	mar-07	may-07	-1.55	3 meses	-4.65	Severamente Seco

SPI 09 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación

1	nov-77	nov-77	-1.17	1 meses	-1.17	Moderadamente Seco
2	ene-78	dic-78	-1.75	12 meses	-21.00	Severamente Seco
3	mar-80	mar-80	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
4	dic-81	oct-82	-1.65	11 meses	-18.15	Severamente Seco
5	mar-85	dic-85	-2.07	10 meses	-20.74	Extremadamente Seco
6	oct-86	nov-86	-1.33	2 meses	-2.65	Moderadamente Seco
7	oct-88	nov-88	-1.35	2 meses	-2.69	Moderadamente Seco
8	ene-90	ene-90	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
9	feb-91	feb-91	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
10	nov-93	nov-93	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
11	dic-01	feb-02	-1.39	3 meses	-4.17	Moderadamente Seco
12	dic-03	dic-03	-1.53	1 meses	-1.53	Severamente Seco
13	dic-05	dic-05	-1.58	1 meses	-1.58	Severamente Seco
14	feb-07	may-07	-1.64	4 meses	-6.56	Severamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	oct-76	oct-76	-1.64	1 meses	-1.64	Severamente Seco
2	jul-77	sep-77	-1.19	3 meses	-3.57	Moderadamente Seco
3	feb-78	ago-78	-2.18	7 meses	-15.26	Extremadamente Seco
4	nov-78	feb-79	-1.32	4 meses	-5.28	Moderadamente Seco
5	mar-80	mar-80	-1.29	1 meses	-1.29	Moderadamente Seco
6	sep-81	nov-81	-1.17	3 meses	-3.51	Moderadamente Seco
7	abr-85	sep-85	-1.70	6 meses	-10.20	Severamente Seco
8	nov-85	nov-85	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
9	jul-86	ago-86	-1.65	2 meses	-3.30	Severamente Seco
10	jul-87	ago-87	-1.21	2 meses	-2.42	Moderadamente Seco
11	feb-90	jun-90	-1.47	5 meses	-7.35	Moderadamente Seco
12	dic-92	dic-92	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
13	oct-96	ene-97	-1.27	4 meses	-5.08	Moderadamente Seco
14	sep-01	sep-01	-1.55	1 meses	-1.55	Severamente Seco
15	nov-01	nov-01	-1.46	1 meses	-1.46	Moderadamente Seco
16	ene-02	ene-02	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
17	mar-02	mar-02	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco

18	feb-03	oct-03	-1.31	9 meses	-11.79	Moderadamente Seco
19	sep-05	dic-05	-1.56	4 meses	-6.24	Severamente Seco
20	ago-06	ago-06	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	oct-76	nov-76	-1.06	2 meses	-2.12	Moderadamente Seco
2	may-77	jul-77	-1.36	3 meses	-4.08	Moderadamente Seco
3	ene-78	may-78	-2.07	5 meses	-10.33	Extremadamente Seco
4	nov-78	ene-79	-1.22	3 meses	-3.66	Moderadamente Seco
5	dic-79	ene-80	-1.80	2 meses	-3.59	Severamente Seco
6	sep-80	sep-80	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
7	jul-81	jul-81	-1.51	1 meses	-1.51	Severamente Seco
8	feb-85	jun-85	-1.53	5 meses	-7.65	Severamente Seco
9	nov-85	nov-85	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
10	abr-86	may-86	-1.55	2 meses	-3.10	Severamente Seco
11	abr-87	may-87	-1.55	2 meses	-3.09	Severamente Seco
12	jun-89	jul-89	-1.24	2 meses	-2.48	Moderadamente Seco
13	ene-90	mar-90	-1.97	3 meses	-5.91	Severamente Seco
14	sep-91	sep-91	-1.31	1 meses	-1.31	Moderadamente Seco
15	sep-96	nov-96	-1.36	3 meses	-4.08	Moderadamente Seco
16	jun-01	jun-01	-1.39	1 meses	-1.39	Moderadamente Seco
17	ago-01	nov-01	-1.44	4 meses	-5.74	Moderadamente Seco
18	sep-02	sep-02	-1.53	1 meses	-1.53	Severamente Seco
19	feb-03	may-03	-1.28	4 meses	-5.12	Moderadamente Seco
20	ago-03	oct-03	-1.07	3 meses	-3.21	Moderadamente Seco
21	ene-05	ene-05	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
22	jun-05	nov-05	-1.44	6 meses	-8.61	Moderadamente Seco
23	may-06	may-06	-1.35	1 meses	-1.35	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 08 eventos para un SPI a 12 meses, 14 eventos para un SPI a 09 meses, 20 eventos para un SPI a 06 meses y 23 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca superaron el 7.14%.

Estación EM711

Tabla 50 Sequías Meteorológicas en la estación EM711

SPI 12 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación del Evento
1	nov-77	nov-77	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
2	ene-78	feb-79	-2.04	14 meses	-28.56	Extremadamente Seco
3	mar-80	may-80	-1.20	3 meses	-3.6	Moderadamente Seco
4	ago-80	nov-80	-1.06	4 meses	-4.24	Moderadamente Seco
5	ene-81	ene-81	-1.26	1 meses	-1.26	Moderadamente Seco
6	mar-82	oct-82	-1.40	8 meses	-11.2	Moderadamente Seco
7	abr-85	ene-86	-1.44	10 meses	-14.4	Moderadamente Seco
8	mar-86	mar-86	-1.28	1 meses	-1.28	Moderadamente Seco
9	ene-87	feb-87	-1.19	2 meses	-2.38	Moderadamente Seco
10	feb-90	abr-90	-1.31	3 meses	-3.93	Moderadamente Seco
11	dic-90	feb-91	-1.22	3 meses	-3.66	Moderadamente Seco
12	abr-91	nov-91	-1.16	8 meses	-9.28	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	ago-77	ago-77	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
2	nov-77	ene-79	-1.81	15 meses	-27.15	Severamente Seco
3	ene-80	ago-80	-1.16	8 meses	-9.28	Moderadamente Seco
4	ene-81	ene-81	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
5	mar-82	oct-82	-1.42	8 meses	-11.38	Moderadamente Seco
6	mar-85	dic-85	-1.49	10 meses	-14.89	Moderadamente Seco
7	oct-86	nov-86	-1.31	2 meses	-2.62	Moderadamente Seco
8	nov-88	nov-88	-1.76	1 meses	-1.76	Severamente Seco
9	dic-89	ene-90	-1.34	2 meses	-2.68	Moderadamente Seco
10	mar-90	mar-90	-1.36	1 meses	-1.36	Moderadamente Seco
11	ene-91	sep-91	-1.20	9 meses	-10.80	Moderadamente Seco
12	ene-02	ene-02	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
13	dic-05	dic-05	-1.43	1 meses	-1.43	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	may-77	may-77	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
2	jul-77	sep-77	-1.13	3 meses	-3.39	Moderadamente Seco
3	ene-78	sep-78	-1.83	9 meses	-16.47	Severamente Seco
4	nov-78	ene-79	-1.21	3 meses	-3.63	Moderadamente Seco
5	dic-79	dic-79	-1.13	1 meses	-1.13	Moderadamente Seco
6	feb-80	may-80	-1.36	4 meses	-5.44	Moderadamente Seco
7	ene-81	ene-81	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
8	sep-81	nov-81	-1.51	3 meses	-4.53	Severamente Seco
9	mar-82	ago-82	-1.60	6 meses	-9.60	Severamente Seco
10	feb-85	feb-85	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
11	abr-85	sep-85	-1.65	6 meses	-9.90	Severamente Seco
12	nov-85	nov-85	-1.43	1 meses	-1.43	Moderadamente Seco
13	jul-86	ago-86	-1.19	2 meses	-2.38	Moderadamente Seco
14	nov-86	nov-86	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
15	ago-88	ago-88	-1.74	1 meses	-1.74	Severamente Seco
16	ene-90	abr-90	-1.22	4 meses	-4.88	Moderadamente Seco
17	dic-90	feb-91	-1.62	3 meses	-4.86	Severamente Seco
18	abr-91	jun-91	-1.15	3 meses	-3.45	Moderadamente Seco
19	sep-91	sep-91	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
20	nov-94	nov-94	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
21	sep-01	oct-01	-1.04	2 meses	-2.08	Moderadamente Seco
22	oct-02	oct-02	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
23	sep-05	oct-05	-1.74	2 meses	-3.48	Severamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	may-77	jul-77	-1.39	3 meses	-4.17	Moderadamente Seco
2	ene-78	jun-78	-1.75	6 meses	-10.50	Severamente Seco
3	ago-78	ago-78	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
4	oct-78	nov-78	-1.24	2 meses	-2.48	Moderadamente Seco
5	dic-79	mar-80	-1.53	4 meses	-6.12	Severamente Seco
6	sep-80	sep-80	-1.86	1 meses	-1.86	Severamente Seco

7	ene-81	ene-81	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
8	jul-81	nov-81	-1.26	5 meses	-6.30	Moderadamente Seco
9	mar-82	jun-82	-1.66	4 meses	-6.64	Severamente Seco
10	ago-82	ago-82	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
11	feb-85	jun-85	-1.54	5 meses	-7.70	Severamente Seco
12	nov-85	nov-85	-1.30	1 meses	-1.30	Moderadamente Seco
13	abr-86	abr-86	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
14	jul-86	ago-86	-1.15	2 meses	-2.30	Moderadamente Seco
15	dic-87	dic-87	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
16	may-88	may-88	-1.73	1 meses	-1.73	Severamente Seco
17	jun-89	jul-89	-1.31	2 meses	-2.62	Moderadamente Seco
18	ene-90	mar-90	-1.41	3 meses	-4.23	Moderadamente Seco
19	dic-90	feb-91	-1.56	3 meses	-4.68	Severamente Seco
20	oct-94	oct-94	-1.28	1 meses	-1.28	Moderadamente Seco
21	nov-00	nov-00	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
22	ago-01	oct-01	-1.65	3 meses	-4.95	Severamente Seco
23	sep-02	sep-02	-1.35	1 meses	-1.35	Moderadamente Seco
24	jun-05	oct-05	-1.54	5 meses	-7.70	Severamente Seco

En la estación se registraron 12 eventos para un SPI a 12 meses, 13 eventos para un SPI a 09 meses, 23 eventos para un SPI a 06 meses y 24 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca superaron el 8.33%.

Estación EM713

Tabla 51 Sequías Meteorológicas en la estación EM713

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	abr-77	sep-77	-1.08	6 meses	-6.48	Moderadamente Seco
2	ene-78	feb-79	-2.07	14 meses	-28.97	Extremadamente Seco
3	may-85	ene-86	-1.38	9 meses	-12.39	Moderadamente Seco
4	mar-86	mar-86	-1.12	1 meses	-1.12	Moderadamente Seco
5	ene-88	ene-88	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
6	feb-90	abr-90	-1.55	3 meses	-4.66	Severamente Seco
7	jun-90	nov-90	-1.10	6 meses	-6.58	Moderadamente Seco

8	mar-02	mar-02	-1.34	1 meses	-1.34	Moderadamente Seco
9	feb-03	feb-03	-1.42	1 meses	-1.42	Moderadamente Seco
10	mar-06	may-06	-1.10	3 meses	-3.30	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	ene-77	ene-77	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
2	may-77	jun-77	-1.10	2 meses	-2.20	Moderadamente Seco
3	nov-77	nov-77	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
4	ene-78	feb-79	-1.89	14 meses	-26.46	Severamente Seco
5	mar-80	mar-80	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
6	abr-85	nov-85	-1.59	8 meses	-12.72	Severamente Seco
7	oct-86	nov-86	-1.45	2 meses	-2.90	Moderadamente Seco
8	oct-87	oct-87	-1.39	1 meses	-1.39	Moderadamente Seco
9	dic-89	mar-90	-1.26	4 meses	-5.04	Moderadamente Seco
10	dic-96	ene-97	-1.28	2 meses	-2.56	Moderadamente Seco
11	dic-01	ene-02	-1.21	2 meses	-2.42	Moderadamente Seco
12	mar-02	mar-02	-1.13	1 meses	-1.13	Moderadamente Seco
13	ene-03	oct-03	-1.41	10 meses	-14.06	Moderadamente Seco
14	ene-04	ene-04	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
15	ene-05	ene-05	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
16	dic-05	ene-06	-1.35	2 meses	-2.70	Moderadamente Seco
17	may-06	may-06	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	oct-64	feb-65	-1.45	5 meses	-7.23	Moderadamente Seco
2	nov-65	nov-65	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco
3	abr-66	sep-66	-1.24	6 meses	-7.42	Moderadamente Seco
4	feb-67	ago-67	-1.53	7 meses	-10.71	Severamente Seco
5	feb-68	dic-68	-2.04	11 meses	-22.45	Extremadamente Seco
6	oct-71	dic-71	-1.25	3 meses	-3.76	Moderadamente Seco
7	dic-72	dic-72	-1.37	1 meses	-1.37	Moderadamente Seco
8	nov-73	nov-73	-1.14	1 meses	-1.14	Moderadamente Seco

9	ene-74	jul-74	-1.42	7 meses	-9.94	Moderadamente Seco
10	feb-80	mar-80	-1.38	2 meses	-2.75	Moderadamente Seco
11	oct-81	nov-81	-1.20	2 meses	-2.39	Moderadamente Seco
12	ene-82	sep-82	-1.98	9 meses	-17.80	Severamente Seco
13	feb-85	jul-85	-1.22	6 meses	-7.34	Moderadamente Seco
14	oct-86	oct-86	-1.25	1 meses	-1.25	Moderadamente Seco
15	mar-88	sep-88	-1.14	7 meses	-7.97	Moderadamente Seco
16	ene-94	ene-94	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
17	sep-94	sep-94	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
18	mar-11	mar-11	-1.09	1 meses	-1.09	Moderadamente Seco
19	jun-11	ago-11	-1.06	3 meses	-3.18	Moderadamente Seco
20	ene-13	feb-13	-1.24	2 meses	-2.47	Moderadamente Seco
21	jun-13	jun-13	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
22	sep-13	sep-13	-1.97	1 meses	-1.97	Severamente Seco
23	abr-14	abr-14	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco
24	jul-14	jul-14	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	ene-65	feb-65	-1.45	2 meses	-2.89	Moderadamente Seco
2	abr-66	jun-66	-1.37	3 meses	-4.11	Moderadamente Seco
3	may-67	may-67	-1.53	1 meses	-1.53	Severamente Seco
4	ene-68	jun-68	-2.13	6 meses	-12.76	Extremadamente Seco
5	ene-74	abr-74	-1.48	4 meses	-5.91	Moderadamente Seco
6	feb-80	mar-80	-1.32	2 meses	-2.63	Moderadamente Seco
7	ene-82	jun-82	-1.72	6 meses	-10.34	Severamente Seco
8	ene-84	ene-84	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
9	feb-85	abr-85	-1.23	3 meses	-3.68	Moderadamente Seco
10	mar-88	jun-88	-1.14	4 meses	-4.56	Moderadamente Seco
11	jun-91	jun-91	-1.36	1 meses	-1.36	Moderadamente Seco
12	ene-05	feb-05	-1.18	2 meses	-2.35	Moderadamente Seco
13	jun-06	jun-06	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco
14	jul-11	jul-11	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
15	ene-13	feb-13	-1.19	2 meses	-2.37	Moderadamente Seco
16	jun-13	jun-13	-1.94	1 meses	-1.94	Severamente Seco
17	mar-14	may-14	-1.37	3 meses	-4.11	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 10 eventos para un SPI a 12 meses, 17 eventos para un SPI a 09 meses, 24 eventos para un SPI a 06 meses y 17 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca superaron el 10.0%.

Estación EM715

Tabla 52 Sequías Meteorológicas en la estación EM715

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	may-82	nov-82	-1.59	7 meses	-11.13	Severamente Seco
2	abr-85	abr-85	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
3	mar-88	ene-89	-1.38	11 meses	-15.18	Moderadamente Seco
4	feb-90	feb-91	-1.37	13 meses	-17.81	Moderadamente Seco
5	mar-97	abr-97	-1.05	2 meses	-2.1	Moderadamente Seco
6	dic-97	nov-99	-1.18	24 meses	-28.32	Moderadamente Seco
7	ene-00	ene-00	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
8	ene-04	dic-05	-1.18	24 meses	-28.32	Moderadamente Seco
9	mar-07	mar-07	-1.00	1 meses	-1	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	mar-82	nov-82	-1.80	9 meses	-16.20	Severamente Seco
2	feb-85	feb-85	-1.10	1 meses	-1.10	Moderadamente Seco
3	ene-88	nov-88	-1.39	11 meses	-15.29	Moderadamente Seco
4	feb-90	oct-90	-1.41	9 meses	-12.69	Moderadamente Seco
5	dic-90	dic-90	-1.33	1 meses	-1.33	Moderadamente Seco
6	feb-91	feb-91	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
7	oct-97	dic-97	-1.33	3 meses	-3.99	Moderadamente Seco
8	abr-98	ago-98	-1.04	5 meses	-5.20	Moderadamente Seco
9	oct-98	ene-99	-1.47	4 meses	-5.88	Moderadamente Seco
10	abr-99	ago-99	-1.07	5 meses	-5.35	Moderadamente Seco
11	nov-99	nov-99	-1.42	1 meses	-1.42	Moderadamente Seco
12	ene-02	ene-02	-1.16	1 meses	-1.16	Moderadamente Seco

13	nov-03	ago-04	-1.08	10 meses	-10.80	Moderadamente Seco
14	ene-05	ago-05	-1.33	8 meses	-10.64	Moderadamente Seco
15	dic-05	dic-05	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	feb-82	ago-82	-1.93	7 meses	-13.51	Severamente Seco
2	nov-87	ago-88	-1.31	10 meses	-13.10	Moderadamente Seco
3	oct-88	dic-88	-1.08	3 meses	-3.24	Moderadamente Seco
4	ene-90	jul-90	-1.42	7 meses	-9.94	Moderadamente Seco
5	nov-90	dic-90	-1.10	2 meses	-2.19	Moderadamente Seco
6	sep-91	sep-91	-1.37	1 meses	-1.37	Moderadamente Seco
7	oct-94	oct-94	-1.91	1 meses	-1.91	Severamente Seco
8	sep-95	sep-95	-1.56	1 meses	-1.56	Severamente Seco
9	jul-97	ago-97	-1.42	2 meses	-2.84	Moderadamente Seco
10	abr-98	may-98	-1.06	2 meses	-2.11	Moderadamente Seco
11	jul-98	sep-98	-1.31	3 meses	-3.93	Moderadamente Seco
12	dic-98	ene-99	-1.26	2 meses	-2.51	Moderadamente Seco
13	abr-99	may-99	-1.08	2 meses	-2.16	Moderadamente Seco
14	ago-99	sep-99	-1.33	2 meses	-2.66	Moderadamente Seco
15	nov-00	nov-00	-1.91	1 meses	-1.91	Severamente Seco
16	dic-01	ene-02	-1.08	2 meses	-2.16	Moderadamente Seco
17	dic-03	ene-04	-1.41	2 meses	-2.82	Moderadamente Seco
18	mar-04	may-04	-1.07	3 meses	-3.21	Moderadamente Seco
19	dic-04	may-05	-1.41	6 meses	-8.46	Moderadamente Seco
20	dic-05	dic-05	-1.34	1 meses	-1.34	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	nov-81	nov-81	-1.09	1 meses	-1.09	Moderadamente Seco
2	mar-82	may-82	-2.38	3 meses	-7.14	Extremadamente Seco
3	ene-84	ene-84	-1.53	1 meses	-1.53	Severamente Seco
4	ene-88	may-88	-1.32	5 meses	-6.60	Moderadamente Seco
5	nov-88	dic-88	-1.10	2 meses	-2.20	Moderadamente Seco
6	ene-90	abr-90	-1.40	4 meses	-5.60	Moderadamente Seco

7	dic-90	dic-90	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
8	jun-91	jun-91	-1.22	1 meses	-1.22	Moderadamente Seco
9	jun-95	jun-95	-1.49	1 meses	-1.49	Severamente Seco
10	abr-97	may-97	-1.54	2 meses	-3.08	Severamente Seco
11	abr-88	jun-88	-1.41	3 meses	-4.23	Moderadamente Seco
12	dic-88	ene-89	-1.34	2 meses	-2.67	Moderadamente Seco
13	may-99	jun-99	-1.31	2 meses	-2.62	Moderadamente Seco
14	nov-00	nov-00	-1.09	1 meses	-1.09	Moderadamente Seco
15	dic-01	dic-01	-1.11	1 meses	-1.11	Moderadamente Seco
16	may-03	may-03	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
17	nov-03	ene-04	-1.22	3 meses	-3.66	Moderadamente Seco
18	dic-04	feb-05	-1.88	3 meses	-5.64	Severamente Seco
19	dic-05	dic-05	-1.25	1 meses	-1.25	Moderadamente Seco
20	jun-09	jun-09	-1.91	1 meses	-1.91	Severamente Seco

En la estación se registraron 09 eventos para un SPI a 12 meses, 15 eventos para un SPI a 09 meses, 20 eventos para un SPI a 06 meses y 20 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca superaron el 5.0%.

Estación EM716

Tabla 53 Sequías Meteorológicas en la estación EM716

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	mar-80	jun-80	-1.04	4 meses	-4.16	Moderadamente Seco
2	ene-81	ene-81	-1.15	1 meses	-1.15	Moderadamente Seco
3	feb-88	dic-88	-1.29	11 meses	-14.19	Moderadamente Seco
4	ene-91	ene-91	-1.07	1 meses	-1.07	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	ene-80	jun-80	-1.07	6 meses	-6.42	Moderadamente Seco
2	ene-81	ene-81	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco
3	mar-88	ago-88	-1.30	6 meses	-7.80	Moderadamente Seco

4	oct-88	dic-88	-1.45	3 meses	-4.35	Moderadamente Seco
5	feb-90	mar-90	-1.18	2 meses	-2.36	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	nov-79	abr-80	-1.12	6 meses	-6.72	Moderadamente Seco
2	ene-81	ene-81	-1.29	1 meses	-1.29	Moderadamente Seco
3	mar-88	sep-88	-1.34	7 meses	-9.38	Moderadamente Seco
4	feb-90	mar-90	-1.16	2 meses	-2.32	Moderadamente Seco
5	nov-90	ene-91	-1.14	3 meses	-3.42	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	nov-79	feb-80	-1.20	4 meses	-4.80	Moderadamente Seco
2	ene-81	ene-81	-1.47	1 meses	-1.47	Moderadamente Seco
3	nov-84	nov-84	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
4	oct-85	oct-85	-1.57	1 meses	-1.57	Severamente Seco
5	ago-86	ago-86	-1.19	1 meses	-1.19	Moderadamente Seco
6	dic-87	dic-87	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
7	abr-88	jun-88	-1.53	3 meses	-4.59	Severamente Seco
8	feb-90	mar-90	-1.21	2 meses	-2.42	Moderadamente Seco
9	oct-90	ene-91	-1.18	4 meses	-4.72	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 04 eventos para un SPI a 12 meses, 05 eventos para un SPI a 09 meses, 05 eventos para un SPI a 06 meses y 09 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo no se registró ningún evento extremadamente seco.

Estación EM718

Tabla 54 Sequías Meteorológicas en la estación EM718

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>

1	abr-82	nov-82	-1.27	8 meses	-10.16	Moderadamente Seco
2	mar-85	mar-86	-1.46	13 meses	-18.98	Moderadamente Seco
3	abr-88	ene-89	-1.62	10 meses	-16.2	Severamente Seco
4	feb-90	feb-91	-1.39	13 meses	-18.005	Moderadamente Seco
5	ene-04	sep-04	-1.06	9 meses	-9.54	Moderadamente Seco
6	nov-04	abr-05	-1.39	6 meses	-8.34	Moderadamente Seco
7	dic-05	dic-05	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
8	ene-10	ene-10	-1.37	1 meses	-1.37	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	jun-79	oct-79	-1.99	5 meses	-9.95	Extremadamente Seco
2	feb-82	oct-82	-1.40	9 meses	-12.60	Moderadamente Seco
3	ene-85	nov-85	-1.48	11 meses	-16.28	Moderadamente Seco
4	mar-88	dic-88	-1.63	10 meses	-16.30	Severamente Seco
5	ene-90	nov-90	-1.34	11 meses	-14.74	Moderadamente Seco
6	dic-91	dic-91	-1.11	1 meses	-1.11	Moderadamente Seco
7	nov-95	dic-95	-2.11	2 meses	-4.22	Extremadamente Seco
8	ene-05	ene-05	-1.56	1 meses	-1.56	Severamente Seco
9	mar-88	dic-88	-1.14	10 meses	-11.37	Moderadamente Seco
10	abr-04	sep-04	-1.01	6 meses	-6.06	Moderadamente Seco
11	nov-04	feb-05	-1.55	4 meses	-6.20	Severamente Seco
12	oct-09	dic-09	-1.17	3 meses	-3.51	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	jun-79	ago-79	-1.14	3 meses	-3.42	Moderadamente Seco
2	oct-79	oct-79	-1.23	1 meses	-1.23	Moderadamente Seco
3	feb-82	jul-82	-1.51	6 meses	-9.06	Severamente Seco
4	dic-84	ago-85	-1.41	9 meses	-12.69	Moderadamente Seco
5	nov-85	nov-85	-1.39	1 meses	-1.39	Moderadamente Seco
6	nov-86	nov-86	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
7	feb-88	ago-88	-1.65	7 meses	-11.55	Severamente Seco
8	nov-88	nov-88	-1.74	1 meses	-1.74	Severamente Seco
9	oct-89	oct-89	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco

10	dic-89	jul-90	-1.29	8 meses	-10.32	Moderadamente Seco
11	nov-90	nov-90	-1.39	1 meses	-1.39	Moderadamente Seco
12	oct-94	oct-94	-1.12	1 meses	-1.12	Moderadamente Seco
13	ago-95	sep-95	-1.57	2 meses	-3.14	Severamente Seco
14	sep-96	oct-96	-1.20	2 meses	-2.40	Moderadamente Seco
15	nov-00	nov-00	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
16	oct-01	oct-01	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
17	ene-02	ene-02	-1.36	1 meses	-1.36	Moderadamente Seco
18	oct-03	oct-03	-1.08	1 meses	-1.08	Moderadamente Seco
19	may-04	jun-04	-1.03	2 meses	-2.06	Moderadamente Seco
20	dic-04	feb-05	-1.60	3 meses	-4.80	Severamente Seco
21	jul-09	oct-09	-1.40	4 meses	-5.60	Moderadamente Seco

SPI 03 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	mar-79	may-79	-1.18	3 meses	-3.54	Moderadamente Seco
2	jul-79	jul-79	-1.09	1 meses	-1.09	Moderadamente Seco
3	nov-81	nov-81	-1.11	1 meses	-1.11	Moderadamente Seco
4	feb-82	abr-82	-1.74	3 meses	-5.22	Severamente Seco
5	dic-84	may-85	-1.36	6 meses	-8.16	Moderadamente Seco
6	abr-86	abr-86	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
7	nov-87	dic-87	-1.06	2 meses	-2.12	Moderadamente Seco
8	feb-88	may-88	-1.67	4 meses	-6.68	Severamente Seco
9	nov-88	nov-88	-1.29	1 meses	-1.29	Moderadamente Seco
10	jul-89	jul-89	-1.09	1 meses	-1.09	Moderadamente Seco
11	dic-89	abr-90	-1.26	5 meses	-6.30	Moderadamente Seco
12	nov-90	nov-90	-1.29	1 meses	-1.29	Moderadamente Seco
13	may-95	jul-95	-1.29	3 meses	-3.87	Moderadamente Seco
14	jun-96	jul-96	-1.24	2 meses	-2.48	Moderadamente Seco
15	ene-02	ene-02	-1.27	1 meses	-1.27	Moderadamente Seco
16	may-04	may-04	-1.39	1 meses	-1.39	Moderadamente Seco
17	dic-04	feb-05	-1.72	3 meses	-5.16	Severamente Seco
18	abr-09	jul-09	-1.28	4 meses	-5.12	Moderadamente Seco

En la estación se registraron 08 eventos para un SPI a 12 meses, 12 eventos para un SPI a 09 meses, 21 eventos para un SPI a 06 meses y 18 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca superaron el 16.67% de los registros.

Estación EM723

Tabla 55 Sequías Meteorológicas en la estación EM723

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	oct-85	dic-85	-1.01	3 meses	-3.04	Moderadamente Seco
2	feb-90	ene-91	-1.47	12 meses	-17.60	Moderadamente Seco
3	dic-92	mar-93	-1.21	4 meses	-4.84	Moderadamente Seco
4	sep-93	ene-94	-1.12	5 meses	-5.60	Moderadamente Seco
5	mar-94	mar-94	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
6	ene-97	mar-97	-1.31	3 meses	-3.93	Moderadamente Seco
7	mar-03	feb-04	-2.62	12 meses	-31.44	Extremadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	oct-76	nov-76	-1.39	2 meses	-2.77	Moderadamente Seco
2	dic-81	dic-81	-1.57	1 meses	-1.57	Severamente Seco
3	oct-85	nov-85	-1.24	2 meses	-2.47	Moderadamente Seco
4	oct-88	nov-88	-1.30	2 meses	-2.60	Moderadamente Seco
5	dic-89	sep-90	-1.68	10 meses	-16.75	Severamente Seco
6	oct-92	oct-92	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
7	jun-93	sep-93	-1.04	4 meses	-4.14	Moderadamente Seco
8	dic-93	dic-93	-1.55	1 meses	-1.55	Severamente Seco
9	dic-96	mar-97	-1.33	4 meses	-5.30	Moderadamente Seco
10	ene-02	ene-02	-2.32	1 meses	-2.32	Extremadamente Seco
11	ene-03	dic-03	-2.49	12 meses	-29.88	Extremadamente Seco
12	feb-04	feb-04	-1.24	1 meses	-1.24	Moderadamente Seco

13	dic-04	dic-04	-1.73	1 meses	-1.73	Severamente Seco
----	--------	--------	-------	---------	-------	------------------

SPI 06 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	jul-76	ago-76	-1.30	2 meses	-2.59	Moderadamente Seco
2	oct-79	oct-79	-1.13	1 meses	-1.13	Moderadamente Seco
3	sep-81	oct-81	-1.86	2 meses	-3.71	Severamente Seco
4	jul-85	ago-85	-1.17	2 meses	-2.33	Moderadamente Seco
5	jul-88	ago-88	-1.25	2 meses	-2.50	Moderadamente Seco
6	sep-89	jun-90	-2.01	10 meses	-20.07	Extremadamente Seco
7	dic-90	dic-90	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
8	jun-92	ago-92	-1.20	3 meses	-3.59	Moderadamente Seco
9	may-93	may-93	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
10	sep-93	dic-93	-1.63	4 meses	-6.50	Severamente Seco
11	sep-96	mar-97	-1.36	7 meses	-9.52	Moderadamente Seco
12	oct-01	ene-02	-1.50	4 meses	-6.00	Severamente Seco
13	ene-03	sep-03	-2.48	9 meses	-22.32	Extremadamente Seco
14	feb-04	feb-04	-1.28	1 meses	-1.28	Moderadamente Seco
15	sep-04	sep-04	-1.23	1 meses	-1.23	Moderadamente Seco
16	dic-04	dic-04	-1.85	1 meses	-1.85	Severamente Seco

SPI 03 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	may-76	may-76	-1.56	1 meses	-1.56	Severamente Seco
2	oct-76	oct-76	-1.11	1 meses	-1.11	Moderadamente Seco
3	jul-79	jul-79	-1.38	1 meses	-1.38	Moderadamente Seco
4	jun-81	jul-81	-2.17	2 meses	-4.33	Extremadamente Seco
5	nov-81	nov-81	-1.91	1 meses	-1.91	Severamente Seco
6	jul-82	jul-82	-1.02	1 meses	-1.02	Moderadamente Seco
7	abr-85	may-85	-1.10	2 meses	-2.20	Moderadamente Seco
8	may-88	may-88	-1.56	1 meses	-1.56	Severamente Seco
9	jun-89	mar-90	-1.79	10 meses	-17.90	Severamente Seco
10	may-92	may-92	-1.23	1 meses	-1.23	Moderadamente Seco
11	jul-92	ago-92	-1.31	2 meses	-2.61	Moderadamente Seco
12	jun-93	dic-93	-1.40	7 meses	-9.78	Moderadamente Seco

13	sep-94	oct-94	-1.15	2 meses	-2.30	Moderadamente Seco
14	jul-96	ago-96	-1.91	2 meses	-3.82	Severamente Seco
15	oct-96	oct-96	-1.05	1 meses	-1.05	Moderadamente Seco
16	ene-97	ene-97	-1.37	1 meses	-1.37	Moderadamente Seco
17	sep-00	sep-00	-1.91	1 meses	-1.91	Severamente Seco
18	jul-01	ago-01	-1.28	2 meses	-2.55	Moderadamente Seco
19	oct-01	oct-01	-1.18	1 meses	-1.18	Moderadamente Seco
20	ene-02	ene-02	-2.19	1 meses	-2.19	Extremadamente Seco
21	ene-03	jun-03	-2.53	6 meses	-15.18	Extremadamente Seco
22	feb-04	feb-04	-1.34	1 meses	-1.34	Moderadamente Seco
23	jun-04	jun-04	-1.28	1 meses	-1.28	Moderadamente Seco
24	ago-04	ago-04	-1.38	1 meses	-1.38	Moderadamente Seco
25	dic-04	dic-04	-2.82	1 meses	-2.82	Extremadamente Seco

En la estación se registraron 07 eventos para un SPI a 12 meses, 13 eventos para un SPI a 09 meses, 16 eventos para un SPI a 06 meses y 25 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca superaron el 16.0% de los registros.

Estación EM724

Tabla 56 Sequías Meteorológicas en la estación EM724

SPI 12 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación del Evento</u>
1	abr-77	feb-79	-1.80	23 meses	-41.4	Severamente Seco
2	mar-80	ene-81	-1.44	11 meses	-15.84	Moderadamente Seco
3	mar-82	ago-82	-1.15	6 meses	-6.9	Moderadamente Seco
4	dic-85	feb-87	-2.07	15 meses	-31.05	Extremadamente Seco
5	dic-90	ene-91	-1.07	2 meses	-2.14	Moderadamente Seco
6	mar-97	mar-97	-1.20	1 meses	-1.2	Moderadamente Seco

SPI 09 meses						
<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>

1	mar-77	sep-77	-1.30	7 meses	-9.10	Moderadamente Seco
2	nov-77	nov-77	-1.24	1 meses	-1.24	Moderadamente Seco
3	ene-78	feb-79	-1.95	14 meses	-27.30	Severamente Seco
4	ene-80	oct-80	-1.48	10 meses	-14.83	Moderadamente Seco
5	ene-82	may-82	-1.16	5 meses	-5.80	Moderadamente Seco
6	sep-85	dic-85	-2.10	4 meses	-8.40	Extremadamente Seco
7	feb-86	nov-86	-2.21	10 meses	-22.09	Extremadamente Seco
8	nov-88	dic-88	-1.30	2 meses	-2.60	Moderadamente Seco
9	ene-91	feb-91	-1.20	2 meses	-2.40	Moderadamente Seco
10	dic-96	mar-97	-1.30	4 meses	-5.20	Moderadamente Seco
11	dic-01	feb-02	-1.19	3 meses	-3.57	Moderadamente Seco
12	feb-05	feb-05	-1.01	1 meses	-1.01	Moderadamente Seco
13	dic-05	dic-05	-1.43	1 meses	-1.43	Moderadamente Seco

SPI 06 meses						
Evento	Inicio	Termino	Intensidad	Duración	Magnitud	Clasificación
1	dic-76	ago-77	-1.20	9 meses	-10.77	Moderadamente Seco
2	ene-78	sep-78	-1.93	9 meses	-17.37	Severamente Seco
3	nov-78	feb-79	-1.27	4 meses	-5.08	Moderadamente Seco
4	ene-80	jul-80	-1.51	7 meses	-10.57	Severamente Seco
5	sep-81	nov-81	-1.33	3 meses	-3.99	Moderadamente Seco
6	feb-82	abr-82	-1.14	3 meses	-3.42	Moderadamente Seco
7	jun-82	jun-82	-1.00	1 meses	-1.00	Moderadamente Seco
8	jun-85	nov-85	-2.15	6 meses	-12.90	Extremadamente Seco
9	feb-86	sep-86	-2.14	8 meses	-17.12	Extremadamente Seco
10	dic-87	dic-87	-1.45	1 meses	-1.45	Moderadamente Seco
11	ago-88	ago-88	-1.36	1 meses	-1.36	Moderadamente Seco
12	dic-88	dic-88	-1.67	1 meses	-1.67	Severamente Seco
13	ene-91	feb-91	-1.61	2 meses	-3.22	Severamente Seco
14	sep-96	oct-96	-1.60	2 meses	-3.20	Severamente Seco
15	ene-97	mar-97	-1.14	3 meses	-3.42	Moderadamente Seco
16	sep-01	sep-01	-1.06	1 meses	-1.06	Moderadamente Seco
17	ene-02	feb-02	-1.23	2 meses	-2.46	Moderadamente Seco
18	sep-05	dic-05	-1.33	4 meses	-5.32	Moderadamente Seco

SPI 03 meses

<u>Evento</u>	<u>Inicio</u>	<u>Termino</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Duración</u>	<u>Magnitud</u>	<u>Clasificación</u>
1	oct-76	dic-76	-1.15	3 meses	-3.44	Moderadamente Seco
2	may-77	jul-77	-1.32	3 meses	-3.96	Moderadamente Seco
3	ene-78	may-78	-2.04	5 meses	-10.18	Extremadamente Seco
4	ago-78	ago-78	-1.09	1 meses	-1.09	Moderadamente Seco
5	dic-78	feb-79	-1.17	3 meses	-3.51	Moderadamente Seco
6	ago-79	ago-79	-1.26	1 meses	-1.26	Moderadamente Seco
7	dic-79	abr-80	-1.73	5 meses	-8.65	Severamente Seco
8	sep-80	sep-80	-1.21	1 meses	-1.21	Moderadamente Seco
9	jul-81	jul-81	-1.55	1 meses	-1.55	Severamente Seco
10	sep-81	sep-81	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
11	nov-81	nov-81	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
12	mar-82	abr-82	-1.14	2 meses	-2.28	Moderadamente Seco
13	sep-84	sep-84	-1.03	1 meses	-1.03	Moderadamente Seco
14	abr-85	nov-85	-1.93	8 meses	-15.44	Severamente Seco
15	feb-86	jul-86	-2.01	6 meses	-12.07	Extremadamente Seco
16	nov-87	dic-87	-1.74	2 meses	-3.48	Severamente Seco
17	may-88	may-88	-1.26	1 meses	-1.26	Moderadamente Seco
18	ago-88	ago-88	-1.26	1 meses	-1.26	Moderadamente Seco
19	dic-88	dic-88	-2.12	1 meses	-2.12	Extremadamente Seco
20	may-89	jun-89	-1.66	2 meses	-3.32	Severamente Seco
21	mar-90	mar-90	-1.19	1 meses	-1.19	Moderadamente Seco
22	oct-90	nov-90	-1.16	2 meses	-2.32	Moderadamente Seco
23	ene-91	ene-91	-1.88	1 meses	-1.88	Severamente Seco
24	jul-96	oct-96	-1.47	4 meses	-5.88	Moderadamente Seco
25	feb-97	feb-97	-1.20	1 meses	-1.20	Moderadamente Seco
26	ago-01	oct-01	-1.34	3 meses	-4.02	Moderadamente Seco
27	ene-02	feb-02	-1.06	2 meses	-2.12	Moderadamente Seco
28	feb-05	feb-05	-1.04	1 meses	-1.04	Moderadamente Seco
29	jul-05	sep-05	-1.59	3 meses	-4.77	Severamente Seco

En la estación se registraron 06 eventos para un SPI a 12 meses, 13 eventos para un SPI a 09 meses, 18 eventos para un SPI a 06 meses y 29 eventos para un SPI a 03 meses. En cada una de

las ventanas de tiempo usadas los eventos extremadamente secos nunca superaron el 11.11% de los registros.

El número de eventos de sequías registrados para cada estación se detallan en la Tabla 57 a continuación:

Tabla 57 Número de Eventos de Sequías registradas según el SPI a 12, 09, 06 y 03 meses

Estación	Número de Eventos según:			
	SPI 12 Meses	SPI 09 Meses	SPI 06 Meses	SPI 03 Meses
El Tigre	14	21	25	18
El Salto	12	12	17	18
Pto Pizarro	8	12	17	18
EM700	12	18	22	33
EM701	3	5	13	19
EM702	14	17	25	25
EM704	6	11	18	28
EM705	3	3	7	18
EM706	7	8	12	16
EM708	8	14	20	23
EM709	9	12	18	20
EM711	12	13	23	24
EM713	10	17	24	17
EM714	12	14	16	26
EM715	9	15	20	20
EM716	3	5	5	9
EM718	8	12	21	18
EM720	12	11	18	25
EM722	12	12	13	22
EM723	7	13	18	25
EM724	6	13	18	29

En base a la caracterización de sequías mostradas en los resultados anteriores, se buscó dentro de las series históricas los años más secos dentro de lo que encontramos a los años calendarios

de 1968, 1982, 1978 y 1985. Para cada uno de estos años se elaboró mapas de SPI a 12 meses identificando las zonas de sequías moderadas, severas y extremas dentro de la cuenca, como se muestra en el ANEXO 14.

Para el año de 1968 que es el más severo no se elaboró su mapa debido a que solo se contó con información en la estación El Tigre.

Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. 1. Conclusiones

- Se delimitó y se calculó los principales parámetros de la cuenca Puyango-Tumbes, obteniendo un área de 5405 km², un perímetro de 614 km y los parámetros de forma indican que presentan una forma alargada.
- El BFI, para épocas de estiaje aumenta mientras para épocas de avenidas disminuye, ya que al representar la relación de flujo base entre el flujo total en épocas de estiaje, el caudal es alimentado en su mayoría por el caudal base y pequeñas lluvias, que generan escorrentía en consecuencia el valor del BFI aumenta; caso contrario ocurre en épocas de avenidas donde predomina la escorrentía y el caudal base solo es un factor adicional. Esto también es reflejado en años muy secos o muy húmedos, por ejemplo en la estación El Tigre para los años de 1968 y 1978 el valor del BFI es 0.78 y 0.77, mientras que para los años extremadamente húmedos como son los que presentan Fenómenos del Niño Extraordinarios los valores del BFI del año hidrológico de 1982 y 1998 varían de 0.594 a 0.591.
- En los filtros digitales, el valor de la constante de recesión es un factor importante ya que es indirectamente proporcional al del BFI, ese decir, si el valor de este disminuye el valor del BFI aumenta. Los criterios que varían el valor de la constante de recesión van desde la selección número de días de la recesión, ya que al aumentar este valor aumenta el valor de la constante de recesión; por el valor de la tasa de recesión, ya que una tasa más “lenta”

aumentará el valor de la constante de recesión y hasta llegar al método de análisis como se observa en los resultados el método de curva de recesión maestra (MRC), muestra valores menores al que se encuentran por el método de la curva de recesión individual (IRS).

- Al analizar el filtro de Eckhardt, se incluye un parámetro adicional a la constante de recesión llamado el BFI_{MAX} , que variará según las características litológicas de la cuenca; mas este valor es directamente proporcional al valor del BFI, ya que si este aumenta el valor del BFI también lo hace, por lo que su calibración es de suma importancia. Para la calibración de este valor se usó el registro de conductividad eléctrica de la Estación Caboinga variando del valor del BFI_{MAX} de 0.56, obtenido según características litológicas, a 0.814, obtenido en base a la conductividad. Mostrando así que el método que brinda mejores resultados es el filtro de Eckhardt, si este es correctamente calibrado.
- Los resultados del SPI muestran que las escalas más cortas muestran mayor variabilidad del índice, mientras que las escalas más largas tienen un comportamiento más suavizado. Por ejemplo, si en un período seco se registran dos meses consecutivos con precipitaciones abundantes, los índices en las escalas más cortas pueden tomar valores positivos, mientras que los índices en las escalas más largas continúan reflejando condiciones secas. El análisis con escalas más largas puede evitar la conclusión errónea de que una sequía ha finalizado, cuando en realidad sólo ha ocurrido un período húmedo transitorio.
- Dentro de la cuenca Puyango-Tumbes se pudieron caracterizar las sequías meteorológicas en base a la escala de (McKee, 1993), identificando desde eventos moderadamente secos, severamente secos y extremadamente secos, y para la estación El Tigre en el estudio del SPI la sequía meteorológica más extrema fue dentro del año 1968, la cual es contrastada por los

resultados de la caracterización de la sequías hidrológicas, donde la sequías más duradera es que se presenta en el año de 1968 con una duración de 180 días.

5. 2. Recomendaciones

- Se recomienda usar este trabajo como primer paso para brindar sistemas de alerta temprana en la cuenca Puyango-Tumbes, estableciendo patrones climatológicos para cada uno de los índices estudiados.
- Las limitaciones que tuvo esta investigación están principalmente asociadas la falta de información actualizada, por lo que en la medida que haya más datos e información, de mejor calidad y confiabilidad, así como continuos en el tiempo (sin faltantes), se logrará que la caracterización de sequías se ajuste mejor a la realidad de la cuenca Puyango-Tumbes.
- Sería importante analizar las correlaciones de los índices que se ha obtenido con la humedad de suelo y el índice de vegetación normalizada, discriminado los años muy húmedos y muy secos para sí, de este modo, descartar o incorporar esta nueva variable como factor incidente para la evaluación de sequías.
- Se observa que los índices de sequía obtenidos pueden reflejar condiciones de sequía basadas en variables hidrometeorológicas, más estas no son capaces de cuantificar las pérdidas económicas, por lo que se sugiere la realización de un estudio que abarque los impactos económicos de las sequías en la sociedad.

- Se recomienda el seguir el estudio de este tipo de fenómenos extremos debido al aumento poblacional y al cambio climático que se avecina, por lo que se sugiere tomar como base esta investigación para futuros trabajos o investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. (2005). *Marco Conceptual Y Manejo De Cuencas En El Perú*. Lima: Instituto Nacional De Recursos Naturales.
- ANA. (2012). *Caracterización de la cuenca Tumbes*. Tumbes. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe:8093/la-cuenca/caracterizacion.aspx>
- ANA. (20 de Abril de 2016). ANA. Obtenido de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._098-2016-ana.pdf
- Araoz, E. L. (2002). *SIG DE LA CUENCA DEL RÍO PUYANGO TUMBES PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS*. Piura.
- Ayuga, E. (2008). *Análisis de Conglomerados*. México.
- Barreda, A. (2004). *Técnicas de completado de series y aplicación al estudio de la influencia de la NAO en la distribución de la precipitación en España*. Barcelona.
- Bordi, I. (2014). *Methods for Predicting Drouht Occurrences*. Italia: "La Sapienza".
- Boughton, W. (1993). A hydrograph-based model for estimating water yield of ungauged catchments.
- Brunet-Moret, Y. (1979). Homogénéisation des précipitations. *Série Hydrologie*.
- Chapman and Maxwell, T. (1996). Baseflow Separation - Comparison Of Numerical Methods With Tracer Experiments.
- Chapman, T. (1999). A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation. 13.
- Chow, V. T. (1988). *Hidrología Aplicada*. Universidad de Illinois.
- Eckhardt. (2008). A comparison of baseflow indices, which were calculated with seven different baseflow separation methods.

- Eckhardt, K. (2005). How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrological Processes*, 9.
- Espinoza, J. (2005). *Utilización del vector regional con HYDRACCES*. Lima.
- Furey, P. a. Gupta (2001). A physically based filter for separating base flow from streamflow time series. *Water Resources Research*.
- Gómez, S. (2014). *Aguas subterráneas en zonas de montaña y trazadores ambientales*. . Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander.
- Gonzales, A. (2009). Comparison of different base flow separation methods in a lowland catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14.
- Hayes, M. (2000). *Monitoring Drought Using Standardized Precipitation Index*. Nebraska: Drought Mitigation Center Faculty Publications.
- Hisdal, H. -L. (2009). *Hydrological Drought Characteristics*. Developments in Water Science. Amsterdam
- IAEA. (2010). Isotopic age and composition of streamflow as indicators of groundwater sustainability.
- INGEMMET. (2006). *Estudio Geoambiental de la cuenca del río Puyango - Tumbes*. Lima - Perú.
- Jakeman, A. (1993). How much complexity is warranted in a rainfall-runoff model. *Water Resources Research*.
- Lazarte, E. (2002). *SIG de la cuenca Puyango-Tumbes para la gestion de recursos hídricos*. Piura.
- Longobardi, A. (2014). Chemical streamflow analysis as a support for hydrograph filtering in small size watersheds: the Ciciriello experimental catchment. *Latest Trends in Energy, Environment and Development* , 7.
- Lyne and Hollick, V. (1979). Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling.
- McKee, T. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. *American Meteorological Society*.
- Mishra, A. K. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 15.
- Morera, S. (2017). The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968-2012).
- Paulo, A. (2006). Comparing Drought Indices Applied at Local and Regional Scales. *Water International*.
- PEBPT, P. E. (2001). *Diagnostico De La Gestion De La Oferta De Agua Cuenca Puyango-Tumbes*.
- Piggot. (2005). A revised approach to the UKIH method for the calculation of baseflow.
- Podestá, G. (2015). *Descripción de índices para el monitoreo de sequía meteorológica implementados por el Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur*. Argentina.
- Ramos, M. (2001). Divisive and hierarchical clustering techniques to analyse variability of rainfall distribution patterns in Mediterranean region. *Atmospheric Research*, 15.

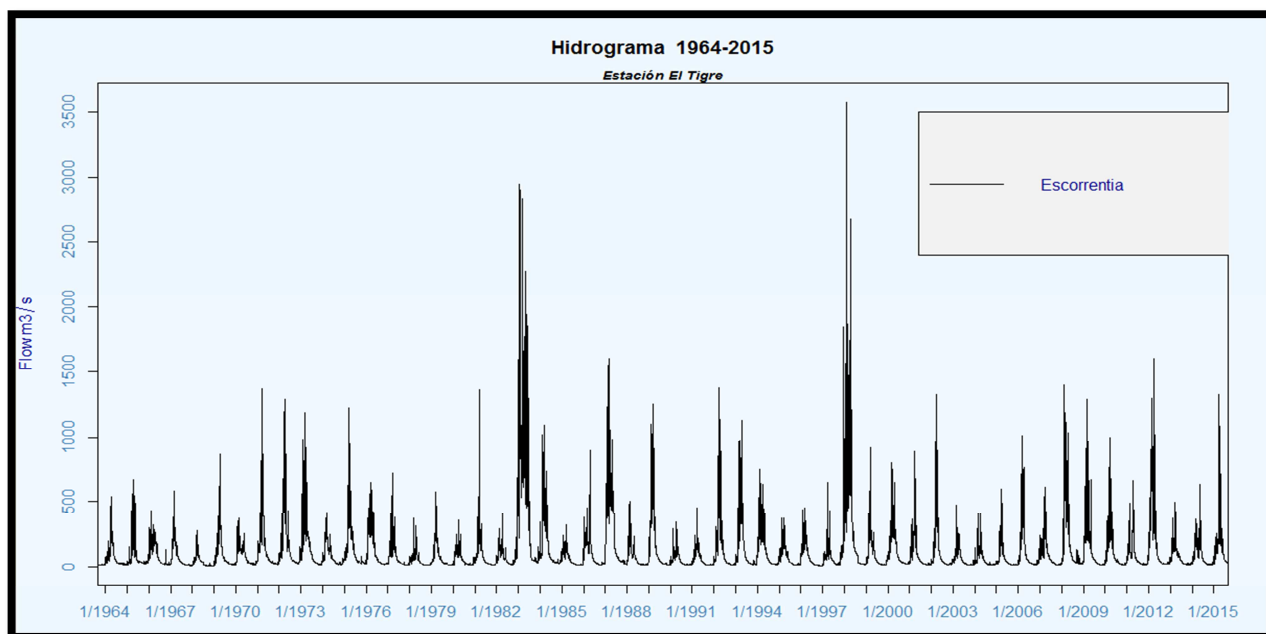
- Rouhani. (2012). *Automated methods for estimating baseflow from streamflow records in a Semi Arid Watershed*.
- Salas, V. M. (2015). Non-Linear Modelling Separation of the Base Flow in Subbasins of Chiapas, Mexico. En *TERRA LATINOAMERICANA* (pág. 14). México.
- Santhi, C. (2008). Regional estimation of base flow for the conterminous United States by hydrologic landscape regions . *Journal of Hydrology*, 14.
- Senamhi. (2014). *Boletín de Sequías a Nivel Nacional* . Lima.
- Senamhi. (2010). *Balance hídrico superficial-Cuenca del Río Chicama*. Lima.
- Sloto, R. (1996). *HYSEP: A Computer Program For Streamflow Hydrograph Separation And Analysis*.
- Smakhtin, V. (2001). Low flow hydrology: a review. *Journal Of Hydrology*. South Africa.
- Stahl, K. (2001). *Hidrological drought - a study across Europe*. *Universidad de Friburgo*. Alemania.
- Stella, J. (2012). Mathematical Model for the Prediction of Recession Curves . *Revista de la Asociación Geológica de Argentina*, 12.
- Stewart, M. (2006). Calibration of Base Flow Separation Methods with Streamflow Conductivity. *GroundWater*, 13.
- TheCometProgram. (2010). *MetED*. Obtenido de https://www.meted.ucar.edu/hydro/basic_int/unit_hydrograph_es/index.htm
- Tularam. (2008). Exponential smoothing method of baseflow separation and its impact on continuous loss estimates. *American Journal of Environmental Sciences*.
- Vicente-Serrano, S. (2012). Análisis Comparativo de Diferentes Índices de Sequía para Aplicaciones Ecológicas, Agrícolas E Hidrológicas . *Institute for Atmospheric and Climate Science*, 12.
- Vilanova, E. (2008). *Guía metodología para la determinación de los caudales ambientales*. Madrid: AMPHOS.
- Villón, M. (2002). *Hidrología* . Costa Rica: Villón.
- WMO, W. M. (1974). *International Glossary of Hydrology*. Geneva: WMO.
- WMO, W. M. (2006). *Vigilancia y Alerta Temprana de la sequía*. Suiza: IYDDE.
- WMO, W. M. (2016). *Handbook of Drought Indicators and Indices*. Geneva: Integrated Drought Management.
- Yevjevich, V. (1971). Probabilities of Observed Droughts. *Colorado State University Hydrology Papers*.

ANEXOS

- ANEXO 1. Mapa de Ubicación Cuenca Puyango-Tumbes
- ANEXO 2. Mapa de Ubicación Estaciones Hidrométricas
- ANEXO 3. Mapa de Ubicación Estaciones Meteorológicas
- ANEXO 4. Hidrogramas de los caudales medidos en las estaciones hidrométricas
- ANEXO 5. Valores de BFI en la Cuenca Puyango-Tumbes Periodo de 1986-1988
- ANEXO 6. Parámetros de la constante de recesión. Estación El Tigre. Periodo 1984-1997
- ANEXO 7. Separación de flujo base en la estación El Tigre Periodo 1964-1981
- ANEXO 8. Separación de flujo base en la estación El Tigre Periodo 1984-1997
- ANEXO 9. Separación de flujo base estación El Tigre Periodo 1999-2015
- ANEXO 10. Mapa de Isoyetas
- ANEXO 11. SPI a 03, 06, 09 y 12 meses en la estación El Tigre Periodo 1963-2015
- ANEXO 12. Valores del flujo base – Estación El Tigre – Periodo 1984-1986
- ANEXO 13. Valores de SPI – Estación El Tigre – Periodo 1964-2015
- ANEXO 14. Mapa de SPI de 12 meses para los años 1982,1978 y 1985.
- ANEXO 15. Mapa de Ubicación de la estación Caboinga dentro de la cuenca Puyango-Tumbes
- ANEXO 16. Mapa de valores promedio de BFI para la cuenca Puyango-Tumbes

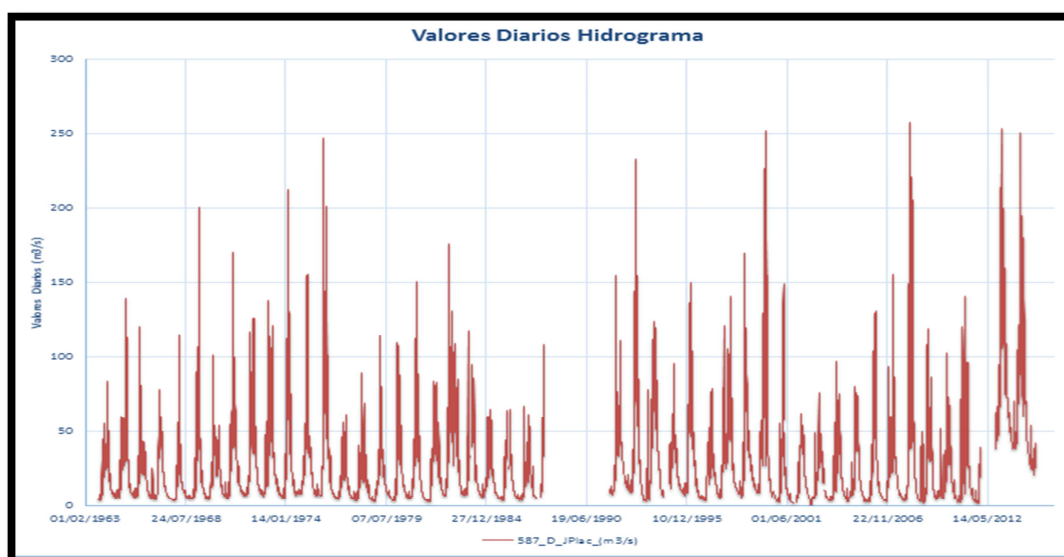
ANEXO 04

ESTACIÓN EL TIGRE



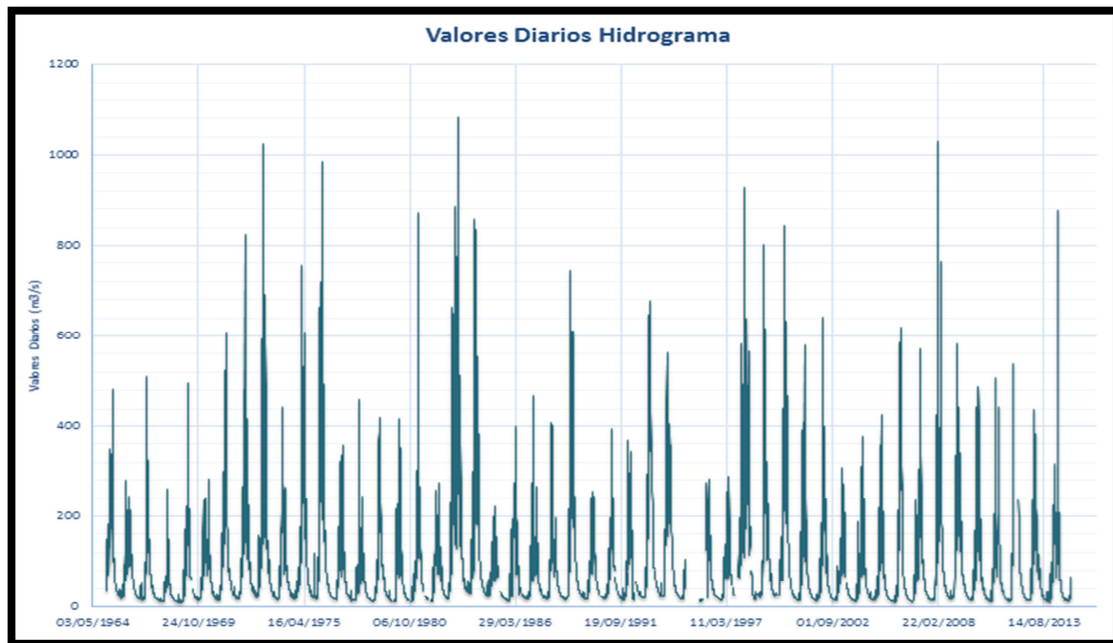
Hidrograma de caudales diarios observados. Estación El Tigre

*ESTACIÓN PINDO AJ AMARILLO (E587)



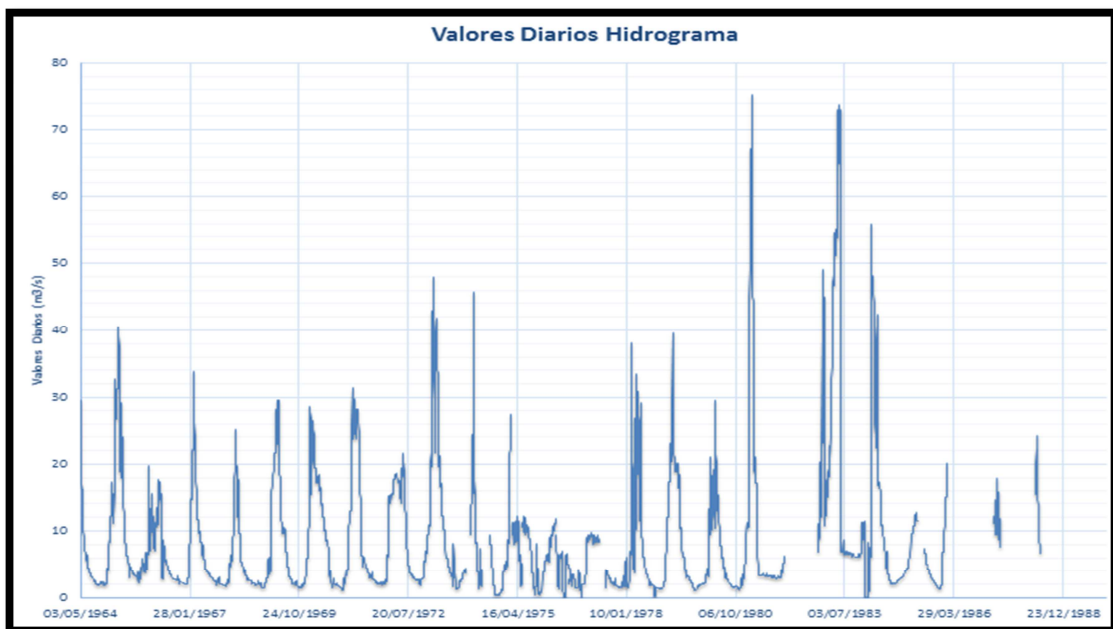
Hidrograma de caudales diarios observados. Estación 587

*ESTACIÓN PUYANGO EN CPTO. MILITAR (E591)



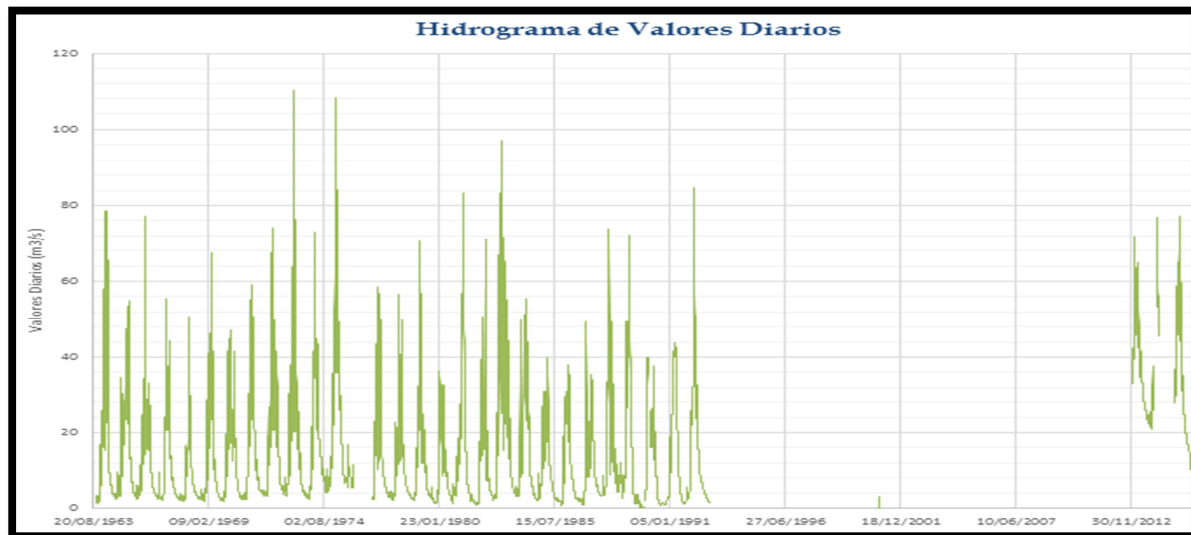
Hidrograma de caudales diarios observados. Estación 591

*ESTACIÓN CALERA AJ AMARILLO (E586)



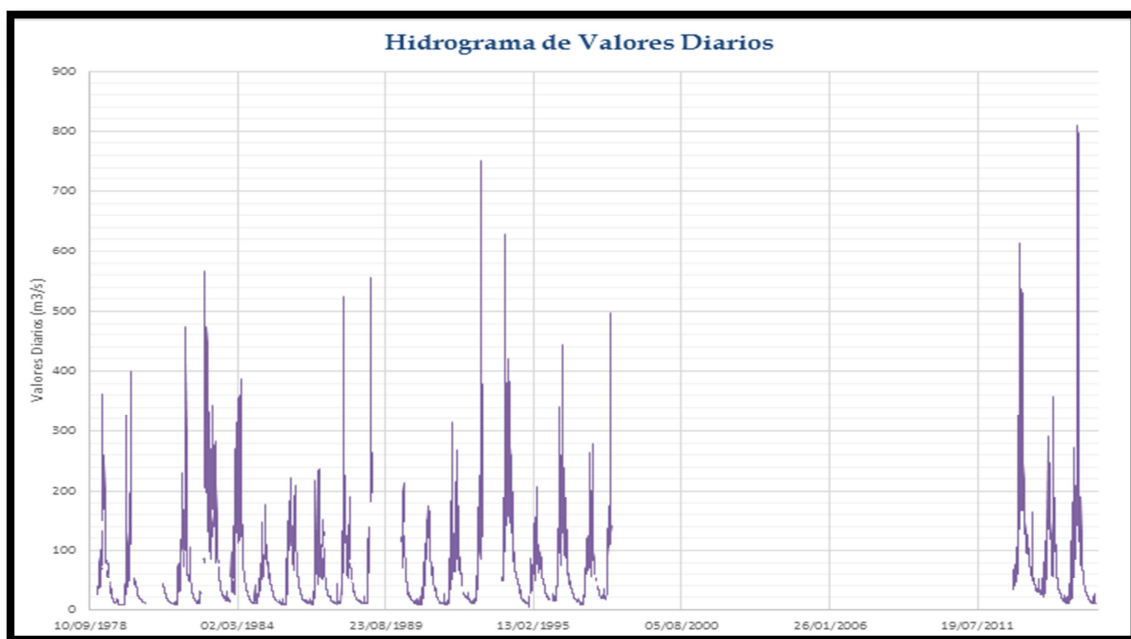
Hidrograma de caudales diarios observados. Estación 586

* ESTACIÓN PUYANGO AJ MARCABELI (E588)



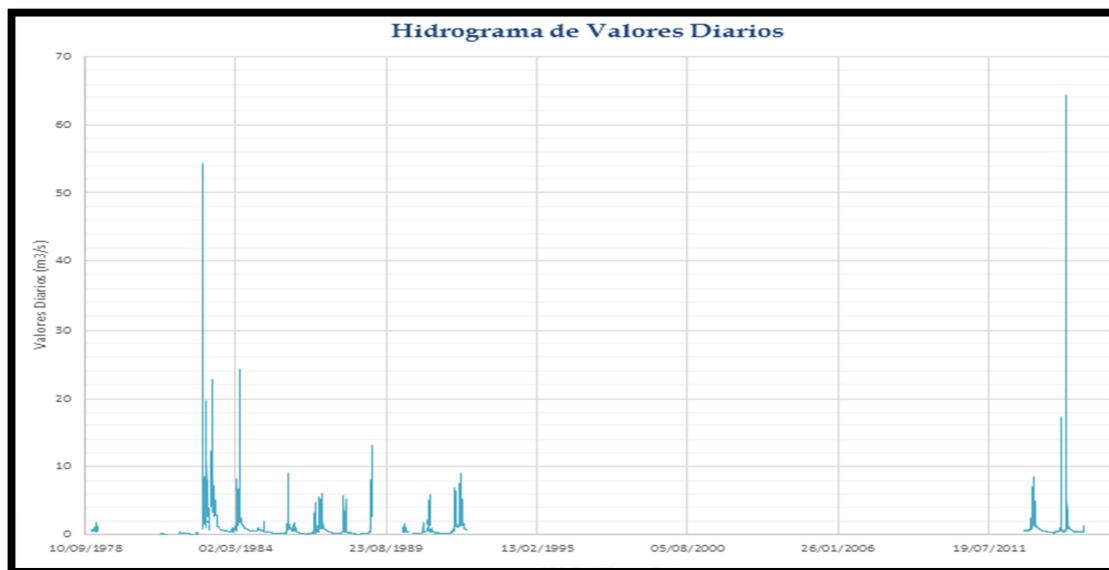
Hidrograma de caudales diarios observados. Estación 588

* ESTACIÓN PUYANGO AJ MARCABELI (E589)



Hidrograma de caudales diarios observados. Estación 589

*ESTACIÓN MARCABELI AJ PUYANGO (E590)



Hidrograma de caudales diarios observados. Estación 590

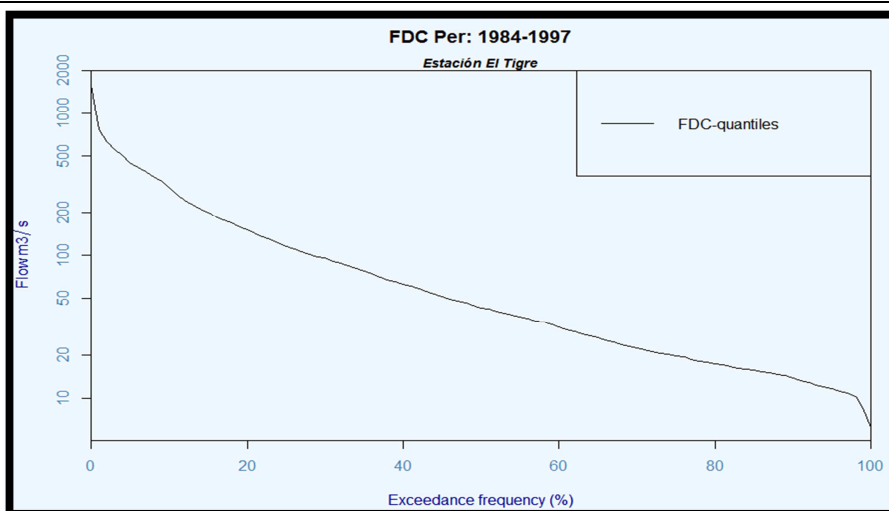
*ESTACIÓN MARCABELI AJ PUYANGO (E592)



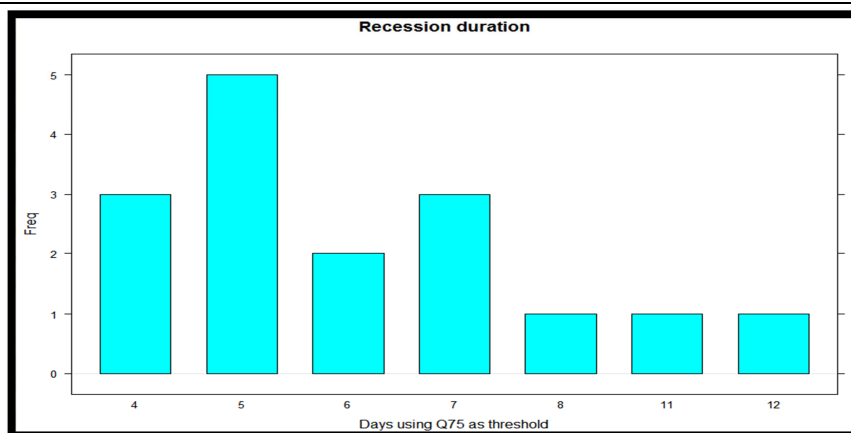
Hidrograma de caudales diarios observados. Estación 592

ANEXO 06. Parámetros de la Constante de Recesión. Periodo 1984-1997. Estación El Tigre

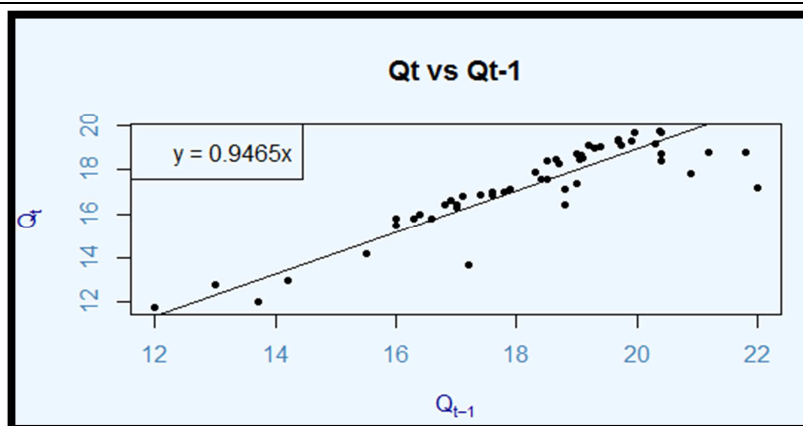
PARÁMETROS DE LA CONSTANTE DE RECESIÓN Estación El Tigre Periodo 1984 - 1997



CURVA DE
PERSISTENCIA
Periodo: 1984-1997
Límite escogido: Q_{75}
Valor: 19.90 m³/s

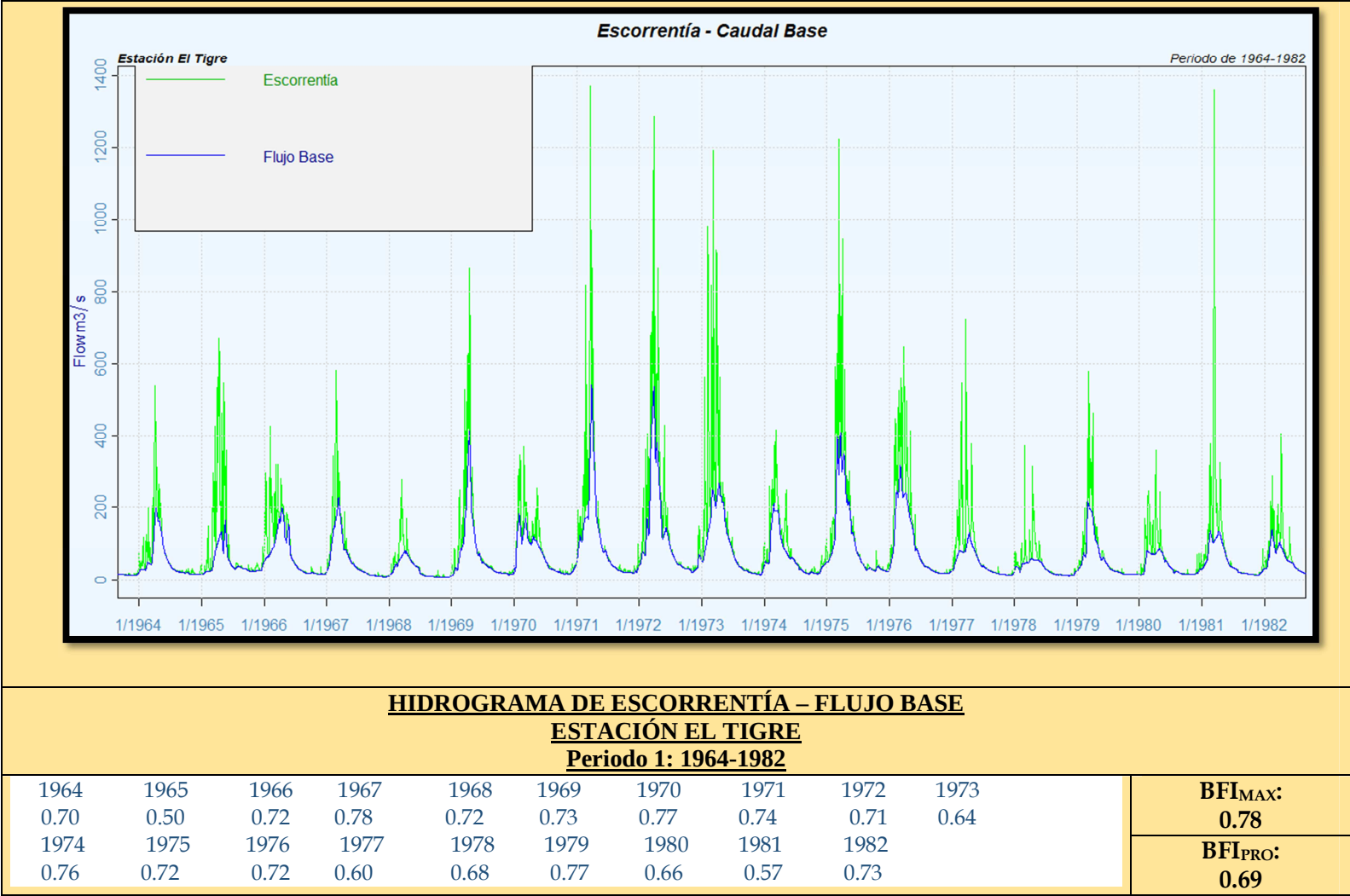


DURACION DE LA
RECESIÓN PARA
UN LIMITE DE Q_{75}
Valor escogido: 5
días.
Periodo: 1984-1997

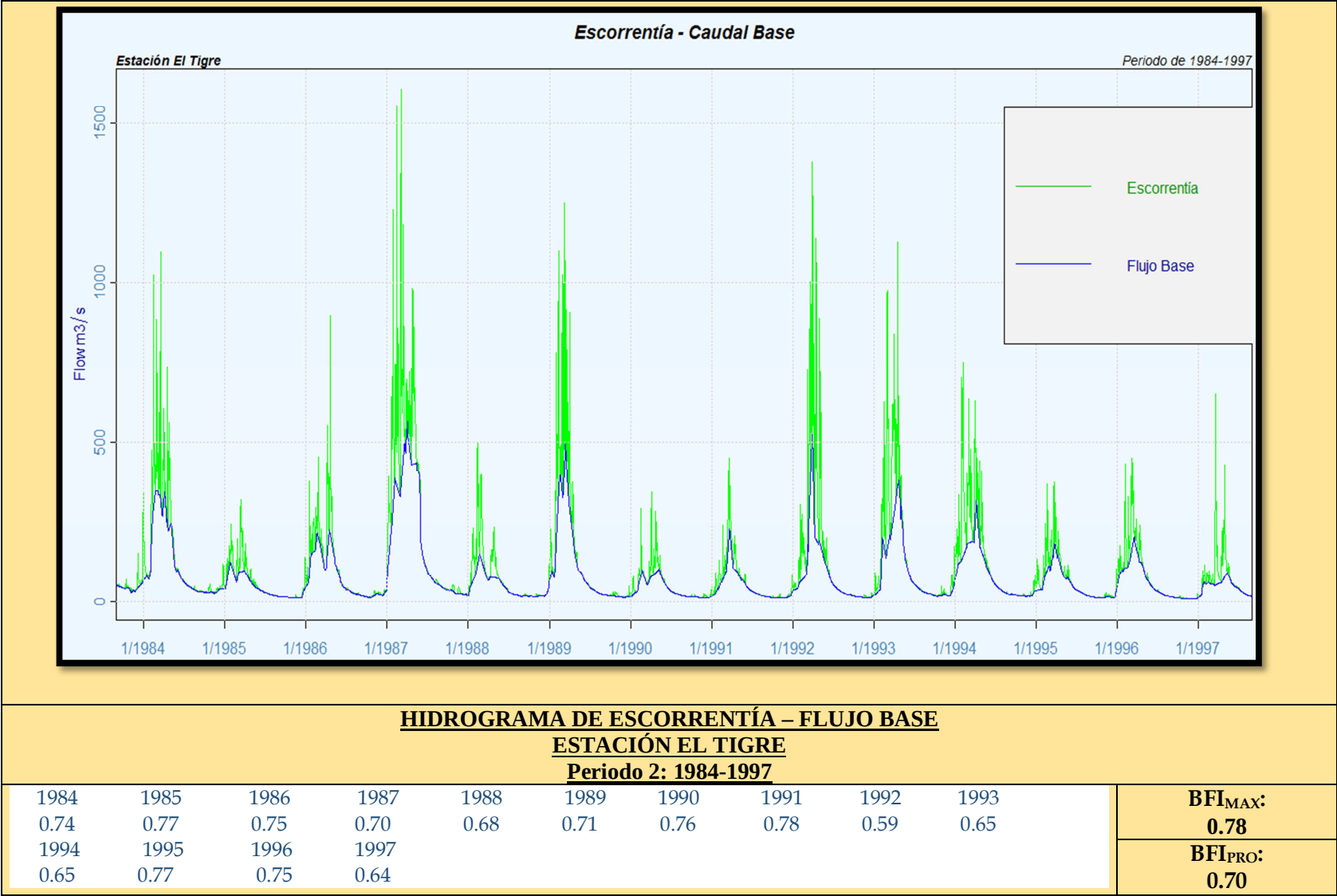


CONSTANTE DE
RECESIÓN
LÍMITE DE Q_{75}
Valor escogido: 5
días.
Periodo: 1984-1997
Constante de
Recesión: 0.9465

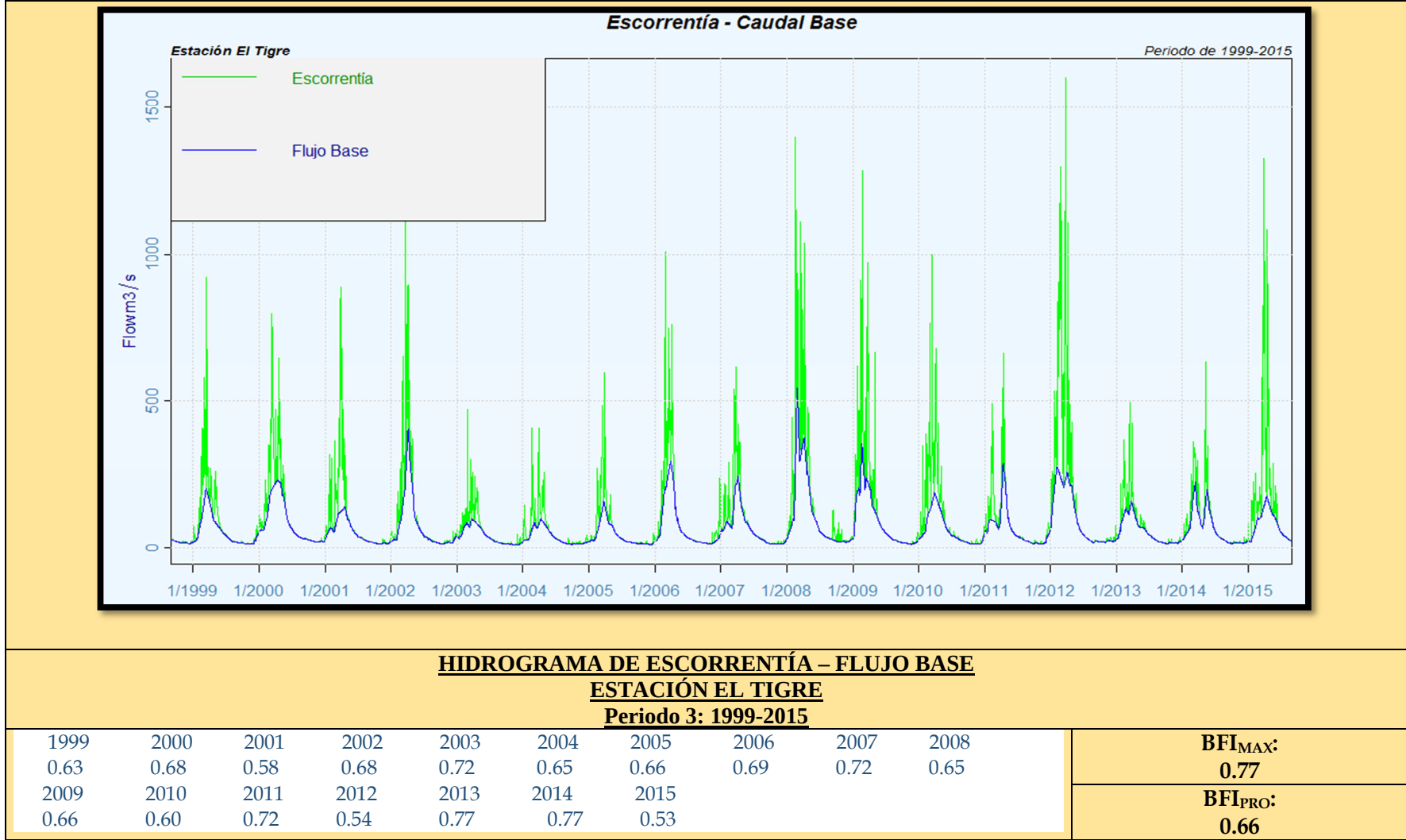
ANEXO 07



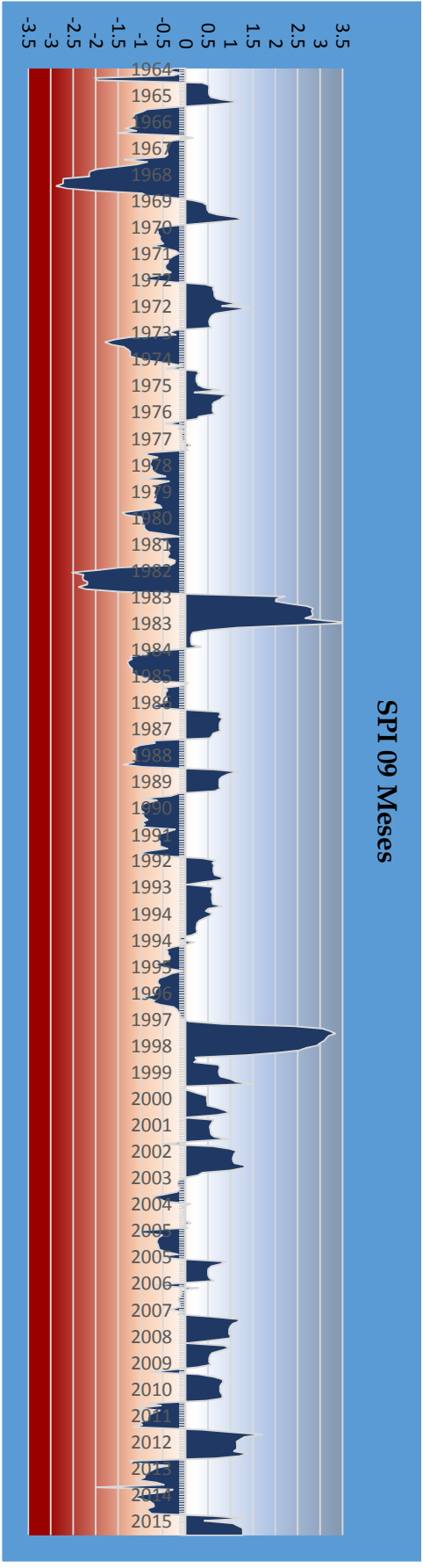
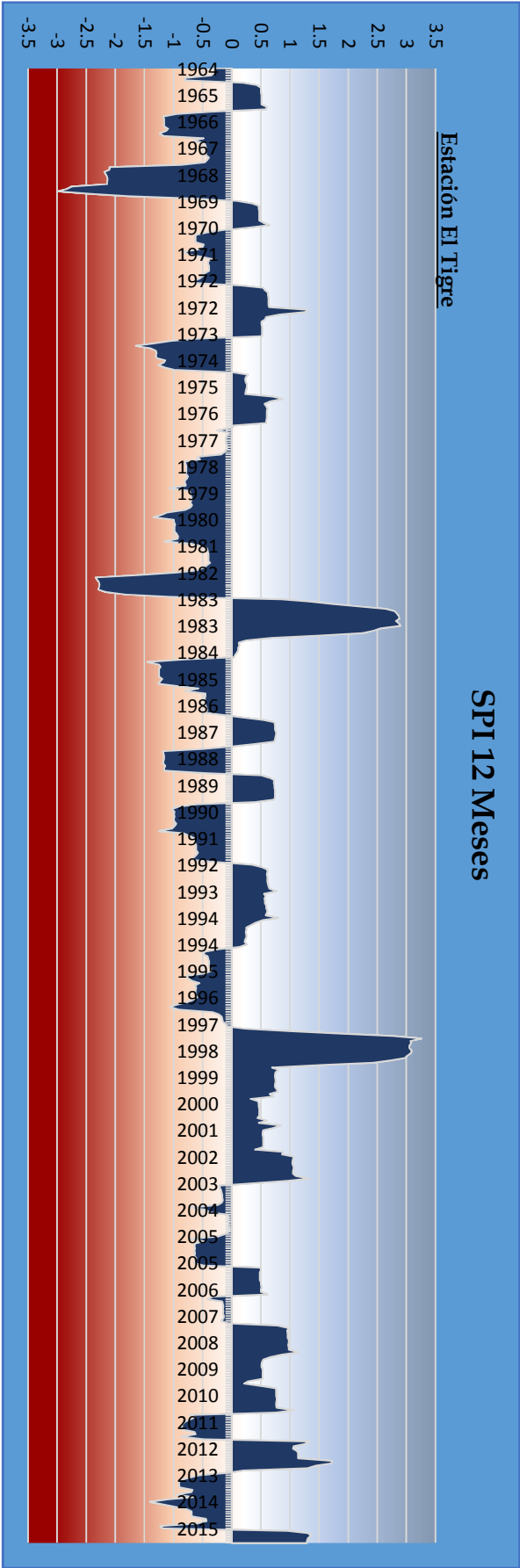
ANEXO 08



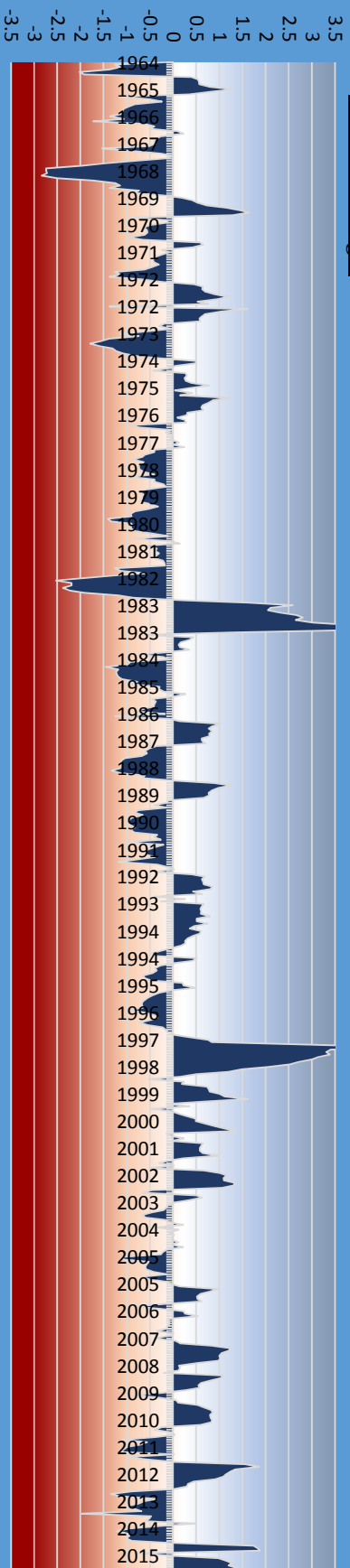
ANEXO 09



ANEXO 11 SPI en la Estación El Tigre 12, 09, 06 y 03 meses



Estación El Tigre



Estación El Tigre

