



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA CIVIL – HIDRÁULICA**

**ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN EL SISTEMA CUTZAMALA**

MODALIDAD DE GRADUACIÓN: TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

**EFRAIN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

TUTOR PRINCIPAL:

DR. CARLOS AGUSTÍN ESCALANTE SANDOVAL (FACULTAD DE INGENIERÍA)

COMITÉ TUTOR

M.I. VÍCTOR FRANCO (INSTITUTO DE INGENIERÍA)

M.I. ALBA BEATRÍZ VÁZQUEZ GONZÁLEZ (FACULTAD DE INGENIERÍA)

DRA. LILIA REYES CHÁVEZ (FACULTAD DE INGENIERÍA)

M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS (FACULTAD DE INGENIERÍA)

Ciudad de México, Agosto 2022



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**

**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.I. FRANCO VICTOR

Secretario: M.I. VÁZQUEZ GONZÁLEZ ALBA BEATRIZ

1er. Vocal: DR. ESCALANTE SANDOVAL CARLOS AGUSTÍN

2do. Vocal: DRA. REYES CHÁVEZ LILIA

3er. Vocal: M.I. MENDOZA ROSAS MARCO TULIO

**LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA TESIS:**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**TUTOR DE TESIS:**

DR. CARLOS AGUSTÍN ESCALANTE SANDOVAL

---

FIRMA

## DEDICATORIA

*A quienes sin escatimar esfuerzo alguno*

*han sacrificado una parte de su vida.*

*Dedicado a las personas que más quiero*

*en esta vida mis padres y hermanos*

*por haberme forjado como la persona que soy.*

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi más sincero y profundo agradecimiento:

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por darme la oportunidad de cursar una Maestría en Ingeniería.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de posgrado.

A mi tutor, Dr. Carlos Agustín Escalante Sandoval, por el tiempo dedicado y los conocimientos brindados. Ha sido un honor y un privilegio ser su alumno.

Agradezco a todos y cada uno de mis maestros por su apoyo, paciencia y dedicación, por las enseñanzas brindadas a lo largo de estos 2 años que estuve en la Maestría.

Por último, pero no por eso menos importante a todos mis familiares y amigos que me apoyaron e hicieron posible que este trabajo se realice con éxito.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	11
<b>OBJETIVO .....</b>	13
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	14
1.1. Hidrología Estocástica .....	14
1.2. Series de Tiempo Hidrológicas .....	15
1.3. Características de las Series De Tiempo .....	16
1.4. Pruebas de Homogeneidad .....	20
1.5. Independencia de Eventos (Anderson).....	23
1.6. Proceso de Normalización de Box – Cox.....	24
<b>2. ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO.....</b>	26
2.1. Modelos Autorregresivos Anual AR (p).....	26
2.2. Modelos Autorregresivo Periódico PAR (p).....	29
2.3. Modelos Autorregresivos de Promedios Móviles.....	31
2.4. Modelo Anual ARMA (p, q) .....	31
2.5. Modelo Periódico PARMA (p, q) .....	33
<b>3. ANÁLISIS DE SEQUÍAS .....</b>	35
3.1. Definición y Causas de las Sequías.....	35
3.2. Clasificación de las Sequías .....	36
3.3. Impacto de las Sequías .....	37
3.4. Índices para la Caracterización de las Sequías .....	39
3.5. Características de la Sequía Meteorológica.....	41
3.6. Cambio Climático.....	41
3.7. Trayectorias de Concentración Representativas RCP .....	42

<b>4. ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>43</b>
4.1. Ubicación de la Cuenca Cutzamala .....	43
4.2. Construcción.....	44
4.3. Caudales Suministrados al Valle de México .....	47
4.4. Almacenamiento en las Presas.....	48
4.5. Características Físicas.....	49
4.6. Estaciones Climatológicas .....	55
<b>5. APLICACIÓN A LA ZONA DE ESTUDIO, CUENCA CUTZAMALA .....</b>	<b>58</b>
5.1. Análisis de la Información Climatológica Disponible .....	58
5.2. Estimación de Datos Faltantes .....	60
5.3. Pruebas de Homogeneidad e Independencia .....	65
5.4. Determinación de Escurrimientos .....	79
5.5. Modelación del Análisis Estocástico .....	89
5.6. Estimación de los Deciles de la Precipitación Anual .....	103
5.7. Caracterización de la Sequía Meteorológica .....	105
5.8. Evaluación de Escenarios de Cambio Climático .....	119
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>127</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>130</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>133</b>

## Índice de Figuras

Figura 4.1.- Ubicación del Sistema Cutzamala .....	43
Figura 4.2.- Etapas de construcción y Elementos del Sistema Cutzamala .....	45
Figura 4.3.- Esquema en perfil del Sistema Cutzamala .....	46
Figura 4.4.- Volúmenes suministrados por el Sistema Cutzamala (2000-2018).....	47
Figura 4.5.- Almacenamientos históricos anuales en las presas (2000 – 2018).....	48
Figura 4.6.- Subcuencas que componen el Sistema Cutzamala. ....	49
Figura 4.7.- Tipos de rocas en el Sistema Cutzamala. ....	50
Figura 4.8.- Tipos de climas en el Sistema Cutzamala. ....	51
Figura 4.9.- Isoyetas en el Sistema Cutzamala.....	52
Figura 4.10.- Distribución Espacial de la lluvia en la cuenca del Sistema Cutzamala.....	52
Figura 4.11.- Distribución Temporal de la lluvia en la cuenca del Sistema Cutzamala.....	53
Figura 4.12.- Uso de Suelo.....	54
Figura 4.13.- Ubicación de Estaciones Climatológicas Arc-Gis 10.5.....	55
Figura 5.1.- Estimación de registros faltantes. Método U.S. National Weather Service. C. Aranda .....	60
Figura 5.2.- Hietograma de precipitación anual sin llenar, estación 15046. ....	64
Figura 5.3.- Hietograma de precipitación anual con datos completos, estación 15046 .....	64
Figura 5.4.- Correlograma de la estación 16097, serie Independiente .....	76
Figura 5.5.- Correlograma de la estación 16098, serie No Independiente .....	76
Figura 5.6.- Correlograma de la estación 16192, serie Independiente .....	77
Figura 5.7.- Correlograma de la estación 16036, serie Independiente .....	77
Figura 5.8.- Correlograma de la estación 15046, Serie Independiente .....	77
Figura 5.9.- Correlograma de la estación 15174, serie Independiente .....	78
Figura 5.10.- Correlograma de la estación 15066, serie No Independiente .....	78
Figura 5.11.- Correlograma de la estación 15133, serie Independiente .....	78
Figura 5.12.- Correlograma de la estación 15199, serie Independiente .....	79
Figura 5.13.- Área de influencia mediante Polígonos de Thiessen, Arc-Gis 10.5 .....	83
Figura 5.14.- Correlograma de la serie de la Cuenca Cutzamala. ....	89
Figura 5.15.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de enero. ....	97
Figura 5.16.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de febrero.....	97

Figura 5.17.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de marzo.....	98
Figura 5.18.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de abril.....	98
Figura 5.19.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de mayo.....	99
Figura 5.20.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de junio.....	99
Figura 5.21.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de julio.....	100
Figura 5.22.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de agosto.....	100
Figura 5.23.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de septiembre.....	101
Figura 5.24.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de octubre.....	101
Figura 5.25.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de noviembre.....	102
Figura 5.26.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de diciembre.....	102
Figura 5.27.- Variación de la precipitación acumulada anual de acuerdo con los escenarios RCP....	125
Figura 5.28.- Decremento del escurrimiento anual para los diferentes escenarios RCP.....	126
Figura 5.29.- Disminución mensual del escurrimiento para los diferentes escenarios RCP.....	126

## Índice de Tablas

Tabla 3.1.- Clasificación de la Intensidad de la Sequía de acuerdo NADM.....	37
Tabla 3.2.- Límites de frecuencia para la clasificación de los deciles de la precipitación.....	40
Tabla 4.1.- Superficie de las subcuenca obtenida usando Arc-Gis.....	49
Tabla 4.2.- Vegetación y Uso de suelo.....	54
Tabla 4.3.- Estaciones Climatológicas instaladas en la cuenca.....	56
Tabla 4.4.- Estaciones Hidrométricas instaladas en la cuenca .....	57
Tabla 5.1.- Datos de las Estaciones Climatológicas con Influencia en la Cuenca.....	58
Tabla 5.2.- Precipitaciones anuales de las 9 estaciones analizadas.....	59
Tabla 5.3.- Matriz de Distancia Euclidianas entre las 9 estaciones.....	61
Tabla 5.4.- Matriz del Inverso de la Distancia Euclidiana al Cuadrado.....	62
Tabla 5.5.- Matriz de Pesos de Influencia de cada una de las estaciones.....	62
Tabla 5.6.- Estimación de los datos de precipitación faltantes de las 9 estaciones analizadas.....	63
Tabla 5.7.- Pruebas de consistencia .....	66
Tabla 5.8.- Resultados de las Pruebas de Homogeneidad e Independencia.....	66
Tabla 5.9.- Clasificación de tipos del suelo y sus características (SEMARNAT, 2002) .....	80
Tabla 5.10.- Valores de k, en función del tipo y uso de suelo (SEMARNAT, 2002).....	81
Tabla 5.11.- Fórmulas para el cálculo de escurrimiento anual (SEMARNAT, 2002) .....	81
Tabla 5.12.- k Ponderado de cada Subcuenta.....	82
Tabla 5.13.- Área de influencia de cada estación en cada subcuenta.....	83
Tabla 5.14.- Calculo de escurrimiento de las subcuenca Tuxpan, El Bosque e Ixtapan del Oro.....	85
Tabla 5.15.- Calculo de escurrimiento de las subcuenca Chilesdo – Colorines, Valle de Bravo y Villa Victoria.....	86
Tabla 5.16.- Serie Histórica Mensual de Precipitación de la cuenca Cutzamala. ....	87
Tabla 5.17.- Serie Histórica Mensual de Escurrimiento de la cuenca Cutzamala.....	88
Tabla 5.19.- Valores promedio de 100 series sintéticas obtenidas con el Modelo PARMA (1, 1) de los datos de precipitación mensual de la cuenca Cutzamala.....	95
Tabla 5.20.- Valores estadísticos promedio de 100 muestras sintéticas generadas de los registros de precipitación mensual de la Cuenca Cutzamala por el Modelo PARMA (1, 1).....	96
Tabla 5.21.- Ocurrencia de lluvia anual dentro un decil de la cuenca Cutzamala.....	103
Tabla 5.22.- Ocurrencia de lluvia anual dentro un decil de la cuenca Cutzamala para una proyección al cambio climático para un RCP 4.5.....	104

Tabla 5.23.- Ocurrencia de lluvia anual dentro un decil de la cuenca Cutzamala para una proyección al cambio climático para un RCP 8.5.....	104
Tabla 5.24.- Caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones normales.....	107
Tabla 5.25.- Serie Sintética No.1 para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones normales.....	108
Tabla 5.26.- Valores de las 100 Series Sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en Condiciones Normales.....	109
Tabla 5.27.- Caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 4.5.....	111
Tabla 5.28.- Serie Sintética No.1 para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 4.5.....	112
Tabla 5.29.- Valores de las 100 Series Sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 4.5.....	113
Tabla 5.30.- Caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 8.5.....	115
Tabla 5.31.- Serie Sintética No.1 para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 8.5.....	116
Tabla 5.32.- Valores de las 100 Series Sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 8.5.....	117
Tabla 5.33.- Proyecciones de los cambios de precipitación para un RCP 4.5 .....	119
Tabla 5.34.- Proyecciones de los cambios de precipitación para un RCP 8.5 .....	119
Tabla 5.35.- Valores de Precipitación considerando la proyección del Cambio Climático, RCP 4.5..	120
Tabla 5.36.- Valores de Precipitación considerando la proyección del Cambio Climático, RCP 8.5..	121
Tabla 5.37.- Valores de Escurrimiento considerando la proyección del Cambio Climático, RCP 4.5.	123
Tabla 5.38.- Valores de Escurrimiento considerando la proyección del Cambio Climático, RCP 8.5.	124

## INTRODUCCIÓN

México es un país de grandes contrastes y carencias respecto al agua. La distribución del recurso hídrico es muy variable regionalmente y se encuentra ligada a la satisfacción de las necesidades sociales más básicas, puesto que la disponibilidad de agua en cantidad y calidad es una condición necesaria para hacer viable el desarrollo social, económico y ambiental de nuestro país.

En el México del siglo XXI el Sistema Cutzamala es a la vez una infraestructura esencial para la vida de millones de personas en dos grandes metrópolis urbanas. El agua que se genera en las subcuencas ubicadas en los estados de México y de Michoacán, proporciona el 24% del agua potable que se suministra a la red de distribución en las zonas metropolitanas del Valle de México (ZMVM) y de Toluca (ZMT), que generan alrededor del 38% del PIB nacional ([Banco Mundial 2019](#)).

En los últimos 30 años el uso del agua dentro y fuera de la cuenca del Sistema Cutzamala se ha incrementado notablemente debido al cambio de uso de suelo y al crecimiento de la población; se estima que para el año 2030 la población aumentará en 4.6 millones en el sur de la Ciudad de México. Por otra parte, se prevé que los impactos negativos del cambio climático incrementen los problemas de cantidad y calidad del agua dulce ([WWAP, 2015](#))<sup>1</sup>.

De acuerdo con la problemática de operación y mantenimiento que presenta la infraestructura del Sistema Cutzamala y el panorama a mediano plazo del abastecimiento de agua potable no son satisfactorio además la importancia ambiental de esta región debería ser prioritaria, particularmente en el caso de servicios hídricos, como por su papel en la mitigación y adaptación de los efectos del cambio climático a través de su cobertura forestal.

---

1.- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (*United Nations World Water Assessment Programme [WWAP]*)

El Sistema Cutzamala presenta una amplia problemática que abarca aspectos ambientales, políticos, sociales, de calidad de agua, etc. La problemática en la que se enfocará este estudio será referente a la cantidad de agua, en específico las aguas superficiales con base en los eventos hidrológicos y que son estudiados por la Hidrología Estocástica.

La simulación estocástica de series de tiempo hidrológicas se ha utilizado ampliamente durante varias décadas para diversos problemas y necesidades relacionados con la planificación y gestión de los recursos hídricos.

La simulación estocástica como el caudal de una corriente, se basa típicamente en modelos matemáticos. Para este propósito, se han sugerido varios modelos estocásticos (Salas, 1993). Usando un tipo de modelo u otro para un caso particular en cuestión depende de varios factores tales como, las características físicas y estadísticas del proceso en consideración, la disponibilidad de datos, la complejidad del sistema y el propósito del estudio de simulación. Los estudios de simulación están relacionados con determinar las estadísticas históricas.

En la literatura existen varios modelos estocásticos que se han utilizado en hidrología, entre los principales tenemos, Modelos Autoregresivos (AR, PAR), Modelos Autoregresivos de Media Móvil (ARMA, PARMA), Modelos Autoregresivos Integrados de Media Móvil (ARIMA), Modelos de Desagregación Temporal y Modelos de Desagregación Espacial.

Estos modelos pueden ser univariados (una serie temporal), multivariados (más de dos series temporales), estacionarios (propiedades estocásticas constantes en el tiempo) y no estacionarios (propiedades estocásticas variables en el tiempo).

Una vez que se ha seleccionado un modelo, el siguiente paso es estimar los parámetros, luego probar si el modelo representa razonablemente bien el proceso bajo consideración, y finalmente para llevar a cabo el estudio de simulación necesario.

## OBJETIVO

El objetivo general de la simulación estocástica de series de tiempo hidrológica es obtener un panorama de la situación actual y una visión a futuro de la disponibilidad hídrica en el Sistema Cutzamala, mediante la aplicación de la Hidrología Estocástica (Modelos de Series de Tiempo) con base a los eventos hidrológicos históricos registrados.

De acuerdo con la disponibilidad hídrica en el Sistema Cutzamala, se podría lograr un equilibrio entre la oferta y demanda del agua en la cuenca para sus diversos usos y reducir la sobreexplotación de esta.

El objetivo anterior se desarrolla en un estudio de análisis de caso que nos permite desarrollar una tesis a partir de un análisis de un evento específico.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Hidrología Estocástica

Muchos de los sistemas de recursos hídricos y ambientales se cuantifican mediante variables que tienen un comportamiento espacial y temporal, que puede ser analizado y sintetizado usando análisis de series temporales y procesos estocásticos.

La Hidrología es la ciencia natural que estudia la ocurrencia, distribución, circulación, cuantificación y la utilidad de los recursos hídricos que están disponibles en la tierra.

La Hidrología Estocástica aplica la teoría de los Procesos Estocásticos con base a una simulación sintética, al estudio de los eventos hidrológicos, tales como las lluvias, los caudales, los niveles de embalse, etc. son eventos estocásticos.

Se caracterizan porque, de un lado tienen un patrón medio de comportamiento a largo plazo, y por el otro el pronóstico de sus magnitudes en un tiempo determinado tiene un mayor o menor grado de incertidumbre. El patrón medio corresponde a lo que se denomina la tendencia general o componente determinística y la incertidumbre constituye la componente aleatoria del evento.

Cuando los estudios hidrológicos definen los caudales de diseño para abastecer un acueducto, o para proteger una zona contra las inundaciones debe tenerse en cuenta que tanto la ocurrencia como las magnitudes de esos caudales son pronósticos hacia el futuro de eventos probables que están sujetos a un grado de incertidumbre.

$$\text{Caudal Real} = \text{Caudal Calculado} +/ - \text{Incertidumbre}$$

La proyección hacia el futuro se basa en la combinación de la estadística y la teoría de la probabilidad. Con la estadística se realiza el análisis de frecuencias de los eventos históricos y se definen los parámetros que determinan el patrón general de comportamiento. Con estos parámetros y con la aplicación de la teoría de la

probabilidad se hace el pronóstico de lo que puede esperarse en el futuro, dentro de cierto nivel de riesgo.

Se realizan pronósticos estocásticos donde habrá una operación y/o planeación de obras hidráulicas, se consideran las regiones y de esta manera se generan secuencias aleatorias de las posibles lluvias que puedan ocurrir durante cierto periodo, las muestras sintéticas pueden ser anuales, mensuales o diarias y se recomienda trabajar con una muestra mínima de 30 años.

## 1.2. Series de Tiempo Hidrológicas

En las últimas décadas los modelos de series de tiempo han tomado mucho auge en aplicaciones de series hidrológicas.

La metodología propuesta por Box y Jenkins en la década de los setenta, para el análisis y modelación de series de tiempo, se ha convertido en una de las herramientas fundamentales para el análisis de series cronológicas, siempre y cuando se tenga con un número grande de registros o datos históricos.

Estos modelos nos permiten hacer estimaciones de la serie, expresando el valor futuro como una combinación lineal de los valores que tomó la serie en instantes precedentes, se ha aplicado con éxito en diversos trabajos para pronósticos de crecidas en ríos y en pronósticos de lluvias.

Uno de los principales problemas de estos modelos deriva que los registros estadísticos de caudales afluentes suelen ser de mala calidad debido a la existencia de períodos de relleno; se utiliza para interpolar los datos faltantes en el registro.

Un punto importante por considerar es que estos modelos, al ser modelos estadísticos, se obtendrá un mejor análisis y modelación mientras más grande sea el registro estadístico disponible para ajustar sus parámetros.

Durante mucho tiempo, la predicción ha sido influenciada por métodos estadísticos lineales como: el modelo autorregresivo (AR), el modelo de media móvil (MA) y los modelos híbridos que derivan de ellos como ARMA (media móvil autorregresivo), ARIMA (Media móvil integrado autorregresiva) y SARIMA (ARIMA estacional).

### 1.3. Características de las Series De Tiempo

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones generadas secuencialmente en el tiempo, usualmente a “intervalos iguales”. Las series de tiempo pueden ser anuales o periódicas (estacionales, mensuales, semanales, diarias u horarias).

Un modelo de serie de tiempo para datos observados  $\{x_t\}$  es una especificación de la distribución conjunta de una sucesión de variables aleatorias  $X_t$  para los cuales  $\{x_t\}$  se postula como una realización, (*J. Brockwell, 2002*).

Las series de tiempo hidrológicas pueden ser univariadas, como la precipitación anual o mensual en una estación de aforos o multivariadas en varias estaciones de aforos.

#### 1.3.1. Características Básicas

Las series univariadas se describen a través de sus características estadísticas como son: la media, desviación estándar, coeficiente de asimetría, coeficiente de curtosis, distribución de probabilidad y la estructura de dependencia en el tiempo (*Salas et al, 1988*).

Las características estadísticas de las series anuales  $x_t, t = 1, 2, \dots, n$  años de registro, son:

- Media

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t \quad (1.1)$$

- Varianza sesgada.

$$S_{sesg}^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2 \quad (1.2)$$

- Variada insesgada.

$$S_{insesg}^2 = \frac{n}{n-1} S_{sesg}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2 \quad (1.3)$$

- Coeficiente de asimetría sesgado.

$$g_{sesg} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^3}{(S_{sesg}^2)^{3/2}} \quad (1.4)$$

- Coeficiente de asimetría insesgado.

$$g_{insesg} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} g_{sesg} \quad (1.5)$$

- Coeficiente de curtosis sesgado.

$$k_{sesg} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^4}{(S_{sesg}^2)^2} \quad (1.6)$$

- Coeficiente de curtosis insesgado.

$$k_{insesg} = \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} k_{sesg} \quad (1.7)$$

- Desviación estándar.

$$S = \sqrt{S^2} \quad (1.8)$$

- Función de autocovarianza lineal. Mide el grado de dependencia lineal de la serie de tiempo.

$$C_k = \frac{n}{n-k} \sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X}), \quad 0 \leq k \leq n \quad (1.9)$$

Donde

$k$ : Tiempo de retraso o distancia entre los pares  $(X_t, X_{t+k})$

- Coeficiente de autocorrelación serial. Medida adimensional de la dependencia lineal se obtiene realizando la división de  $C_k/C_0$ .

$$r_k = \frac{C_k}{C_0} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2} \quad (1.10)$$

Donde  $r_k$  es el estimador del coeficiente de autocorrelación serial potencial  $\rho_k$

### 1.3.2. Características Complejas o Periódicas

En las series periódicas existen correlación serial que es el tiempo, al estandarizar la serie se remueve la periodicidad y las muestras se vuelven aleatorias e independientes.

Sea  $x_{v,\tau}$  una variable aleatoria que pertenece a un subconjunto de periodo y a su vez este pertenece al subconjunto año, las características de cada periodo  $\tau$  se estiman como:

Donde:

- $v$ : Denota el año  $1, 2, \dots, n$  años
- $\tau$ : Denota periodo  $1, 2, \dots, \omega$  periodos en el año
- Media

$$\bar{X}_\tau = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n X_{v,\tau}, \quad \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad (1.11)$$

- Varianza insesgada.

$$S_\tau^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{v=1}^n (X_{v,\tau} - \bar{X}_\tau)^2 \quad (1.12)$$

- Coeficiente de asimetría insesgado.

$$g_\tau = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} g_\tau^{sesg} \quad (1.13)$$

- Coeficiente de curtosis insesgado.

$$k_\tau = \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} k_\tau^{sesg} \quad (1.14)$$

- Coeficiente de autocorrelación serial

$$r_{k,\tau} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n (X_{v,\tau} - \bar{X}_\tau)(X_{v,\tau-k} - \bar{X}_{\tau-k})}{S_\tau S_{\tau-k}} \quad (1.15)$$

Donde:

$r_{k,\tau}$ : Es el estimador del coeficiente de autocorrelación serial poblacional  $\rho_{k,\tau}$

Cuando  $\tau - k < 1$ , se reemplazan los términos de la expresión (1.15) por

$$\frac{1}{n} \text{ por } \frac{1}{n-1}$$

$$v = 1 \text{ por } v = 2$$

$$X_{v,\tau-k} \text{ por } X_{v-1,w+\tau-k}$$

$$X_{\tau-k} \text{ por } X_{w+\tau-k}$$

$$S_{\tau-k} \text{ por } S_{w+\tau-k}$$

## 1.4. Pruebas de Homogeneidad

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, pueden sufrir pérdida de homogeneidad, producto de las actividades humanas y procesos naturales dentro de la cuenca, tales como: deforestación, rectificación de cauces, construcción de embalses, incendios forestales, erupciones volcánicas.

Existen pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie de datos, las cuales presentan una hipótesis nula y una regla para ser aceptada o rechazada.

### 1.4.1. Prueba Estadística de Helmert

Permite comprobar la homogeneidad de los datos mediante un procedimiento sencillo que consiste en ordenar la serie cronológicamente y analizar el signo de las desviaciones respecto a la media de cada dato. Si una desviación de cierto signo es seguida por otra del mismo signo, se forma una secuencia S, en caso contrario se considera un cambio C.

Para comprobar que la serie es homogénea se aplica la siguiente ecuación:

$$-\sqrt{n-1} \leq (S - C) \leq \sqrt{n-1} \quad (1.21)$$

### 1.4.2. Prueba Estadística T de Student

Cuando la causa probable de la pérdida de homogeneidad de la serie sea un cambio abrupto en la media, esta prueba es muy útil.

Si se considera una serie de tamaño “ $n$ ” la cual se divide en dos conjuntos de tamaño  $n_1 = n_2 = \frac{n}{2}$  entonces, el estadístico de prueba se define con la expresión:

$$Td = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\left[ \frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}} \quad (1.22)$$

Donde:

- $\bar{X}_1, S_1^2$ : Media y Varianza de la primera parte del registro,  $n1$ .
- $\bar{X}_2, S_2^2$ : Media y Varianza de la segunda parte del registro,  $n2$ .

El valor absoluto de  $t_d$  se compara el valor de la distribución T de Student de dos colas, y con  $u = n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad para un nivel de  $\alpha = 0.05$ .

Si y solo si, el valor absoluto de  $t_d$  es mayor que el de la distribución T de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie se considera No Homogénea.

#### 1.4.3. Prueba Estadística de Cramer

Esta prueba se utiliza con el fin de verificar la homogeneidad del registro en estudio y también para determinar si el valor medio no varía significativamente de un periodo de tiempo a otro.

Con este propósito se consideran tres bloques, el primero de tamaño total de la muestra  $n$ , el segundo de tamaño  $n_{60}$  (60% de los últimos valores de la muestra  $n$ ) y el tercero de tamaño  $n_{30}$  (30% de los últimos valores de la muestra  $n$ ).

La prueba compara el valor  $\bar{x}$  con cada una de las medias de los bloques  $\bar{x}_{60}$  y  $\bar{x}_{30}$ . Para que la serie se considere estacionaria en la media, se deberá cumplir que no existe una diferencia significativa entre las medias de los bloques.

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^j}{n}, \text{ para una sola muestra analizada } j = 1 \quad (1.23)$$

$$S_x = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad (1.24)$$

$$\bar{X}_{60} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n_{60}} \quad (1.25)$$

$$\bar{X}_{30} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n_{30}} \quad (1.26)$$

$$\tau_{60} = \frac{\bar{X}_{60} - \bar{X}}{S_x} \quad (1.27)$$

$$\tau_{30} = \frac{\bar{X}_{30} - \bar{X}}{S_x} \quad (1.28)$$

$$\tau_w = \left[ \frac{n_w(n-2)}{n - n_w(1 + (\tau_w)^2)} \right]^{1/2} \quad |\tau_w| \text{ para } w = 60 \text{ y } 30 \quad (1.29)$$

El estadístico  $\tau_w$  tiene distribución T de Student de dos colas con  $v_1 = n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad y  $\alpha = 0.05$ .

Si y solo si, el valor absoluto de  $\tau_w$  para  $w = 60$  y  $30$  es mayor que el de la distribución T de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie  $x$  se considera No Homogénea.

### 1.5. Independencia de Eventos (Anderson)

La prueba de independencia de Anderson (*Salas et al, 1988*) hace uso del coeficiente de autocorrelación serial  $r_k^j$  para diferentes tiempos de retraso  $k$ . En el caso de analizar un solo registro, entonces  $j = 1$ .

La expresión para obtener el coeficiente de autocorrelación serial de retraso  $k$  se determina con la siguiente expresión.

$$r_k^j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j-k} (Q_i^j - \bar{Q}^j) \cdot (Q_{i+k}^j - \bar{Q}^j)}{\sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2} \quad (1.30)$$

$$\text{Para } r_0^j = 1 \text{ y } k = 1, 2, 3, \dots, \frac{n_j}{3}$$

Donde

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j} \quad (1.31)$$

Además, los límites al 95% de confianza para  $r_k^j$  se obtiene de la siguiente expresión.

$$r_k^j (95\%) = \frac{-1 \pm 1.96 \sqrt{n_j - k - 1}}{n_j - k} \quad (1.32)$$

La gráfica de los valores estimados para  $r_k^j$  (ordenadas) contra los tiempos de retraso  $k$  (abscisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se denomina correlograma de la muestra.

Si no más de un 10% de los valores  $r_k^j$  sobrepasan los límites de confianza, se dice que la serie  $Q_i^j$  es independiente y, por lo tanto, es una variable que sigue las leyes de la probabilidad.

### 1.6. Proceso de Normalización de Box – Cox

Esta técnica emplea el uso de una transformación normalizante para la estimación de eventos hidrológicos  $\hat{Q}_T$  en una estación de aforos con registros  $Q_i = 1, 2, \dots, n$  (*Chander et al. 1978*), de la forma.

$$X_i = \frac{(Q_i)^\lambda - 1}{\lambda} \quad \lambda \neq 0, \quad Q_i > 0 \quad (1.33)$$

$$X_i = \ln Q_i \quad \lambda = 0, \quad Q_i > 0 \quad (1.34)$$

Los eventos  $\hat{Q}_T$  se determinan por la expresión.

$$\hat{X}_T = \hat{\mu}_x + \hat{\sigma}_x \hat{U}_T \quad (1.35)$$

$$\hat{Q}_T = (1 + \lambda \hat{X}_T)^{1/\lambda} \quad (1.36)$$

Desarrollando este criterio de manera regional para varias series de una región homogéneas e independientes, se aplica el siguiente procedimiento:

1. Para cada una de las series  $Q_i^j$  se obtiene el valor de la transformación normalizante  $\hat{\lambda}_j$ .
2. Debido a la variabilidad del coeficiente  $\hat{\lambda}_j$  se obtiene un valor regional  $\hat{\lambda}_r$ .

$$\hat{\lambda}_r = \bar{\lambda} = \frac{1}{ms} \sum_{i=1}^{ms} \hat{\lambda}_j \quad (1.37)$$

3. Se generan las series  $X_i^j, i = 1, 2, \dots, n_j ; j = 1, 2, \dots, ms$

$$X_i^j = \frac{(Q_i^j)^{\hat{\lambda}_r} - 1}{\hat{\lambda}_r} \quad \hat{\lambda}_r \neq 0 \quad (1.38)$$

$$X_i^j = \ln Q_i^j \quad \hat{\lambda}_r = 0 \quad (1.39)$$

4. Para cada una de las series  $X_i^j$  se obtiene  $\hat{\mu}_x^j$  y  $\hat{\sigma}_x^j$  con las expresiones de la distribución normal (media, varianza insesgada y desviación estándar).
5. Se calculan los eventos  $\hat{Q}_T^j$  con las siguientes expresiones.

$$\hat{X}_T^j = \hat{\mu}_x^j + \hat{\sigma}_x^j U_T \quad (1.40)$$

$$\hat{Q}_T^j = (1 + \hat{\lambda}_r \hat{X}_T^j)^{1/\hat{\lambda}_r} \quad \hat{\lambda}_r \neq 0 \quad (1.41)$$

$$\hat{Q}_T^j = \exp(\hat{X}_T^j) \quad \hat{\lambda}_r = 0 \quad (1.42)$$

Donde  $U_T$  es la variable normal estándar  $N(0,1)$ .

## 2. ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

### 2.1. Modelos Autorregresivos Anual AR (p)

Deriva de la metodología propuesta por Box y Jenkins (1970), evalúan las características de cada uno con el objeto de determinar cuál es el más apto para su aplicación a series hidrológicas.

En un modelo de series de tiempo autorregresivo de orden  $p$ , el valor real observado de una serie  $Z_t$  en el instante  $t$  es expresado como una combinación lineal de los  $p$  valores previos del proceso, más un ruido blanco, conocido como innovación y que estructura al modelo como un modelo estocástico.

Un modelo autorregresivo consta de dos componentes, una determinística, construida como una combinación lineal de los valores pasados de la serie, y una estocástica, determinada por la innovación o ruido  $\varepsilon_t$ .

Estos modelos de series de tiempo se ajustan en general a series con valor esperado nulo.

La forma general del modelo es:

$$Z_t = \sum_{j=1}^p \phi_j Z_{t-j} + \varepsilon_t = \sum_{j=1}^p \phi_j Z_{t-j} + \sigma_\varepsilon \xi_t \quad (2.1)$$

Donde:

- $p$ : Orden del modelo autorregresivo
- $Z_t$ : Variable estandarizada, con  $E[Z_t] = \mu$  y  $Var(Z_t) = \sigma^2$
- $\varepsilon_t$ : Serie de residuales que es independiente de  $Z_t$ , con  $E[\varepsilon_t] = 0$  y  $Var(\varepsilon_t) = \sigma_\varepsilon^2$
- $\sigma_\varepsilon$ : Desviación estándar de la serie de residuales  $\varepsilon_t$
- $\xi_t$ : Serie con distribución Normal Estándar  $E[\xi_t] = 0$  y  $Var(\xi_t) = 1$

Las varianzas  $\sigma^2$  y  $\sigma_\varepsilon^2$  se relacionan como:

$$\sigma_\varepsilon^2 = \sigma^2 (1 - \sum_{j=1}^p \phi_j \rho_j) \quad (2.2)$$

Donde

- $\phi_j$ : Coeficiente autorregresivo
- $\rho_j$ : Coeficiente de autocorrelación serial de la variable  $Y_t$ .

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} + \cdots + \phi_p \rho_{k-p} = \sum_{j=1}^p \phi_j \rho_{|k-j|}, \quad k > 0 \quad (2.3)$$

Los parámetros  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  se estiman al resolver el sistema de  $p$  ecuaciones no lineales, donde los coeficientes  $\rho_j$  se sustituyen por los estimadores  $r_k$  de la expresión de Coeficiente de Autocorrelación Serial (1.10) y los parámetros  $\phi_j$  se reemplazan por  $\hat{\phi}_j$ .

$$r_k = \hat{\phi}_1 r_{k-1} + \hat{\phi}_2 r_{k-2} + \cdots + \hat{\phi}_p r_{k-p}, \quad k > 0 \quad (2.4)$$

Los parámetros  $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  de la forma general del modelo (Box y Jenkins, 1970) deben cumplir las condiciones de estacionariedad, es decir, si las raíces de la ecuación característica  $U^p - \phi_1 U^{p-1} - \phi_2 U^{p-2} - \cdots - \phi_p = 0$  se ubican dentro del círculo unitario (Yevjevich, 1972).

La serie  $\xi_t$  con distribución Normal Estándar se obtiene a través del procedimiento propuesto por Box y Müller (1958), el cual consiste en proponer números,  $U_1$  y  $U_2$  con distribución uniforme en el intervalo (0,1) y sustituirlos en las expresiones:

### Series Sintéticas

$$\xi_1 = \left[ 2 \ln \left( \frac{1}{U_1} \right) \right]^{1/2} \cos (2\pi U_2) \quad (2.5)$$

$$\xi_2 = \left[ 2 \ln \left( \frac{1}{U_1} \right) \right]^{1/2} \sin (2\pi U_2) \quad (2.6)$$

De esta manera se calcula números aleatorios con distribución Normal estándar por parejas y se deberá realizar tantas veces como el tamaño de muestra deseado para el objetivo de generar muestras sintéticas.

Una vez obtenido los parámetros del modelo y se ha aprobado que cumplen las condiciones de la ecuación  $U^p - \phi_1 U^{p-1} - \phi_2 U^{p-2} - \dots - \phi_p = 0$  se debe verificar que la serie de residuales  $\varepsilon_t$  tenga una distribución Normal y sea independiente.

### Serie Residual

$$\varepsilon_t = Z_t - \sum_{j=1}^p \phi_j Z_{t-j}, \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (2.7)$$

La normalidad se verifica considerando que el coeficiente de asimetría de los residuales  $g_\varepsilon \approx 0$ .

La independencia se comprueba a través de la prueba de Anderson (Prueba de independencia de eventos) o empleando la prueba de Porte Manteau (*Salas et al, 1988*), la cual utiliza la expresión del estadístico.

$$Q = n \sum_{k=1}^L r_k^2 (\varepsilon) \quad (2.8)$$

Donde:

- $r_k^2(\varepsilon)$ : Es el correograma obtenido al aplicar la expresión  $r_k$ : Coeficiente de Autocorrelación serial a la serie de residuales  $\varepsilon_t$ .
- $L$ : Es el máximo retraso considerado,  $L \approx 0.30n$ .

El estadístico  $Q$  esta distribuido en forma Chi – cuadrada con  $L - P$  grados de libertad. Si para cierto nivel de confianza  $Q < X_{(L-P)}^2$ , entonces  $\varepsilon_t$  es independiente y el modelo adecuado.

Para seleccionar el mejor modelo que describe el comportamiento de la serie de tiempo se utiliza de información de Akaike Corregido (*Hurvich y Tsai, 1989*). La mejor opción será la que proporcione el valor mínimo de AICC.

$$AICC(p) = n \ln(\sigma_{\varepsilon}^2) + \frac{2(k+1)n}{n-k-2} \quad (2.9)$$

Donde  $n$  es el tamaño de la muestra usada para el ajuste,  $k$  número de parámetros y  $\sigma_{\varepsilon}^2$  es la máxima estimación de probabilidad de la varianza residual.

## 2.2. Modelos Autorregresivo Periódico PAR (p)

La forma general del modelo es la siguiente manera (*Salas et al, 1988*).

$$Z_{v,\tau} = \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1} + \cdots + \phi_{p,\tau} Z_{v,\tau-p} + \sigma_{\varepsilon\tau} \xi_{v,\tau} \quad (2.10)$$

Donde:

- $p$ : Orden del modelo autorregresivo periódico
- $\sigma_{\varepsilon\tau}$ : Desviación estándar de la serie de residuales  $\varepsilon_{v,\tau}$
- $\xi_{v,\tau}$ : Serie con distribución Normal Estándar  $E[\xi_{v,\tau}] = 0$  y  $Var(\xi_{v,\tau}) = 1$
- $Z_{v,\tau}$ : Serie Estandarizada con base a las siguientes ecuaciones y  $E[Z_{v,\tau}] = 0$  y  $Var(Z_{v,\tau}) = 1$

$$Z_{v,\tau} = \frac{Y_{v,\tau} - \mu_{\tau}}{\sigma_{\tau}} \quad (2.11)$$

$$\mu_{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n Y_{v,\tau}, \quad \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad (2.12)$$

$$\sigma_{\tau} = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{v=1}^n (Y_{v,\tau} - \mu_{\tau})^2 \right]^{1/2} \quad (2.13)$$

Donde

- $Y_{v,\tau}$ : Registro normalizado de la serie  $X_{v,\tau}$  para  $v = 1, 2, \dots, n$  años
- $\tau = 1, 2, \dots, \omega$ : Periodos

- $E[Y_{v,\tau}] = \mu$  y  $Var(Y_{v,\tau}) = \sigma_\tau^2$

La varianza de los residuales se puede obtener con la siguiente expresión (Salas et al, 1988).

$$\sigma_{\varepsilon\tau}^2 = 1 - \sum_{j=1}^p \phi_{j,\tau} \rho_{j,\tau} \quad (2.14)$$

Donde

- $\phi_{j,\tau}$ : Coeficiente auto regresivo periódico
- $\rho_{j,\tau}$ : Coeficiente de autocorrelación serial de la variable  $Y_{v,\tau}$ .

$$\rho_{k,\tau} = \sum_{j=1}^p \phi_{j,\tau} \rho_{|k,j|,\tau-l_j}, \quad k > 0 \quad (2.15)$$

Donde  $l_j = \min(k,j)$  y  $\rho_{k,\tau} = 1$

La expresión anterior (coeficiente de autocorrelación serial) se utiliza para determinar los parámetros de los modelos periódicos, al sustituir los coeficientes  $\rho_{k,\tau}$  por los estimadores  $r_{k,\tau}$  de la expresión de estimador del coeficiente de autocorrelación serial poblacional.

Usualmente, las condiciones que deben cumplir los parámetros periódicos  $\phi_{j,\tau}$  no son sencillos de derivar, aunque se pueden utilizar como una aproximación a las condiciones derivadas de la ecuación  $U^p - \phi_1 U^{p-1} - \phi_2 U^{p-2} - \dots - \phi_p = 0$  para cada periodo  $\tau$ .

Las series  $\xi_{v,\tau}$  se generan para cada periodo  $\tau$  con las expresiones (2.5) y (2.6).

Verificar que las series de residuales  $\varepsilon_t$  tengan una distribución Normal y sean independientes.

$$\varepsilon_{v,\tau} = Z_{v,\tau} - \sum_{j=1}^p \phi_{j,\tau} Z_{v,\tau-j} \quad v = 1, 2, \dots, n; \tau = 1, 2, \dots, \omega \quad (2.16)$$

### 2.3. Modelos Autorregresivos de Promedios Móviles

Un modelo autorregresivo consta de dos componentes, una determinística, construida como una combinación lineal de los valores pasados recientes de la serie, y una estocástica, determinada por la innovación.

Un proceso estocástico estacionario  $z_t$  sigue un modelo autorregresivo – media móvil de orden  $(p, q)$ , si y solo si.

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \cdots + \phi_p z_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \cdots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.17)$$

Los modelos de series de tiempo se ajustan en general a series con valor esperado nulo.

### 2.4. Modelo Anual ARMA (p, q)

El modelo ARMA (p, q) se puede expresar como:

$$z_t = \sum_{j=1}^p \phi_j z_{t-j} + \varepsilon_t - \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} \quad (2.18)$$

Donde  $z_t$  representa el proceso del caudal para el año  $t$ ,  $\phi_j$  son los parámetros autoregresivos,  $\theta_i$  la media móvil de los parámetros y  $(p, q)$  definen el orden del modelo ARMA (1,0), ARMA (1,1) y ARMA (2,1).

El signo menos delante de la componente de medias móviles es sólo cuestión de convención, pues los coeficientes  $\theta_i$  pueden tomar valores negativos.

El método de momentos se puede utilizar en la estimación de parámetros de ARMA (p, q).

- ARMA (1,1)

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (2.19)$$

- Residuales

$$\varepsilon_t = z_t - \phi_1 z_{t-1} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (2.20)$$

Recuérdese que una de las principales características de las series de tiempo hidrológicas es que son no estacionarias y muestran periodicidad de sus estadísticas dentro del año.

### Estimación de parámetros

Los estimadores de las matrices de los parámetros se obtiene con las siguientes expresiones:

Varianza de los residuales

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{C_0}{1 + \hat{\theta}_1 + \dots + \hat{\theta}_q} \quad (2.21)$$

Parámetros de media móvil

$$\hat{\theta}_j = - \left( \frac{C_j}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2} - \hat{\theta}_1 \hat{\theta}_{j+1} - \hat{\theta}_2 \hat{\theta}_{j+2} - \dots - \hat{\theta}_{q-j} \hat{\theta}_q \right) \quad (2.22)$$

Autocovarianza

$$C_k = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-K} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x}) \quad 0 < k < n \quad (2.23)$$

- Para un proceso MA (1)

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{C_0}{1 + \hat{\theta}_1^2} \quad (2.24)$$

$$\hat{\theta}_1 = -\frac{C_1}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2} \quad (2.25)$$

Donde  $C_0, C_1$ : Son la autocovarianza de la serie de residuales.

## 2.5. Modelo Periódico PARMA (p, q)

Estos modelos, denominados PARMA (Periódico ARMA) se basan en la idea de que las características periódicas de las series ciclo – estacionarias, pueden ser modeladas permitiendo que los coeficientes del modelo ARMA cambien también en forma periódica.

En un modelo ARMA clásico los coeficientes  $\phi_1, \theta_i$  permanecen fijos en el tiempo. En un modelo PARMA, se relaja esta condición permitiendo que estos valores varíen en el tiempo en forma periódica.

La serie se define como:

$$z_{v,\tau} = \frac{y_{v,\tau} - \bar{y}_\tau}{S_{y\tau}} \quad (2.26)$$

Se dice que la serie sigue un modelo PARMA, si para cada mes se puede representar con la siguiente ecuación de recurrencia:

$$z_{v,\tau} = \sum_{j=1}^p \phi_{j,\tau} z_{v,\tau-j} + \varepsilon_{v,\tau} - \sum_{i=1}^q \theta_{i,\tau} \varepsilon_{v,\tau-i} \quad (2.27)$$

Donde:

- $S_{y\tau}$ : Desviación estándar periódica
- $\bar{y}_\tau$ : Media periódica
- $\phi_{j,\tau}$ : Coeficientes autoregresivos
- $\theta_{i,\tau}$ : Coeficientes de promedios móviles

Los modelos del tipo PARMA son los más adecuados para la modelación de procesos ciclo – estacionarios. Este tipo de modelos permite interpretar el comportamiento futuro de una serie en función de su pasado reciente, con una estructura de dependencia que cambia en el tiempo.

## Coeficientes Constantes

Se transforma, por ejemplo, en un ARMA (1,1)

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (2.28)$$

$$t = (\nu - 1)\omega + \tau \quad (2.29)$$

Para generar

$$\varepsilon_t = \sigma_\varepsilon \xi_t \quad (2.30)$$

## Coeficientes Periódicos

Para un ARMA (1,1)

$$r_{2,\tau} = \hat{\phi}_{1,\tau} r_{1,\tau} \quad (2.31)$$

$$r_{1,\tau} = \frac{(1 - \hat{\theta}_{1,\tau} \hat{\phi}_{1,\tau})(\hat{\phi}_{1,\tau} - \hat{\theta}_{1,\tau})}{1 + \hat{\theta}_{1,\tau}^2 - 2\hat{\theta}_{1,\tau}\hat{\phi}_{1,\tau}} \quad (2.32)$$

Es necesario la iteración para lograr que se cumpla la expresión anterior.

Donde:  $r_{1,\tau}$  y  $r_{2,\tau}$  se obtienen del autocorrelograma periódico y se puede estimar los valores de  $\hat{\phi}_{1,\tau}$  y  $\hat{\theta}_{1,\tau}$ .

$$\sigma_{\varepsilon,\tau}^2 = \frac{1 - \hat{\phi}_{1,\tau}^2}{1 + \hat{\theta}_{1,\tau}^2 - 2\hat{\theta}_{1,\tau}\hat{\phi}_{1,\tau}} \quad (2.33)$$

### 3. ANÁLISIS DE SEQUÍAS

#### 3.1. Definición y Causas de las Sequías

Las sequías son manifestaciones de las fluctuaciones climáticas asociadas con las anomalías de gran escala de los patrones de circulación atmosférica, la deforestación, el cambio de uso de suelo, la desertificación y de las actividades humanas. Las cuales provocan la disminución o ausencia de precipitación sobre una región por largos períodos de tiempo y causa un grave desequilibrio hidrológico y ecológico.

La sequía Meteorológica se presenta cuando la precipitación durante un cierto periodo de tiempo es significativamente más pequeña que el promedio a largo plazo o que cierto valor crítico. Se caracteriza por la presencia de altas temperaturas, baja humedad en el ambiente y vientos fuertes.

Una sequía Hidrológica ocurre cuando hay un déficit de agua tanto de precipitación como de escurrimiento superficiales y subterráneos. Esta sequia puede causar severos daños a la población ya que sus efectos y recuperación son a largo plazo.

La sequía Agrícola se presenta cuando no existe en cierto tiempo la humedad en el suelo que satisface a las necesidades para el desarrollo óptimo del cultivo. Estas sequias suceden después de las meteorológicas, pero antes de las hidrológicas.

Una sequía desde el punto de vista económico y social considera no solo el suministro de agua si no también la demanda.

En general, una sequía ocurre cuando se presenta un déficit significativo de agua (valor critico) tanto en el tiempo como en el espacio. El término significativo quiere decir que los impactos ambientales, económicos y sociales son muy importantes para el ser humano.

La sequía siempre ha sido una amenaza para la supervivencia de la humanidad, provocando migraciones masivas, hambrunas, enfermedades y guerras. Actualmente, la sequía sigue afectando a la población mundial y se considera el fenómeno que más afecta al ser humano.

### 3.2. Clasificación de las Sequías

Por Clima

- Permanentes: Se presentan en zonas áridas.
- Estacionales: Se producen en sitios con temporadas secas y lluviosas definidas.
- Contingentes: Se presentan en cualquier época del año debido a periodos extensos de calor y falta de lluvias.
- Invisibles: Se presentan cuando las lluvias de verano no cubren las pérdidas de humedad por evaporación.

Por Magnitud

- Leves: Estas no repercuten en la economía y son aquellas que presentan escasez parcial de precipitación.
- Moderados: Cuando la escasez de lluvia afecta a la producción agrícola.
- Severas: Cuando existen daños cuantiosos en los sectores productivos, por la falta total de precipitación.
- Extremadamente Severas: Son el producto del proceso permanente de escasez de agua que provoca crisis en la agricultura y la ganadería con el consecuente efecto a la economía y la sociedad.

En la tabla 3.1. se muestra la Clasificación de la Intensidad de la Sequía de acuerdo con el Monitor de Sequía de América del Norte (NADM).

Tabla 3.1.- Clasificación de la Intensidad de la Sequía de acuerdo NADM.

Categoría	Descripción	Impactos posibles
D0	Anormalmente Seco	<p>Entrando en la sequía:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La sequedad de corto plazo hace más lento el crecimiento de los cultivos o pastizales.</li> </ul> <p>Recuperándose de la sequía:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Permanecen algunos déficits de agua.</li> <li>Los pastizales o cultivos no se han recuperado completamente.</li> </ul>
D1	Sequía Moderada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algunos pastizales o cultivos han sido dañados.</li> <li>Las fuentes, corrientes, embalses o pozos están bajos, y se desarrollan condiciones de escasez de agua o están por desarrollar.</li> <li>Se requieren restricciones voluntarias del uso del agua.</li> </ul>
D2	Sequía Severa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hay una posibilidad de pérdidas de cultivos o pastizales.</li> <li>La escasez de agua es común.</li> <li>Se imponen restricciones de agua.</li> </ul>
D3	Sequía Extrema	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdidas significantes de cultivos o pastizales.</li> <li>Restricciones o déficits de agua extendidos.</li> </ul>
D4	Sequía Excepcional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdidas extendidas o excepcionales de cultivos o pastizales.</li> <li>Escasez de agua en fuentes, corrientes, embalses o pozos lleva a emergencias de agua.</li> </ul>

Fuente: Monitor de Sequía de América del Norte (NADM).

### 3.3. Impacto de las Sequías

Dependiendo de su ubicación, duración y grado de intensidad, las sequías pueden ser leves o catastróficas para la vida, por la necesidad del agua que impacta directamente a las actividades económicas de un lugar.

Los efectos de una sequía dependen de los diversos sectores económicos y productivos asociados con la oferta y demanda de bienes y servicios que aquellos ofrecen y al desequilibrio ambiental.

## Impacto Ambientales

- Degradación y pérdida de nutrientes de los suelos debido a la erosión eólica, se vuelven áridos y poco fértiles.
- Desertización de los suelos.
- Degradación y destrucción de los bosques a causa de los incendios.
- Deshidratación y muerte de la flora.
- Migración y muerte de la fauna.
- Disminución y recarga de los mantos acuíferos y sobreexplotación de las mismas.
- Niveles bajos de agua en embalses o presas de almacenamiento.
- Afectación en la calidad de agua por la concentración de sales y contaminantes.
- Afectación a la calidad del aire.
- Alteración del paisaje.

## Impactos Económicos

- Disminución o pérdida del hato ganadero por la falta de pastizales y disponibilidad de agua.
- Daño perenne a los cultivos y reducción de la producción agrícola, genera una escasez en los alimentos, existen sobrecostos por la oferta y demanda.
- Pérdidas económicas en las industrias que depende de la agricultura y otras.
- Reducción en la producción de madera a causa de los incendios forestales.
- Reducción de generación hidroeléctrica.
- Distracción de fondos públicos para mitigar los efectos de las sequias.

## Impactos Sociales

- Conflicto entre usuarios por la falta total o parcial del agua.
- Deterioro de la salud pública debido a epidemias, hambruna y mortandad.
- Migración campesina.
- Reducción de empleos.
- Decremento de la calidad de vida en regiones marginales.

### 3.4. Índices para la Caracterización de las Sequías

Existen varios métodos para la identificación y estimación de las sequias que se basan en el cálculo de parámetros estadísticos como la media y la desviación estándar, aunque generalmente se considera un umbral a la media de la precipitación anual.

Con el fin de definir y comparar a las sequias se han propuesto los siguientes índices.

#### 3.4.1. Porcentaje de la Normal

Este índice se obtiene al dividir la precipitación de diferentes tiempos de escala entre la precipitación Normal, la cual se establece como la precipitación media obtenida para un registro de al menos 30 años, y posteriormente multiplicarse por 100%. Los tiempos de escala pueden ser anuales, mensuales o estacionales.

#### 3.4.2. Deciles de la Precipitación

Los deciles fueron utilizados por primera vez para el estudio de sequías en Australia por Gibbs y Maher (1967).

Establecieron áreas donde la lluvia está comprendida dentro del rango del primer decil, donde la cantidad de lluvia no excede el 10% más bajo de la precipitación. El décimo decil es la precipitación más grande registrada. El quinto decil es la mediana, y es la cantidad de precipitación que no es excedida por el 50% de las ocurrencias en el periodo de registro.

Para el cálculo de los deciles de precipitación primero se calculan los totales de precipitación para cada mes/año y escala temporal dentro del período de referencia y

se ordenan de menor a mayor, posteriormente se estiman los percentiles para la distribución de lluvias.

$$D_{(1)} = Hp_{(1)} + cte. \quad (3.1)$$

$$D_{(i)} = D_{(i+1)} + cte \text{ para } i = 2 \dots 10 \quad (3.2)$$

$$Cte = \frac{Hp_{(n)} - Hp_{(1)}}{10} \quad (3.3)$$

La muestra se ordena de Menor a Mayor magnitud

- $Hp_{(1)}$ : Valor más pequeño.
- $Hp_{(n)}$ : Valor más grande.

Con base a este criterio, la precipitación anual se clasifica de acuerdo a los índices de la tabla 3.2.

Tabla 3.2.- Límites de frecuencia para la clasificación de los deciles de la precipitación.

Clasificación	Lim. De Frecuencia	Decil
Mucho muy arriba del promedio	90 – 100	10
Muy arriba del promedio	80 – 90	9
Arriba del promedio	70 – 80	8
Ligeramente arriba del promedio	60 – 70	7
Normal	50 – 60	6
Normal	40 – 50	5
Ligeramente abajo del promedio	30 – 40	4
Abajo del promedio	20 – 30	3
Muy abajo del promedio	10 – 20	2
Mucho muy abajo del promedio	0 – 10	1

Se requiere muestras de series históricas con mucha información para poder establecer una adecuada clasificación de los deciles.

### 3.5. Características de la Sequía Meteorológica

Las características de una sequía meteorológica son obtenidas de acuerdo con la teoría de secuencias o de las rachas propuesta por Zelenhasic y Salvai (1987).

El método emplea las series de registros anuales para definir la periodicidad, la intensidad y duración del déficit de precipitación de una región. Para determinar las propiedades de la sequía meteorológica se obtienen las diferencias de precipitación con respecto a la media, definida por un umbral.

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, la “normal” corresponde al promedio calculado para un periodo uniforme y relativamente largo de tiempo, de al menos 30 años, considerado como el mínimo periodo de representación del clima para un sitio analizado.

Una vez establecido el umbral  $x_0$ : Normal climatológica obtenida de una muestra  $n \geq 30$  años, se deberá considerar los parámetros de las secuencias como son:

1. Periodicidad (c / años)
2. Duración (años)
3. Severidad (mm)
4. Intensidad (mm/año)
5. % Intensidad respecto a la media
6. Definir la sequía promedio
7. Definir sus características para sequías multianuales (2,3, ..., años)

Esto define las características de la serie registrada para un episodio de sequía, sin embargo, se deberá analizar y determinar con condiciones a largo plazo.

### 3.6. Cambio Climático

El cambio climático se define como la variación del estado del clima que persiste durante largos periodos de tiempo. Dicha variación puede ser a causa de procesos

internos naturales o externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo

El cambio climático es uno de los grandes causantes de la sequía y la desertificación.

El cambio climático es una de las mayores preocupaciones ecológicas del siglo XXI, dado que se le atribuye al efecto sostenido de las actividades humanas en la proliferación del efecto invernadero (acumulación de gases densos en la atmósfera) y esto en el incremento de la temperatura del planeta.

### **3.7. Trayectorias de Concentración Representativas RCP**

El Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) utiliza un conjunto de escenarios denominados trayectorias de concentración representativas (RCP) que se basan en las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. Las RCP refieren al posible aumento global del desbalance de energía radiativa entrante y saliente en W/m<sup>2</sup>; por ejemplo, RCP8.5 es el escenario más extremo que supone un desbalance de 8.5 W/m<sup>2</sup> para el año 2100.

Las RCP describen cuatro trayectorias distintas, en el siglo XXI, de las emisiones y las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, las emisiones de contaminantes atmosféricos y el uso del suelo; estas trayectorias son: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5.

Los escenarios sin esfuerzos adicionales para limitar las emisiones dan lugar a trayectorias que se sitúan entre RCP6.0 y RCP8.5.

## 4. ZONA DE ESTUDIO

### 4.1. Ubicación de la Cuenca Cutzamala

La cuenca del Sistema Cutzamala se sitúa dentro de los estados de México y Michoacán de Ocampo. Se ubica dentro en la parte alta de la cuenca del río Cutzamala y que pertenece a la región hidrológica administrativa IV Balsas.

El Sistema Cutzamala es el conjunto 7 subcuenca (Tuxpan, El Bosque, Chilesdo, Colorines, Valle de Bravo, Ixtapan del Oro y Villa Victoria), 7 presas (3 de almacenamiento y 4 derivadoras), 6 plantas de bombeo que elevan el agua a una altura de 1,102 metros, 1 planta potabilizadora, tanques y varios kilómetros de canales, acueductos y túneles que captan, conducen, potabilizan y suministran agua para abastecimiento de la ciudad de Toluca y la ZMVM ([CONAGUA, 2013](#)).

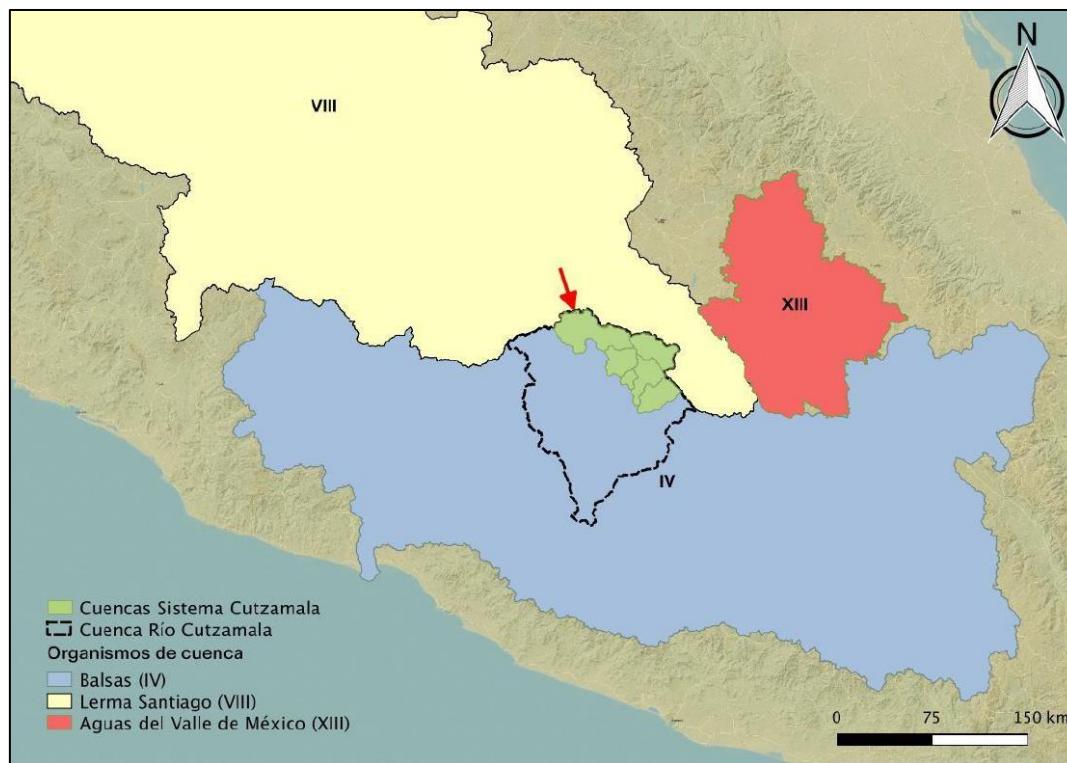


Figura 4.1.- Ubicación del Sistema Cutzamala.

Fuente: [Banco Mundial 2015](#).

#### 4.2. Construcción

La primera etapa inició su operación en 1982 suministrando un gasto de 4 m<sup>3</sup>/s procedente de la presa Villa Victoria. El agua es conducida a una distancia de 13 km y con una carga por vencer de 174 m. a través del canal Ing. Héctor Martínez Meza, al primer módulo de la planta potabilizadora Los Berros ([CONAGUA, 2012](#)), véase la figura 4.2.

La segunda etapa del Sistema Cutzamala empezó a operar en 1985 con un caudal de 6 m<sup>3</sup>/s provenientes de la Presa Valle de Bravo, en este tramo el agua se eleva a una altura de 822 m. La infraestructura para la conducción del agua desde la presa Valle de Bravo hasta la planta potabilizadora los Berros, tiene una longitud de 29 km, mediante las plantas de bombeo 2, 3 y 4, el canal Donato Guerra con una longitud de 7.5 km y el túnel Analco – San José de 16 km de longitud ([CONAGUA, 2012](#)).

En 1994 se construyó la tercera etapa comprende los subsistemas Chilesdo (carga de bombeo a la planta potabilizadora de 275 m) y Colorines (carga de bombeo de 980 m), para un aprovechamiento promedio de 1 m<sup>3</sup>/s y 8 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Haciendo un total de 19 m<sup>3</sup>/s para abastecer de agua potable a la Ciudad de México y a los municipios conurbados del Estado de México con una condición total de 322.3 km y una altura de 1600 m.s.n.m. en su punto más bajo hasta los 2702 m.s.n.m. en su punto más alto ([CONAGUA, 2012](#)), véase figura 4.3.

Por el aumento de la población en la ZMVM se requiere un aumento del caudal de agua potable, para lo cual existe en proyecto una cuarta etapa, que aportaría en promedio 5 m<sup>3</sup>/s procedentes del río Temascaltepec ([CONAGUA, 2005](#)). Consiste en la construcción de la presa el Tule, acueductos, un túnel y nuevas plantas de bombeo. Estos trabajos se iniciaron en nivel de anteproyecto, pero se han encontrado con una fuerte oposición social ([Campos Cabral & Ávila García, 2015](#)).

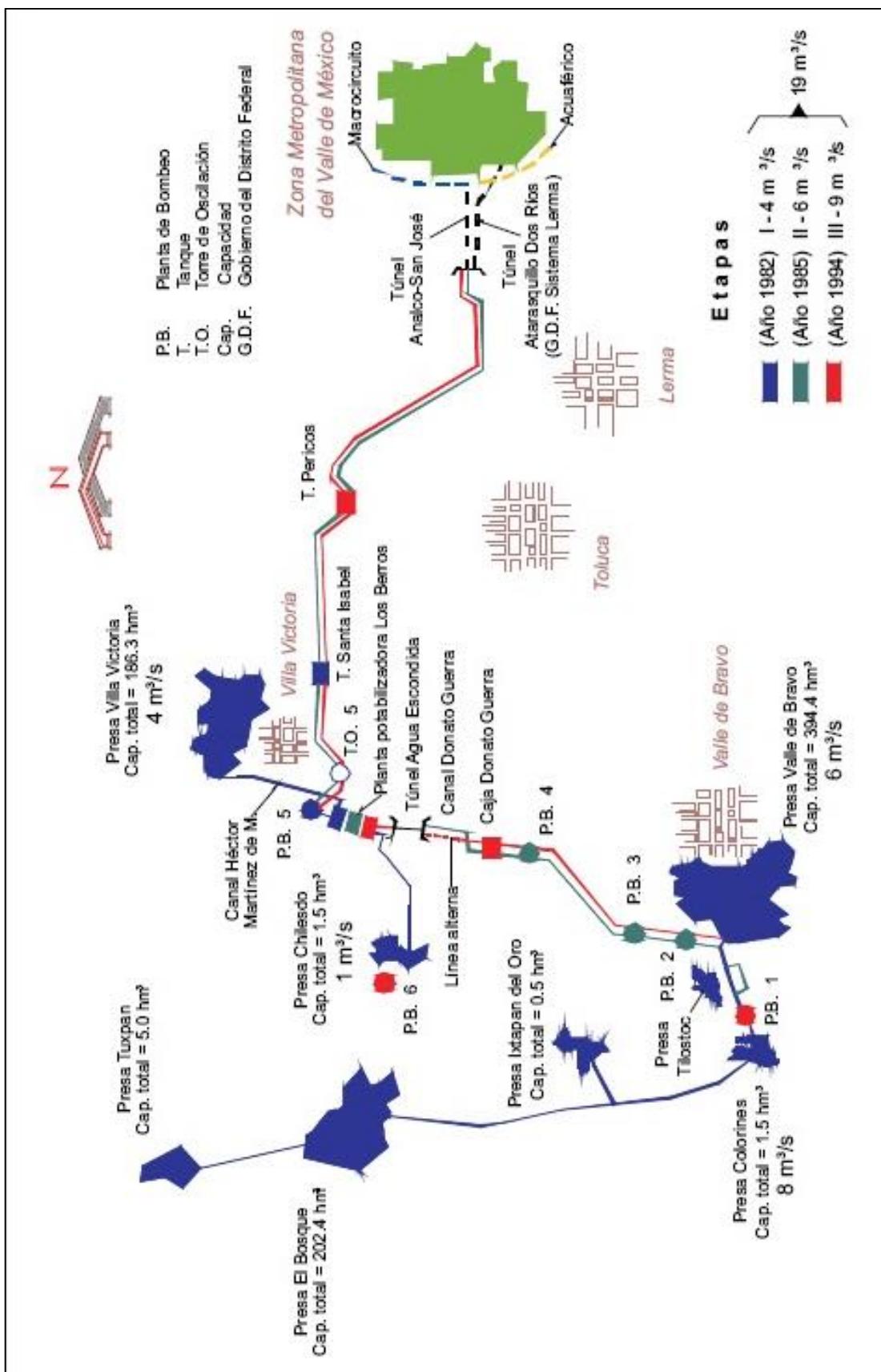


Figura 4.2.- Etapas de construcción y Elementos del Sistema Cutzamala  
**Fuente:** CONAGUA. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. 2018.

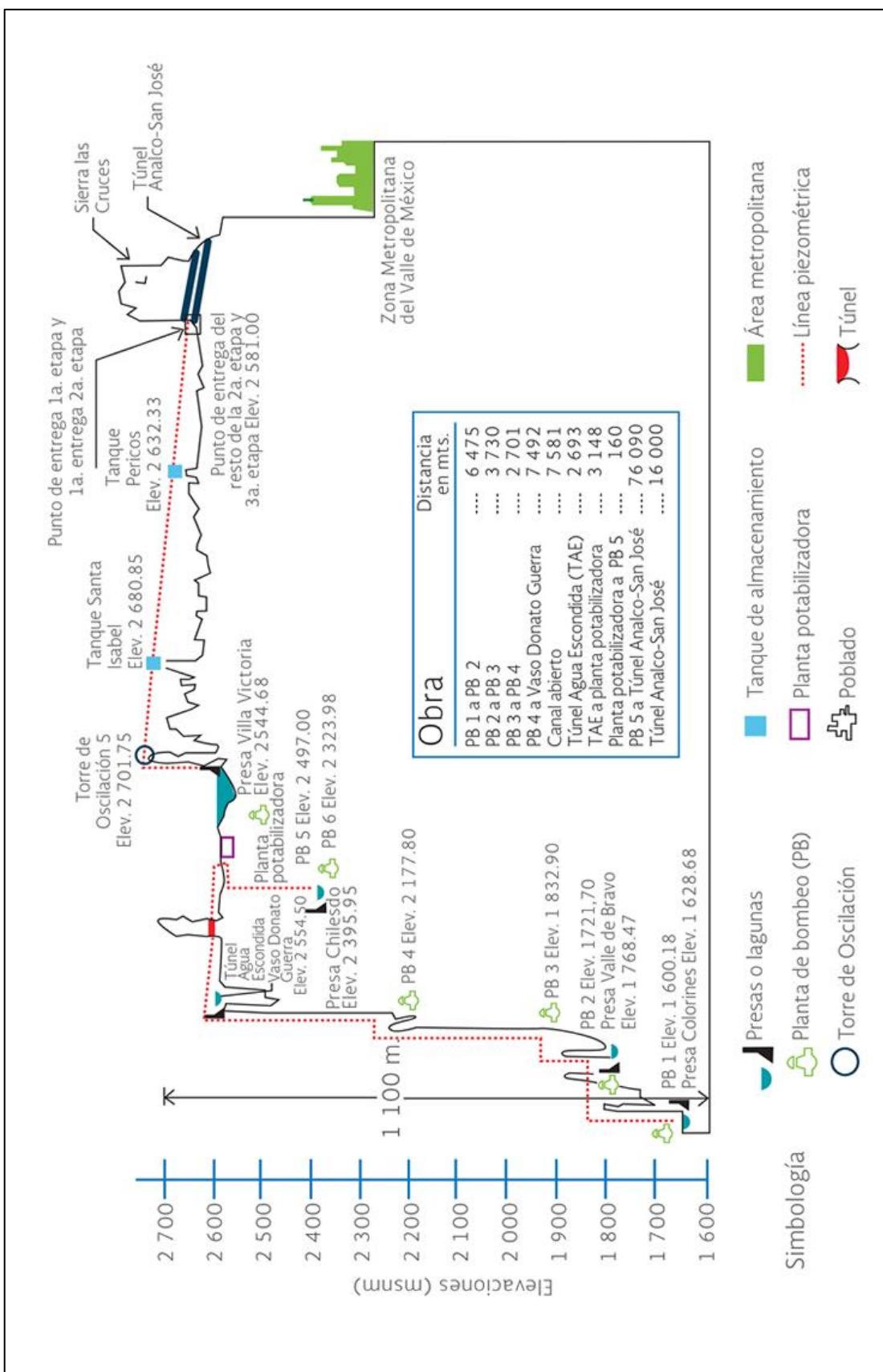


Figura 4.3.- Esquema en perfil del Sistema Cutzamala

Fuente: CONAGUA. Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México, 2018.

#### 4.3. Caudales Suministrados al Valle de México

El abastecimiento de agua potable se conoce como uno de los principales retos en el Valle de México, frente a un sistema que muestra evidente degradación, falta de inversión y reducción de capacidad.

Las tres etapas del Sistema Cutzamala originalmente fueron diseñadas para importar al Valle de México un caudal máximo de 19 m<sup>3</sup>/s (599 hm<sup>3</sup>/año), sin embargo, ha operado regularmente en 16 m<sup>3</sup>/s (505 hm<sup>3</sup>/año). El volumen de agua suministrada varía en cada año, el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) reporta una entrega de 306.6 hm<sup>3</sup> a la Ciudad de México en el 2018, mientras que el volumen entregado al Estado de México es de alrededor de 188.74 hm<sup>3</sup> en el mismo año.

En la figura 4.4, se puede observar los volúmenes suministrados del año 2000 al 2018. Las diferencias de volumen de un año con respecto a otro nos podrían indicar fugas en la conducción o reducción de capacidad del sistema.

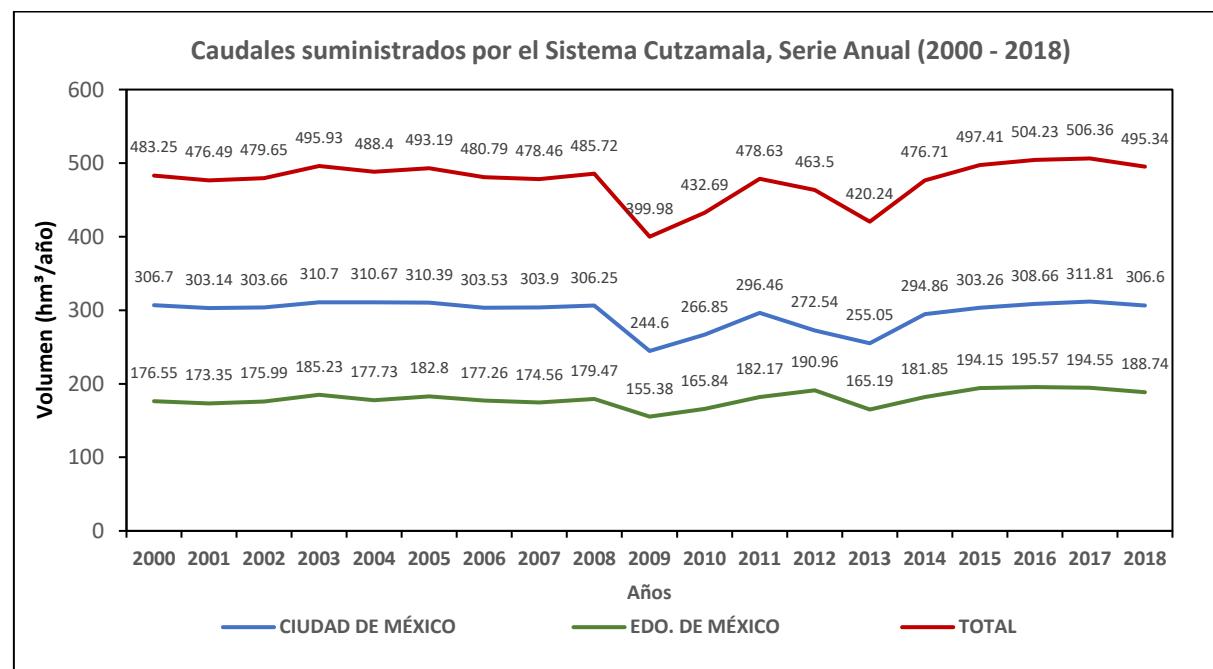


Figura 4.4.- Volúmenes suministrados por el Sistema Cutzamala (2000-2018)

Fuente: [Elaboración Propia con datos del SINA 2019](#).

#### 4.4. Almacenamiento en las Presas

La presa Valle de Bravo cuenta con una superficie de 2900 ha, con una profundidad promedio de 21 m y máxima de 39 m. Inicialmente la capacidad máxima de almacenamiento era de 457 hm<sup>3</sup>, reducida por azolve a 394 hm<sup>3</sup>. El volumen almacenado está en relación con la precipitación y la extracción.

La presa Villa Victoria se ubica a una altitud de 2544 msnm, tiene una capacidad de almacenamiento total de 254 hm<sup>3</sup> y capacidad útil de 186 hm<sup>3</sup>. La presa provee 25 % del agua potable para la Ciudad de México. Su principal aporte es el río La Compañía, además de otros escurrimientos y manantiales.

La presa El Bosque tiene una capacidad total de 248 hm<sup>3</sup> y capacidad útil de 202 hm<sup>3</sup>. La profundidad máxima es de aproximadamente 40 m, con un ancho de 4 km y una longitud de 6 km. Su principal uso es el riego agrícola y se abastece del río Zitácuaro, río San Isidro y parte del río Tuxpan a través de túneles y canales.

Los registros históricos de almacenamiento en cada presa del sistema Cutzamala se muestran en la figura 4.5.

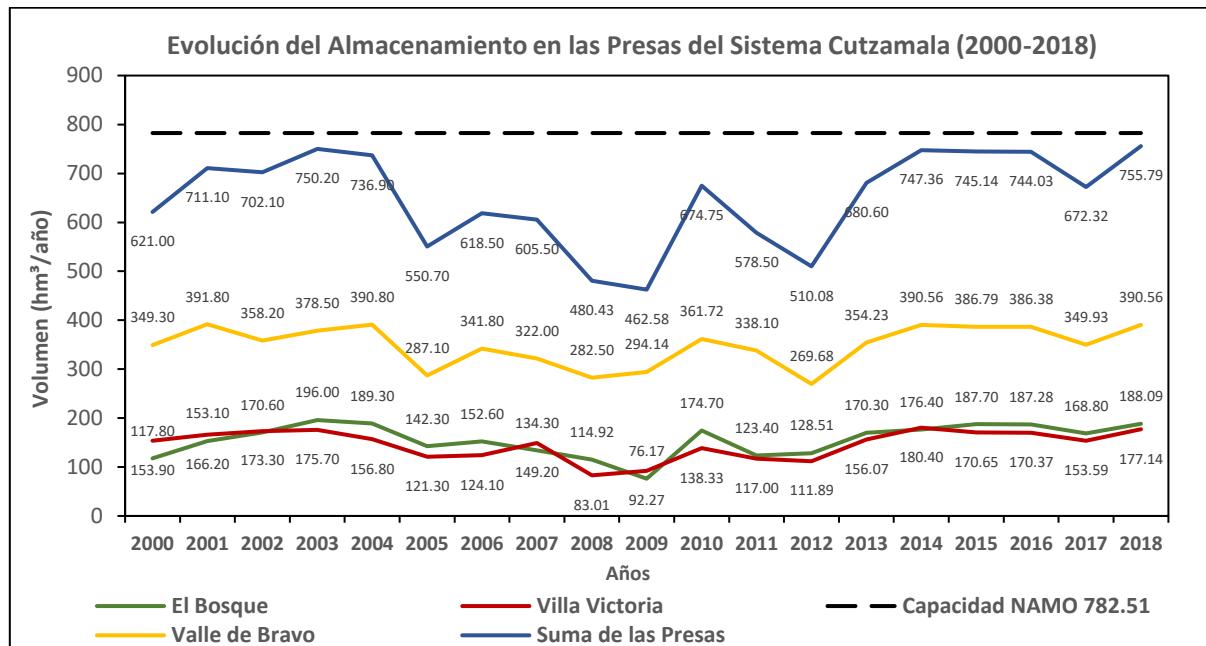


Figura 4.5.- Almacenamientos históricos anuales en las presas (2000 – 2018).

Fuente: Elaboración Propia con datos del SINA 2019.

## 4.5. Características Físicas

### 4.5.1. Superficie

La superficie total de la cuenca del Sistema Cutzamala es de 3418 km<sup>2</sup> que abarca cada una de las subcuenca como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.- Superficie de las subcuenca obtenida usando Arc-Gis.

Subcuenca	Área
El Bosque	446.2
Villa Victoria	598.2
Valle de Bravo	526.9
Tuxpan	1205.4
Ixtapa del Oro	130.5
Chilesdo - Colorines	510.8
Total =	3418

Para fines de algunos análisis, las subcuenca de aportación a las presas Chilesdo y Colorines se considerarán en forma conjunta, como se muestra en la figura 4.6.



Figura 4.6.- Subcuenca que componen el Sistema Cutzamala.

#### 4.5.2. Geología

La superficie que ocupa la cuenca del Valle de México y sus subcuenca forma parte de la Sierra Madre del Sur y del Eje Neovolcánico Transversal.

En el lugar predomina la roca ígnea extrusiva; por su composición mineralógica, al intemperizarse, produce suelos de color café ocre al rojo, tobas piroclásticas (ceniza volcánica), rocas metamórficas y sedimentarias, véase la figura 4.7.

Por sus características fisiográficas, estas subcuenca son muy vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos y geológicos extremos. También, por sus condiciones topográficas y el aumento de la deforestación, el material de la parte alta se desliza hacia los ríos.

Tres cuartas partes de la superficie de las subcuenca está cubierto por suelos de tipo andosol; suelos pocos fértiles, con problemas de acidez y se caracteriza por tener una densidad relativamente baja, muy vulnerables a la erosión hídrica y eólica, principalmente de las partes altas.

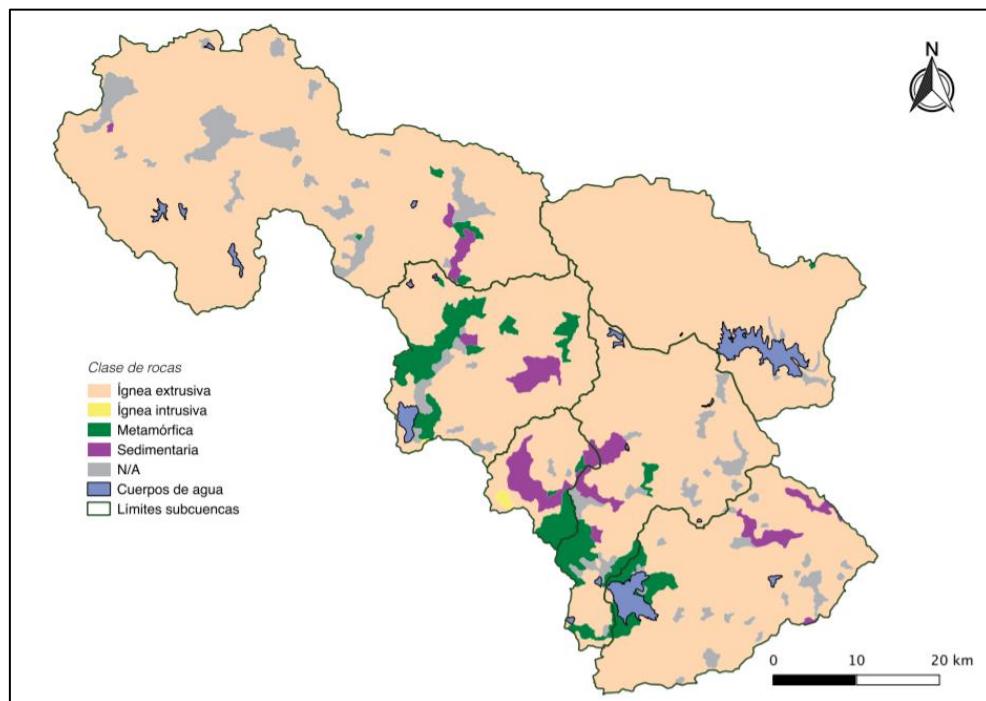


Figura 4.7.- Tipos de rocas en el Sistema Cutzamala. ([Banco Mundial 2015](#)).

#### 4.5.3. Clima

Un 80% de la superficie de la cuenca del Sistema Cutzamala predomina el clima templado subhúmedo en las subcuenca de Tuxpan, El Bosque, Villa Victoria y Valle de Bravo.

En Ixtapan del Oro y Chilesdo – Colorines prevalece el clima semifrío subhúmedo y semicálido subhúmedo. Los climas templado y semifrío propician condiciones ambientales muy restrictivas para la producción agropecuaria.

La figura 4.8 presenta los tipos de clima presentes en el área del sistema Cutzamala.

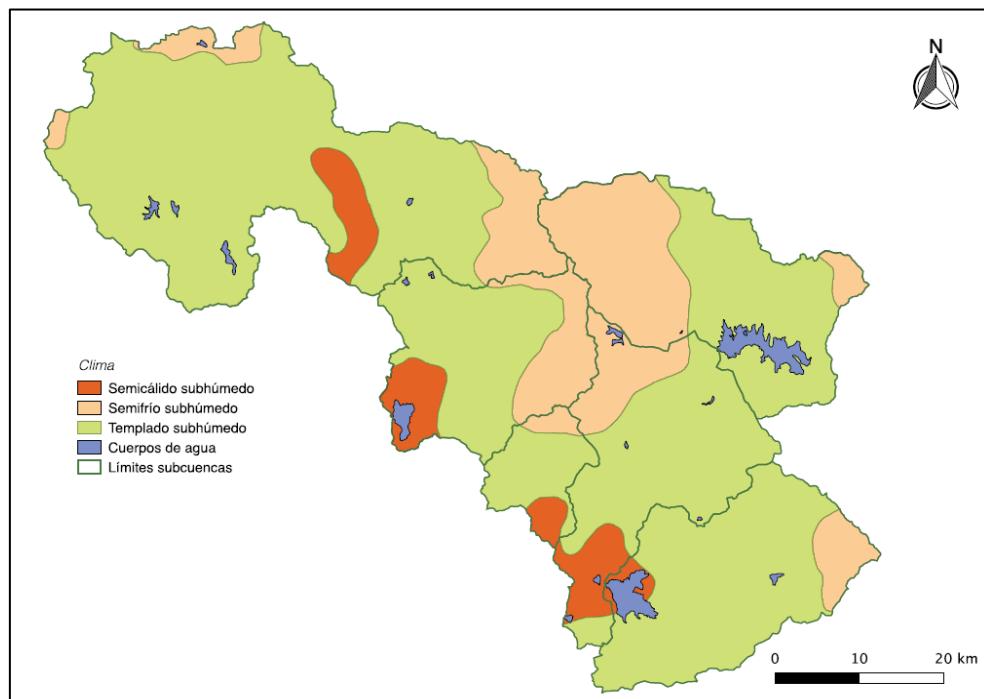


Figura 4.8.- Tipos de climas en el Sistema Cutzamala. (Banco Mundial 2015).

#### 4.5.4. Precipitación

La precipitación de la cuenca del Sistema Cutzamala se encuentra en un rango de los 800 mm y 1,200 mm anuales, como se muestra en la figura 4.9 de isoyetas.

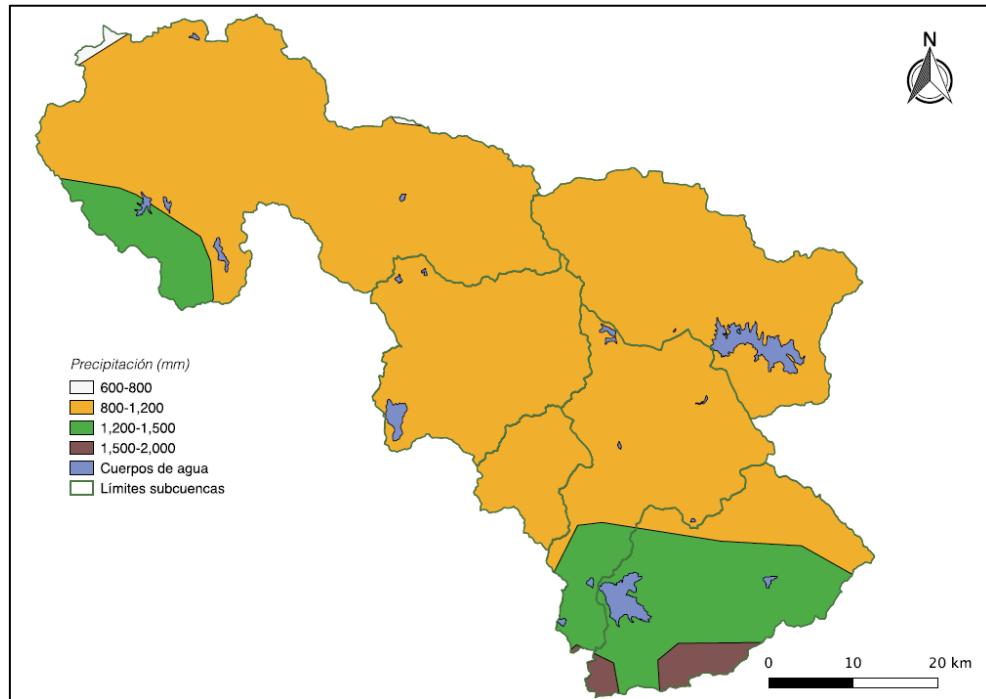


Figura 4.9.- Isoyetas en el Sistema Cutzamala. ([Banco Mundial 2015](#)).

En la figura 4.10 se observan las precipitaciones medias anuales para cada una de las subcuenca. La mayor precipitación se encuentra en la subcuenca Valle de Bravo con 1233 mm y la menor en la subcuenca de El Bosque.

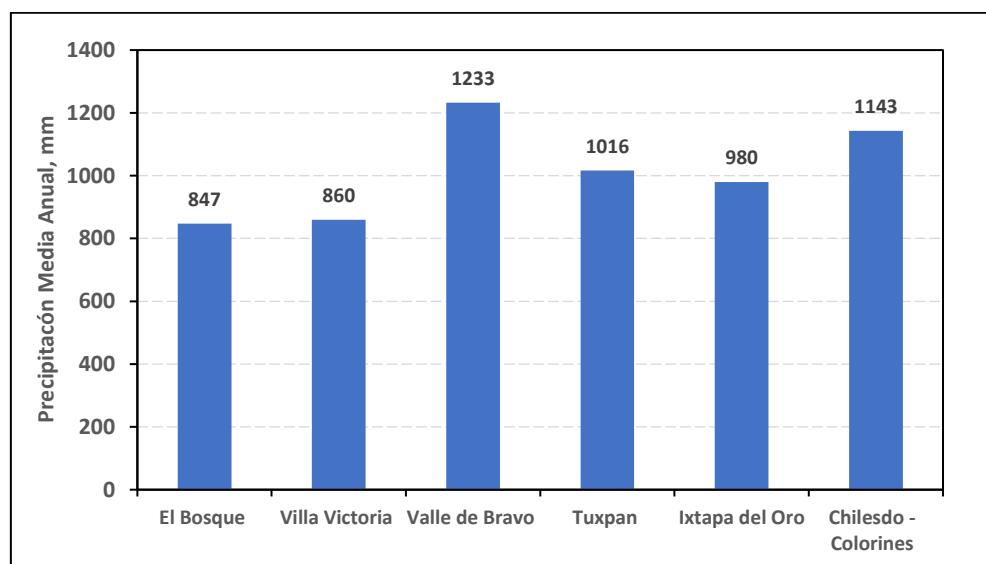


Figura 4.10.- Distribución Espacial de la lluvia en la cuenca del Sistema Cutzamala

El 76 % de la precipitación anual de la cuenca del Sistema Cutzamala se presenta entre el periodo del mes de junio a septiembre, como se muestra en la figura 4.11.

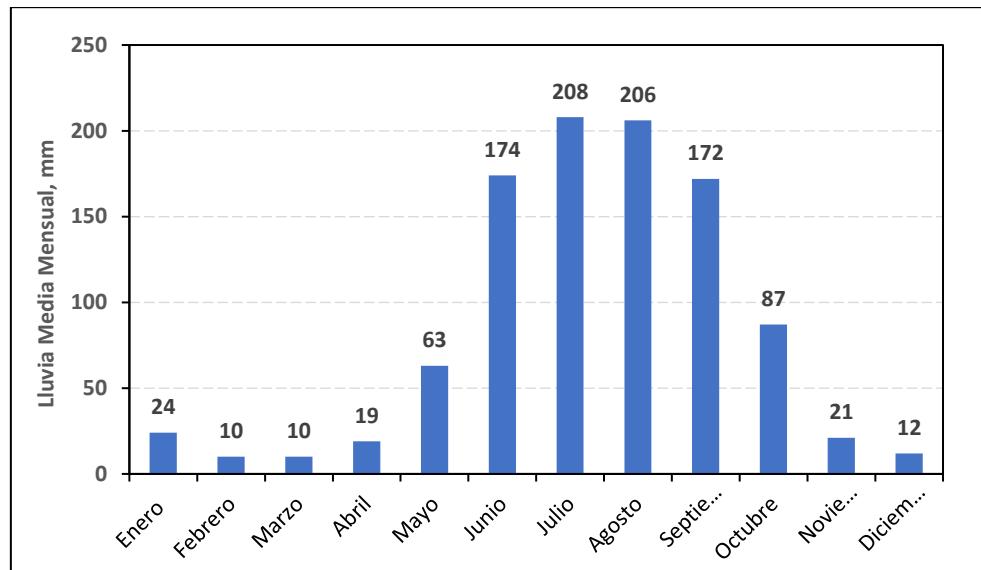


Figura 4.11.- Distribución Temporal de la lluvia en la cuenca del Sistema Cutzamala

#### 4.5.5. Uso de Suelo y Vegetación

La figura 4.12 muestra la distribución de uso del suelo en la cuenca del Sistema Cutzamala. Con base la cartografía de uso de suelo y vegetación serie V (INEGI), los bosques predominan en la superficie y se desarrollan principalmente al sur y este de la subcuenca Valle de Bravo.

De acuerdo a la tabla 4.2 la mayor parte de la cuenca del sistema Cutzamala se encuentra cubierta de bosque con una superficie de 1,578 km<sup>2</sup> (46.2%), con 1,337 km<sup>2</sup> (39.1%) se encuentra la agricultura de temporal, lo que implica un aumento en la actividad forestal y uno de los principales problemas detectados en la parte alta de la subcuenca Valle de Bravo.

La erosión hídrica es otro de los problemas detectados en la cuenca, disminuye la productividad del suelo afectando la calidad de agua y la capacidad de

almacenamiento en los embalses, lo que implica mantener una cubierta vegetal adecuada para disminuir los efectos de degradación.

Tabla 4.2.- Vegetación y Uso de suelo de la Cuenca Cutzamala

Uso de Suelo	Tuxpan		El Bosque		Villa Victoria		Ixtapa de Oro		Chilesdo - Colorines		Valle de Bravo		Subcuenca Cutzamala	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%						
Bosque	679.0	56.4	220.0	49.2	104.0	17.4	96.0	73.3	186.0	36.6	293.0	55.2	1578.0	46.2
Agricultura de Temporal	373.0	31.0	109.0	24.4	425.0	71.1	24.0	18.3	257.0	50.6	149.0	28.1	1337.0	39.1
Agricultura de Riego	94.0	7.8	90.0	20.1			10.0	7.6	45.0	8.9	27.0	5.1	266.0	7.8
Pastizal / Vegetación Inducida	23.0	1.9	5.0	1.1	38.0	6.4	1.0	0.8	9.0	1.8	24.0	4.5	100.0	2.9
Cuerpos de Agua	6.0	0.5	8.0	1.8	28.0	4.7			3.0	0.6	20.0	3.8	65.0	1.9
Asentamientos / Zona Urbana	28.0	2.3	15.0	3.4	3.0	0.5			6.0	1.2	18.0	3.4	70.0	2.0
Actividad Forestal	1.0	0.1							2.0	0.4		0.0	3.0	0.1
Total =	1204		447		598		131		508		531		3419	100

Fuente: Banco Mundial 2015

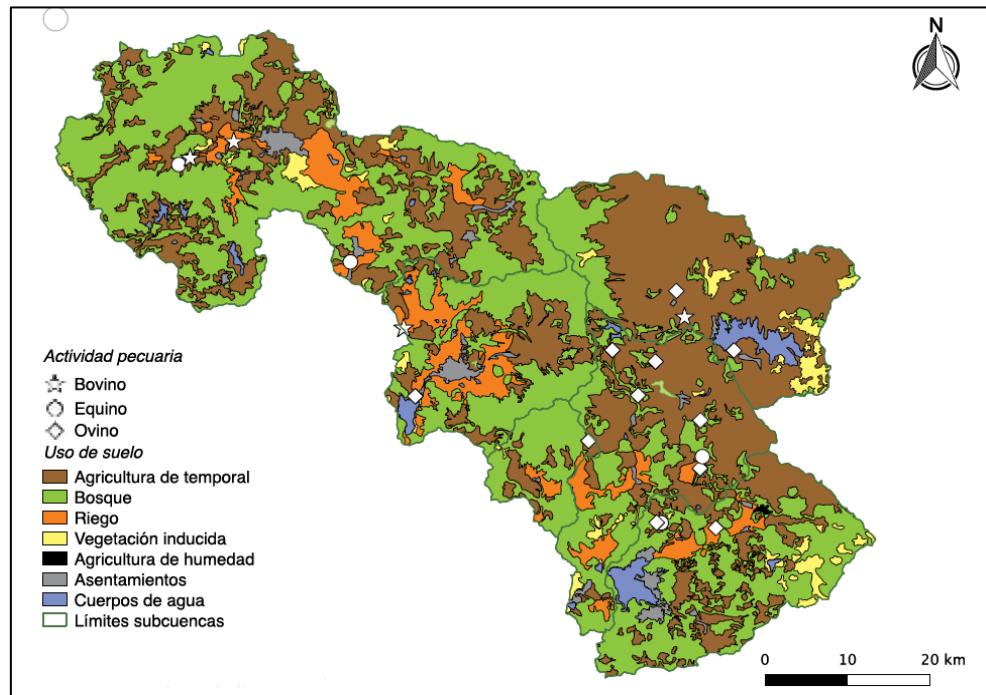


Figura 4.12.- Uso de Suelo (Banco Mundial 2015).

#### 4.6. Estaciones Climatológicas

De acuerdo con la delimitación de la zona de la cuenca y con la información obtenida en el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS, CONAGUA), en la cuenca del Sistema Cutzamala existe un registro de 27 estaciones hidrométricas, de las cuales actualmente ninguna se encuentra en operación, tabla 4.3. En la figura 4.13 se muestra la ubicación dentro del área de la cuenca Cutzamala de las estaciones hidrométricas y climatológicas existentes.

Las estaciones hidrométricas nos permiten determinar el caudal circulante en un momento y tiempo determinado (Gasto Máximo Instantáneo Anual y Mensual) en los cuerpos de agua originado por la lluvias y escurrimientos.

Los registros hidrométricos más antiguos pertenecen a la década de los cuarenta y las más recientes son de 2010.

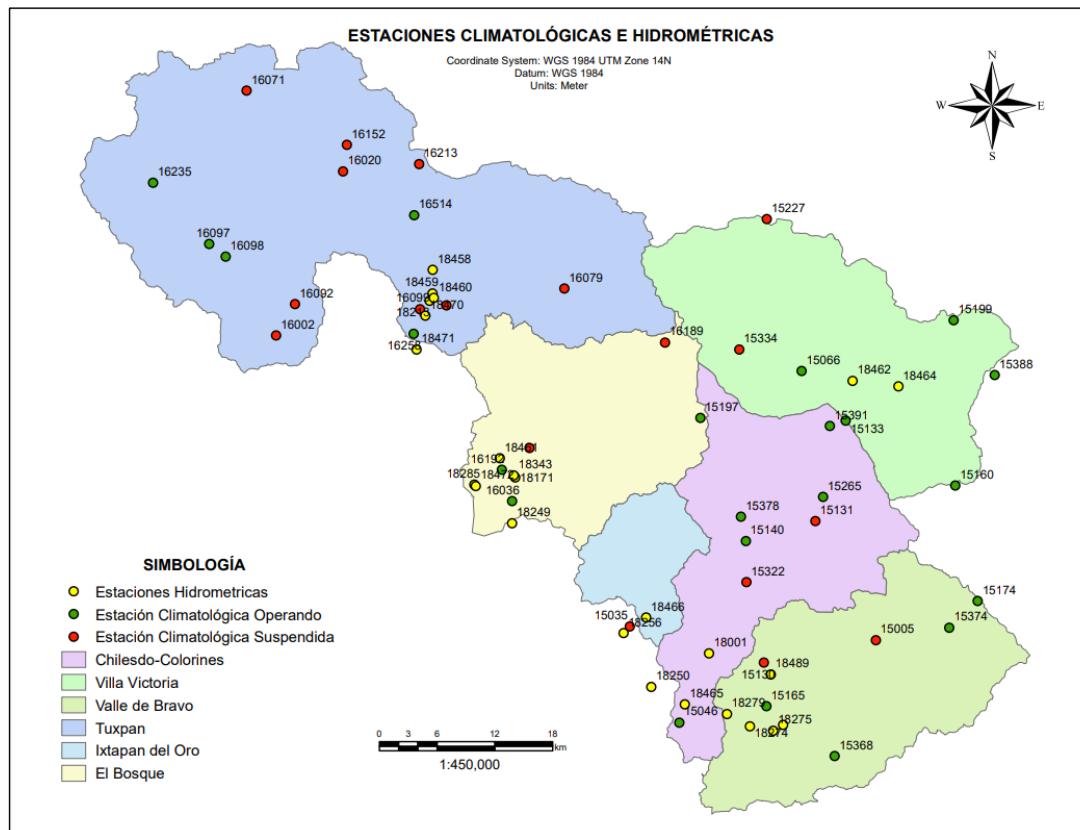


Figura 4.13.- Ubicación de Estaciones Climatológicas Arc-Gis 10.5

Tabla 4.3.- Estaciones Climatológicas instaladas en la cuenca

SUBCUENCA	CLAVE	NOMBRE	X	Y	Z	INICIO	TERMNO	AÑOS	SITUACIÓN
Tuxpan	16235	HUAJUMBARO	100,741667	19,679167	2285	ene-80	dic-15	36	OPERANDO
	16097	PRESA PUCUATO	100,685556	19,622222	2490	jul-50	sep-18	65	OPERANDO
	16098	PRESA SABANETA	100,669167	19,610556	2510	dic-52	mar-17	65	OPERANDO
	16258	PRESA TUXPAN	100,482222	19,539722	1747	jul-82	dic-17	30	OPERANDO
	16514	JARIPEO	100,482778	19,651111	1880	jun-87	oct-15	29	OPERANDO
	16002	AGOSTITLAN (CFE)	100,618333	19,536944	2520	jul-50	dic-06	55	SUSPENDIDA
	16092	PRESA AGOSTITLAN	100,6	19,566667	2443	ene-61	ago-84	24	SUSPENDIDA
	16071	LOS AZUFRES	100,65	19,766667	2953	oct-64	ene-97	28	SUSPENDIDA
	16152	CIUDAD HIDALGO (SMN)	100,55	19,716667	2327	jun-22	sep-88	67	SUSPENDIDA
	16020	CIUDAD HIDALGO (DGE)	100,553611	19,691667	2060	ene-59	nov-06	47	SUSPENDIDA
	16213	IRIMBO	100,478333	19,699167	2180	ene-78	may-07	26	SUSPENDIDA
	16099	PRESA TUXPAN (CFE)	100,476111	19,562778	1750	nov-52	jun-95	36	SUSPENDIDA
	16134	TUXPAN	100,45	19,566667	1800	abr-41	abr-85	42	SUSPENDIDA
	16079	MELCHOR OCAMPO	100,333333	19,583333	2300	may-61	ago-88	18	SUSPENDIDA
El Bosque	16192	LA ENCARNACION	100,393889	19,412778	1720	sep-74	abr-19	42	OPERANDO
	16036	PRESA EL BOSQUE (CFE)	100,383333	19,383333	1909	feb-52	dic-17	54	OPERANDO
	15197	CUESTA DEL CARMEN	100,197778	19,462778	2750	ago-74	jun-18	41	OPERANDO
	16148	ZITACUARO	100,366667	19,433333	1870	oct-21	ene-83	52	SUSPENDIDA
	16189	C.R.E.D.F.F.A.	100,233333	19,533333	3090	nov-73	jun-83	8	SUSPENDIDA
Ixtapan del Oro	15035	IXTAPAN DEL ORO	100,266111	19,266389	1719	ene-61	nov-86	26	SUSPENDIDA
Chilesdo - Colorines	15265	CAMPAMENTO LOS BERROS	100,075833	19,389444	2541	ene-81	dic-17	27	OPERANDO
	15378	SAN PABLO MALACATEPEC	100,156944	19,370278	2383	ene-88	jun-18	29	OPERANDO
	15140	PRESA CHILESDO	100,151944	19,3475	2365	ene-02	dic-17	16	OPERANDO
	15046	PRESA COLORINES (CFE)	100,216389	19,176389	1645	Jul-49	dic-17	54	OPERANDO
	15131	VILLA DE ALLENDE	100,083333	19,366667	2550	ene-61	abr-85	25	SUSPENDIDA
	15322	ASUNCION DONATO GUERRA	100,151111	19,308889	2183	mar-82	dic-98	17	SUSPENDIDA
Valle de Bravo	15165	VALLE DEL BRAVO	100,130556	19,1925	1948	ene-61	ago-14	27	OPERANDO
	15368	EL FRESCO	100,062778	19,146111	2160	ene-83	jun-18	34	OPERANDO
	15374	AGUA BENDITA	99,950278	19,267222	2817	Jul-82	dic-17	34	OPERANDO
	15174	PALO MANCORNADO	99,922222	19,2925	3000	jun-64	jun-18	49	OPERANDO
	15130	PRESA VALLE DEL BRAVO (CFE)	100,133333	19,233333	1942	ene-69	dic-17	25	SUSPENDIDA
	15005	AMANALCO DE BECERRA	100,022778	19,255	2365	mar-62	ago-05	34	SUSPENDIDA
Villa Victoria	15391	E. T. A. 026 VILLA VICTORIA	100,069444	19,456111	2580	may-93	sep-19	27	OPERANDO
	15066	PALIZADA	100,097778	19,5075	2635	sep-58	jun-18	60	OPERANDO
	15133	PRESA VILLA VICTORIA	100,053889	19,461111	2552	ene-61	dic-17	46	OPERANDO
	15160	SANTIAGO DEL MONTE	99,945	19,400833	2770	ago-69	jun-17	48	OPERANDO
	15388	YEBUCIVI	99,906667	19,504722	2245	may-84	sep-19	35	OPERANDO
	15199	MINA VIEJA	99,9475	19,556111	2927	sep-74	jun-17	44	OPERANDO
	15334	PALO SECO	100,159722	19,527222	2925	feb-82	ago-94	11	SUSPENDIDA
	15227	CONCEPCION DEL MONTE	100,133333	19,65	2695	oct-77	ene-87	11	SUSPENDIDA

Tabla 4.4.- Estaciones Hidrométricas instaladas en la cuenca

Cuenca	Tipo	Clave	Condición	Nombre de la Estación
Tuxpan	Hidrométrica	18458	Suspensión	Turundeo
		18459	Suspensión	Río Grande
		18460	Suspensión	Río Chiquito
		18470	Suspensión	Km 0+680
		18471	Suspensión	Km 4+200
		18213	Suspensión	Tuxpan
El Bosque	Hidrométrica	18461	Suspensión	Zitácuaro
		18343	Suspensión	La Garita
		18171	Suspensión	El Oro
		18285	Suspensión	Llegada al Bosque km 21+740
		18472	Suspensión	La Florida
		18249	Suspensión	Km 3+450
Ixtapan del Oro	Hidrométrica	18466	Suspensión	Ixtapan del Oro
		18256	Suspensión	Km 0+700
Chilesdo - Colorines	Hidrométrica	18001	Suspensión	San Pablo Malacatepec
		18250	Suspensión	Túneles 8 - 9
		18233	Suspensión	Puente Canal Colorines
		18465	Suspensión	El Duraznoo
Valle de Bravo	Hidrométrica	18489	Suspensión	El Salto
		18169	Suspensión	El Molino
		18275	Suspensión	Santa Mónica
		18274	Suspensión	Vertedor González
		18279	Suspensión	Carrial
Villa Victoria	Hidrométrica	18226	Suspensión	San Diego
		18462	Suspensión	La Campaña
		18464	Suspensión	El Ramal
		18263	Suspensión	Salidas P. Villa Victoria

Las estaciones climatológicas nos ayudan a registrar la precipitación acumulada en 24 horas, la temperatura del aire, la humedad, la evaporación, etc.

Con base a los datos obtenidos en la Base de Datos Climatológica Nacional (CLICOM), la cuenca del Sistema Cutzamala cuenta con alrededor de 36 estaciones climatológicas y 4 estaciones aledañas a menos de un kilómetro de distancia, pero únicamente 20 de ellas se encuentran activas o en operación. Así mismo los periodos de registro de datos varían de acuerdo con la estación entre el año de 1950 a 2018.

## 5. APLICACIÓN A LA ZONA DE ESTUDIO, CUENCA CUTZAMALA

### 5.1. Análisis de la Información Climatológica Disponible

A través del Extractor Rápido de Información Climatológica ERIC III versión 3.2 editado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y de la Base de datos CLICOM, se extrajeron los registros de precipitación diarias de las 9 estaciones climatológicas en operación con incidencia en la cuenca como se muestra en la Tabla 5.1, se puede observar los años de registro de las estaciones climatológicas, frecuentemente la disponibilidad y existencia de los datos pluviométricos no tienen una calidad óptima, en la tabla 5.2 se muestra los registros de precipitación de cada una de las estaciones.

Debido a que no existen periodos simultáneos de las mediciones de precipitación, se propone como limitante de que cada estación cuente con un mínimo de 30 años de registro, considerando que al menos una estación tenga influencia directa a cada subcuenca en estudio.

La subcuenca Ixtapan del Oro se analizará con la estación más cercana debido a que la única estación climatológica del mismo nombre se encuentra suspendida.

Tabla 5.1.- Datos de las Estaciones Climatológicas con Influencia en la Cuenca.

SUBCUENCA	CLAVE	NOMBRE	F. INICIO	F. TERMNO	AÑOS
Tuxpan	16097	PRESA PUCUATO	jul-50	sep-18	65
	16098	PRESA SABANETA	dic-52	mar-17	65
El Bosque	16192	LA ENCARNACION	sep-74	abr-19	42
	16036	PRESA EL BOSQUE (CFE)	feb-52	dic-17	54
Chilesdo - Colorines	15046	PRESA COLORINES (CFE)	jul-49	dic-17	54
Valle de Bravo	15174	PALO MANCORNADO	jun-64	jun-18	49
Villa Victoria	15066	PALIZADA	sep-58	jun-18	60
	15133	PRESA VILLA VICTORIA	ene-61	dic-17	46
	15199	MINA VIEJA	sep-74	jun-17	44

Tabla 5.2.- Precipitaciones anuales de las 9 estaciones analizadas.

Año de Registro	Tuxpan		El Bosque		Chi - Col	V. Bravo	Villa Victoria		
	16097	16098	16192	16036	15046	15174	15066	15133	15199
1951	1061,7								
1952	1538,2								
1953	1200,1	1234,2		842,2					
1954	1316,4	1364,9		893,6	1161,0				
1955	1352,6	1381,2		1130,3	1252,3				
1956	1329,5	1329,2		878,0	865,6				
1957	1017,6	909,4		721,9	942,5				
1958	1686,8	1630,1		1388,7	1471,0				
1959	1443,6	1398,3		1357,7	1426,1		965,8		
1960	909,9	965,1		706,4	714,3		668,1		
1961	1191,9	1205,1		683,2	797,4		761,7	860,4	
1962	1196,9	1131,7		981,8	968,0		1005,5	877,1	
1963	1307,6	1375,4		682,7	957,4		1100,3	1016,4	
1964	1079,5	1296,1		882,1	927,2		1092,5	990,3	
1965	1504,4	1496,1		676,3	1053,9	597,6	1028,8	989,4	
1966	1493,1	1605,6		833,6	1007,8	372,2	889,1	992,6	
1967	1669,1	1780,4		1290,2	1258,7	581,6	1029,7	1093,2	
1968	1304,1	1336,9		896,6	905,8	791,8	914,0	922,0	
1969	1126,9			740,7	1071,7	621,7	726,1	700,0	
1970	1204,1	1257,6		993,8	962,6		831,9	846,6	
1971	1485,6	1623,9		948,2	1367,6		1047,2	1152,8	
1972	1375,9	1324,0		770,0	808,8		822,0	847,3	
1973	1457,4	1512,8		1053,4	989,5	1249,1	1131,2	1006,0	
1974	1133,2	1135,2		731,6	782,6	981,1	801,2	932,8	
1975	1268,0	1451,4	1010,0	943,1	968,1	1170,7	947,1	969,2	1050,0
1976	1506,7	1674,7		682,4	781,8	1171,2	1016,3	764,8	1124,8
1977	1209,7	1286,3	823,0	748,4	868,7	1020,2	803,3	727,1	872,9
1978	1449,2	1483,6	840,1	818,5	1036,9		961,6	907,9	837,1
1979	1056,7	1202,9	603,8	706,6	561,6	764,7	845,7	773,6	748,0
1980	1225,0	1305,0	1248,8	1091,4	1104,8	1221,3	993,4	973,8	1081,0
1981	1389,6	1433,9		989,2	985,7	1029,3	1020,1	985,2	996,5
1982	1133,7	1145,5		606,4	729,6	843,2	737,6	725,2	724,5
1983	925,4	1337,9	531,6	701,5	841,5	866,6	792,8	747,0	1170,8
1984	990,5	1354,6		970,5	947,0	1127,2	1023,0	983,3	1066,3
1985	1271,0	1449,2		1003,2	868,8	904,7	773,1	952,0	1030,1
1986		1605,2		567,4	929,1	783,4	960,0	823,8	1066,6
1987		1166,1	736,4	780,4	992,7		742,8	742,4	1041,8
1988		1130,6	856,0	877,9	1113,6		776,9	708,6	794,5
1989		1100,5	693,2		982,9		542,6	666,1	767,3
1990		1580,5							1194,4
1991		1367,6	430,4				921,2		
1992	1604,9	1635,5	1108,1						951,3
1993	825,5	944,7	894,1				805,9	950,6	851,7
1994	1407,5	1418,0	482,8				1005,1		1179,6
1995	1415,0	1428,5	871,4				600,1	1047,9	1009,5
1996	993,5	996,0	714,9				753,1	675,8	743,9
1997	785,0	800,5	732,7				1006,0	832,7	591,4
1998	1133,7	1149,0	883,9				917,0	813,1	906,3
1999	879,3	909,5	795,0				736,9	733,3	687,9
2000	918,5	935,0	713,4				576,0	820,7	996,5
2001			767,9	916,0			797,6		1006,3
2002	1251,7	1220,5	1028,6	876,1		726,7	894,4	1027,1	610,0
2003	1158,1	1110,5	1140,6	993,4	850,3		820,0	949,9	839,4
2004	1128,7	1101,7	366,2	887,3	856,2	321,2	342,9	1261,2	869,1
2005	867,8	825,9	895,0	845,2	948,9	653,4	175,7	654,2	516,3
2006	1112,2	1084,6		1034,5	1068,1	1323,9		982,6	665,0
2007	895,4	919,8			652,8	1547,6	660,7		758,8
2008	781,9	805,4	713,8			1932,8	501,0	700,9	456,1
2009	1166,3	1186,3	952,3	757,0	878,7	346,9	317,8		703,8
2010	1627,9	1518,1	1433,8			410,5	37,7		783,6
2011	1136,5	1005,7	856,3	906,0	777,5	476,5	302,4	804,9	598,1
2012	1434,9	1185,7	930,5	721,5	971,1	919,4	301,8	767,9	783,3
2013	1546,0	1393,5	864,3	933,1	905,0	708,0	424,1	1061,3	1142,1
2014	1505,6	1371,0	873,8	853,2	931,9	791,0	227,2	743,7	1072,3
2015	1292,0	1197,3	1067,7	877,4	872,4		483,4	1046,5	
2016	1253,5	1211,8	929,6	913,8	1147,2		440,6	1084,2	
2017	973,0		917,9	956,2	895,1	889,7	727,8	860,1	
2018			1060,1						
No. Años	60	62	35	50	49	41	55	43	39

## 5.2. Estimación de Datos Faltantes

Para estimar los datos faltantes de las estaciones climatológicas se empleó el *Método del U. S. Weather Service*, también conocido como el método del inverso de la distancia al cuadrado, empleando la expresión.

$$\text{Dato Faltante } Px = \frac{\sum (W_i * P_i)}{\sum W_i} \quad (5.1)$$

$$W_i = \frac{1}{D_i^2} \quad (5.2)$$

Siendo  $D_i$  la distancia entre cada estación circundante auxiliar y la estación del dato faltante. En la figura 5.1 se ejemplifica el procedimiento del método para obtener los datos faltantes en cada estación.

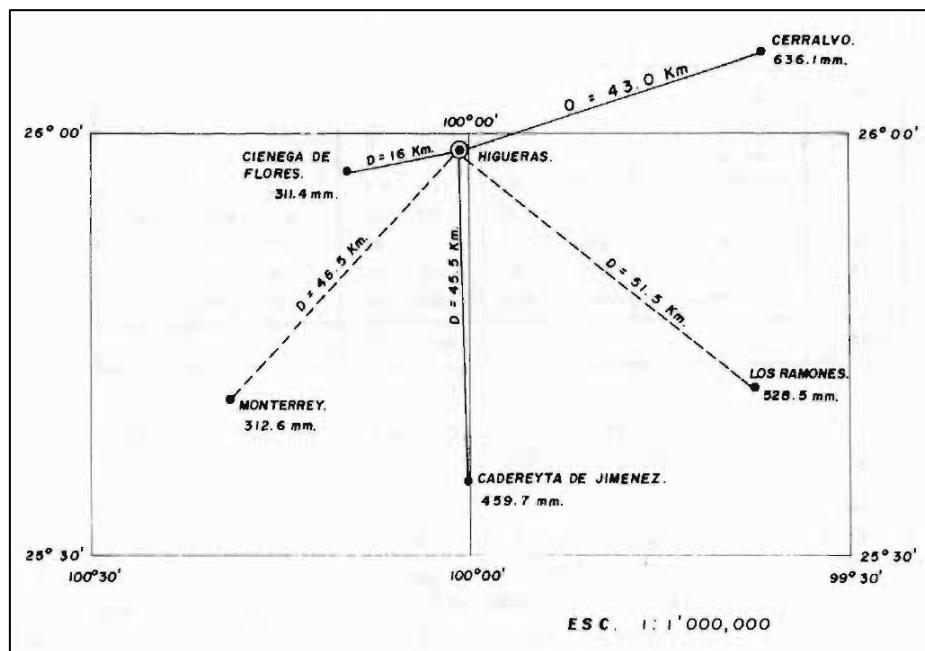


Figura 5.1.- Estimación de registros faltantes. Método U.S. National Weather Service. C. Aranda

Este procedimiento ha sido verificado tanto teórica como empíricamente y consiste en que el dato faltante en una cierta estación A, puede ser estimado con base a los datos observados en las estaciones circundantes.

El método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes, consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W, igual al recíproco del cuadrado de la distancia (D) entre cada estación vecina y la estación A.

De esta manera se determinó una matriz de las distancias euclidianas entre las estaciones a partir de la cual se elaboró una matriz del inverso de la distancia al cuadrado para finalmente calcular el peso W de cada estación como se muestra en la tabla 5.5.

Tabla 5.3.- Matriz de Distancia Euclidianas entre las 9 estaciones

Matriz de Distancia Eucladiana										
Estación	Centroide	15046	15066	15133	15174	15199	16036	16097	16098	16192
Centroide	0	33989,77	19660,95	24028,07	42972,99	36193,17	14916,45	45344,13	43285,65	13785,09
15046	33989,77	0	38717,94	35850,26	33513,15	50648,56	28852,71	69740,97	67612,96	32131,2
15066	19660,95	38717,94	0	6898,37	30101,76	16662,92	32987,37	62962,02	61026,29	32818,67
15133	24028,07	35850,26	6898,37	0	23229,01	15339,84	35653,36	68639,03	66649,76	36106,42
15174	42972,99	33513,15	30101,76	23229,01	0	29293,33	49485,51	88056,83	85959,3	51319,22
15199	36193,17	50648,56	16662,92	15339,84	29293,33	0	49595,12	77767,4	75945,15	49480,87
16036	14916,45	28852,71	32987,37	35653,36	49485,51	49595,12	0	41302,01	39155,1	3447,39
16097	45344,13	69740,97	62962,02	68639,03	88056,83	77767,4	41302,01	0	2150,32	38407,48
16098	43285,65	67612,96	61026,29	66649,76	85959,3	75945,15	39155,1	2150,32	0	36258,16
16192	13785,09	32131,2	32818,67	36106,42	51319,22	49480,87	3447,39	38407,48	36258,16	0

Tabla 5.4.- Matriz del Inverso de la Distancia Euclíadiana al Cuadrado

Matriz del Inverso de Distancia Euclíadiana al Cuadrado										
Estación	Centroide	15046	15066	15133	15174	15199	16036	16097	16098	16192
Centroide	0	33989,77	19660,95	24028,07	42972,99	36193,17	14916,45	45344,13	43285,65	13785,09
15046	33989,77	0	6,671E-10	7,781E-10	8,904E-10	3,898E-10	1,201E-09	2,056E-10	2,187E-10	9,686E-10
15066	19660,95	6,671E-10	0	2,101E-08	1,104E-09	3,602E-09	9,19E-10	2,523E-10	2,685E-10	9,284E-10
15133	24028,07	7,781E-10	2,101E-08	0	1,853E-09	4,25E-09	7,867E-10	2,123E-10	2,251E-10	7,671E-10
15174	42972,99	8,904E-10	1,104E-09	1,853E-09	0	1,165E-09	4,084E-10	1,29E-10	1,353E-10	3,797E-10
15199	36193,17	3,898E-10	3,602E-09	4,25E-09	1,165E-09	0	4,066E-10	1,654E-10	1,734E-10	4,084E-10
16036	14916,45	1,201E-09	9,19E-10	7,867E-10	4,084E-10	4,066E-10	0	5,862E-10	6,523E-10	8,414E-08
16097	45344,13	2,056E-10	2,523E-10	2,123E-10	1,29E-10	1,654E-10	5,862E-10	0	2,163E-07	6,779E-10
16098	43285,65	2,187E-10	2,685E-10	2,251E-10	1,353E-10	1,734E-10	6,523E-10	2,163E-07	0	7,607E-10
16192	13785,09	9,686E-10	9,284E-10	7,671E-10	3,797E-10	4,084E-10	8,414E-08	6,779E-10	7,607E-10	0

Tabla 5.5.- Matriz de Pesos de Influencia de cada una de las estaciones

Matriz de Peso de Cada Estación (W)										
Estación	Centroide	15046	15066	15133	15174	15199	16036	16097	16098	16192
Centroide	0	33989,77	19660,95	24028,07	42972,99	36193,17	14916,45	45344,13	43285,65	13785,09
15046	33989,77	0	0,1254	0,1463	0,1674	0,0733	0,2258	0,0387	0,0411	0,1821
15066	19660,95	0,023	0	0,731	0,038	0,125	0,032	0,009	0,009	0,032
15133	24028,07	0,026	0,703	0	0,062	0,142	0,026	0,007	0,008	0,026
15174	42972,99	0,147	0,182	0,306	0	0,192	0,067	0,021	0,022	0,063
15199	36193,17	0,037	0,341	0,402	0,110	0	0,038	0,016	0,016	0,039
16036	14916,45	0,013	0,010	0,009	0,005	0,005	0	0,007	0,007	0,944
16097	45344,13	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0	0,990	0,003
16098	43285,65	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,989	0	0,003
16192	13785,09	0,011	0,010	0,009	0,004	0,005	0,945	0,008	0,009	0

La estimación de las precipitaciones se realizó de manera diaria, con base a los valores conocidos se estimaron los valores faltantes. En la tabla 5.6 se muestra la precipitación anual para cada una de las estaciones después de estimar los datos faltantes.

Tabla 5.6.- Estimación de los datos de precipitación faltantes de las 9 estaciones analizadas.

Año de Registro	Tuxpan		El Bosque		Chi - Col	V. Bravo	Villa Victoria		
	16097	16098	16192	16036	15046	15174	15066	15133	15199
1951	1061,7								
1952	1538,2			1302,8	1114,2				
1953	1200,1	1234,2		842,2	940,2				
1954	1316,4	1364,9		893,6	1161,0				
1955	1352,6	1381,2		1130,3	1252,3				
1956	1329,5	1329,2		981,7	968,9				
1957	1017,6	910,0		721,9	942,5				
1958	1828,0	1771,5		1388,7	1471,0				
1959	1443,6	1398,3		1357,7	1426,1		1180,1		
1960	909,9	965,1		706,4	714,3		668,1		
1961	1191,9	1205,1		683,2	797,4		761,7	860,4	
1962	1196,9	1131,7		981,8	968,0		1005,5	877,1	
1963	1307,6	1375,4		682,7	957,4		1100,3	1016,4	
1964	1238,5	1454,3		882,1	972,5		1092,5	990,3	
1965	1504,4	1496,1		676,3	1053,9	597,6	1028,8	989,4	
1966	1493,1	1605,6		833,6	1007,8	372,2	889,1	992,6	
1967	1669,1	1780,4		1290,2	1350,3	581,6	1058,0	1093,2	
1968	1304,1	1336,9		896,6	905,8	791,8	914,0	922,0	
1969	1126,9	1124,4		740,7	1071,7	621,7	763,4	729,9	
1970	1204,1	1257,6		1197,1	962,6	846,4	854,7	846,6	
1971	1485,6	1623,9		948,2	1367,6	1115,7	1049,8	1152,8	
1972	1375,9	1324,0		770,0	928,4	774,8	822,0	847,3	
1973	1457,4	1512,8		1053,4	989,5	1249,1	1131,2	1006,0	
1974	1142,0	1143,9		731,6	782,6	981,1	801,2	932,8	
1975	1268,0	1451,4	1010,0	945,5	1077,4	1183,4	947,1	970,5	1050,0
1976	1506,7	1674,7	938,8	883,1	993,4	1171,2	1016,3	976,0	1124,8
1977	1209,7	1286,3	823,0	748,4	868,7	1020,2	803,3	864,9	872,9
1978	1449,2	1483,6	840,1	818,5	1036,9	1001,9	961,6	1083,1	837,1
1979	1077,3	1202,9	718,2	706,6	744,4	764,7	845,7	773,6	748,0
1980	1225,0	1305,0	1277,1	1091,4	1104,8	1221,3	993,4	973,8	1081,0
1981	1389,6	1433,9	1007,7	989,2	1015,6	1029,3	1020,1	985,2	996,5
1982	1133,7	1145,5	521,7	606,4	729,6	843,2	737,6	725,2	724,5
1983	1208,9	1337,9	712,1	701,5	841,5	871,6	792,8	747,0	1170,8
1984	1136,0	1354,6	1051,0	970,5	947,0	1130,6	1023,0	983,3	1066,3
1985	1271,0	1449,2	999,4	1003,2	868,8	904,7	773,1	952,0	1030,1
1986	1566,6	1605,2	605,8	567,4	929,1	839,0	960,0	823,8	1074,3
1987	1148,1	1166,1	736,4	780,4	992,7	884,3	742,8	742,4	1041,8
1988	1121,6	1130,6	856,0	877,9	1115,0	856,4	776,9	708,6	794,5
1989	1086,4	1100,5	693,2	692,5	989,6	898,5	705,3	666,1	767,3
1990	1567,9	1580,5	971,4	1000,1	1500,6	1065,1	1238,0	1147,5	1194,4
1991	1346,7	1367,6	824,9	847,1	1310,4	761,8	931,9	962,1	884,6
1992	1604,9	1635,5	1108,1	1134,6	1744,1	1710,7	1170,6	1233,4	951,3
1993	825,5	944,7	894,1	893,4	1161,5	805,9	950,6	915,8	851,7
1994	1407,5	1418,0	482,8	524,5	1258,1	1005,1	932,0	981,0	1179,6
1995	1415,0	1428,5	871,4	899,6	1412,6	600,1	1047,9	1088,3	1009,5
1996	993,5	996,0	714,9	730,2	1165,7	753,1	727,0	756,0	754,2
1997	785,0	800,5	732,9	751,9	1317,5	1006,0	832,7	832,3	591,4
1998	1133,7	1149,0	883,9	889,0	1279,5	917,0	813,1	824,4	917,6
1999	879,3	909,5	795,0	792,2	1115,6	736,9	744,1	712,8	688,3
2000	950,4	935,0	716,3	724,9	1127,8	576,0	830,9	813,8	996,5
2001	1225,3	1179,2	775,6	916,0	1215,0	861,6	931,6	1006,3	864,7
2002	1264,9	1220,5	1028,6	876,1	1360,8	1096,9	894,4	1027,1	610,0
2003	1158,1	1110,5	1140,6	993,4	850,3	1026,5	820,0	949,9	839,4
2004	1134,2	1107,3	386,5	887,3	856,2	356,4	342,9	1261,2	869,1
2005	867,8	825,9	895,0	845,2	948,9	654,3	219,6	654,2	516,3
2006	1113,8	1086,5	1114,7	1148,0	1068,1	1323,9	629,4	982,6	665,0
2007	895,4	919,8	924,6	948,2	950,1	1575,4	660,7	806,5	758,8
2008	781,9	805,4	713,8	725,6	898,3	1934,5	501,0	700,9	457,8
2009	1166,3	1186,3	952,3	764,1	893,8	378,6	317,8	875,0	703,8
2010	1627,9	1518,1	1434,1	1468,8	1364,5	410,5	37,7	977,4	783,6
2011	1136,5	1005,7	856,3	906,0	777,5	515,0	309,6	804,9	598,1
2012	1434,9	1185,7	930,5	721,5	971,1	928,2	312,5	767,9	783,3
2013	1546,0	1393,5	864,3	933,1	905,0	725,2	438,0	1061,3	1142,1
2014	1505,6	1371,0	873,8	853,2	1225,4	837,8	398,5	858,4	1072,3
2015	1292,0	1197,3	1067,7	1005,7	1064,5	975,1	483,4	1090,1	1042,6
2016	1253,5	1211,8	929,6	913,8	1147,2	1275,5	440,6	1084,2	706,0
2017	1024,7		917,9	956,2	895,1	909,6	743,6	860,1	
			1099,4						

De igual manera se requiere un análisis de los registros para detectar aquellos puntos que pudieran estar fuera de la tendencia del registro o llamados puntos extraños y de ser necesario compararlos con los de otras estaciones para verificar su autenticidad y posteriormente realizar la corrección por intervalo fijo. En las siguientes figuras se hace un comparativa antes y después del llenado de los registros de la estación 15046, misma que se realizaron con las demás estaciones.

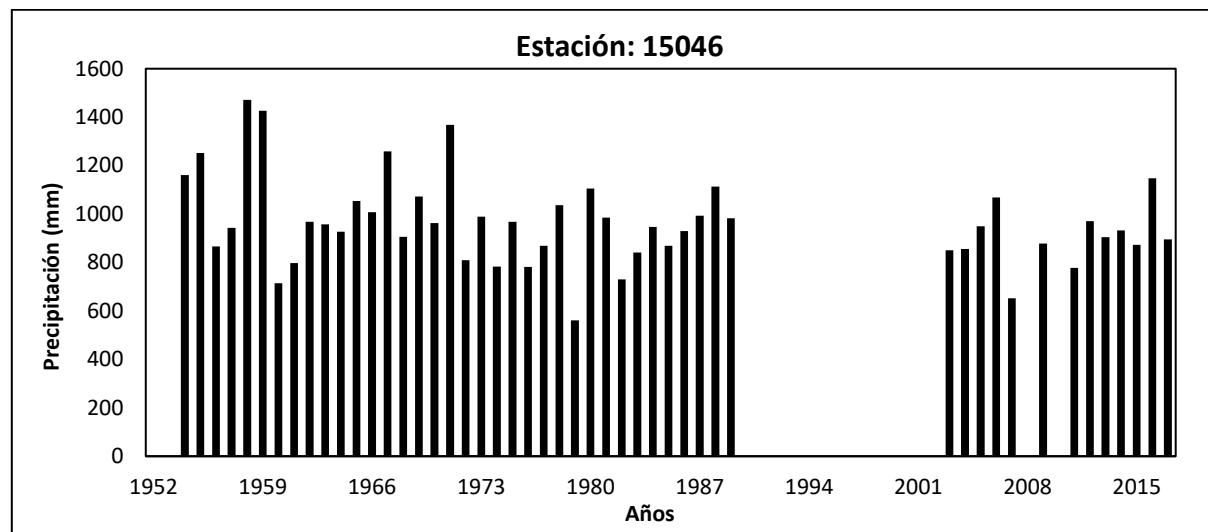


Figura 5.2.- Hietograma de precipitación anual sin rellenar, estación 15046.

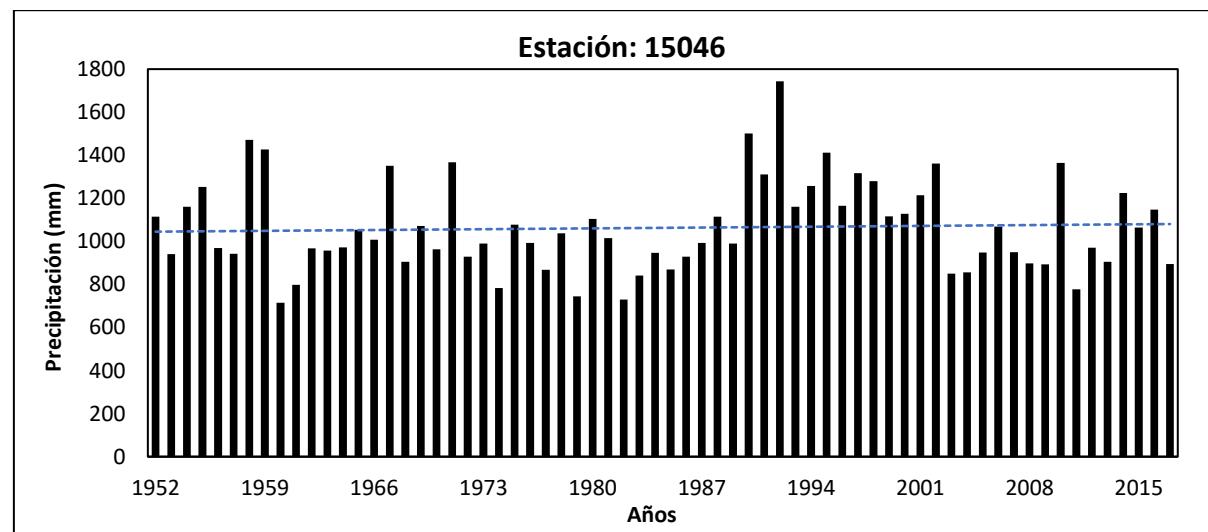


Figura 5.3.- Hietograma de precipitación anual con datos completos, estación 15046

### 5.3. Pruebas de Homogeneidad e Independencia

Con las series anuales completas y corregidas de las precipitaciones totales, se realizan las pruebas de homogeneidad para definir las estaciones que serán consideradas en el análisis del trabajo y verificar que se tenga una cuenca homogénea que no haya sufrido algún cambio en su fisiografía producto de las actividades humanas y/o procesos naturales.

Para que una serie sea considerada homogénea deberá cumplir 2 de las 3 pruebas que se realicen.

- **Prueba de Helmer**

La prueba consiste en identificar la variación de los datos de la muestra con respecto a la media aritmética de la serie. La serie es Homogénea si

$$-\sqrt{n-1} \leq (S - C) \leq \sqrt{n-1}$$

- **Prueba de t de Student**

Se considera una serie de tamaño “n” la cual se divide en dos conjuntos de tamaño. Para que la serie sea Homogénea debe de cumplir  $t_d < t_c$ .

- **Prueba de Cramer**

Se divide en bloques de 60 y 30 % de los últimos valores. Si  $|\tau_w| > T$  de Student, la serie es No Homogénea.

- **Prueba de Independencia**

La prueba de Anderson se realiza con la finalidad de verificar que la serie de datos está constituida de variables aleatorias.

Si solo el 10% de los valores  $r_k$  sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie  $x_i$  es independiente.

## Resultados de las Pruebas de Consistencia

Se procede a analizar la consistencia de los datos para revisar que cumplan con lo siguiente:

Tabla 5.7.- Pruebas de consistencia

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN	PRUEBAS
Homogeneidad	Se cumple si todos los valores que conforman la muestra provienen estadísticamente de una misma población.	Helmert t de Student Cramer
Independencia	Implica que la probabilidad de ocurrencia cualquiera de los datos no depende de la ocurrencia de los valores precedentes.	Anderson

Las estaciones 16098, 15066 y 15199 no presentan homogeneidad, estas series quedan descartadas para nuestro análisis.

Tabla 5.8.- Resultados de las Pruebas de Homogeneidad e Independencia

Resumen Pruebas de Consistencia						
Cuenca	Estación	Nombre	Helmert	t de Student	Cramer	Anderson
Tuxpan	16097	PRESA PUCUATO	Homogéneo	No homogéneo	Homogéneo	Independiente
	16098	PRESA SABANETA	No homogéneo	No homogéneo	No homogéneo	Error de independencia
El Bosque	16192	LA ENCARNACION	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo	Independiente
	16036	PRESA EL BOSQUE (CFE)	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo	Independiente
Chilesdo - Colorines	15046	PRESA COLORINES (CFE)	No homogéneo	Homogéneo	Homogéneo	Independiente
Valle de Bravo	15174	PALO MANCORNADO	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo	Independiente
Villa Victoria	15066	PALIZADA	No homogéneo	No homogéneo	No homogéneo	Error de independencia
	15133	PRESA VILLA VICTORIA	Homogéneo	Homogéneo	Homogéneo	Independiente
	15199	MINA VIEJA	No homogéneo	No homogéneo	Homogéneo	Independiente

Se determinó las pruebas de consistencia para cada una de las estaciones climatológicas como se muestra en las siguientes tablas.

PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 16097 PRESA PUCUATO

n	Año	Precip. mm	Signo	S/C
1	1951	1061,7	-	
2	1952	1538,2	+	C
3	1953	1200,1	-	C
4	1954	1316,4	+	C
5	1955	1352,6	+	S
6	1956	1329,5	+	S
7	1957	1017,6	-	C
8	1958	1828,0	+	C
9	1959	1443,6	+	S
10	1960	909,9	-	C
11	1961	1191,9	-	S
12	1962	1196,9	-	S
13	1963	1307,6	+	C
14	1964	1238,5	-	C
15	1965	1504,4	+	C
16	1966	1493,1	+	S
17	1967	1669,1	+	S
18	1968	1304,1	+	S
19	1969	1126,9	-	C
20	1970	1204,1	-	S
21	1971	1485,6	+	C
22	1972	1375,9	+	S
23	1973	1457,4	+	S
24	1974	1142,0	-	C
25	1975	1268,0	+	C
26	1976	1506,7	+	S
27	1977	1209,7	-	C
28	1978	1449,2	+	C
29	1979	1077,3	-	C
30	1980	1225,0	-	S
31	1981	1389,6	+	C
32	1982	1133,7	-	C
33	1983	1208,9	-	S
34	1984	1136,0	-	S
35	1985	1271,0	+	C
36	1986	1566,6	+	S
37	1987	1148,1	-	C
38	1988	1121,6	-	S
39	1989	1086,4	-	S
40	1990	1567,9	+	C
41	1991	1346,7	+	S
42	1992	1604,9	+	S
43	1993	825,5	-	C
44	1994	1407,5	+	C
45	1995	1415,0	+	S
46	1996	993,5	-	C
47	1997	785,0	-	S
48	1998	1133,7	-	S
49	1999	879,3	-	S
50	2000	950,4	-	S
51	2001	1225,3	-	S
52	2002	1264,9	+	C
53	2003	1158,1	-	C
54	2004	1134,2	-	S
55	2005	867,8	-	S
56	2006	1113,8	-	S
57	2007	895,4	-	S
58	2008	781,9	-	S
59	2009	1166,3	-	S
60	2010	1627,9	+	C
61	2011	1136,5	-	C
62	2012	1434,9	+	C
63	2013	1546,0	+	S
64	2014	1505,6	+	S
65	2015	1292,0	+	S
66	2016	1253,5	+	S
67	2017	1024,7	-	C

Helmert					
-8,12	≤	6	≤ 8,12		
<b>Homogenea</b>					
<b>T de Student</b>					
Valores	Bloque I	Bloque II			
n =	33	34			
Media X =	1307,98	1196,12			
DESVEST =	193,70	245,84			
VAR S <sup>2</sup> =	37519,58	60438,59			
Td = 2,03					
Grados de Libertad = 65					
Tabla de Distribución t de Student					
G. de Libertad	Dos colas 5 %				
60	2,000				
65	<b>1,998</b>				
100	1,984				
<b>No Homogenea</b>					
Cramer					
Valores	Bloque I 60%	Bloque II 30%			
n <sub>w</sub> =	40	20			
Media X =	1203,79	1169,61			
τ <sub>w</sub>	-0,209	-0,359			
T <sub>(60)-(30)</sub>	2,01	1,78			
<b>No Homogenea</b>		<b>Homogenea</b>			
Media X = 1251,21					
DESVEST = 227,12					
VAR S <sup>2</sup> = 51585,45					
S = 36					
C = 30					
n = 67					

PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 16098 PRESA SABANETA

n	Año	Precip. mm	Signo	S/C
1	1953	1234,2	-	C
2	1954	1364,9	+	S
3	1955	1381,2	+	S
4	1956	1329,2	+	S
5	1957	910,0	-	C
6	1958	1771,5	+	C
7	1959	1398,3	+	S
8	1960	965,1	-	C
9	1961	1205,1	-	S
10	1962	1131,7	-	S
11	1963	1375,4	+	C
12	1964	1454,3	+	S
13	1965	1496,1	+	S
14	1966	1605,6	+	S
15	1967	1780,4	+	S
16	1968	1336,9	+	S
17	1969	1124,4	-	C
18	1970	1257,6	-	S
19	1971	1623,9	+	C
20	1972	1324,0	+	S
21	1973	1512,8	+	S
22	1974	1143,9	-	C
23	1975	1451,4	+	C
24	1976	1674,7	+	S
25	1977	1286,3	+	S
26	1978	1483,6	+	S
27	1979	1202,9	-	C
28	1980	1305,0	+	C
29	1981	1433,9	+	S
30	1982	1145,5	-	C
31	1983	1337,9	+	C
32	1984	1354,6	+	S
33	1985	1449,2	+	S
34	1986	1605,2	+	S
35	1987	1166,1	-	C
36	1988	1130,6	-	S
37	1989	1100,5	-	S
38	1990	1580,5	+	C
39	1991	1367,6	+	S
40	1992	1635,5	+	S
41	1993	944,7	-	C
42	1994	1418,0	+	C
43	1995	1428,5	+	S
44	1996	996,0	-	C
45	1997	800,5	-	S
46	1998	1149,0	-	S
47	1999	909,5	-	S
48	2000	935,0	-	S
49	2001	1179,2	-	S
50	2002	1220,5	-	S
51	2003	1110,5	-	S
52	2004	1107,3	-	S
53	2005	825,9	-	S
54	2006	1086,5	-	S
55	2007	919,8	-	S
56	2008	805,4	-	S
57	2009	1186,3	-	S
58	2010	1518,1	+	C
59	2011	1005,7	-	C
60	2012	1185,7	-	S
61	2013	1393,5	+	C
62	2014	1371,0	+	S
63	2015	1197,3	-	C
64	2016	1211,8	-	S

Helmert			
-7,94	≤	19	≤ 7,94
<b>No homogenea</b>			
T de Student			
Valores	Bloque I	Bloque II	
n =	32	32	
Media X =	1356,32	1185,65	
DESVEST =	204,95	236,37	
VAR S <sup>2</sup> =	42005,03	55873,06	
Td = 3,04			
Grados de Libertad = 62			
Tabla de Distribución t de Student			
G. de Libertad	Dos colas 5 %		
60	2,000		
62	<b>1,999</b>		
100	1,984		
<b>No Homogenea</b>			
Cramer			
Valores	Bloque I 60%	Bloque II 30%	
n <sub>w</sub> =	38	19	
Media X =	1203,18	1122,00	
τ <sub>w</sub>	-0,288	-0,632	
T <sub>(60)-(30)</sub>	2,63	2,73	
<b>No Homogenea</b>		<b>No Homogenea</b>	
Media X = 1270,99		S = 41	
DESVEST = 235,71		C = 22	
VAR S <sup>2</sup> = 55559,75		n = 64	

## PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 16192 LA ENCARNACION

n	Año	Precip. mm	Signo	S/C
1	1975	1010,0	+	
2	1976	938,8	+	S
3	1977	823,0	-	C
4	1978	840,1	-	S
5	1979	718,2	-	S
6	1980	1277,1	+	C
7	1981	1007,7	+	S
8	1982	521,7	-	C
9	1983	712,1	-	S
10	1984	1051,0	+	C
11	1985	999,4	+	S
12	1986	605,8	-	C
13	1987	736,4	-	S
14	1988	856,0	-	S
15	1989	693,2	-	S
16	1990	971,4	+	C
17	1991	824,9	-	C
18	1992	1108,1	+	C
19	1993	894,1	+	S
20	1994	482,8	-	C
21	1995	871,4	-	S
22	1996	714,9	-	S
23	1997	732,9	-	S
24	1998	883,9	+	C
25	1999	795,0	-	C
26	2000	716,3	-	S
27	2001	775,6	-	S
28	2002	1028,6	+	C
29	2003	1140,6	+	S
30	2004	386,5	-	C
31	2005	895,0	+	C
32	2006	1114,7	+	S
33	2007	924,6	+	S
34	2008	713,8	-	C
35	2009	952,3	+	C
36	2010	1434,1	+	S
37	2011	856,3	-	C
38	2012	930,5	+	C
39	2013	864,3	-	C
40	2014	873,8	-	S
41	2015	1067,7	+	C
42	2016	929,6	+	S
43	2017	917,9	+	S
44	2018	1099,4	+	S

Helmert		
-6,56	≤	3
<b>Homogenea</b>		
<b>T de Student</b>		
Valores	Bloque I	Bloque II
n =	22	22
Media X =	848,10	910,61
DESVEST =	193,10	203,22
VAR S <sup>2</sup> =	37288,05	41299,67
Td = 1,02		
Grados de Libertad = 42		
Tabla de Distribución t de Student		
G. de Libertad	Dos colas 5 %	
40	2,021	
42	<b>2,019</b>	
60	2,000	
<b>Homogenea</b>		
Cramer		
Valores	Bloque I 60%	Bloque II 30%
n <sub>w</sub> =	26	13
Media X =	884,48	975,31
τ <sub>w</sub>	0,026	0,484
T <sub>(60)-(30)</sub>	0,20	1,83
<b>Homogenea</b>		<b>Homogenea</b>
Media X = 879,35		
DESVEST = 198,44		
VAR S <sup>2</sup> = 39379,73		
S = 23		
C = 20		
n = 44		

## PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 16036 PRESA EL BOSQUE (CFE)

n	Año	Precip. mm	Signo	S/C
1	1952	1302,8	+	C
2	1953	842,2	-	S
3	1954	893,6	-	S
4	1955	1130,3	+	C
5	1956	981,7	+	S
6	1957	721,9	-	C
7	1958	1388,7	+	C
8	1959	1357,7	+	S
9	1960	706,4	-	C
10	1961	683,2	-	S
11	1962	981,8	+	C
12	1963	682,7	-	C
13	1964	882,1	-	S
14	1965	676,3	-	S
15	1966	833,6	-	S
16	1967	1290,2	+	C
17	1968	896,6	+	S
18	1969	740,7	-	C
19	1970	1197,1	+	C
20	1971	948,2	+	S
21	1972	770,0	-	C
22	1973	1053,4	+	C
23	1974	731,6	-	C
24	1975	945,5	+	C
25	1976	883,1	-	C
26	1977	748,4	-	S
27	1978	818,5	-	S
28	1979	706,6	-	S
29	1980	1091,4	+	C
30	1981	989,2	+	S
31	1982	606,4	-	C
32	1983	701,5	-	S
33	1984	970,5	+	C
34	1985	1003,2	+	S
35	1986	567,4	-	C
36	1987	780,4	-	S
37	1988	877,9	-	S
38	1989	692,5	-	S
39	1990	1000,1	+	C
40	1991	847,1	-	C
41	1992	1134,6	+	C
42	1993	893,4	-	C
43	1994	524,5	-	S
44	1995	899,6	+	C
45	1996	730,2	-	C
46	1997	751,9	-	S
47	1998	889,0	-	S
48	1999	792,2	-	S
49	2000	724,9	-	S
50	2001	916,0	+	C
51	2002	876,1	-	C
52	2003	993,4	+	C
53	2004	887,3	-	C
54	2005	845,2	-	S
55	2006	1148,0	+	C
56	2007	948,2	+	S
57	2008	725,6	-	C
58	2009	764,1	-	S
59	2010	1468,8	+	C
60	2011	906,0	+	S
61	2012	721,5	-	C
62	2013	933,1	+	C
63	2014	853,2	-	C
64	2015	1005,7	+	C
65	2016	913,8	+	S
66	2017	956,2	+	S

Helmert		
-8,06	≤	-7 ≤ 8,06
<b>Homogenea</b>		
T de Student		
Valores	Bloque I	Bloque II
n =	33	33
Media X =	913,75	877,90
DESVEST =	214,61	173,54
VAR S <sup>2</sup> =	46057,44	30117,28
Td = 0,73		
Grados de Libertad = 64		
Tabla de Distribución t de Student		
G. de Libertad	Dos colas 5 %	
60	2,000	
64	<b>1,998</b>	
100	1,984	
<b>Homogenea</b>		
Cramer		
Valores	Bloque I 60%	Bloque II 30%
n <sub>w</sub> =	40	20
Media X =	871,37	913,41
τ <sub>w</sub>	-0,126	0,090
T <sub>(60)-(30)</sub>	1,24	0,47
<b>Homogenea</b>		<b>Homogenea</b>
Media X =	895,83	S = 29
DESVEST =	194,49	C = 36
VAR S <sup>2</sup> =	37827,64	n = 66

## PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 15046 PRESA COLORINES (CFE)

n	Año	Precip. mm	Signo	S/C
1	1952	1114,2	+	
2	1953	940,2	-	C
3	1954	1161,0	+	C
4	1955	1252,3	+	S
5	1956	968,9	-	C
6	1957	942,5	-	S
7	1958	1471,0	+	C
8	1959	1426,1	+	S
9	1960	714,3	-	C
10	1961	797,4	-	S
11	1962	968,0	-	S
12	1963	957,4	-	S
13	1964	972,5	-	S
14	1965	1053,9	-	S
15	1966	1007,8	-	S
16	1967	1350,3	+	C
17	1968	905,8	-	C
18	1969	1071,7	+	C
19	1970	962,6	-	C
20	1971	1367,6	+	C
21	1972	928,4	-	C
22	1973	989,5	-	S
23	1974	782,6	-	S
24	1975	1077,4	+	C
25	1976	993,4	-	C
26	1977	868,7	-	S
27	1978	1036,9	-	S
28	1979	744,4	-	S
29	1980	1104,8	+	C
30	1981	1015,6	-	C
31	1982	729,6	-	S
32	1983	841,5	-	S
33	1984	947,0	-	S
34	1985	868,8	-	S
35	1986	929,1	-	S
36	1987	992,7	-	S
37	1988	1115,0	+	C
38	1989	989,6	-	C
39	1990	1500,6	+	C
40	1991	1310,4	+	S
41	1992	1744,1	+	S
42	1993	1161,5	+	S
43	1994	1258,1	+	S
44	1995	1412,6	+	S
45	1996	1165,7	+	S
46	1997	1317,5	+	S
47	1998	1279,5	+	S
48	1999	1115,6	+	S
49	2000	1127,8	+	S
50	2001	1215,0	+	S
51	2002	1360,8	+	S
52	2003	850,3	-	C
53	2004	856,2	-	S
54	2005	948,9	-	S
55	2006	1068,1	+	C
56	2007	950,1	-	C
57	2008	898,3	-	S
58	2009	893,8	-	S
59	2010	1364,5	+	C
60	2011	777,5	-	C
61	2012	971,1	-	S
62	2013	905,0	-	S
63	2014	1225,4	+	C
64	2015	1064,5	+	S
65	2016	1147,2	+	S
66	2017	895,1	-	C

Helmert		
-8,06	≤	15
<b>No homogenea</b>		
T de Student		
Valores	Bloque I	Bloque II
n =	33	33
Media X =	1014,10	1111,52
DESVEST =	190,77	220,47
VAR S <sup>2</sup> =	36393,05	48608,23
Td =	<b>1,89</b>	
Grados de Libertad =	<b>64</b>	
Tabla de Distribución t de Student		
G. de Libertad	Dos colas 5 %	
60	2,000	
64	<b>1,998</b>	
100	1,984	
<b>Homogenea</b>		
Cramer		
Valores	Bloque I 60%	Bloque II 30%
n <sub>w</sub> =	40	20
Media X =	1077,50	1045,73
T <sub>w</sub>	0,070	-0,081
T <sub>(60)-(30)</sub>	0,69	0,43
<b>Homogenea</b>		<b>Homogenea</b>
Media X =	1062,81	S = 40
DESVEST =	210,37	C = 25
VAR S <sup>2</sup> =	44256,31	n = 66

PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 15174 PALO MANCORNADO

n	Año	Precip. mm	Signo	S/C
1	1965	597,6	-	
2	1966	372,2	-	S
3	1967	581,6	-	S
4	1968	791,8	-	S
5	1969	621,7	-	S
6	1970	846,4	-	S
7	1971	1115,7	+	C
8	1972	774,8	-	C
9	1973	1249,1	+	C
10	1974	981,1	+	S
11	1975	1183,4	+	S
12	1976	1171,2	+	S
13	1977	1020,2	+	S
14	1978	1001,9	+	S
15	1979	764,7	-	C
16	1980	1221,3	+	C
17	1981	1029,3	+	S
18	1982	843,2	-	C
19	1983	871,6	-	S
20	1984	1130,6	+	C
21	1985	904,7	-	C
22	1986	839,0	-	S
23	1987	884,3	-	S
24	1988	856,4	-	S
25	1989	898,5	-	S
26	1990	1065,1	+	C
27	1991	761,8	-	C
28	1992	1710,7	+	C
29	1993	805,9	-	C
30	1994	1005,1	+	C
31	1995	600,1	-	C
32	1996	753,1	-	S
33	1997	1006,0	+	C
34	1998	917,0	+	S
35	1999	736,9	-	C
36	2000	576,0	-	S
37	2001	861,6	-	S
38	2002	1096,9	+	C
39	2003	1026,5	+	S
40	2004	356,4	-	C
41	2005	654,3	-	S
42	2006	1323,9	+	C
43	2007	1575,4	+	S
44	2008	1934,5	+	S
45	2009	378,6	-	C
46	2010	410,5	-	S
47	2011	515,0	-	S
48	2012	928,2	+	C
49	2013	725,2	-	C
50	2014	837,8	-	S
51	2015	975,1	+	C
52	2016	1275,5	+	S
53	2017	909,6	-	C

Helmut		
-7,21	≤	4
<b>Homogenea</b>		
T de Student		
Valores	Bloque I	Bloque II
n =	26	27
Media X =	931,79	887,40
DESVEST =	258,88	366,87
VAR S <sup>2</sup> =	67016,57	134596,56
Td =	<b>0,50</b>	
Grados de Libertad =	<b>51</b>	
Tabla de Distribución t de Student		
G. de Libertad	Dos colas 5 %	
40	2,021	
51	<b>2,009</b>	
60	2,000	
<b>Homogenea</b>		
Cramer		
Valores	Bloque I 60%	Bloque II 30%
n <sub>w</sub> =	32	16
Media X =	912,53	932,72
τ <sub>w</sub>	0,005	0,070
T <sub>(60)-(30)</sub>	0,05	0,33
<b>Homogenea</b>		<b>Homogenea</b>
Media X =	910,85	S = 28
DESVEST =	312,12	C = 24
VAR S <sup>2</sup> =	97418,91	n = 53

## PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 15066 PALIZADA

Año	Precip. mm	Signo	S/C
1959	1180,1	+	
1960	668,1	-	C
1961	761,7	-	S
1962	1005,5	+	C
1963	1100,3	+	S
1964	1092,5	+	S
1965	1028,8	+	S
1966	889,1	+	S
1967	1058,0	+	S
1968	914,0	+	S
1969	763,4	-	C
1970	854,7	+	C
1971	1049,8	+	S
1972	822,0	+	S
1973	1131,2	+	S
1974	801,2	+	S
1975	947,1	+	S
1976	1016,3	+	S
1977	803,3	+	S
1978	961,6	+	S
1979	845,7	+	S
1980	993,4	+	S
1981	1020,1	+	S
1982	737,6	-	C
1983	792,8	-	S
1984	1023,0	+	C
1985	773,1	-	C
1986	960,0	+	C
1987	742,8	-	C
1988	776,9	-	S
1989	705,3	-	S
1990	1238,0	+	C
1991	931,9	+	S
1992	1170,6	+	S
1993	950,6	+	S
1994	932,0	+	S
1995	1047,9	+	S
1996	727,0	-	C
1997	832,7	+	C
1998	813,1	+	S
1999	744,1	-	C
2000	830,9	+	C
2001	931,6	+	S
2002	894,4	+	S
2003	820,0	+	S
2004	342,9	-	C
2005	219,6	-	S
2006	629,4	-	S
2007	660,7	-	S
2008	501,0	-	S
2009	317,8	-	S
2010	37,7	-	S
2011	309,6	-	S
2012	312,5	-	S
2013	438,0	-	S
2014	398,5	-	S
2015	483,4	-	S
2016	440,6	-	S
2017	743,6	-	S

Helmert		
-7,62	$\leq$	28
<b>No homogenea</b>		
T de Student		
Valores	Bloque I	Bloque II
n =	29	30
Media X =	921,97	672,74
DESVEST =	137,89	294,16
VAR S <sup>2</sup> =	19012,34	86530,59
Td =	<b>4,07</b>	
Grados de Libertad =	<b>57</b>	
Tabla de Distribución t de Student		
G. de Libertad	Dos colas 5 %	
40	2,021	
57	<b>2,003</b>	
60	2,000	
<b>No Homogenea</b>		
Cramer		
Valores	Bloque I 60%	Bloque II 30%
n <sub>w</sub> =	35	18
Media X =	699,26	517,35
$\tau_w$	-0,367	-1,064
T <sub>(60)-30)</sub>	3,14	3,64
<b>No Homogenea</b>		<b>No Homogenea</b>
Media X =	795,25	S = 43
DESVEST =	261,22	C = 15
VAR S <sup>2</sup> =	68235,18	n = 59

## PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 15133 PRESA VILLA VICTORIA

Año	Precip. mm	Signo	S/C
1961	860,4	-	
1962	877,1	-	S
1963	1016,4	+	C
1964	990,3	+	S
1965	989,4	+	S
1966	992,6	+	S
1967	1093,2	+	S
1968	922,0	+	S
1969	729,9	-	C
1970	846,6	-	S
1971	1152,8	+	C
1972	847,3	-	C
1973	1006,0	+	C
1974	932,8	+	S
1975	970,5	+	S
1976	976,0	+	S
1977	864,9	-	C
1978	1083,1	+	C
1979	773,6	-	C
1980	973,8	+	C
1981	985,2	+	S
1982	725,2	-	C
1983	747,0	-	S
1984	983,3	+	C
1985	952,0	+	S
1986	823,8	-	C
1987	742,4	-	S
1988	708,6	-	S
1989	666,1	-	S
1990	1147,5	+	C
1991	962,1	+	S
1992	1233,4	+	S
1993	915,8	-	C
1994	981,0	+	C
1995	1088,3	+	S
1996	756,0	-	C
1997	832,3	-	S
1998	824,4	-	S
1999	712,8	-	S
2000	813,8	-	S
2001	1006,3	+	C
2002	1027,1	+	S
2003	949,9	+	S
2004	1261,2	+	S
2005	654,2	-	C
2006	982,6	+	C
2007	806,5	-	C
2008	700,9	-	S
2009	875,0	-	S
2010	977,4	+	C
2011	804,9	-	C
2012	767,9	-	S
2013	1061,3	+	C
2014	858,4	-	C
2015	1090,1	+	C
2016	1084,2	+	S
2017	860,1	-	C

Helmert		
-7,48	$\leq$	4
<b>Homogenea</b>		
T de Student		
Valores	Bloque I	Bloque II
n =	28	29
Media X =	913,08	920,74
DESVEST =	120,07	162,88
VAR S <sup>2</sup> =	14417,13	26529,75
Td =	0,20	
Grados de Libertad =	55	
Tabla de Distribución t de Student		
G. de Libertad	Dos colas 5 %	
40	2,021	
55	<b>2,005</b>	
60	2,000	
<b>Homogenea</b>		
Cramer		
Valores	Bloque I 60%	Bloque II 30%
n <sub>w</sub> =	34	17
Media X =	909,16	927,53
$\tau_w$	-0,055	0,074
T <sub>(60)-(30)</sub>	0,49	0,36
<b>Homogenea</b>		<b>Homogenea</b>
Media X =	916,98	S = 30
DESVEST =	142,24	C = 26
VAR S <sup>2</sup> =	20230,93	n = 57

## PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD: ESTACIÓN 15199 MINA VIEJA

Año	Precip. mm	Signo	S/C	Helmert				
1975	1050,0	+						
1976	1124,8	+	S	-6,40	≤	11	≤	6,40
1977	872,9	-	C					
1978	837,1	-	S					
1979	748,0	-	S					
1980	1081,0	+	C					
1981	996,5	+	S					
1982	724,5	-	C					
1983	1170,8	+	C					
1984	1066,3	+	S					
1985	1030,1	+	S					
1986	1074,3	+	S					
1987	1041,8	+	S					
1988	794,5	-	C					
1989	767,3	-	S					
1990	1194,4	+	C					
1991	884,6	+	S					
1992	951,3	+	S					
1993	851,7	-	C					
1994	1179,6	+	C					
1995	1009,5	+	S					
1996	754,2	-	C					
1997	591,4	-	S					
1998	917,6	+	C					
1999	688,3	-	C					
2000	996,5	+	C					
2001	864,7	-	C					
2002	610,0	-	S					
2003	839,4	-	S					
2004	869,1	-	S					
2005	516,3	-	S					
2006	665,0	-	S					
2007	758,8	-	S					
2008	457,8	-	S					
2009	703,8	-	S					
2010	783,6	-	S					
2011	598,1	-	S					
2012	783,3	-	S					
2013	1142,1	+	C					
2014	1072,3	+	S					
2015	1042,6	+	S					
2016	706,0	-	C					

Después del análisis de los resultados obtenidos por las pruebas de Anderson, se concluye que las muestras 16098 y 15066 no son independientes, presentan tres o más puntos por fuera de los límites de confianza establecidos.

A continuación, tenemos las Correlogramas de las series de tiempo analizadas de las estaciones con influencia en la cuenca Cutzamala:

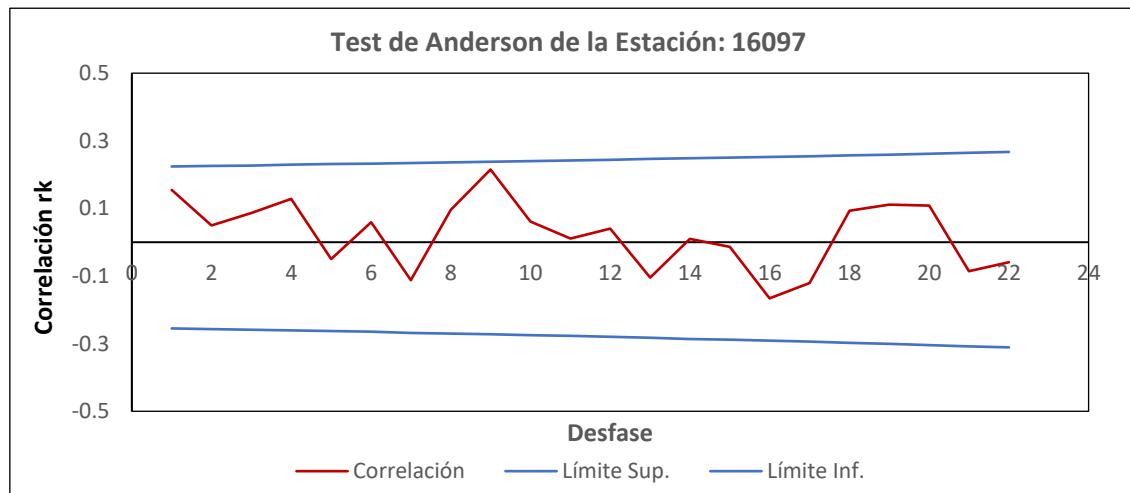


Figura 5.4.- Correlograma de la estación 16097, serie Independiente

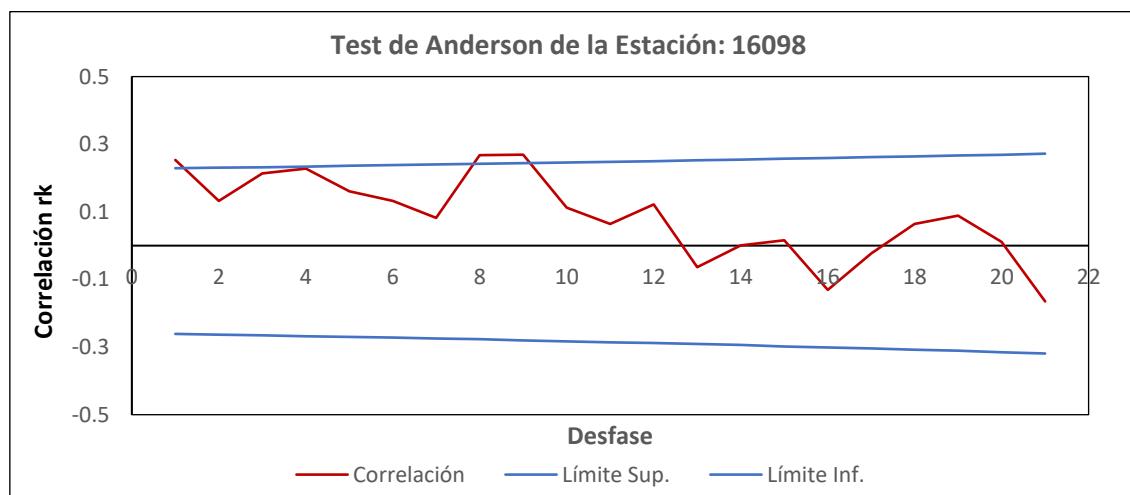


Figura 5.5.- Correlograma de la estación 16098, serie No Independiente

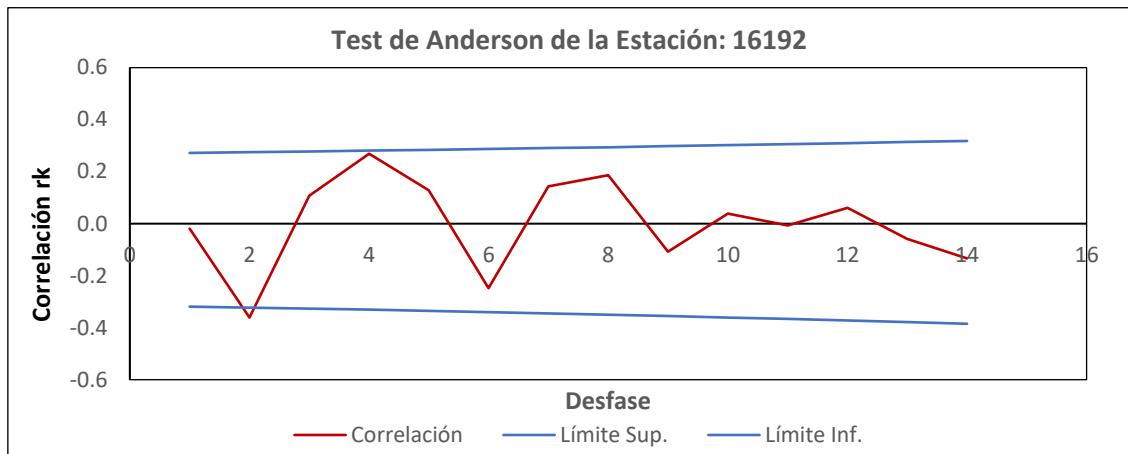


Figura 5.6.- Correlograma de la estación 16192, serie Independiente

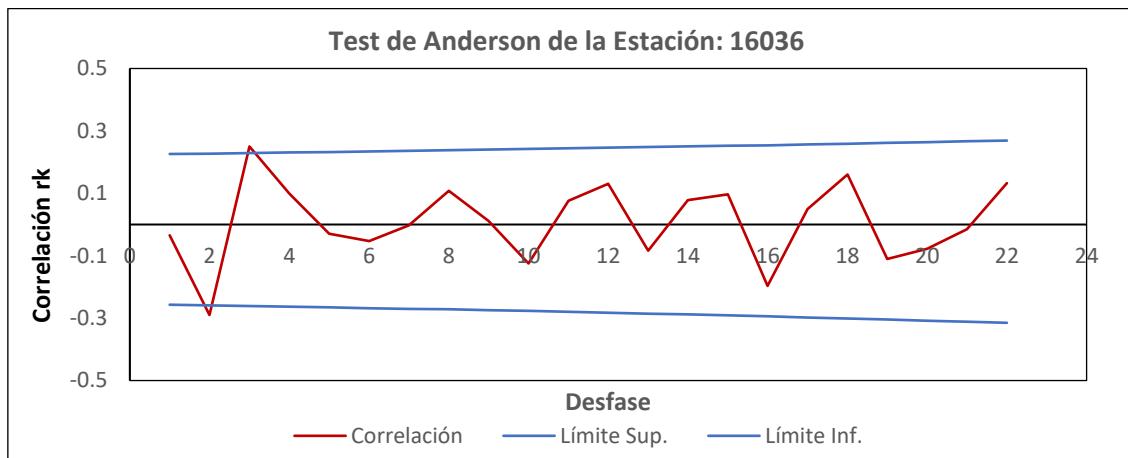


Figura 5.7.- Correlograma de la estación 16036, serie Independiente

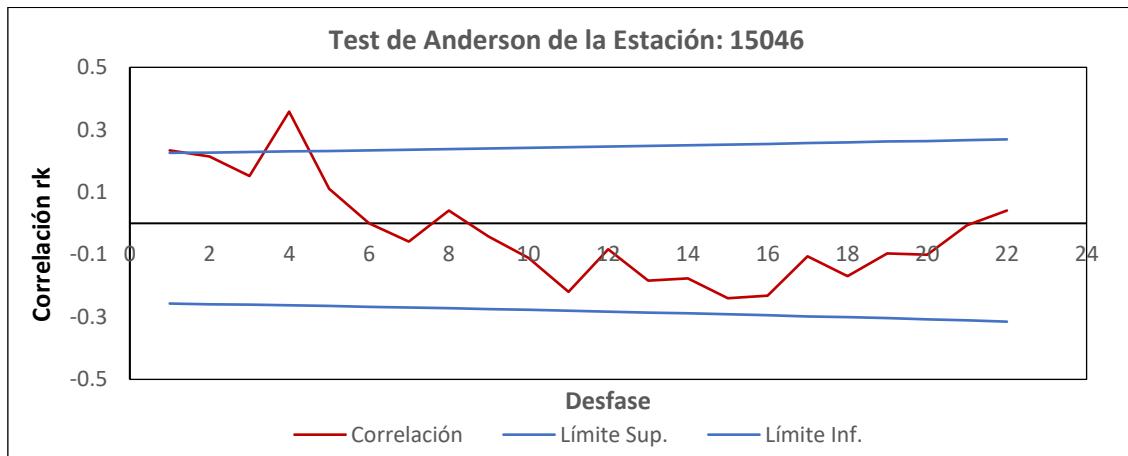


Figura 5.8.- Correlograma de la estación 15046, Serie Independiente

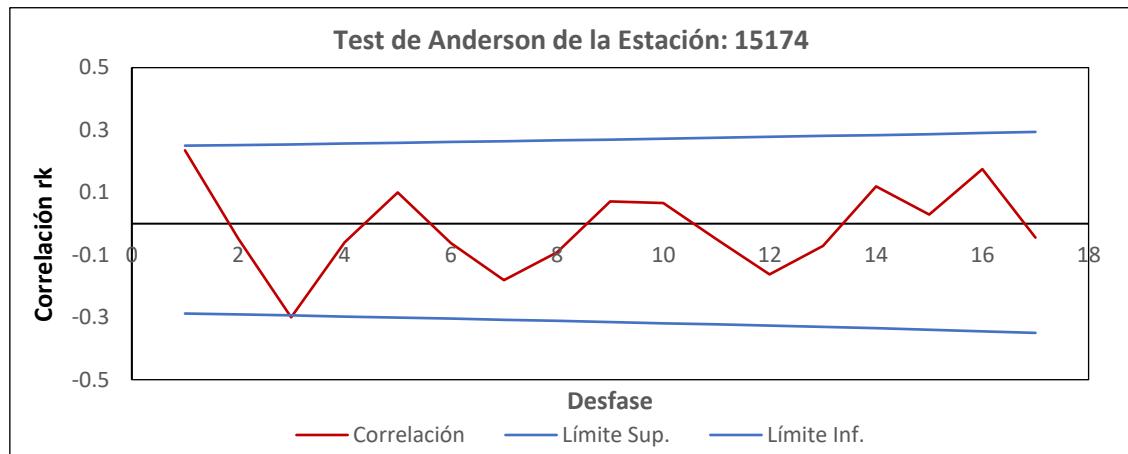


Figura 5.9.- Correlograma de la estación 15174, serie Independiente

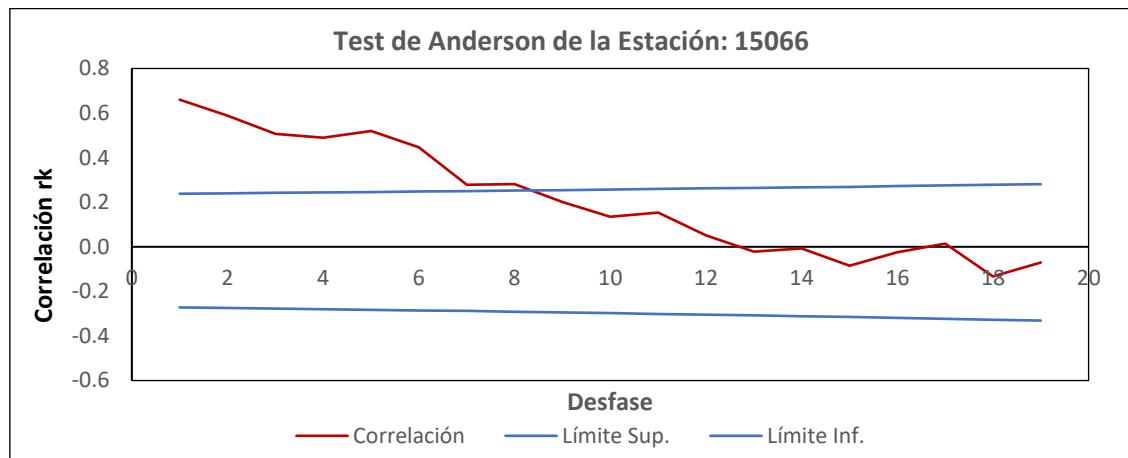


Figura 5.10.- Correlograma de la estación 15066, serie No Independiente

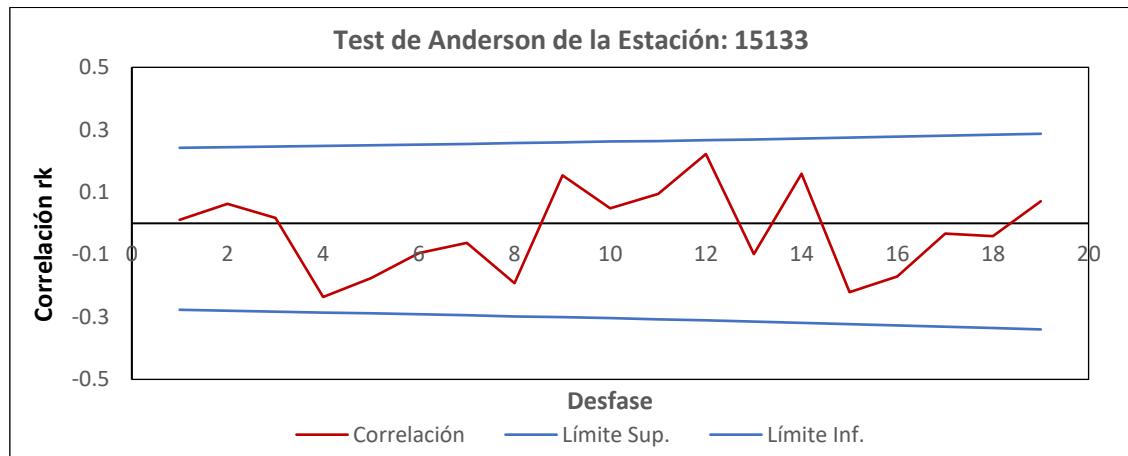


Figura 5.11.- Correlograma de la estación 15133, serie Independiente

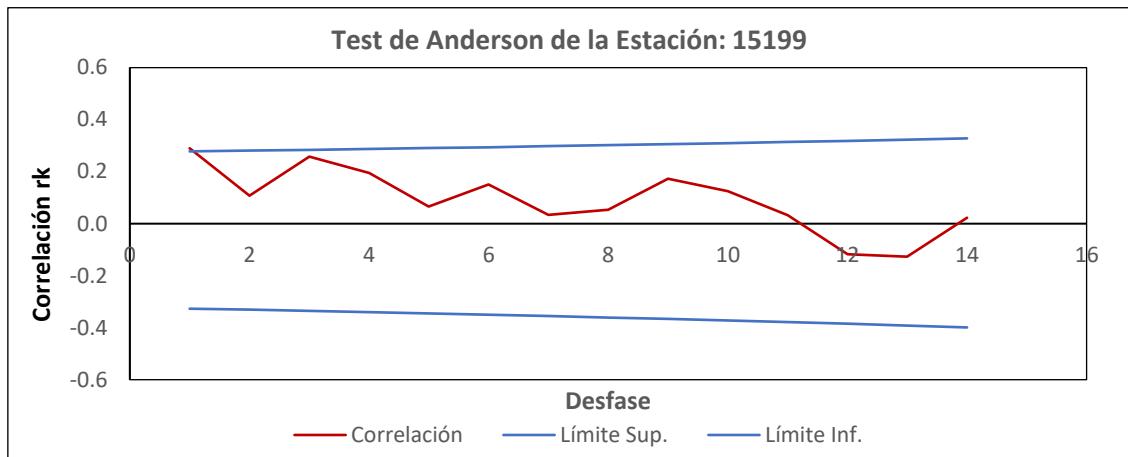


Figura 5.12.- Correlograma de la estación 15199, serie Independiente

## 5.4. Determinación de Escurrimientos

Cuando en una cuenca hidrológica los registros de las estaciones hidrométricas son escasos o simplemente no existen, se puede recurrir a un modelo hidrológico lluvia – escurrimiento, métodos estadísticos y/o métodos indirectos para determinar el escurrimiento.

Algunos métodos se basan en el transporte de información hidrométrica de una estación de aforo cercana al sitio de interés; a estos procedimientos también se les conoce como de similitud de cuencas. Otros métodos se basan en la evaluación de los parámetros físicos de la cuenca (geomorfología) e información climatológica disponible (valores de temperatura y precipitación), estableciendo relaciones entre dichas variables que permiten estimar los volúmenes de los escurrimientos (Campos, 1992).

### 5.4.1. Método del Coeficiente de Escurrimiento

La norma oficial mexicana **NOM-011-CNA-2015 (SEMARNAT, 2002)** provee en su Anexo A, un método para determinar el escurrimiento natural medio anual, en

cuenca no aforadas o con información escasa o nula; el método también es llamado "Precipitación – Escurrimiento".

El volumen medio anual de escurrimiento natural se determina indirectamente y depende de la precipitación anual de la cuenca, el área de la cuenca y el coeficiente de escurrimiento. Para su cálculo se presenta la siguiente ecuación:

$$\text{Vol. Anual} = \text{Precipitación} * \text{Área} * \text{Coeficiente de escurrimiento} \quad (5.3)$$

La precipitación anual en la cuenca (mm) se determina mediante el método de los Polígonos de Thiessen. El coeficiente de escurrimiento se determina en función del tipo y uso de suelo, así como del volumen de precipitación anual de la cuenca.

Los suelos son clasificados en tres tipos A, B y C, véase la Tabla 5.9.

Tabla 5.9.- Clasificación de tipos del suelo y sus características (SEMARNAT, 2002)

TIPOS DE SUELO	CARACTERISTICAS
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

En una cuenca puede existir diferentes tipos y usos del suelo, el parámetro "k" de la cuenca corresponde al valor ponderado para los diferentes tipos y usos de suelo (Véase Tablas 5.9, 5.10 y 5.11) (SEMARNAT, 2002). La siguiente expresión matemática permite obtener el valor de k ponderado (TWRI, 1999):

$$k = k_1(\% \text{ área}) + k_2(\% \text{ área}) + k_n(\% \text{ área } N) \quad (5.4)$$

Tabla 5.10.- Valores de k, en función del tipo y uso de suelo (SEMARNAT, 2002)

USO DE SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
<b>BARBECHO, ÁREAS INCULTAS Y DESNUDAS</b>	0.26	0,28	0.30
<b>CULTIVOS:</b>			
En Hilera	0.24	0.27	0.30
Legumbres o rotación de pradera	0.24	0.27	0.30
Granos pequeños	0.24	0.27	0.30
<b>PASTIZAL:</b>			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más de 75%- Poco-	0.14	0.20	0.28
Del 50 al 75%- Regular-	0.20	0.24	0.30
Menos del 50%- Excesivo-	0.24	0.28	0.30
<b>BOSQUE:</b>			
Cubierto más del 75%	0.07	0.16	0.24
Cubierto del 50 al 75%	0.12	0.22	0.26
Cubierto del 25 al 50%	0.17	0.26	0.28
Cubierto menos del 25%	0.22	0.28	0.30
Zonas urbanas	0.26	0.29	0.32
Caminos	0.27	0.30	0.33
Pradera permanente	0.18	0.24	0.30

Tabla 5.11.- Fórmulas para el cálculo de escurrimiento anual (SEMARNAT, 2002)

K: PARAMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DE SUELO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL (Ce)
Si $k \leq 0.15$	$Ce = k \left( \frac{P-250}{2000} \right)$
Si $k > 0.15$	$Ce = k \left( \frac{P-250}{2000} \right) + \left( \frac{k-0.15}{1.5} \right)$

Las fórmulas son válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2,150 milímetros.

Donde  $k$  es el parámetro que depende del uso y tipo de suelo, adimensional;  $C_e$  es el coeficiente de escurrimiento anual, adimensional y  $P$  la precipitación anual en mm.

#### 5.4.2. Determinación del Valor k Ponderado

De acuerdo con la edafología de la zona de estudio el 73% de la superficie de las subcuenca está cubierto por suelos de tipo andosol, derivados de cenizas volcánicas. Se distribuyen en las partes altas. Les siguen en proporción, los suelos de tipo acrisol.

Los andosoles son suelos Tipo A, suelos permeables y se caracterizan por tener una densidad aparente muy baja y, al estar desprovistos de vegetación y localizarse en laderas y lomeríos, son muy vulnerables a los procesos de erosión hídrica y eólica.

En el apartado 4.5.5. se describe el uso de suelo y vegetación, así como el % de superficie que ocupa dentro de la cuenca.

Mediante las tablas del tipo y uso de suelo se determinó k ponderado.

Tabla 5.12.- k Ponderado de cada Subcuenta.

No.	SUBCUENCA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	K PONDERADO
1	Tuxpan	1.205,4	0,146
2	El Bosque	446,2	0,161
3	Ixtapan del Oro	130,5	0,116
4	Villa Victoria	598,2	0,197
5	Valle de Bravo	526,9	0,137
6	Chilesdo - Colorines	510,8	0,176

ÁREA TOTAL = 3.418,0

### 5.4.3. Polígonos de Thiessen

A partir de las áreas de influencia de cada estación climatológica (calculadas por el método de los polígonos de Thiessen), se ponderó su influencia en cada una de las 6 subcuenca en las que se dividió la cuenca (véase figura 5.13 y tabla 5.13).

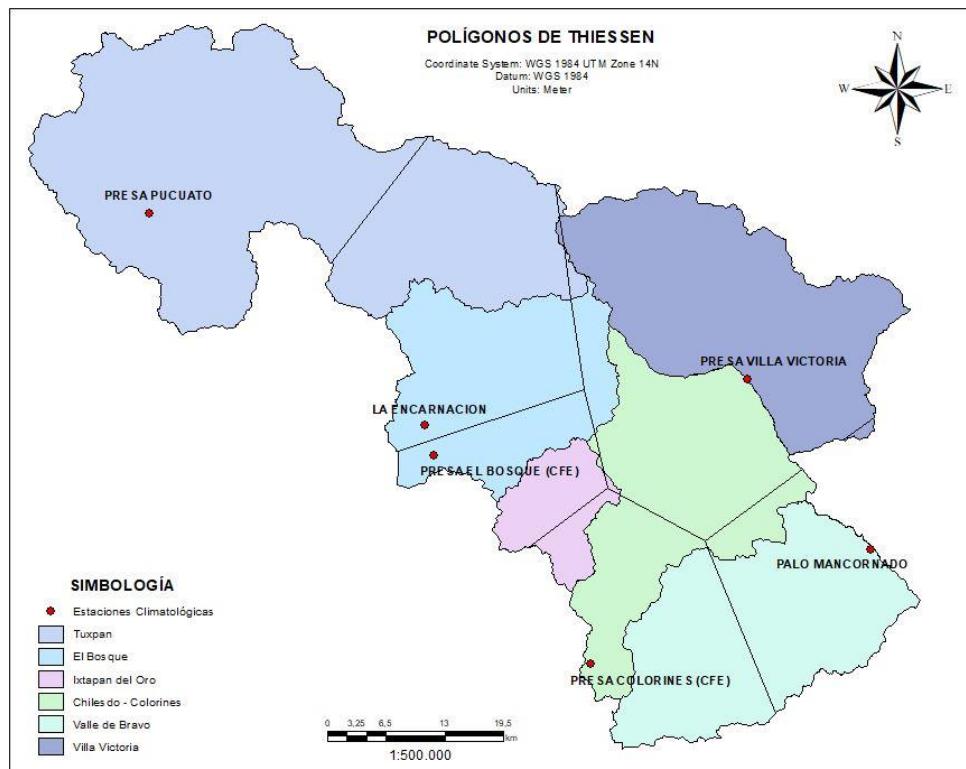


Figura 5.13.- Área de influencia mediante Polígonos de Thiessen, Arc-Gis 10.5

Tabla 5.13.- Área de influencia de cada estación en cada subcuenta.

Subcuenca	16097	16192	16036	15046	15174	15133	Suma
Tuxpan	70,14%	29,18%	---	---	---	0,69%	100,00%
El Bosque	---	61,70%	27,03%	---	---	11,27%	100,00%
Ixtapan del Oro	---	---	67,95%	30,99%	---	1,06%	100,00%
Villa Victoria	---	0,23%	---	---	0,54%	99,23%	100,00%
Valle de Bravo	---	---	---	45,87%	54,13%	---	100,00%
Chilesdo - Colorines	---	---	0,46%	31,18%	8,90%	59,46%	100,00%

#### 5.4.4. Cálculo de Escurrimientos

Se toma un periodo en común de los registros de precipitación de las 6 estaciones climatológicas del año 1975 al 2017.

Para el cálculo de la precipitación, se determina las estaciones y el % de influencia en cada estación climatológica para cada una de las 6 subcuenca (véase tabla 5.13).

Por ejemplo, las estaciones que tiene influencia a la subcuenca de Tuxpan son: 16097 con el 70.14%, 16192 con 29.18% y 15133 con 0.69%.

Para el año de 1975 la precipitación es:

$$P = (1268 * 0.7014) + (1010 * 0.2918) + (970.5 * 0.0069) = 1190.79 \text{ mm}$$

De las ecuaciones de la tabla 5.11, determinamos el coeficiente de escurrimiento anual  $Ce$ , para cada uno de los casos de acuerdo con el valor de  $k$  ponderado.

Para la subcuenca Tuxpan el año de 1975 el coeficiente de escurrimiento es:

$$k \leq 0.15$$

$$Ce = 0.146 \left( \frac{1190.79 - 250}{2000} \right) = 0.07$$

Finalmente se hace el cálculo de los escurrimientos naturales de cada subcuenca, mediante la ecuación:

$$\text{Escurrimiento} = P * A * Ce$$

$$\text{Escurrimiento} = \left( \frac{1190.79}{1000} \right) * 1205.4 * 0.07 = 98.58 \text{ Mm}^3$$

El volumen de escurrimiento obtenido tiene unidades de  $\text{Mm}^3$  (millones de metros cúbicos).

Para determinar la precipitación anual de la cuenca Cutzamala se realiza un promedio ponderado tomando en cuenta la superficie de cada subcuenca.

Tabla 5.14.- Calculo de escurrimiento de las subcuenca Tuxpan, El Bosque e Ixtapan del Oro.

Año	Tuxpan			El Bosque			Ixtapan del Oro		
	Precipitación	Ce Anual	Escurrimiento	Precipitación	Ce Anual	Escurrimiento	Precipitación	Ce Anual	Escurrimiento
1975	1190,79	0,07	98,58	988,12	0,07	29,43	986,65	0,04	5,50
1976	1337,49	0,08	127,99	927,97	0,06	25,63	918,27	0,04	4,64
1977	1094,60	0,06	81,35	807,55	0,05	18,82	786,92	0,03	3,20
1978	1269,08	0,07	113,80	861,65	0,06	21,75	888,99	0,04	4,30
1979	970,52	0,05	61,53	721,29	0,05	14,57	719,02	0,03	2,55
1980	1238,58	0,07	107,74	1192,70	0,08	44,29	1094,31	0,05	6,99
1981	1275,51	0,07	115,10	1000,16	0,07	30,22	997,35	0,04	5,64
1982	952,42	0,05	58,87	567,54	0,03	8,33	645,84	0,02	1,94
1983	1060,89	0,06	75,70	713,17	0,04	14,20	745,37	0,03	2,79
1984	1110,26	0,06	84,04	1021,64	0,07	31,66	963,35	0,04	5,20
1985	1189,67	0,07	98,37	995,08	0,07	29,89	961,01	0,04	5,17
1986	1281,28	0,08	116,27	619,96	0,04	10,27	682,21	0,03	2,23
1987	1025,29	0,06	69,95	748,97	0,05	15,87	845,79	0,03	3,81
1988	1041,34	0,06	72,51	845,31	0,06	20,84	949,59	0,04	5,03
1989	968,89	0,05	61,29	689,96	0,04	13,16	784,32	0,03	3,17
1990	1391,10	0,08	139,68	999,00	0,07	30,15	1156,74	0,05	7,94
1991	1191,91	0,07	98,79	846,36	0,06	20,90	991,90	0,04	5,57
1992	1457,53	0,09	154,87	1129,40	0,08	39,37	1324,55	0,06	10,77
1993	846,22	0,04	44,40	896,35	0,06	23,74	976,69	0,04	5,37
1994	1134,87	0,06	88,36	550,21	0,03	7,73	756,65	0,03	2,90
1995	1254,27	0,07	110,84	903,46	0,06	24,16	1060,56	0,05	6,51
1996	910,67	0,05	52,94	723,67	0,05	14,68	865,43	0,04	4,03
1997	770,19	0,04	35,25	749,21	0,05	15,89	928,03	0,04	4,76
1998	1058,79	0,06	75,35	878,56	0,06	22,71	1009,32	0,04	5,80
1999	853,64	0,04	45,34	784,97	0,05	17,65	891,55	0,04	4,33
2000	881,28	0,05	48,95	729,63	0,05	14,96	850,70	0,03	3,87
2001	1092,71	0,06	81,03	839,56	0,05	20,53	1009,62	0,04	5,80
2002	1194,45	0,07	99,27	987,21	0,07	29,37	1027,90	0,05	6,05
2003	1151,67	0,07	91,38	1079,32	0,07	35,68	948,59	0,04	5,02
2004	917,01	0,05	53,82	620,45	0,04	10,29	881,63	0,04	4,21
2005	874,35	0,05	48,04	854,40	0,06	21,34	875,31	0,04	4,14
2006	1113,25	0,06	84,56	1108,84	0,08	37,83	1121,50	0,05	7,40
2007	903,40	0,05	51,94	917,66	0,06	25,01	947,26	0,04	5,00
2008	761,54	0,04	34,28	715,52	0,04	14,31	778,83	0,03	3,12
2009	1101,95	0,06	82,61	892,69	0,06	23,53	805,46	0,03	3,39
2010	1567,01	0,10	181,60	1391,97	0,10	61,65	1431,25	0,07	12,80
2011	1052,56	0,06	74,33	863,94	0,06	21,88	865,11	0,04	4,03
2012	1283,30	0,08	116,68	855,71	0,06	21,42	799,34	0,03	3,32
2013	1343,90	0,08	129,36	905,11	0,06	24,26	925,75	0,04	4,73
2014	1316,93	0,08	123,64	866,49	0,06	22,02	968,61	0,04	5,27
2015	1225,29	0,07	105,15	1053,45	0,07	33,85	1024,79	0,04	6,01
2016	1157,91	0,07	92,51	942,75	0,06	26,54	987,94	0,04	5,52
2017	992,50	0,05	64,85	921,74	0,06	25,26	936,25	0,04	4,86

Tabla 5.15.- Calculo de escurrimiento de las subcuenca Chilesdo – Colorines, Valle de Bravo y Villa Victoria.

Chilesdo - Colorines			Valle de Bravo			Villa Victoria			Cutzamala	
Precipitación	Ce Anual	Escurrimiento	Precipitación	Ce Anual	Escurrimiento	Precipitación	Ce Anual	Escurrimiento	Precipitación	Escurrimiento
1022.66	0.09	44.6	1134.77	0.06	36.2	971.76	0.10	59.5	1084.4	273.9
998.37	0.08	42.4	1089.62	0.06	33.0	977.00	0.10	60.2	1116.0	293.9
879.35	0.07	32.7	950.71	0.05	24.0	865.60	0.09	47.6	951.0	207.7
1060.25	0.09	48.0	1017.98	0.05	28.2	1082.09	0.11	73.3	1098.7	289.4
763.39	0.06	24.4	755.37	0.03	13.8	773.42	0.08	38.4	829.8	155.2
1037.21	0.09	45.9	1167.86	0.06	38.7	975.83	0.10	60.0	1140.1	303.6
998.63	0.08	42.4	1023.03	0.05	28.5	985.49	0.10	61.2	1097.9	283.1
736.53	0.06	22.6	791.09	0.04	15.4	725.37	0.08	33.9	793.6	141.1
787.34	0.06	26.0	857.78	0.04	18.8	747.59	0.08	35.9	876.4	173.4
985.03	0.08	41.3	1046.39	0.05	30.1	984.25	0.10	61.0	1042.5	253.3
922.08	0.08	36.0	888.23	0.04	20.5	951.85	0.10	57.2	1027.5	247.1
856.81	0.07	31.0	880.32	0.04	20.0	823.38	0.09	43.3	966.7	223.0
833.25	0.07	29.2	934.02	0.05	23.1	743.15	0.08	35.5	890.2	177.4
849.26	0.07	30.4	975.04	0.05	25.5	709.74	0.08	32.5	915.3	186.8
787.79	0.06	26.0	940.33	0.05	23.4	667.42	0.07	28.9	841.2	156.0
1249.56	0.11	67.2	1264.86	0.07	46.3	1146.62	0.12	82.1	1247.6	373.4
1052.33	0.09	47.3	1013.46	0.05	27.9	960.66	0.10	58.2	1050.3	258.7
1434.66	0.12	89.1	1725.99	0.10	91.9	1235.71	0.13	94.9	1408.8	481.0
982.52	0.08	41.1	968.99	0.05	25.1	915.17	0.10	53.0	909.1	192.7
1067.43	0.09	48.7	1121.14	0.06	35.3	979.97	0.10	60.5	1004.8	243.4
1145.13	0.10	56.2	972.81	0.05	25.4	1085.20	0.11	73.7	1111.8	296.8
883.37	0.07	33.0	942.35	0.05	23.5	755.91	0.08	36.7	858.2	164.9
998.70	0.08	42.5	1148.89	0.06	37.3	833.04	0.09	44.2	877.0	179.9
974.82	0.08	40.4	1083.30	0.06	32.6	824.99	0.09	43.4	983.7	220.2
840.88	0.07	29.8	910.59	0.05	21.7	713.10	0.08	32.8	828.4	151.6
890.16	0.07	33.5	829.11	0.04	17.3	812.33	0.09	42.1	841.5	160.7
1058.07	0.09	47.8	1023.68	0.05	28.6	1004.99	0.11	63.5	1025.3	247.3
1136.66	0.10	55.4	1217.95	0.07	42.6	1027.48	0.11	66.3	1126.8	298.9
925.86	0.08	36.3	945.67	0.05	23.7	950.75	0.10	57.1	1033.8	249.2
1052.68	0.09	47.3	585.67	0.02	7.1	1254.30	0.13	97.7	905.2	220.5
746.97	0.06	23.3	789.43	0.04	15.4	654.75	0.07	27.9	801.2	140.1
1040.40	0.09	46.2	1206.56	0.07	41.7	984.75	0.10	61.1	1094.0	278.7
920.35	0.08	35.9	1288.54	0.07	48.3	810.92	0.09	42.0	952.7	208.1
872.35	0.07	32.1	1459.19	0.08	63.7	707.60	0.08	32.3	870.9	179.9
836.17	0.07	29.4	614.92	0.02	8.1	872.51	0.09	48.4	908.4	195.4
1049.91	0.09	47.0	848.10	0.04	18.3	975.40	0.10	60.0	1247.3	381.4
771.02	0.06	24.9	635.41	0.03	8.8	803.45	0.09	41.3	870.8	175.2
845.31	0.07	30.1	947.90	0.05	23.9	769.14	0.08	37.9	1001.9	233.3
982.07	0.08	41.0	807.70	0.04	16.3	1059.03	0.11	70.3	1084.1	286.0
970.95	0.08	40.1	1015.59	0.05	28.1	858.27	0.09	46.8	1066.4	265.9
1071.49	0.09	49.1	1016.10	0.05	28.1	1089.42	0.11	74.3	1116.2	296.5
1120.09	0.09	53.7	1216.66	0.07	42.4	1084.88	0.11	73.7	1114.0	294.4
875.86	0.07	32.4	902.95	0.04	21.3	860.50	0.09	47.1	926.8	195.7

Tabla 5.16.- Serie Histórica Mensual de Precipitación de la cuenca Cutzamala.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	97.5	8.8	0.0	0.0	106.2	218.3	224.8	255.2	121.7	47.9	2.1	2.0
1976	0.6	6.3	3.7	49.6	60.7	104.8	251.1	228.8	163.6	174.3	44.3	28.4
1977	8.0	12.2	0.2	26.5	75.2	214.7	173.3	189.7	176.3	44.0	11.0	19.7
1978	12.1	29.9	16.7	10.8	37.6	233.4	214.0	182.7	217.4	104.8	17.6	21.8
1979	0.0	14.9	3.3	10.7	63.1	127.4	187.2	210.1	138.8	15.3	4.3	54.6
1980	152.7	0.3	34.5	25.3	44.7	162.3	149.6	254.8	182.5	97.2	33.5	2.8
1981	70.0	34.8	1.5	29.1	54.2	193.1	216.5	212.2	105.8	159.1	13.0	8.5
1982	0.0	26.9	5.0	14.0	90.0	103.1	207.8	165.2	84.2	72.9	4.6	19.8
1983	30.0	24.5	13.6	0.0	54.1	104.9	224.9	168.9	160.1	54.5	37.5	3.4
1984	10.3	5.4	7.0	0.0	69.7	222.6	262.5	167.8	188.0	101.1	4.8	3.3
1985	1.7	1.6	13.7	14.7	50.6	282.4	237.0	172.1	144.2	66.2	33.7	9.7
1986	1.0	3.8	0.0	11.6	120.3	212.6	191.1	150.6	146.9	97.6	25.9	5.2
1987	0.9	9.8	4.4	26.1	21.2	186.6	271.2	233.9	106.9	2.0	26.8	0.4
1988	2.9	2.3	52.5	3.7	8.8	142.4	244.8	248.8	152.1	48.3	8.3	0.4
1989	3.4	0.2	1.6	2.8	32.5	137.9	164.7	205.1	157.1	69.6	22.8	43.4
1990	21.2	9.7	13.1	32.8	106.3	153.1	304.5	268.5	181.1	139.6	4.2	13.3
1991	4.3	10.2	3.7	0.4	37.1	194.5	274.8	188.7	196.0	113.3	16.8	10.6
1992	194.2	42.2	0.1	25.6	111.6	101.6	246.6	265.0	218.2	153.5	41.8	8.5
1993	9.2	5.5	0.7	6.6	0.9	206.1	238.8	182.4	188.9	55.8	14.3	0.0
1994	8.9	1.6	0.7	17.1	60.5	269.7	136.0	171.0	232.0	94.8	11.6	0.9
1995	6.3	10.4	4.1	43.8	97.9	220.2	249.3	193.9	131.1	69.1	39.6	46.2
1996	0.6	0.4	0.1	10.3	61.5	179.2	183.8	192.2	152.5	61.8	3.7	12.2
1997	8.4	1.7	52.2	36.7	64.8	143.3	223.5	150.6	110.8	48.5	25.5	11.0
1998	7.7	1.2	0.0	0.0	0.6	159.6	210.9	222.4	279.4	79.1	21.5	1.4
1999	0.3	0.4	0.2	2.6	28.2	181.8	198.0	262.9	92.5	58.2	1.8	1.5
2000	0.0	1.0	0.0	5.1	90.7	217.2	180.6	141.7	112.6	77.3	10.4	4.9
2001	6.9	3.0	39.6	57.9	85.2	187.0	244.3	197.6	152.2	45.6	1.8	4.1
2002	45.0	19.3	1.5	5.3	67.1	202.7	236.3	175.7	225.3	82.4	62.1	4.0
2003	9.6	1.4	1.3	14.3	39.9	241.7	209.3	208.3	200.2	81.9	25.9	0.0
2004	47.3	2.3	28.0	3.1	56.8	227.2	129.6	137.3	184.5	79.6	2.4	7.0
2005	5.0	7.6	48.0	1.6	7.5	84.7	189.2	229.0	133.2	87.8	6.2	1.4
2006	22.5	1.4	27.4	26.2	106.8	100.8	208.8	242.4	188.6	141.7	26.2	1.2
2007	11.1	21.2	4.6	20.6	62.6	146.2	204.6	229.6	176.0	50.7	8.7	16.6
2008	0.5	0.3	0.6	24.8	24.4	148.0	260.7	218.4	148.8	35.1	1.8	7.7
2009	10.5	0.5	5.8	2.5	106.6	151.5	153.5	173.6	223.7	73.9	1.1	5.2
2010	68.7	250.5	0.1	3.3	18.9	128.4	336.9	213.4	216.7	4.7	4.5	1.2
2011	1.6	0.4	1.9	21.5	22.4	118.9	286.6	190.1	105.2	98.4	23.3	0.4
2012	7.9	65.1	11.3	0.0	35.5	219.0	213.6	195.1	138.0	65.1	50.8	0.3
2013	6.8	0.0	18.7	5.8	64.4	154.0	244.5	200.2	249.6	94.9	35.1	10.0
2014	3.4	0.9	2.2	8.6	152.6	206.0	176.3	154.9	172.7	136.7	33.1	19.1
2015	0.0	25.1	118.1	8.6	149.2	165.9	176.3	143.2	181.9	104.1	31.4	12.5
2016	26.4	6.3	97.9	8.2	75.6	164.0	242.2	230.4	154.7	53.3	49.9	5.0
2017	0.0	1.1	14.1	12.4	71.8	106.7	215.5	229.6	198.8	75.9	0.9	0.1

Tabla 5.17.- Serie Histórica Mensual de Escurrimiento de la cuenca Cutzamala.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1975	23.8	1.3	0.0	0.0	27.2	55.0	59.9	61.5	32.5	11.7	0.7	0.3
1976	0.2	1.8	1.1	9.9	16.1	30.6	65.4	60.8	42.5	46.0	10.8	8.6
1977	1.6	2.2	0.1	5.3	16.2	46.7	37.8	42.4	39.3	9.7	2.6	3.9
1978	2.9	8.3	4.2	2.3	9.6	63.7	54.6	47.7	56.6	28.4	5.2	6.0
1979	0.0	2.7	0.7	1.9	13.1	22.6	33.6	37.7	29.2	3.0	0.9	9.8
1980	45.0	0.1	7.8	6.1	11.7	42.5	37.9	67.4	49.0	26.8	8.6	0.7
1981	18.5	8.7	0.5	7.6	11.4	50.6	56.4	55.0	28.8	41.1	2.6	1.9
1982	0.0	3.9	0.9	2.2	16.4	20.0	35.6	28.0	15.2	14.2	0.9	3.7
1983	6.4	4.9	2.7	0.0	11.5	22.9	43.0	31.1	31.4	10.9	7.8	0.7
1984	2.5	1.2	1.7	0.0	17.9	50.4	62.0	41.5	49.2	25.2	0.8	0.7
1985	0.3	0.4	2.6	3.5	11.7	70.4	55.1	44.6	30.1	17.3	8.9	2.2
1986	0.1	0.8	0.0	2.2	28.5	48.6	43.6	34.9	32.7	23.2	7.2	1.3
1987	0.1	1.7	0.8	5.3	4.9	37.2	56.5	44.8	20.2	0.4	5.5	0.0
1988	0.6	0.4	10.3	0.4	1.6	28.0	46.7	55.2	31.9	10.2	1.4	0.1
1989	0.7	0.0	0.3	0.5	5.7	26.2	31.7	36.2	28.8	13.0	4.1	8.7
1990	5.5	2.7	3.8	9.7	32.4	48.3	89.3	79.6	54.8	42.7	1.3	3.3
1991	0.9	2.8	1.1	0.0	8.8	48.5	66.5	46.3	47.0	29.5	4.7	2.6
1992	69.2	13.7	0.0	7.3	38.8	35.6	82.4	88.0	72.1	55.1	15.6	3.2
1993	1.8	1.0	0.1	1.0	0.2	46.3	49.9	38.8	39.0	11.9	2.7	0.0
1994	2.1	0.4	0.2	4.5	13.6	68.0	33.4	37.9	54.4	26.0	2.6	0.3
1995	1.9	2.8	1.2	12.7	24.9	59.3	65.4	52.3	34.7	18.2	11.3	12.2
1996	0.2	0.1	0.0	1.8	11.4	33.5	34.6	37.2	29.6	13.2	0.7	2.6
1997	1.4	0.4	11.2	6.8	13.1	29.9	43.8	31.6	23.2	10.9	5.1	2.2
1998	2.0	0.3	0.0	0.0	0.1	34.9	45.3	48.6	64.1	18.7	5.8	0.3
1999	0.1	0.1	0.0	0.6	4.4	33.5	36.5	46.8	17.0	12.2	0.4	0.2
2000	0.0	0.2	0.0	1.1	17.8	38.9	34.8	27.8	20.7	16.3	2.0	1.1
2001	1.8	0.8	10.9	13.1	19.1	44.2	54.7	51.9	38.0	11.2	0.6	1.1
2002	12.6	5.0	0.5	1.6	17.5	53.5	62.1	43.5	61.4	22.5	17.7	1.1
2003	2.6	0.5	0.3	2.8	9.6	60.7	47.9	48.7	48.3	21.7	6.1	0.0
2004	11.8	0.5	6.6	0.8	13.1	54.8	31.8	32.2	45.9	20.5	0.7	1.8
2005	0.9	1.1	8.3	0.2	1.0	16.0	33.1	38.9	23.7	15.7	0.9	0.3
2006	4.3	0.4	9.1	6.5	25.2	26.6	52.4	64.5	48.1	36.3	5.0	0.3
2007	2.4	4.2	0.9	3.8	12.4	31.8	44.3	51.9	39.2	12.1	2.0	3.1
2008	0.1	0.0	0.1	4.9	4.7	29.9	54.5	44.4	32.3	7.8	0.4	0.8
2009	2.6	0.3	0.9	0.4	22.5	32.4	32.4	37.6	48.6	16.0	0.3	1.4
2010	20.8	77.4	0.0	1.1	4.5	40.8	93.9	66.9	71.8	1.8	1.9	0.5
2011	0.3	0.1	0.3	4.3	4.2	24.9	55.0	38.2	22.8	20.6	4.5	0.0
2012	1.6	13.6	2.0	0.0	8.4	49.5	47.2	49.3	32.9	17.4	11.3	0.0
2013	1.5	0.0	5.1	1.5	14.8	43.2	62.3	50.7	68.2	25.1	10.9	2.6
2014	1.1	0.1	0.6	1.7	39.5	53.9	39.6	35.4	45.9	33.4	9.5	5.4
2015	0.0	5.9	28.5	2.2	36.9	47.4	46.2	38.6	46.4	33.2	8.2	3.0
2016	7.2	1.9	27.5	2.4	18.8	46.1	58.8	62.7	41.0	12.9	14.0	1.3
2017	0.0	0.2	2.6	2.5	14.0	24.4	45.1	47.9	43.0	15.9	0.1	0.1

## 5.5. Modelación del Análisis Estocástico

La región de la Cuenca del Sistema Cutzamala sufre de escasez de recursos hídricos, la situación empeora debido al cambio de uso de suelo en la zona y al cambio climático, conflictos sociales, políticos etc. Como resultado, la gestión de los recursos hídricos es una prioridad para el bienestar de la región.

Los datos utilizados en este estudio consisten en los registros históricos de precipitación mensual y anual para las estaciones que se encuentran dentro de la cuenca Cutzamala con un periodo de 43 años desde 1975 hasta 2017, para generar 100 muestras sintéticas con una magnitud igual al registro histórico.

### 5.5.1. Prueba de Anderson

Se analizan los datos de precipitación de la cuenca Cutzamala para determinar la independencia de la serie de tiempo, con el empleo de la expresión (1.30) se pudo elaborar la siguiente correlograma, véase la figura 5.14.

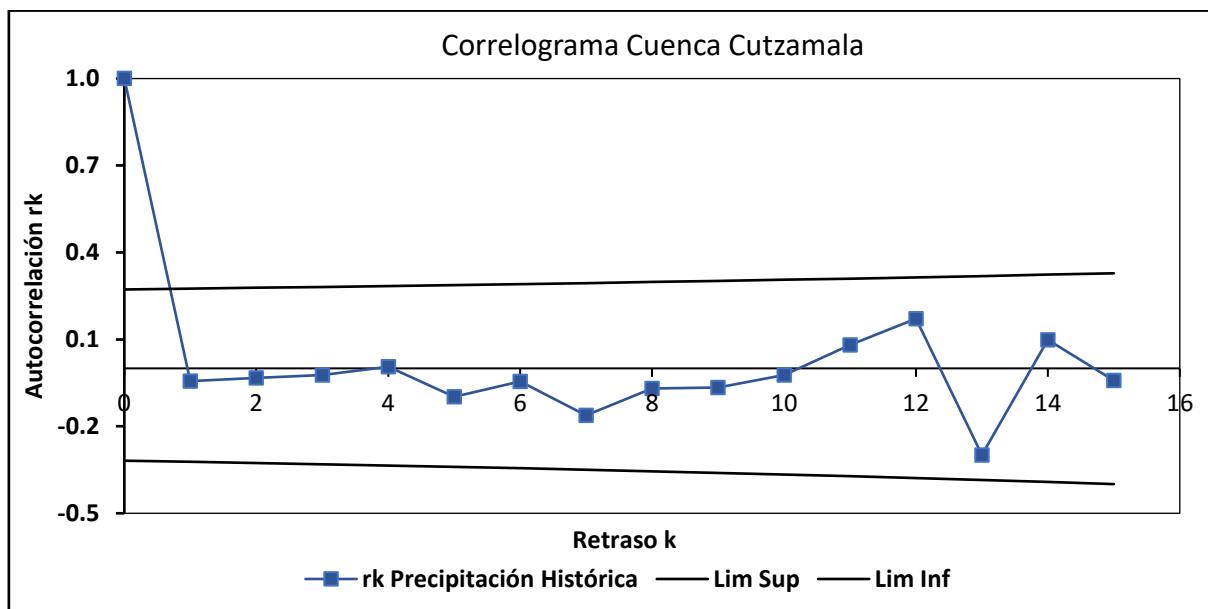


Figura 5.14.- Correlograma de la serie de la Cuenca Cutzamala.

Con base al resultado obtenido del análisis por la prueba de independencia de Anderson, se concluye que la serie de tiempo es independiente. Implica que la probabilidad de ocurrencia cualquiera de los datos no depende de la ocurrencia de los valores precedentes, por tanto, se puede ajustar a un modelo estocástico.

### 5.5.2. Pruebas de Homogeneidad

Se determina si los valores que conforman la serie provienen estadísticamente de una misma población. Para que la serie sea considerada homogénea deberá cumplir 2 de las 3 pruebas realizadas. En la siguiente tabla se muestran los registros de precipitación de la serie histórica.

DATOS	AÑO	Prep. (mm)	Signo	s/c
1	1975	1084.4	+	
2	1976	1116.0	+	s
3	1977	951.0	-	c
4	1978	1098.7	+	c
5	1979	829.8	-	c
6	1980	1140.1	+	c
7	1981	1097.9	+	s
8	1982	793.6	-	c
9	1983	876.4	-	s
10	1984	1042.5	+	c
11	1985	1027.5	+	s
12	1986	966.7	-	c
13	1987	890.2	-	s
14	1988	915.3	-	s
15	1989	841.2	-	s
16	1990	1247.6	+	c
17	1991	1050.3	+	s
18	1992	1408.8	+	s
19	1993	909.1	-	c
20	1994	1004.8	+	c
21	1995	1111.8	+	s
22	1996	858.2	-	c
23	1997	877.0	-	s
24	1998	983.7	-	s
25	1999	828.4	-	s

DATOS	AÑO	Prep. (mm)	Signo	s/c
26	2000	841.5	-	s
27	2001	1025.3	+	c
28	2002	1126.8	+	s
29	2003	1033.8	+	s
30	2004	905.2	-	c
31	2005	801.2	-	s
32	2006	1094.0	+	c
33	2007	952.7	-	c
34	2008	870.9	-	s
35	2009	908.4	-	s
36	2010	1247.3	+	c
37	2011	870.8	-	c
38	2012	1001.9	+	c
39	2013	1084.1	+	s
40	2014	1066.4	+	s
41	2015	1116.2	+	s
42	2016	1114.0	+	s
43	2017	926.8	-	c
<b>TOTAL =</b>			<b>s=</b>	<b>23</b>
			<b>c=</b>	<b>19</b>

Media	$\bar{x} =$	998.6
Varianza	$s =$	134.7
Desviación Estandar	$s^2 =$	18149.6
No. de Datos	$n =$	43

- **Prueba de Helmert**

La prueba consiste en observar la variación de los registros con respecto a su media aritmética de la serie, como se muestra en la tabla anterior.

A través de la expresión (1.21) se comprobó la homogeneidad de la serie de tiempo.

La muestra si es homogénea.

$$-\sqrt{n} - 1 \leq (s - c) \leq \sqrt{n} - 1$$

$-\sqrt{n} - 1$	-6.48
$(s - c)$	4.00
$\sqrt{n} - 1$	6.48
<b>HOMOGENEA</b>	

- **Prueba de T – Student**

Con base a la expresión (1.22) se determinó la homogeneidad de la serie de tiempo.

De acuerdo con la prueba de t de Student, la serie es homogénea, como se muestra en el resultado obtenido.

$n_{tstudent}=$	<b>21.5</b>
$n_1=$	<b>21</b>
$n_2=$	<b>22</b>

<b>dos colas 5%</b>	
40.00	2.021
60.00	2.000

$$\begin{array}{ll} G. de libertad = & 41.00 \\ Tstudent= & \mathbf{2.020} \end{array}$$

<b>Bloque 1</b>	
$\bar{x} =$	1019.22
$s =$	148.47
$s^2 =$	22042.87

<b>Bloque 2</b>	
$\bar{x} =$	978.84
$s =$	120.30
$s^2 =$	14471.71

$$t_{\text{student}} = \mathbf{0.959}$$

$|td| > T$  de student ES HOMOGENEA

$td =$	2.02
$t$ student =	0.959
<b>HOMOGENEA</b>	

#### ▪ Prueba de Cramer

Se analiza dos submuestras, la primera considera el 60% de los últimos datos de la muestra y la segunda considera el 30%.

A través de las expresiones (1.23 a la 1.29) se determinó la homogeneidad de la serie de tiempo, como resultados se obtuvo que la muestra es homogénea.

60 % de los ultimos datos = 26

30 % de los ultimos datos = 13

$t_{\text{student}}$	60%	30%
$\bar{x} =$	998.80	1004.19
$\zeta_w =$	0.002	0.04
$t_w =$	0.01	0.18
ABS	0.01	0.18
$t_w < td$	<b>HOMOGENEA</b>	<b>HOMOGENEA</b>

### 5.5.3. Modelo Autorregresivo de Media Móvil Periódico PARMA (1, 1)

Para las series hidrológicas estacionales, las estadísticas estacionales como la media y la desviación estándar pueden ser reproducidas por un modelo periódico (PARMA). El enfoque de este método es la dependencia temporal.

Un modelo PARMA ( $p, q$ ) puede expresarse como (Salas et al, 1980).

$$z_{v,\tau} = \sum_{j=1}^p \phi_{j,\tau} z_{v,\tau-j} + \varepsilon_{v,\tau} - \sum_{i=1}^q \theta_{i,\tau} \varepsilon_{v,\tau-i}$$

Los  $\phi_{j,\tau}$  son los parámetros periódicos del modelo autorregresivo y los  $\theta_{i,\tau}$  son los parámetros periódicos de las medias móviles.

Las muestras sintéticas son generadas a partir de los registros de precipitación anual de la cuenca Cutzamala.

Para determinar las características estadísticas de la serie  $X_{v,\tau}$  se emplean las expresiones (1.11) a (1.15), véase la tabla 5.18.

Tabla 5.18.- Estadísticos insesgados de la serie histórica de precipitación mensual de la cuenca Cutzamala.

Estadístico	Serie Histórica $X_t$											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
$\bar{X} =$	21.5	15.6	15.2	14.7	62.7	172.7	218.5	201.3	167.2	79.5	19.7	10.0
$S =$	40.3	39.1	25.5	14.3	37.3	49.0	43.8	36.0	44.0	38.8	16.3	12.7
$S^2 =$	1587.3	1493.6	636.9	199.1	1357.1	2346.4	1877.2	1268.5	1894.5	1468.9	257.9	156.9
$g =$	3.02	5.44	2.63	1.22	0.43	0.12	0.24	0.10	0.25	0.43	0.69	2.10
$k =$	12.59	35.59	10.45	4.16	2.88	2.30	3.32	2.15	2.81	3.28	2.62	7.43
$cv =$	1.873	2.502	1.680	0.974	0.594	0.284	0.201	0.179	0.263	0.488	0.825	1.268
$Sesgo =$	2.910	5.252	2.534	1.178	0.418	0.118	0.234	0.100	0.238	0.418	0.660	2.027
$acf(1) =$	-0.020	-0.100	0.266	-0.155	0.022	0.211	-0.030	0.067	-0.032	-0.091	-0.087	0.104
$acf(2) =$	-0.045	0.137	-0.045	-0.055	-0.052	-0.185	0.019	-0.053	-0.123	0.075	-0.022	-0.013

La serie histórica anual del sistema Cutzamala tiene 43 años de registro, misma que cumple con la condición de normalidad y la condición de estacionariedad se realizó mediante la estandarización, restando la media de la serie anual y dividiendo por la desviación estándar de la serie anual.

$$z_{v,\tau} = \frac{y_{v,\tau} - \bar{y}_\tau}{S_\tau}$$

La muestra se normaliza para cada periodo  $\tau$  con la expresión  $y_{v,\tau} = \ln(x_{v,\tau})$ , posteriormente se obtiene los estadísticos de la muestra normalizada con las expresiones (1.11) a (1.15).

Se determinan los estimadores por el método de momentos de los parámetros periódicos del modelo PARMA (1 – 1).

Se selecciona la mejor opción de ajuste con el criterio de Akaike Corregido, expresión (2.9), y posteriormente obtener los residuales del modelo mediante la expresión.

$$\varepsilon_{v,\tau} = Z_{v,\tau} - \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1}$$

Cubierta las condiciones generales del modelo se generan números aleatorios  $\xi_{v,\tau}$  (procedimiento de Box – Müller) con distribución normal estándar de acuerdo con las expresiones (2.5) y (2.6).

$$\xi_1 = \left[ 2 \ln\left(\frac{1}{U_1}\right) \right]^{\frac{1}{2}} \cos(2\pi U_2)$$

$$\xi_2 = \left[ 2 \ln\left(\frac{1}{U_1}\right) \right]^{1/2} \sin(2\pi U_2)$$

Con los valores de los números aleatorios y los parámetros periódicos, se procede a obtener la serie sintética estandarizada con la expresión.

$$Z_{v,\tau} = \phi_{1,\tau} Z_{v,\tau-1} + \sigma_{\varepsilon,\tau} \xi_{v,\tau}$$

Por último, la serie sintética  $\hat{x}_t$  se obtiene al desnormalizar la serie generada y aplicando el antilogaritmo con las expresiones.

$$\hat{y}_{v,\tau} = \bar{y}_\tau + S_\tau(\hat{z}_{v,\tau}) \text{ y } \hat{x}_{v,\tau} = \exp(\hat{y}_{v,\tau})$$

Tabla 5.19.- Valores promedio de 100 series sintéticas obtenidas con el Modelo PARMA (1, 1) de los datos de precipitación mensual de la cuenca Cutzamala.

Promedio Serie Sintética												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
32.1	21.1	20.6	16.5	63.7	172.1	217.6	204.5	169.5	82.6	20.8	14.5	
31.6	26.3	20.6	14.6	58.4	177.5	218.6	196.1	172.1	80.2	22.2	11.5	
28.8	20.5	18.5	14.2	63.3	169.7	223.8	206.3	165.4	81.4	21.4	10.7	
27.9	22.9	21.1	17.0	63.1	176.5	217.0	204.7	162.5	84.0	21.4	11.3	
32.1	22.3	19.4	16.5	61.5	174.2	217.2	203.2	168.8	86.7	19.9	10.4	
29.6	23.7	19.6	14.7	63.3	175.5	218.7	206.1	164.5	84.2	20.3	10.4	
26.0	24.7	17.7	14.6	65.2	163.9	214.3	197.8	168.0	74.1	19.3	12.9	
28.5	27.7	20.2	17.1	67.7	171.4	211.7	196.1	168.7	78.3	21.2	10.9	
28.6	21.2	17.0	16.3	66.2	174.9	218.4	198.1	163.1	80.9	19.9	12.3	
28.4	26.5	18.1	16.3	61.6	173.8	219.0	207.0	172.0	75.6	22.4	11.6	
30.2	25.3	19.7	16.1	67.0	176.9	217.1	202.0	175.8	80.1	23.4	12.8	
33.2	27.6	17.4	13.6	56.7	164.9	223.4	203.9	163.8	80.8	22.2	10.2	
26.7	21.7	20.2	16.0	63.9	173.5	224.3	205.6	168.0	79.0	20.6	11.7	
27.5	24.4	20.1	15.2	56.7	158.6	224.9	206.7	168.0	80.9	21.6	12.3	
31.7	31.5	21.9	16.8	66.8	178.1	224.4	201.8	166.0	76.0	22.4	11.7	
26.5	19.8	18.5	16.5	63.3	172.7	215.1	197.9	162.2	75.3	21.4	12.3	
32.5	23.5	18.4	17.1	65.5	174.5	224.1	203.4	162.2	82.3	20.5	10.6	
27.7	23.1	16.9	16.9	65.1	173.1	222.0	202.7	163.5	82.1	23.0	11.2	
26.6	24.1	21.0	15.8	63.0	175.9	214.9	198.1	162.4	77.9	19.6	9.8	
31.3	24.3	19.1	12.8	58.9	169.5	215.3	204.9	166.7	81.6	19.0	12.9	
32.3	26.1	21.1	16.9	70.0	183.8	219.5	200.8	160.4	76.6	21.6	9.8	
28.0	19.7	23.2	17.4	65.9	165.0	221.0	204.5	171.6	88.8	19.5	11.1	
28.6	30.0	22.2	14.1	57.7	177.7	216.9	193.6	163.8	84.9	20.3	10.7	
27.4	27.8	17.6	17.1	63.6	185.1	224.2	204.8	168.3	81.7	21.6	13.7	
31.9	26.1	17.4	14.6	64.1	176.0	218.7	199.9	172.4	76.2	20.5	13.0	
26.8	25.8	19.8	15.7	62.9	170.2	223.5	197.2	163.5	80.4	17.7	10.0	
28.1	25.3	18.2	14.9	66.1	183.4	210.4	197.4	166.6	85.1	21.7	11.1	
25.8	22.6	18.3	15.4	66.9	171.0	217.0	200.8	167.2	81.1	21.8	10.8	
26.0	24.5	16.8	16.1	65.1	173.0	218.1	202.8	164.6	78.3	21.1	11.1	
29.2	24.5	22.2	15.1	66.7	178.4	219.7	201.7	163.6	80.5	18.0	11.3	
28.7	23.6	21.5	14.7	68.6	171.2	211.1	199.6	166.0	81.9	19.6	11.2	
27.8	25.6	18.0	14.6	59.4	176.2	220.5	203.8	167.0	79.4	21.5	11.7	
30.1	23.0	19.6	15.6	63.2	170.5	220.5	200.7	165.2	74.8	21.1	11.9	
31.1	25.7	21.7	15.1	60.1	172.8	223.1	200.2	164.8	81.3	21.5	12.9	
24.2	24.8	20.5	15.7	67.6	181.8	217.4	194.7	165.5	76.3	17.4	10.0	
23.3	22.8	19.7	16.6	64.4	175.1	230.8	206.1	163.7	75.9	21.2	11.2	
23.5	22.4	17.3	15.1	69.6	168.1	217.1	201.1	167.9	85.2	18.9	10.8	
31.5	31.6	20.2	13.9	62.9	169.2	211.0	195.4	175.4	85.4	21.1	11.5	
26.5	25.8	17.8	16.1	66.9	168.4	219.1	200.4	163.2	83.2	21.9	11.1	
30.4	28.4	17.2	13.5	64.6	172.8	210.2	191.7	171.0	73.5	21.5	11.4	
28.7	29.0	17.1	13.4	58.5	172.3	224.8	201.7	158.3	77.7	19.6	9.3	
26.1	23.4	19.8	16.3	63.7	177.7	214.1	198.9	162.0	75.9	20.7	12.7	
28.1	24.0	17.5	17.3	62.7	173.8	215.4	203.2	158.2	85.0	19.8	11.5	

Tabla 5.20.- Valores estadísticos promedio de 100 muestras sintéticas generadas de los registros de precipitación mensual de la Cuenca Cutzamala por el Modelo PARMA (1, 1).

Estadístico	Serie Generada $\tilde{x}_t$											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
$\bar{x} =$	28.6	24.8	19.3	15.6	63.8	173.5	218.7	201.1	166.1	80.3	20.7	11.4
$S =$	29.9	27.9	19.2	12.2	36.2	47.7	42.8	35.9	43.1	37.3	14.4	10.3
$S^2 =$	881.7	772.6	363.5	148.0	1290.7	2237.4	1809.3	1269.8	1835.6	1372.9	204.1	105.0
$g =$	0.93	1.06	0.85	0.55	0.25	-0.01	-0.06	-0.04	0.03	0.02	0.38	0.67
$k =$	3.17	3.44	3.07	2.78	2.76	2.98	2.92	3.00	3.10	2.74	2.65	2.74
$cv =$	1.058	1.122	1.006	0.793	0.571	0.275	0.196	0.179	0.260	0.467	0.700	0.910
Sesgo =	0.894	1.026	0.818	0.532	0.245	-0.005	-0.057	-0.035	0.026	0.020	0.366	0.646
acf (1) =	0.319	-0.103	0.054	-0.108	-0.205	-0.037	0.077	0.096	-0.060	-0.153	-0.338	-0.223
acf (2) =	-0.108	-0.102	-0.055	0.317	0.192	-0.213	-0.156	-0.211	-0.241	-0.263	0.083	-0.287
AICC =	45.51	46.30	49.29	49.16	47.36	49.40	45.72	37.14	48.35	47.03	46.07	49.43

A continuación, se presentan las gráficas periódicas de las 100 muestras sintéticas generadas con base al modelo estocástico PARMA 1-1 a partir de las precipitaciones históricas presentadas en la cuenca.

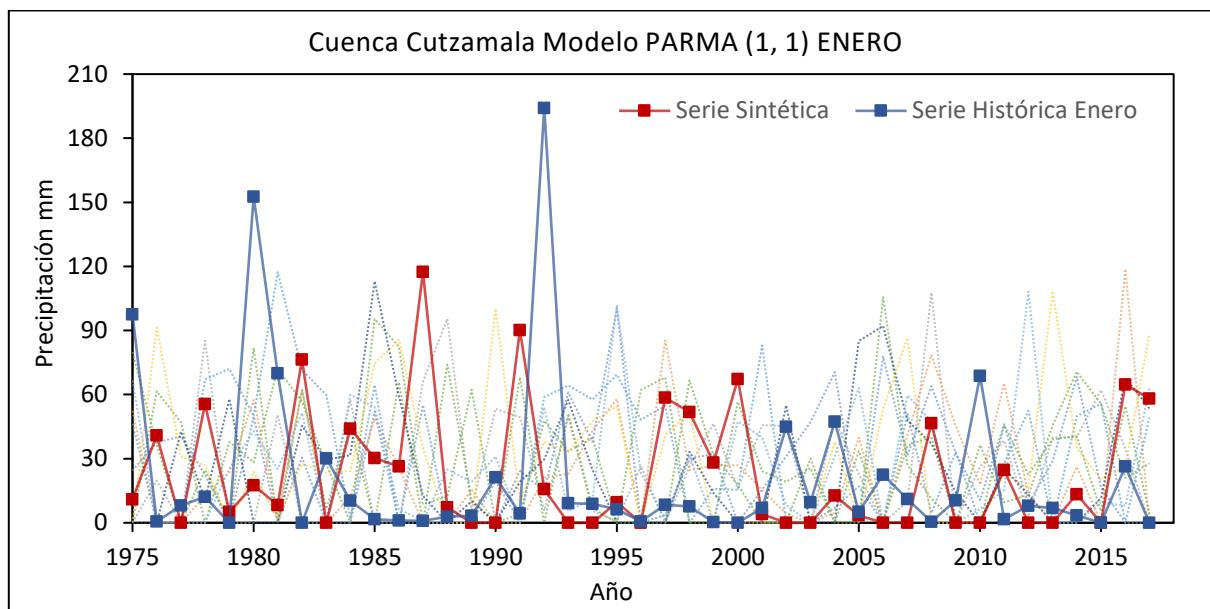


Figura 5.15.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de enero.

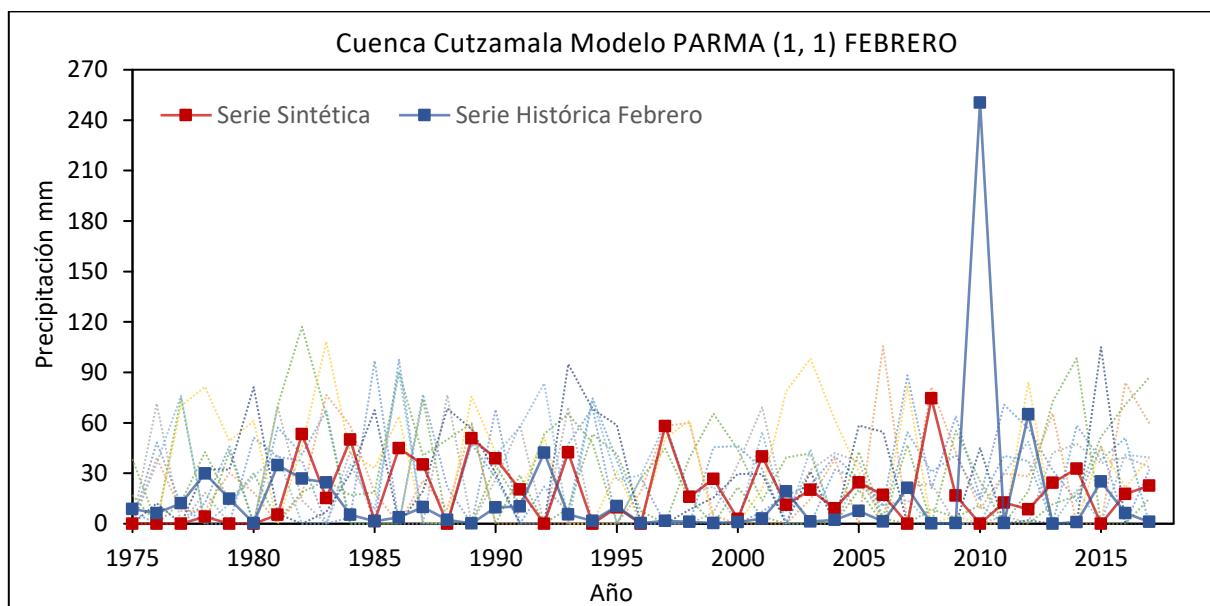


Figura 5.16.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de febrero.

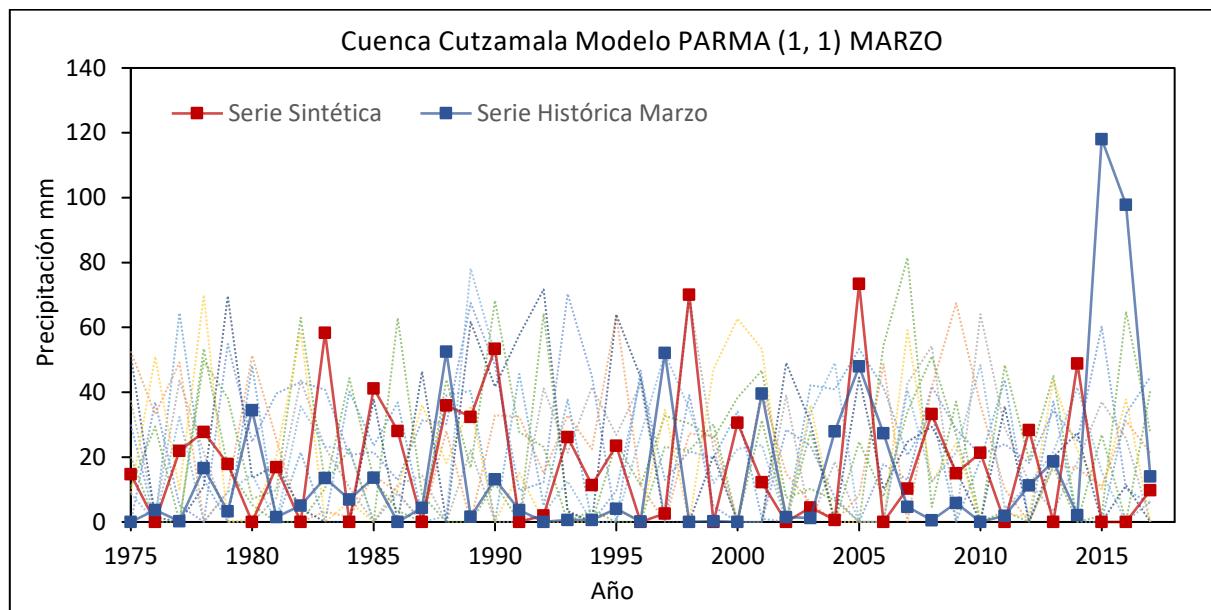


Figura 5.17.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de marzo.

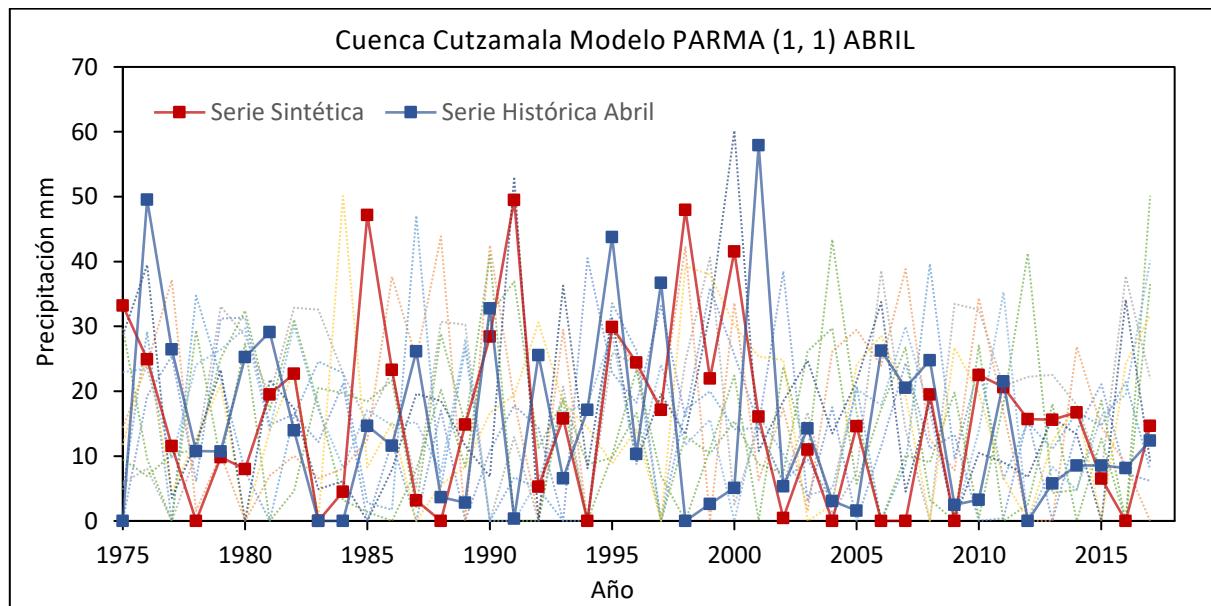


Figura 5.18.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de abril.

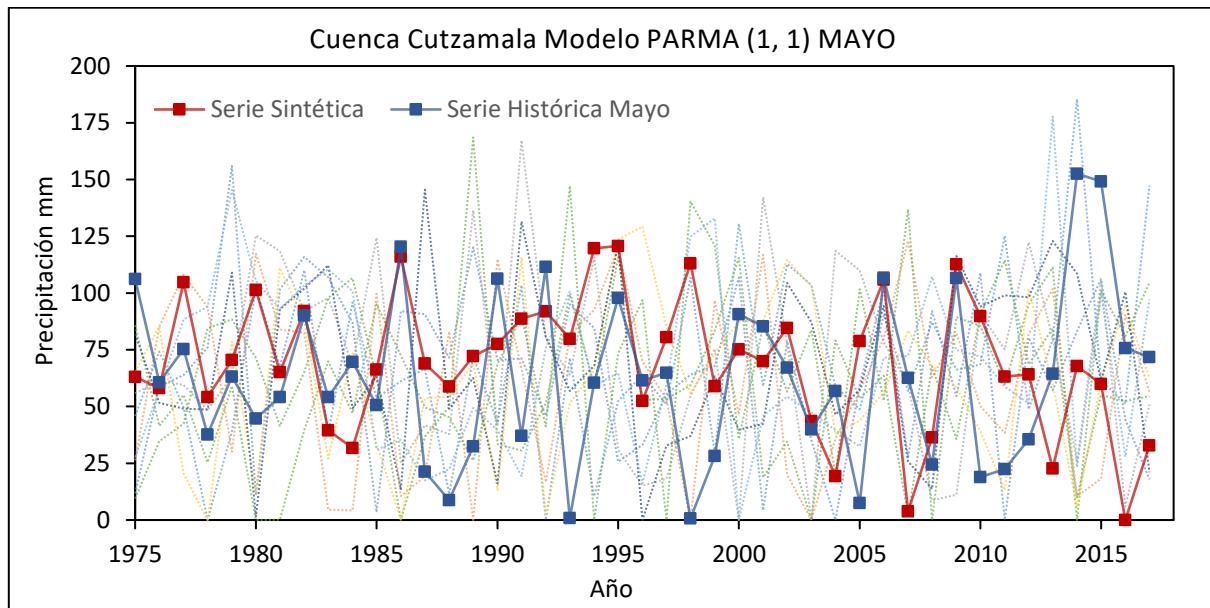


Figura 5.19.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de mayo.

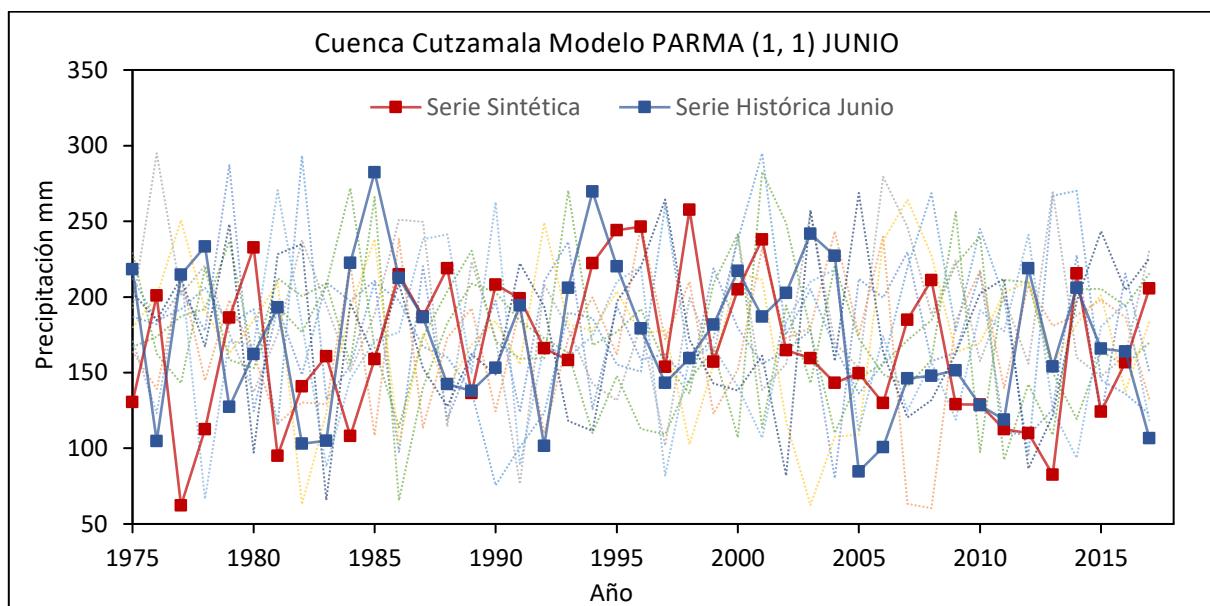


Figura 5.20.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de junio.

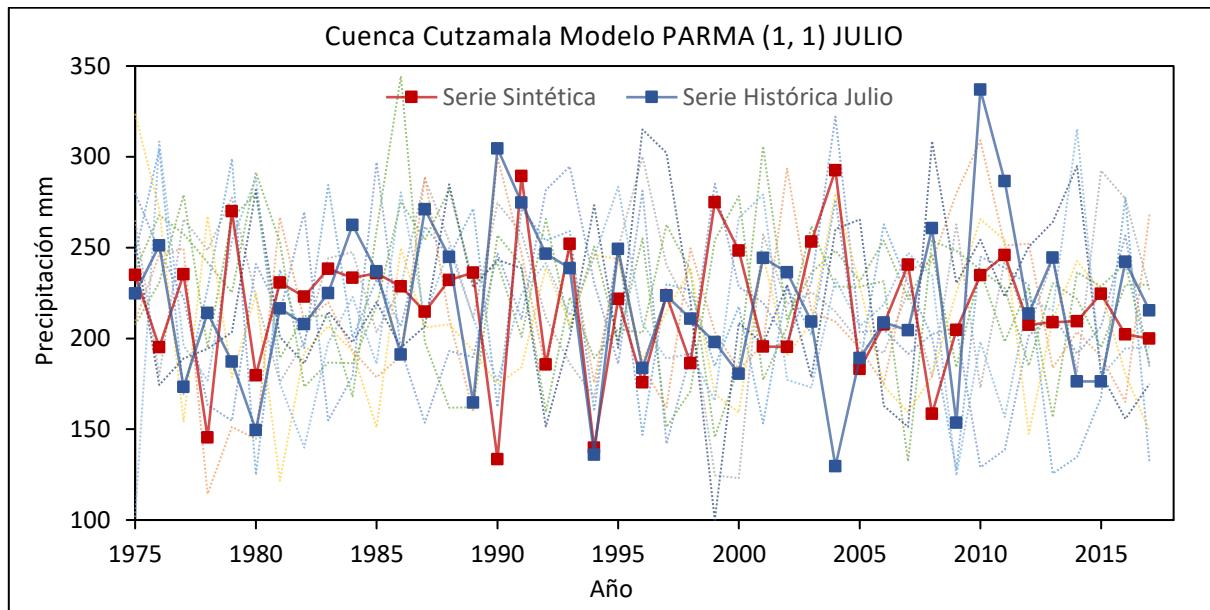


Figura 5.21.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de julio.

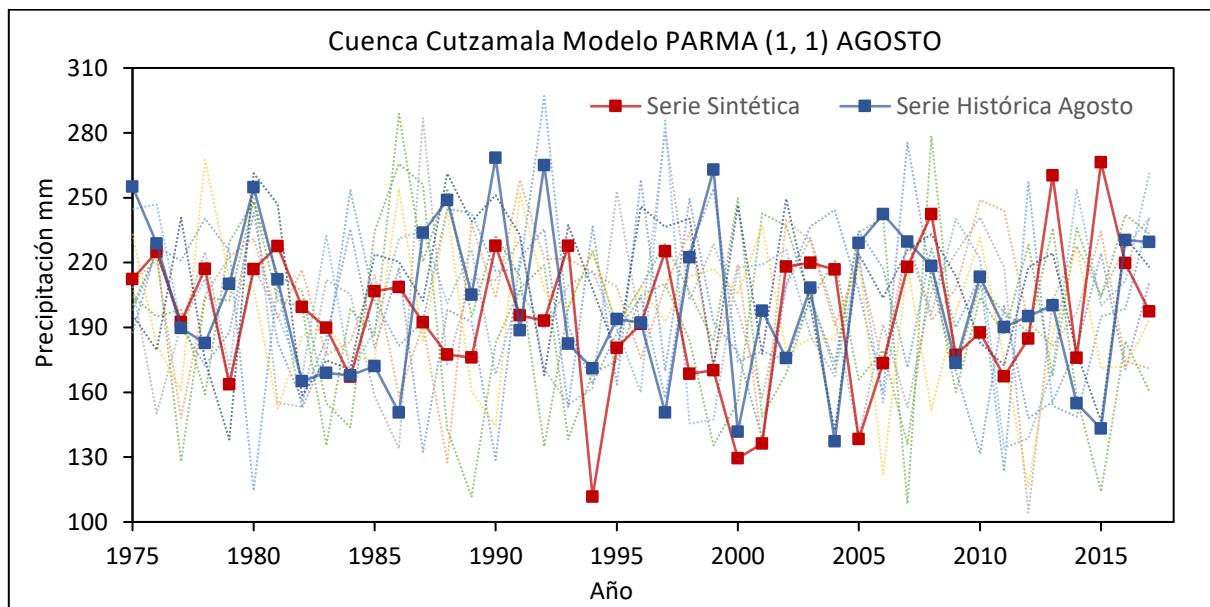


Figura 5.22.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de agosto.

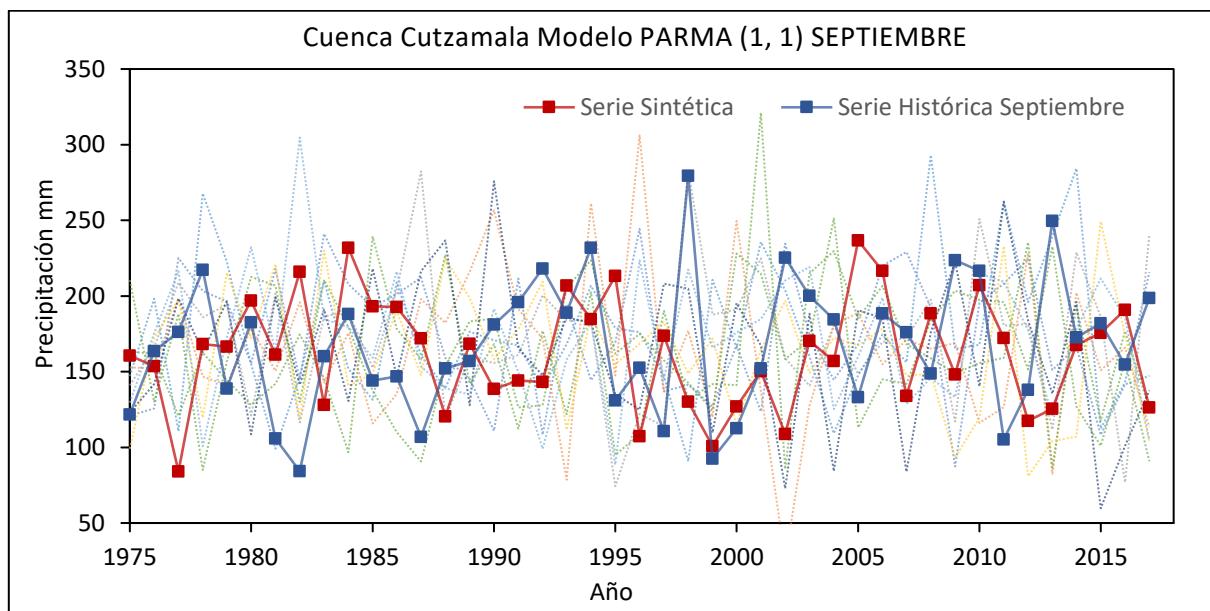


Figura 5.23.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de septiembre.

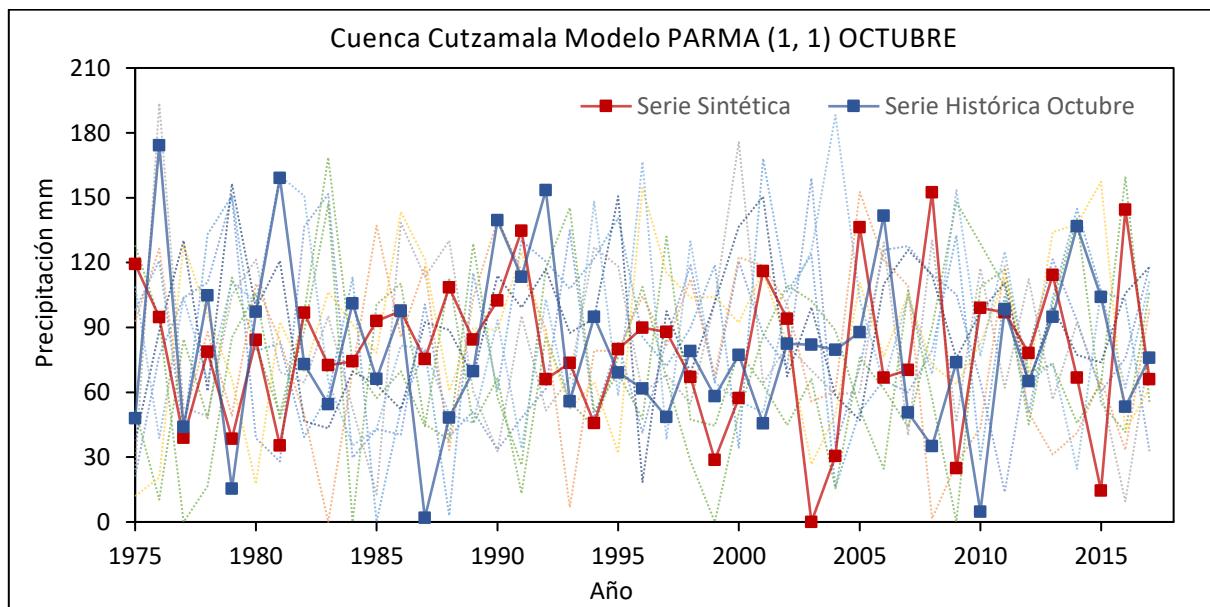


Figura 5.24.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de octubre.

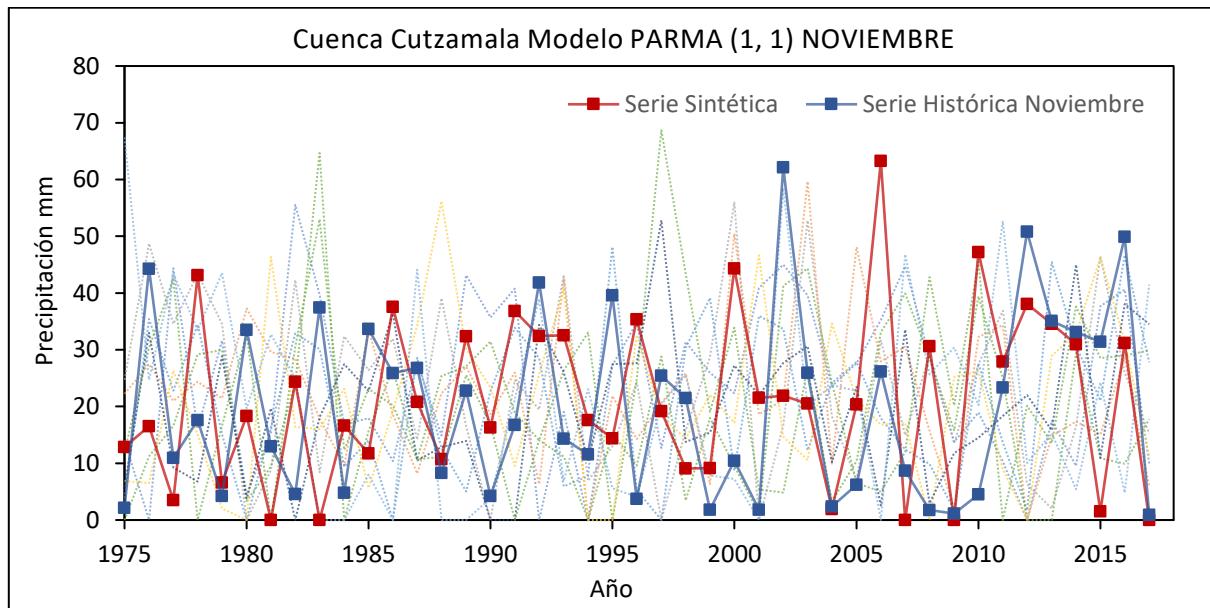


Figura 5.25.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de noviembre.

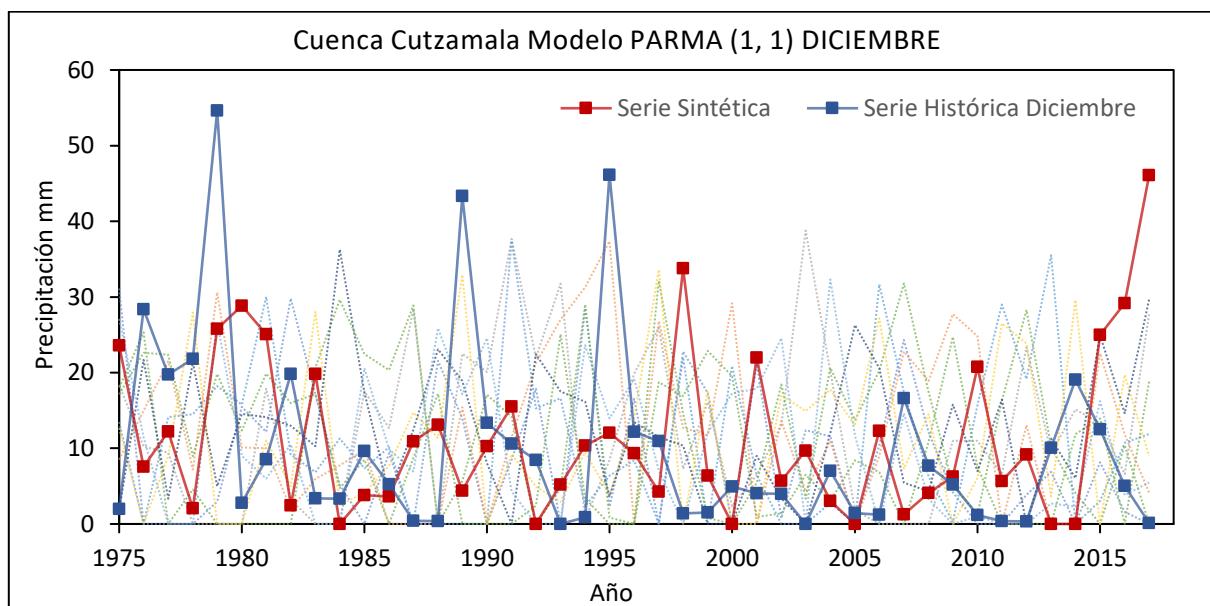


Figura 5.26.- Serie de 100 muestras sintéticas generadas con el Modelo PARMA (1, 1) y la precipitación histórica del mes de diciembre.

## 5.6. Estimación de los Deciles de la Precipitación Anual

A partir de las expresiones (3.1) a (3.3) se determinó los deciles de la precipitación anual acumulada para nuestra cuenca en estudio.

Con los registros históricos de lluvia que le corresponde la cuenca de estudio, véase tabla 5.14 y 5.15, se determina el valor máximo  $Hp(N) = 1408.8$  y el valor mínimo  $Hp(1) = 793.6$  de nuestra serie histórica de precipitación y con la expresión (3.3.) se calcula el valor de la constante.

$$\text{Valor de la Constante} = \frac{Hp(n) - Hp(1)}{10}$$

$$Cte = \frac{1408.8 \text{ mm} - 793.6 \text{ mm}}{10} = 61.5 \text{ mm}$$

Se determina el primer decil con la expresión (3.1), posteriormente se obtiene el segundo decil y así sucesivamente hasta obtener el décimo decil que corresponde al valor máximo histórico de lluvia.

$$D_{(1)} = Hp_{(1)} + cte.$$

$$D_{(1)} = 793.6 + 61.5 = 855.1 \text{ mm}$$

Tabla 5.21.- Ocurrencia de lluvia anual dentro un decil de la cuenca Cutzamala.

No.	Deciles	Condición	Frecuencia	Ocurrencia %	Clasificación
1	855.1		6	13.95%	Mucho muy abajo del promedio
2	916.6	Déficit	10	23.26%	Muy abajo del promedio
3	978.1		4	9.30%	Abajo del promedio
4	1039.7		6	13.95%	Ligeramente abajo del promedio
5	1101.2	Normal	8	18.60%	Normal
6	1162.7		6	13.95%	Normal
7	1224.2		0	0.00%	Ligeramente abajo del promedio
8	1285.7	Superávit	2	4.65%	Arriba del promedio
9	1347.2		0	0.00%	Muy arriba del promedio
10	1408.8		1	2.33%	Mucho muy arriba del promedio

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar los deciles de lluvia, la probabilidad de ocurrencia de cada decil y la probabilidad de que cierta lluvia este en una condición de Superávit, Normal o Déficit.

La mayor frecuencia de ocurrencia de precipitación se presenta en el segundo decil con el 23.26%, mientras tanto el 60.47% de las veces la cuenca padece un déficit por debajo de la media anual lo que representa una sequía de diferentes grados de magnitud.

Tabla 5.22.- Ocurrencia de lluvia anual dentro un decil de la cuenca Cutzamala para una proyección al cambio climático para un RCP 4.5.

No.	Deciles	Condición	Frecuencia	Ocurrencia %	Clasificación
1	789.3	Déficit	6	13.95%	Mucho muy abajo del promedio
2	850.6		8	18.60%	Muy abajo del promedio
3	912.0		6	13.95%	Abajo del promedio
4	973.3		5	11.63%	Ligeramente abajo del promedio
5	1034.6	Normal	9	20.93%	Normal
6	1096.0		6	13.95%	Normal
7	1157.3	Superávit	0	0.00%	Ligeramente abajo del promedio
8	1218.6		2	4.65%	Arriba del promedio
9	1279.9		0	0.00%	Muy arriba del promedio
10	1341.3		1	2.33%	Mucho muy arriba del promedio

Tabla 5.23.- Ocurrencia de lluvia anual dentro un decil de la cuenca Cutzamala para una proyección al cambio climático para un RCP 8.5.

No.	Deciles	Condición	Frecuencia	Ocurrencia %	Clasificación
1	727.2	Déficit	3	6.98%	Mucho muy abajo del promedio
2	788.4		10	23.26%	Muy abajo del promedio
3	849.6		6	13.95%	Abajo del promedio
4	910.7		6	13.95%	Ligeramente abajo del promedio
5	971.9	Normal	8	18.60%	Normal
6	1033.1		7	16.28%	Normal
7	1094.2	Superávit	0	0.00%	Ligeramente abajo del promedio
8	1155.4		2	4.65%	Arriba del promedio
9	1216.5		0	0.00%	Muy arriba del promedio
10	1277.7		1	2.33%	Mucho muy arriba del promedio

## 5.7. Caracterización de la Sequía Meteorológica

Se caracteriza la sequía de forma multianual; considerando su ocurrencia año con año, de acuerdo con la teoría de las secuencias.

La caracterización para la serie de las lluvias acumuladas anuales de la cuenca Cutzamala se muestra en la tabla 5.24. Se debe de obtener el umbral  $X_o$ , el cual corresponde a la normal climatológica o promedio anual de una serie histórica continua de datos de tamaño para  $N \geq 30$  años.

Para la cuenca Cutzamala el tamaño de la serie es de  $N = 43$  años y con un promedio  $X_o = 998.6 \text{ mm}$ .

El siguiente paso será determinar las anomalías anuales que será la precipitación registrada en el año menos la media anual de la serie, y cuyos valores se muestran en la columna 3. La periodicidad P, se define como el número de años que transcurren desde el primer año de un periodo de sequía hasta encontrar el siguiente periodo.

Por ejemplo, ver tabla 5.24 en el año 1977 se presenta una anomalía negativa, que es el inicio de un periodo de estiaje, con una duración de  $D = 1$  año, para el siguiente periodo de estiaje en el año de 1979, han transcurrido 2 años, así que la periodicidad es de  $P = 2$  años.

La severidad es la suma de las anomalías de cada periodo, dado que el primer periodo solo dura un año, su severidad es de  $-47.61 \text{ mm}$ .

La Intensidad se obtiene dividiendo la severidad entre su duración. El porcentaje % Intensidad indica cuanto representa anualmente la relación de la intensidad obtenida respecto al umbral.

Por último, se determina la lámina de lluvia disponible en promedio durante este periodo, obtenida como  $H_p \text{ Disponible} = X_o + I$ , por ejemplo:

$$H_p \text{ Disponible} = 998.6 \text{ mm} - 47.61 \text{ mm} = 951.0 \text{ mm}.$$

Con base a la secuencia de datos analizados para la cuenca Cutzamala en condiciones normales o presentes, se puede decir que se presenta una sequía en promedio cada 2.0 años, con una duración de 2.1 años y una severidad de -237.2 mm, equivalente a una intensidad de -111.8 mm/año, que representa el -11.2% menor respecto a su umbral. Y con una precipitación disponible de 886.74 mm.

Para obtener un mejor resultado para la caracterización de sequía de la cuenca Cutzamala, se analizan las 100 series sintéticas generadas en el apartado 5.5.3. los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.26. Con base a los resultados podemos decir que una sequía se presenta en promedio a cada 2.0 años con una duración de 2.0 años y con una severidad de -168.3 mm que equivale a -8.6% con respecto al umbral.

De igual manera se caracteriza la sequía para las condiciones proyectadas con respecto al cambio climático para un RCP 4.5 y RCP 8.5, tomando en cuenta los decrementos de precipitación mensual de cada estación para pronosticar los registros de lluvia en la cuenca Cutzamala, los valores de los cambios de precipitación se pueden observar en las tablas 5.33 y 5.34.

Para estos dos casos se consideró el umbral  $X_o$  o promedio, la serie histórica registrada  $X_o = 998.6 \text{ mm}$ .

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de las 100 series sintéticas para la caracterización de la sequía, para un RCP 4.5 se determina que una sequía se presenta en promedio cada 1.4 años, con una duración de 3.5 años y una intensidad de -11.3% menor respecto a su umbral de la serie original.

Las sequias para un RCP 8.5 tiene una periodicidad promedio de 1.1 años, con una duración de 7.8 años y una intensidad de -14.6% menor respecto al promedio, teniendo una disponibilidad de 873.9 mm de precipitación anual, es el escenario más desfavorable que supone un desbalance de 8.5 W/m<sup>2</sup> para el año 2099.

Tabla 5.24.- Caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones normales.

Año	Hp anual [mm]	Hp - X (Anomalía)	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
1975	1084.4	85.9						
1976	1116.0	117.5						
1977	951.0	-47.6		1	-47.61	-47.61	-4.8%	951.0
1978	1098.7	100.2						
1979	829.8	-168.8	2	1	-168.79	-168.79	-16.9%	829.8
1980	1140.1	141.5						
1981	1097.9	99.3						
1982	793.6	-205.0	3	2	-327.09	-163.55	-16.4%	835.0
1983	876.4	-122.1	1					
1984	1042.5	43.9						
1985	1027.5	28.9						
1986	966.7	-31.9	3	4	-380.85	-95.21	-9.5%	903.3
1987	890.2	-108.3	1					
1988	915.3	-83.3	1					
1989	841.2	-157.4	1					
1990	1247.6	249.0						
1991	1050.3	51.8						
1992	1408.8	410.2						
1993	909.1	-89.5	4	1	-89.45	-89.45	-9.0%	909.1
1994	1004.8	6.2						
1995	1111.8	113.2						
1996	858.2	-140.3	3	5	-603.94	-120.79	-12.1%	877.8
1997	877.0	-121.6	1					
1998	983.7	-14.9	1					
1999	828.4	-170.2	1					
2000	841.5	-157.0	1					
2001	1025.3	26.8						
2002	1126.8	128.2						
2003	1033.8	35.2						
2004	905.2	-93.4	4	2	-290.72	-145.36	-14.6%	853.2
2005	801.2	-197.3	1					
2006	1094.0	95.4						
2007	952.7	-45.9	2	3	-263.80	-87.93	-8.8%	910.6
2008	870.9	-127.7	1					
2009	908.4	-90.2	1					
2010	1247.3	248.8						
2011	870.8	-127.8	2	1	-127.76	-127.76	-12.8%	870.8
2012	1001.9	3.3						
2013	1084.1	85.5						
2014	1066.4	67.8						
2015	1116.2	117.6						
2016	1114.0	115.4						
2017	926.8	-71.8	6	1	-71.78	-71.78	-7.2%	926.8
<b>Media =</b>	<b>998.6</b>		<b>2.0</b>	<b>2.1</b>	<b>-237.2</b>	<b>-111.8</b>	<b>-11.2%</b>	<b>886.74</b>

Tabla 5.25.- Serie Sintética No.1 para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones normales.

Año	Hp anual [mm]	Hp - X (Anomalía)	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
1975	1040.0	23.0						
1976	1043.3	26.3						
1977	1121.0	104.0						
1978	1155.2	138.2						
1979	1136.5	119.5						
1980	996.4	-20.6		6	-639.55	-106.59	-10.5%	910.4
1981	723.6	-293.5	1					
1982	1008.0	-9.0	1					
1983	827.0	-190.0	1					
1984	945.7	-71.3	1					
1985	962.0	-55.1	1					
1986	1138.4	121.4						
1987	945.4	-71.6	2	1	-71.60	-71.60	-7.0%	945.4
1988	1167.1	150.1						
1989	1102.0	84.9						
1990	931.4	-85.6	3	1	-85.58	-85.58	-8.4%	931.4
1991	1153.2	136.1						
1992	963.7	-53.3	2	3	-129.60	-43.20	-4.2%	973.8
1993	998.6	-18.4	1					
1994	959.2	-57.9	1					
1995	1283.0	266.0						
1996	931.0	-86.0	2	5	-361.48	-72.30	-7.1%	944.7
1997	831.1	-185.9	1					
1998	993.9	-23.2	1					
1999	985.0	-32.0	1					
2000	982.6	-34.4	1					
2001	1031.0	14.0						
2002	1030.2	13.1						
2003	997.0	-20.1	3	3	-203.00	-67.67	-6.7%	949.4
2004	877.8	-139.2	1					
2005	973.3	-43.7	1					
2006	1077.6	60.6						
2007	1001.8	-15.3	2	3	-230.31	-76.77	-7.5%	940.3
2008	942.1	-75.0	1					
2009	877.0	-140.1	1					
2010	1060.7	43.6						
2011	1136.3	119.2						
2012	1034.8	17.8						
2013	1055.5	38.5						
2014	1011.8	-5.3	5	1	-5.26	-5.26	-0.5%	1011.8
2015	1208.5	191.5						
2016	1152.8	135.8						
2017	939.7	-77.3	3	1	-77.30	-77.30	-7.6%	939.7
<b>Media =</b>	<b>1017.0</b>		<b>1.6</b>	<b>2.7</b>	<b>-200.4</b>	<b>-67.4</b>	<b>-6.6%</b>	<b>949.67</b>

Tabla 5.26.- Valores de las 100 Series Sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en Condiciones Normales.

No. Serie	Media	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
Cutzamala	998.6	2.0	2.1	-237.2	-111.8	-11.2%	886.7
1	1017.0	1.6	2.7	-200.4	-67.4	-6.6%	949.7
2	1017.3	1.9	2.2	-214.7	-88.1	-8.7%	929.3
3	1012.6	2.1	1.6	-156.7	-96.8	-9.6%	915.8
4	1039.2	2.0	2.4	-213.5	-88.8	-8.5%	950.4
5	1030.2	1.8	2.0	-179.9	-93.6	-9.1%	936.6
6	1016.9	1.8	2.6	-177.4	-78.6	-7.7%	938.4
7	1014.2	1.9	2.0	-174.4	-92.0	-9.1%	922.2
8	1014.5	2.0	2.2	-177.1	-85.1	-8.4%	929.4
9	1035.3	2.0	1.8	-222.5	-124.0	-12.0%	911.2
10	1058.5	2.3	1.4	-115.7	-86.1	-8.1%	972.4
11	1036.0	1.9	2.2	-179.9	-79.3	-7.7%	956.7
12	1036.2	2.1	1.9	-175.9	-84.6	-8.2%	951.6
13	1034.3	2.2	1.9	-170.4	-86.9	-8.4%	947.4
14	1040.8	2.1	2.3	-163.0	-69.5	-6.7%	971.4
15	1018.5	2.0	2.4	-222.8	-90.9	-8.9%	927.6
16	1026.9	2.1	1.5	-134.8	-82.1	-8.0%	944.9
17	1012.4	2.1	1.9	-178.7	-99.4	-9.8%	913.0
18	1028.4	2.2	2.0	-194.0	-102.7	-10.0%	925.7
19	1029.8	1.9	2.2	-155.9	-70.8	-6.9%	959.0
20	1059.3	2.0	1.6	-139.6	-90.1	-8.5%	969.3
21	1008.7	1.9	1.9	-158.9	-93.3	-9.2%	915.4
22	1043.6	2.2	1.9	-184.1	-99.9	-9.6%	943.7
23	1041.0	2.0	2.2	-142.5	-60.4	-5.8%	980.6
24	1009.5	2.1	2.1	-147.3	-60.2	-6.0%	949.4
25	1028.1	2.1	2.0	-186.6	-109.3	-10.6%	918.8
26	1003.9	2.2	3.3	-279.1	-95.9	-9.6%	908.0
27	1020.1	1.8	1.8	-138.6	-71.8	-7.0%	948.3
28	1028.7	1.8	1.8	-124.6	-73.8	-7.2%	954.9
29	1031.5	1.9	1.9	-209.3	-111.7	-10.8%	919.8
30	1007.3	1.7	2.2	-159.5	-73.9	-7.3%	933.4
31	1029.0	1.7	2.3	-181.2	-92.2	-9.0%	936.8
32	1018.1	2.1	1.5	-122.0	-76.1	-7.5%	942.0
33	1008.0	2.0	1.4	-152.2	-113.9	-11.3%	894.1
34	1041.1	1.9	2.1	-177.2	-102.3	-9.8%	938.9
35	1020.3	1.9	2.1	-145.9	-74.0	-7.3%	946.3
36	1022.7	2.0	1.7	-146.0	-73.9	-7.2%	948.8
37	1014.6	2.0	2.1	-181.4	-87.3	-8.6%	927.3
38	1037.3	2.0	2.2	-183.0	-78.1	-7.5%	959.2
39	1031.0	1.9	1.8	-170.6	-96.8	-9.4%	934.2
40	1048.2	2.1	1.4	-143.8	-101.5	-9.7%	946.7
41	1005.9	2.1	1.7	-167.0	-92.0	-9.1%	913.9
42	1015.6	2.1	1.8	-161.3	-98.5	-9.7%	917.1
43	1021.7	1.9	1.7	-143.9	-93.7	-9.2%	928.0
44	1026.1	2.1	1.6	-137.5	-81.8	-8.0%	944.3
45	1026.9	2.1	1.6	-141.1	-95.3	-9.3%	931.5
46	1052.2	2.0	2.0	-166.6	-94.5	-9.0%	957.7
47	1019.4	2.1	1.3	-132.1	-110.1	-10.8%	909.3
48	1035.5	1.9	1.8	-160.2	-89.7	-8.7%	945.8
49	1022.2	2.0	1.9	-161.2	-90.1	-8.8%	932.1
50	1010.7	1.6	2.3	-129.9	-59.5	-5.9%	951.2

No. Serie	Media	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	H <sub>p</sub> disponible [mm]
51	1029.2	2.1	2.1	-166.7	-68.5	-6.7%	960.6
52	1014.8	1.9	1.8	-150.9	-78.8	-7.8%	936.0
53	1009.9	1.9	1.4	-128.8	-106.0	-10.5%	903.9
54	1028.3	1.8	2.1	-169.2	-87.8	-8.5%	940.5
55	1018.6	1.6	2.3	-191.3	-86.4	-8.5%	932.2
56	1037.1	2.4	1.7	-172.0	-113.2	-10.9%	923.9
57	1033.7	2.0	2.1	-194.5	-89.2	-8.6%	944.5
58	1038.4	1.8	2.4	-245.8	-91.4	-8.8%	947.1
59	1022.9	1.7	1.8	-159.9	-88.2	-8.6%	934.7
60	1046.4	2.1	1.6	-162.2	-99.1	-9.5%	947.4
61	1024.0	2.1	1.7	-157.9	-115.4	-11.3%	908.6
62	1024.3	1.9	1.9	-165.3	-79.6	-7.8%	944.7
63	1036.2	1.8	2.6	-234.5	-88.4	-8.5%	947.8
64	1033.5	1.9	1.8	-169.2	-99.6	-9.6%	933.9
65	1006.8	1.9	2.3	-232.8	-113.3	-11.3%	893.4
66	1007.8	2.0	2.0	-144.7	-77.6	-7.7%	930.2
67	996.5	2.0	2.0	-166.9	-84.9	-8.5%	911.5
68	1043.9	1.9	2.4	-158.4	-59.1	-5.7%	984.7
69	1017.4	2.0	1.7	-141.4	-70.1	-6.9%	947.3
70	1034.8	1.9	1.8	-140.6	-74.5	-7.2%	960.3
71	1014.8	2.0	1.7	-160.1	-90.2	-8.9%	924.6
72	1038.6	2.2	1.5	-125.4	-82.1	-7.9%	956.5
73	1020.9	1.8	1.8	-170.6	-100.5	-9.8%	920.4
74	1034.2	2.1	1.9	-168.6	-88.2	-8.5%	946.0
75	1020.3	1.7	1.9	-181.7	-91.0	-8.9%	929.3
76	991.8	2.0	2.0	-165.4	-88.4	-8.9%	903.3
77	1020.8	1.7	2.3	-149.8	-62.3	-6.1%	958.5
78	1011.8	2.9	1.5	-161.6	-102.1	-10.1%	909.7
79	1002.2	2.1	1.5	-158.9	-96.9	-9.7%	905.3
80	1024.5	1.8	2.1	-189.5	-84.9	-8.3%	939.6
81	1044.7	1.8	2.4	-157.0	-69.6	-6.7%	975.1
82	1030.2	1.7	2.7	-259.9	-103.6	-10.1%	926.6
83	1018.9	2.5	1.5	-170.7	-120.8	-11.9%	898.1
84	1049.7	2.0	1.5	-150.7	-107.1	-10.2%	942.6
85	1024.2	2.1	1.8	-124.8	-66.4	-6.5%	957.8
86	1007.8	2.1	1.5	-134.6	-96.2	-9.3%	938.6
87	980.0	1.9	1.8	-129.6	-72.0	-7.3%	908.0
88	998.9	1.7	2.0	-215.8	-105.9	-10.6%	893.0
89	1023.4	2.5	1.4	-156.9	-108.0	-10.6%	915.4
90	989.2	1.6	2.1	-187.1	-80.6	-8.2%	908.5
91	1040.4	1.7	1.8	-131.4	-81.7	-7.9%	958.7
92	1010.8	2.0	2.2	-186.6	-92.6	-9.2%	918.2
93	1012.1	2.0	1.6	-113.5	-83.1	-8.2%	929.0
94	1045.3	2.1	2.5	-188.7	-79.7	-7.6%	965.7
95	998.4	1.9	2.6	-181.0	-81.1	-8.1%	917.3
96	1026.2	1.7	1.9	-134.4	-65.4	-6.4%	960.8
97	1041.0	1.9	1.9	-173.1	-102.1	-9.8%	939.0
98	1025.2	2.1	1.6	-124.7	-69.8	-6.8%	955.4
99	1021.9	1.6	2.6	-232.8	-83.4	-8.2%	938.6
100	998.5	1.9	1.6	-144.3	-90.2	-9.0%	908.4
<b>Promedio =</b>	<b>1023.5</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	<b>-168.3</b>	<b>-88.5</b>	<b>-8.6%</b>	<b>935.3</b>

Los resultados obtenidos del análisis de las 100 muestras sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica en condiciones normales se muestran en la tabla 5.26.

Tabla 5.27.- Caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 4.5.

Año	Hp anual [mm]	Hp - X (Anomalía)	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
1975	1025.9	27.3						
1976	1051.6	53.0						
1977	883.3	-115.3		1	-115.29	-115.29	-11.5%	883.3
1978	1023.4	24.8						
1979	765.9	-232.7	2	1	-232.69	-232.69	-23.3%	765.9
1980	1074.4	75.8						
1981	1029.0	30.4						
1982	728.0	-270.6	3	8	-1134.42	-141.80	-14.2%	856.8
1983	808.6	-190.0	1					
1984	976.9	-21.7	1					
1985	962.4	-36.2	1					
1986	908.8	-89.8	1					
1987	830.7	-167.9	1					
1988	855.0	-143.6	1					
1989	784.0	-214.6	1					
1990	1172.3	173.7						
1991	986.1	-12.5	2	1	-12.46	-12.46	-1.2%	986.1
1992	1341.3	342.7						
1993	855.0	-143.6	2	2	-195.25	-97.62	-9.8%	901.0
1994	946.9	-51.7	1					
1995	1040.7	42.1						
1996	803.2	-195.4	2	6	-919.79	-153.30	-15.4%	845.3
1997	806.7	-191.9	1					
1998	938.1	-60.5	1					
1999	780.3	-218.3	1					
2000	787.7	-210.9	1					
2001	955.7	-42.9	1					
2002	1059.9	61.3						
2003	976.5	-22.1	2	3	-447.73	-149.24	-14.9%	849.4
2004	836.0	-162.6	1					
2005	735.6	-263.0	1					
2006	1028.8	30.2						
2007	880.6	-118.0	2	3	-454.15	-151.38	-15.2%	847.2
2008	815.8	-182.8	1					
2009	845.3	-153.3	1					
2010	1186.2	187.6						
2011	818.6	-180.0	2	2	-241.59	-120.80	-12.1%	877.8
2012	937.0	-61.6	1					
2013	1015.5	16.9						
2014	1006.1	7.5						
2015	1047.7	49.1						
2016	1040.0	41.4						
2017	870.8	-127.8	5	1	-127.80	-127.80	-12.8%	870.8
<b>Media =</b>	<b>998.6</b>		<b>1.5</b>	<b>2.8</b>	<b>-388.1</b>	<b>-130.2</b>	<b>-13.0%</b>	<b>868.36</b>

Tabla 5.28.- Serie Sintética No.1 para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 4.5.

Año	Hp anual [mm]	Hp - X (Anomalía)	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
1975	966.6	-50.4		2	-87.40	-43.70	-4.3%	973.3
1976	980.0	-37.0	1					
1977	1060.3	43.3						
1978	1090.7	73.7						
1979	1064.5	47.5						
1980	928.5	-88.5	4	6	-1005.26	-167.54	-16.5%	849.5
1981	663.5	-353.5	1					
1982	948.4	-68.6	1					
1983	781.0	-236.0	1					
1984	876.0	-141.0	1					
1985	899.4	-117.6	1					
1986	1066.9	49.9						
1987	880.2	-136.8	2	1	-136.80	-136.80	-13.5%	880.2
1988	1111.3	94.3						
1989	1033.5	16.5						
1990	868.2	-148.8	3	1	-148.81	-148.81	-14.6%	868.2
1991	1080.6	63.6						
1992	910.5	-106.5	2	3	-301.96	-100.65	-9.9%	916.3
1993	945.0	-72.0	1					
1994	893.5	-123.5	1					
1995	1207.7	190.7						
1996	869.0	-148.0	2	15	-1629.75	-108.65	-10.7%	908.3
1997	769.7	-247.3	1					
1998	932.5	-84.5	1					
1999	925.1	-91.9	1					
2000	920.1	-96.9	1					
2001	958.3	-58.7	1					
2002	966.9	-50.1	1					
2003	935.2	-81.8	1					
2004	807.6	-209.4	1					
2005	907.5	-109.5	1					
2006	1012.5	-4.5	1					
2007	939.2	-77.8	1					
2008	888.2	-128.8	1					
2009	808.4	-208.6	1					
2010	985.4	-31.6	1					
2011	1067.7	50.7						
2012	969.5	-47.5	2	3	-143.02	-47.67	-4.7%	969.3
2013	993.7	-23.3	1					
2014	944.7	-72.3	1					
2015	1139.2	122.2						
2016	1090.2	73.2						
2017	877.9	-139.1	3	1	-139.07	-139.07	-13.7%	877.9
<b>Media =</b>	<b>1017.0</b>		<b>1.4</b>	<b>4.0</b>	<b>-449.0</b>	<b>-111.6</b>	<b>-11.0%</b>	<b>905.39</b>

Tabla 5.29.- Valores de las 100 Series Sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 4.5.

No. Serie	Media	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
Cutzamala	998.6	1.5	2.8	-388.1	-130.2	-13.0%	868.4
1	1017.0	1.4	4.0	-449.0	-111.6	-11.0%	905.4
2	1017.3	1.3	3.8	-466.7	-131.8	-13.0%	885.5
3	1012.6	1.4	2.7	-308.3	-127.7	-12.6%	884.9
4	1039.2	1.3	4.7	-521.2	-98.2	-9.5%	941.0
5	1030.2	1.4	3.0	-385.7	-121.1	-11.8%	909.1
6	1016.9	1.3	4.1	-427.2	-104.0	-10.2%	912.9
7	1014.2	1.6	1.9	-250.8	-121.1	-11.9%	893.1
8	1014.5	1.5	2.9	-342.7	-115.1	-11.3%	899.4
9	1035.3	1.6	2.2	-339.7	-165.9	-16.0%	869.4
10	1058.5	1.3	3.3	-338.3	-115.9	-11.0%	942.6
11	1036.0	1.4	3.0	-337.1	-115.6	-11.2%	920.3
12	1036.2	1.6	2.5	-323.2	-124.1	-12.0%	912.0
13	1034.3	1.5	4.3	-435.0	-103.9	-10.0%	930.4
14	1040.8	1.2	7.0	-676.4	-98.5	-9.5%	942.4
15	1018.5	1.6	2.8	-363.2	-132.7	-13.0%	885.8
16	1026.9	1.4	3.1	-352.7	-115.0	-11.2%	911.9
17	1012.4	1.3	3.6	-389.2	-124.9	-12.3%	887.5
18	1028.4	1.4	3.8	-433.7	-112.9	-11.0%	915.5
19	1029.8	1.3	5.3	-543.4	-97.4	-9.5%	932.5
20	1059.3	1.3	3.8	-417.5	-117.5	-11.1%	941.8
21	1008.7	1.3	2.7	-305.3	-107.3	-10.6%	901.4
22	1043.6	1.3	3.6	-390.4	-119.0	-11.4%	924.7
23	1041.0	1.2	5.0	-472.0	-96.3	-9.2%	944.7
24	1009.5	1.2	5.0	-463.9	-87.6	-8.7%	922.0
25	1028.1	1.4	3.3	-380.9	-120.8	-11.7%	907.3
26	1003.9	1.4	4.0	-410.4	-76.3	-7.6%	927.6
27	1020.1	1.3	3.6	-379.9	-101.8	-10.0%	918.3
28	1028.7	1.4	2.5	-282.0	-119.4	-11.6%	909.3
29	1031.5	1.4	2.8	-383.0	-135.9	-13.2%	895.6
30	1007.3	1.3	4.1	-448.5	-111.1	-11.0%	896.2
31	1029.0	1.4	3.3	-390.8	-128.4	-12.5%	900.6
32	1018.1	1.3	4.1	-409.6	-106.8	-10.5%	911.3
33	1008.0	1.3	3.3	-357.3	-128.5	-12.7%	879.5
34	1041.1	1.3	3.6	-418.5	-120.5	-11.6%	920.7
35	1020.3	1.3	3.8	-380.0	-96.4	-9.4%	923.9
36	1022.7	1.4	3.2	-364.4	-134.2	-13.1%	888.5
37	1014.6	1.4	3.1	-350.1	-100.2	-9.9%	914.4
38	1037.3	1.4	3.3	-387.3	-106.6	-10.3%	930.7
39	1031.0	1.4	2.5	-325.7	-130.2	-12.6%	900.9
40	1048.2	1.6	2.2	-289.5	-132.9	-12.7%	915.3
41	1005.9	1.3	3.2	-363.9	-133.9	-13.3%	872.0
42	1015.6	1.4	3.2	-363.9	-109.3	-10.8%	906.3
43	1021.7	1.3	3.2	-362.9	-146.0	-14.3%	875.7
44	1026.1	1.3	4.7	-494.6	-106.1	-10.3%	920.0
45	1026.9	1.3	4.1	-431.9	-123.1	-12.0%	903.8
46	1052.2	1.2	3.9	-395.1	-115.5	-11.0%	936.7
47	1019.4	1.3	3.6	-397.7	-117.1	-11.5%	902.3
48	1035.5	1.3	4.6	-516.2	-100.3	-9.7%	935.1
49	1022.2	1.3	3.1	-345.4	-106.2	-10.4%	916.0
50	1010.7	1.3	3.7	-395.0	-118.5	-11.7%	892.2

No. Serie	Media	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	H <sub>p</sub> disponible [mm]
51	1029.2	1.3	4.7	-498.5	-103.6	-10.1%	925.5
52	1014.8	1.4	3.3	-382.0	-121.7	-12.0%	893.1
53	1009.9	1.4	2.7	-330.0	-144.8	-14.3%	865.1
54	1028.3	1.3	4.1	-463.3	-127.8	-12.4%	900.6
55	1018.6	1.4	2.8	-353.3	-126.3	-12.4%	892.3
56	1037.1	1.2	4.3	-429.8	-110.1	-10.6%	927.0
57	1033.7	1.4	3.3	-397.0	-113.1	-10.9%	920.6
58	1038.4	1.6	2.7	-375.3	-115.4	-11.1%	923.1
59	1022.9	1.3	3.2	-387.7	-115.6	-11.3%	907.3
60	1046.4	1.6	1.8	-234.3	-125.3	-12.0%	921.1
61	1024.0	1.4	2.9	-321.4	-120.2	-11.7%	903.8
62	1024.3	1.4	3.4	-407.4	-113.5	-11.1%	910.8
63	1036.2	1.6	3.1	-407.2	-118.7	-11.5%	917.5
64	1033.5	1.4	3.4	-399.0	-115.9	-11.2%	917.6
65	1006.8	1.4	3.0	-381.9	-138.8	-13.8%	868.0
66	1007.8	1.3	3.7	-380.5	-119.1	-11.8%	888.7
67	996.5	1.3	3.7	-399.4	-97.2	-9.8%	899.3
68	1043.9	1.2	6.8	-661.9	-88.5	-8.5%	955.4
69	1017.4	1.4	2.8	-315.1	-101.2	-9.9%	916.2
70	1034.8	1.3	4.1	-448.2	-98.9	-9.6%	935.9
71	1014.8	1.4	3.3	-389.4	-107.5	-10.6%	907.3
72	1038.6	1.4	3.2	-330.5	-106.1	-10.2%	932.4
73	1020.9	1.6	2.3	-319.1	-147.8	-14.5%	873.1
74	1034.2	1.3	3.0	-329.0	-109.8	-10.6%	924.4
75	1020.3	1.4	3.2	-360.5	-87.7	-8.6%	932.6
76	991.8	1.4	4.6	-516.2	-111.2	-11.2%	880.5
77	1020.8	1.2	3.9	-397.9	-102.6	-10.1%	918.2
78	1011.8	1.4	3.0	-317.1	-92.7	-9.2%	919.1
79	1002.2	1.4	3.4	-403.2	-115.9	-11.6%	886.3
80	1024.5	1.4	3.4	-420.3	-122.8	-12.0%	901.7
81	1044.7	1.3	4.1	-431.3	-113.6	-10.9%	931.0
82	1030.2	1.4	3.6	-501.8	-131.1	-12.7%	899.1
83	1018.9	1.4	4.3	-518.5	-147.2	-14.4%	871.7
84	1049.7	1.4	2.8	-326.3	-118.6	-11.3%	931.1
85	1024.2	1.3	3.8	-365.5	-108.1	-10.6%	916.1
86	1007.8	1.3	4.0	-432.6	-125.5	-12.1%	909.3
87	980.0	1.3	4.3	-421.4	-107.8	-11.0%	872.2
88	998.9	1.3	3.9	-507.7	-129.1	-12.9%	869.8
89	1023.4	1.6	2.5	-324.2	-119.0	-11.6%	904.4
90	989.2	1.5	2.4	-325.3	-115.6	-11.7%	873.6
91	1040.4	1.3	3.3	-363.4	-111.8	-10.7%	928.6
92	1010.8	1.4	3.6	-399.2	-106.9	-10.6%	903.9
93	1012.1	1.3	3.3	-335.6	-113.3	-11.2%	898.8
94	1045.3	1.3	4.0	-412.6	-92.0	-8.8%	953.3
95	998.4	1.3	3.7	-381.5	-96.5	-9.7%	902.0
96	1026.2	1.4	2.3	-267.7	-107.8	-10.5%	918.4
97	1041.0	1.4	3.9	-466.4	-158.1	-15.2%	882.9
98	1025.2	1.4	3.4	-360.4	-99.7	-9.7%	925.5
99	1021.9	1.4	4.3	-521.4	-125.8	-12.3%	896.2
100	998.5	1.4	3.1	-366.1	-127.8	-12.8%	870.8
<b>Promedio =</b>	<b>1023.5</b>	<b>1.4</b>	<b>3.5</b>	<b>-395.3</b>	<b>-115.8</b>	<b>-11.3%</b>	<b>908.0</b>

Los resultados obtenidos del análisis de las 100 muestras sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica considerando un RCP 4.5. se muestran en la tabla 5.29.

Tabla 5.30.- Caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 8.5.

Año	Hp anual [mm]	Hp - X (Anomalía)	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
1975	976.6	-22.0		5	-540.90	-108.18	-10.8%	890.4
1976	995.7	-2.9	1					
1977	820.7	-177.9	1					
1978	953.0	-45.6	1					
1979	706.1	-292.5	1					
1980	1013.3	14.7						
1981	965.3	-33.3	2	9	-1591.86	-176.87	-17.7%	821.7
1982	666.1	-332.5	1					
1983	749.8	-248.8	1					
1984	930.9	-67.7	1					
1985	902.4	-96.2	1					
1986	859.4	-139.2	1					
1987	776.3	-222.3	1					
1988	809.1	-189.5	1					
1989	736.1	-262.5	1					
1990	1103.6	105.0						
1991	935.5	-63.1	2	1	-63.06	-63.06	-6.3%	935.5
1992	1277.7	279.1						
1993	812.1	-186.5	2	9	-1526.22	-169.58	-17.0%	829.0
1994	894.4	-104.2	1					
1995	981.1	-17.5	1					
1996	749.8	-248.8	1					
1997	743.6	-255.0	1					
1998	898.5	-100.1	1					
1999	737.7	-260.9	1					
2000	744.9	-253.7	1					
2001	899.0	-99.6	1					
2002	1006.3	7.7						
2003	923.2	-75.4	2	7	-1251.36	-178.77	-17.9%	819.8
2004	781.9	-216.7	1					
2005	690.0	-308.6	1					
2006	967.7	-30.9	1					
2007	814.4	-184.2	1					
2008	763.4	-235.2	1					
2009	798.3	-200.3	1					
2010	1133.1	134.5						
2011	768.1	-230.5	2	7	-640.59	-91.51	-9.2%	907.1
2012	884.0	-114.6	1					
2013	961.9	-36.7	1					
2014	954.4	-44.2	1					
2015	984.0	-14.6	1					
2016	983.5	-15.1	1					
2017	813.7	-184.9	1					
<b>Media =</b>	<b>998.6</b>		<b>1.1</b>	<b>6.3</b>	<b>-935.7</b>	<b>-131.3</b>	<b>-13.2%</b>	<b>867.27</b>

Tabla 5.31.- Serie Sintética No.1 para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 8.5.

Año	Hp anual [mm]	Hp - X (Anomalía)	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
1975	893.0	-124.0		3	-224.43	-74.81	-7.4%	942.2
1976	926.9	-90.1	1					
1977	1006.7	-10.3	1					
1978	1032.2	15.2						
1979	1007.5	-9.5	2	9	-1559.27	-173.25	-17.0%	843.7
1980	872.2	-144.8	1					
1981	610.9	-406.1	1					
1982	897.9	-119.1	1					
1983	730.9	-286.1	1					
1984	817.4	-199.6	1					
1985	838.3	-178.7	1					
1986	1000.4	-16.6	1					
1987	818.3	-198.7	1					
1988	1054.8	37.8						
1989	970.6	-46.4	2	6	-709.33	-118.22	-11.6%	898.8
1990	807.8	-209.2	1					
1991	1016.1	-0.9	1					
1992	862.6	-154.4	1					
1993	894.5	-122.5	1					
1994	841.1	-175.9	1					
1995	1135.2	118.2						
1996	817.2	-199.8	2	19	-2860.60	-150.56	-14.8%	866.4
1997	715.4	-301.6	1					
1998	871.4	-145.6	1					
1999	862.1	-154.9	1					
2000	864.5	-152.5	1					
2001	890.4	-126.6	1					
2002	908.6	-108.4	1					
2003	873.3	-143.7	1					
2004	753.7	-263.3	1					
2005	845.6	-171.4	1					
2006	953.7	-63.3	1					
2007	884.1	-132.9	1					
2008	832.3	-184.7	1					
2009	742.8	-274.2	1					
2010	912.9	-104.1	1					
2011	1006.4	-10.6	1					
2012	910.8	-106.2	1					
2013	931.8	-85.2	1					
2014	885.6	-131.4	1					
2015	1074.8	57.8						
2016	1032.5	15.5						
2017	819.1	-197.9	3	1	-197.91	-197.91	-19.5%	819.1
<b>Media =</b>	<b>1017.0</b>		<b>1.1</b>	<b>7.6</b>	<b>-1110.3</b>	<b>-143.0</b>	<b>-14.1%</b>	<b>874.05</b>

Tabla 5.32.- Valores de las 100 Series Sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica de la Cuenca Cutzamala en condiciones al Cambio Climático RCP 8.5.

No. Serie	Media	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	Hp disponible [mm]
Cutzamala	998.6	1.1	6.3	-935.7	-131.3	-13.2%	867.3
1	1017.0	1.1	7.6	-1110.3	-143.0	-14.1%	874.0
2	1017.3	1.1	7.6	-1157.5	-132.4	-13.0%	884.9
3	1012.6	1.1	13.3	-1839.1	-138.1	-13.6%	874.5
4	1039.2	1.1	7.4	-1155.0	-159.4	-15.3%	879.8
5	1030.2	1.2	7.4	-1168.6	-155.2	-15.1%	875.0
6	1016.9	1.1	9.5	-1382.2	-124.7	-12.3%	892.2
7	1014.2	1.1	13.3	-1832.0	-125.9	-12.4%	888.3
8	1014.5	1.1	7.6	-1090.2	-136.7	-13.5%	877.8
9	1035.3	1.2	4.3	-733.4	-189.2	-18.3%	846.1
10	1058.5	1.1	13.7	-1852.9	-155.1	-14.6%	903.4
11	1036.0	1.1	9.8	-1364.8	-135.0	-13.0%	901.0
12	1036.2	1.1	6.3	-936.6	-160.1	-15.4%	876.1
13	1034.3	1.1	9.8	-1411.7	-148.0	-14.3%	886.2
14	1040.8	1.1	9.8	-1401.7	-144.5	-13.9%	896.4
15	1018.5	1.2	7.4	-1116.7	-147.4	-14.5%	871.1
16	1026.9	1.1	7.6	-1128.3	-138.1	-13.4%	888.9
17	1012.4	1.1	7.8	-1112.0	-139.8	-13.8%	872.6
18	1028.4	1.1	7.8	-1098.0	-132.8	-12.9%	895.7
19	1029.8	1.1	13.3	-1806.7	-123.5	-12.0%	906.4
20	1059.3	1.2	5.1	-836.3	-179.2	-16.9%	880.1
21	1008.7	1.1	10.0	-1347.0	-110.0	-10.9%	898.7
22	1043.6	1.1	9.5	-1430.1	-155.8	-14.9%	887.8
23	1041.0	1.1	13.3	-1850.2	-143.7	-13.8%	897.3
24	1009.5	1.1	10.0	-1342.9	-144.8	-14.3%	864.7
25	1028.1	1.1	6.3	-912.4	-159.7	-15.5%	868.4
26	1003.9	1.1	13.3	-1809.1	-106.5	-10.6%	897.4
27	1020.1	1.1	9.8	-1380.4	-143.3	-14.1%	876.8
28	1028.7	1.1	7.6	-1092.1	-154.7	-15.0%	874.0
29	1031.5	1.1	7.0	-1140.2	-197.6	-19.2%	833.9
30	1007.3	1.1	5.3	-809.7	-146.0	-14.5%	861.3
31	1029.0	1.1	6.3	-938.2	-162.8	-15.8%	866.2
32	1018.1	1.1	10.0	-1360.9	-129.9	-12.8%	888.2
33	1008.0	1.1	7.8	-1124.0	-153.7	-15.2%	854.3
34	1041.1	1.2	5.1	-840.3	-165.8	-15.9%	875.3
35	1020.3	1.1	6.3	-924.1	-153.0	-15.0%	867.3
36	1022.7	1.2	5.1	-810.0	-168.7	-16.5%	854.0
37	1014.6	1.2	5.3	-789.0	-148.9	-14.7%	865.6
38	1037.3	1.1	9.8	-1393.6	-128.2	-12.4%	909.0
39	1031.0	1.2	4.3	-729.5	-169.1	-16.4%	861.9
40	1048.2	1.2	4.5	-713.8	-150.2	-14.3%	897.9
41	1005.9	1.2	3.9	-616.6	-173.5	-17.3%	832.4
42	1015.6	1.2	4.5	-719.7	-151.7	-14.9%	863.9
43	1021.7	1.1	6.3	-957.0	-156.3	-15.3%	865.4
44	1026.1	1.2	7.4	-1123.8	-158.4	-15.4%	867.8
45	1026.9	1.1	9.5	-1398.7	-156.0	-15.2%	870.8
46	1052.2	1.2	5.3	-818.6	-164.0	-15.6%	888.2
47	1019.4	1.1	7.2	-1128.5	-159.9	-15.7%	859.6
48	1035.5	1.1	7.4	-1135.9	-151.6	-14.6%	883.8
49	1022.2	1.1	9.5	-1383.3	-143.3	-14.0%	878.9
50	1010.7	1.1	6.2	-946.9	-177.8	-17.6%	832.8

No. Serie	Media	Periodicidad [años]	Duración [años]	Severidad [mm]	Intensidad [mm/año]	Intensidad [%]	H <sub>p</sub> disponible [mm]
51	1029.2	1.1	7.6	-1126.1	-158.4	-15.4%	870.7
52	1014.8	1.1	6.3	-901.0	-131.8	-13.0%	883.0
53	1009.9	1.2	5.0	-800.4	-162.6	-16.1%	847.2
54	1028.3	1.2	5.3	-828.4	-160.4	-15.6%	867.9
55	1018.6	1.2	5.1	-837.1	-172.9	-17.0%	845.7
56	1037.1	1.1	10.0	-1403.8	-129.0	-12.4%	908.0
57	1033.7	1.1	7.4	-1117.0	-147.8	-14.3%	885.9
58	1038.4	1.2	6.0	-948.2	-176.1	-17.0%	862.3
59	1022.9	1.2	5.0	-837.9	-169.5	-16.6%	853.4
60	1046.4	1.1	6.3	-918.7	-134.5	-12.8%	912.0
61	1024.0	1.2	5.3	-804.0	-144.3	-14.1%	879.7
62	1024.3	1.1	7.6	-1144.9	-147.2	-14.4%	877.1
63	1036.2	1.2	6.2	-932.5	-151.4	-14.6%	884.8
64	1033.5	1.2	6.0	-917.7	-156.5	-15.1%	877.0
65	1006.8	1.2	5.1	-810.5	-151.2	-15.0%	855.5
66	1007.8	1.2	5.3	-791.8	-166.5	-16.5%	841.3
67	996.5	1.2	6.0	-957.1	-154.1	-15.5%	842.3
68	1043.9	1.1	13.7	-1874.8	-106.5	-10.2%	937.4
69	1017.4	1.1	9.8	-1388.3	-149.0	-14.6%	868.4
70	1034.8	1.1	9.5	-1437.7	-152.7	-14.8%	882.1
71	1014.8	1.1	8.0	-1130.2	-114.3	-11.3%	900.5
72	1038.6	1.1	10.0	-1384.9	-135.1	-13.0%	903.5
73	1020.9	1.1	7.4	-1161.7	-157.9	-15.5%	863.0
74	1034.2	1.1	6.3	-956.2	-152.5	-14.7%	881.7
75	1020.3	1.1	6.3	-940.5	-129.5	-12.7%	890.8
76	991.8	1.1	9.5	-1411.6	-150.4	-15.2%	841.4
77	1020.8	1.1	6.3	-962.0	-151.5	-14.8%	869.3
78	1011.8	1.1	13.7	-1782.5	-140.6	-13.9%	871.2
79	1002.2	1.1	7.4	-1111.5	-158.2	-15.8%	844.0
80	1024.5	1.1	7.8	-1161.2	-144.0	-14.1%	880.5
81	1044.7	1.1	6.3	-927.1	-152.2	-14.6%	892.4
82	1030.2	1.2	6.2	-1006.5	-161.6	-15.7%	868.6
83	1018.9	1.1	13.0	-1913.9	-147.4	-14.5%	871.4
84	1049.7	1.1	6.3	-940.1	-160.4	-15.3%	889.3
85	1024.2	1.1	13.7	-1818.4	-137.5	-13.4%	886.7
86	1007.8	1.1	10.0	-1392.7	-135.7	-13.1%	899.1
87	980.0	1.1	6.3	-918.9	-152.9	-15.6%	827.1
88	998.9	1.3	4.1	-754.4	-185.1	-18.5%	813.8
89	1023.4	1.2	5.3	-804.9	-145.8	-14.2%	877.6
90	989.2	1.2	4.4	-716.4	-162.0	-16.4%	827.2
91	1040.4	1.2	5.7	-837.3	-155.8	-15.0%	884.6
92	1010.8	1.2	7.2	-1115.9	-169.7	-16.8%	841.0
93	1012.1	1.1	7.6	-1087.4	-156.9	-15.5%	855.1
94	1045.3	1.1	9.8	-1360.7	-139.8	-13.4%	905.5
95	998.4	1.1	9.8	-1395.4	-153.3	-15.4%	845.1
96	1026.2	1.1	7.8	-1108.8	-136.5	-13.3%	889.8
97	1041.0	1.2	5.1	-812.7	-193.5	-18.6%	847.6
98	1025.2	1.1	13.7	-1811.2	-138.8	-13.5%	886.4
99	1021.9	1.1	9.3	-1421.3	-137.9	-13.5%	884.1
100	998.5	1.2	5.3	-805.0	-140.0	-14.0%	858.5
<b>Promedio =</b>	<b>1023.5</b>	<b>1.1</b>	<b>7.8</b>	<b>-1140.3</b>	<b>-149.9</b>	<b>-14.6%</b>	<b>873.9</b>

Los resultados obtenidos del análisis de las 100 muestras sintéticas para la caracterización de la sequía meteorológica considerando un RCP 4.5. se muestran en la tabla 5.32.

## 5.8. Evaluación de Escenarios de Cambio Climático

Se evaluaron los escenarios de cambio climático RCP4.5 y RCP8.5 para un periodo futuro cercano 2015 – 2039 y 2070 – 2099 respectivamente con un periodo de tiempo mensual.

Se determinan las precipitaciones de cada estación con respecto a los decrementos de cada escenario proyectadas para un RCP 4.5 y RCP 8.5, los valores se pueden observar en las siguientes tablas 5.33.y 5.34.

Tabla 5.33.- Proyecciones de los cambios de precipitación para un RCP 4.5

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
15046	-6.5	-6.7	-7.9	-5.1	-6.7	-2.7	-24.3	-5.6	-3.0	-2.7	-2.2	-6.0	-79.5
15133	-6.5	-6.4	-7.8	-5.2	-8.1	-2.0	-21.4	-4.4	-2.3	-2.0	-2.7	-6.0	-74.7
15174	-6.4	-6.3	-7.6	-5.5	-7.8	-1.9	-22.3	-5.0	-2.4	-2.2	-2.7	-5.7	-75.6
16036	-6.5	-6.8	-8.1	-5.0	-6.7	-2.1	-23.6	-4.9	-2.9	-2.8	-2.0	-6.0	-77.4
16097	-7.7	-7.3	-7.9	-3.9	-8.2	-2.7	-20.6	-2.4	-0.3	-3.9	-0.5	-6.2	-71.6
16192	-6.5	-6.8	-8.1	-5.0	-6.7	-2.1	-23.6	-4.9	-2.9	-2.8	-2.0	-6.0	-77.4
Prom. =	<b>-6.7</b>	<b>-6.7</b>	<b>-7.9</b>	<b>-5.0</b>	<b>-7.4</b>	<b>-2.3</b>	<b>-22.6</b>	<b>-4.5</b>	<b>-2.3</b>	<b>-2.7</b>	<b>-2.0</b>	<b>-6.0</b>	<b>-76.0</b>
Pond. =	<b>-6.8</b>	<b>-6.7</b>	<b>-7.9</b>	<b>-4.8</b>	<b>-7.6</b>	<b>-2.3</b>	<b>-22.2</b>	<b>-4.2</b>	<b>-2.1</b>	<b>-2.8</b>	<b>-1.9</b>	<b>-6.0</b>	<b>-75.3</b>

Tabla 5.34.- Proyecciones de los cambios de precipitación para un RCP 8.5

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
15046	-10.8	-11.9	-13.3	-12.5	-11.5	-17.3	-54.3	-34.3	16.2	15.0	-0.8	-10.7	-146.3
15133	-11.6	-13.1	-14.6	-13.9	-13.0	-16.3	-49.5	-32.0	10.2	8.0	-3.3	-10.9	-160.0
15174	-11.2	-12.6	-13.9	-14.0	-13.2	-17.2	-51.0	-33.1	10.3	9.9	-3.0	-10.2	-159.1
16036	-10.9	-12.2	-13.6	-12.6	-11.2	-16.1	-52.5	-33.4	16.7	14.6	-0.7	-11.0	-142.7
16097	-11.9	-13.4	-13.9	-11.6	-9.0	-12.4	-52.0	-32.3	21.9	9.2	2.7	-13.1	-135.8
16192	-10.9	-12.2	-13.6	-12.6	-11.2	-16.1	-52.5	-33.4	16.7	14.6	-0.7	-11.0	-142.7
Prom. =	<b>-11.2</b>	<b>-12.6</b>	<b>-13.8</b>	<b>-12.9</b>	<b>-11.5</b>	<b>-15.9</b>	<b>-52.0</b>	<b>-33.1</b>	<b>15.3</b>	<b>11.9</b>	<b>-1.0</b>	<b>-11.2</b>	<b>-147.8</b>
Pond. =	<b>-11.4</b>	<b>-12.7</b>	<b>-13.9</b>	<b>-12.8</b>	<b>-11.4</b>	<b>-15.5</b>	<b>-51.6</b>	<b>-32.8</b>	<b>15.5</b>	<b>11.0</b>	<b>-0.8</b>	<b>-11.4</b>	<b>-147.9</b>

Tabla 5.35.- Valores de Precipitación considerando la proyección del Cambio Climático, RCP

4.5.

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm), RCP 4.5														
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	
1975	90.7	2.1	0.0	0.0	98.6	216.0	202.6	251.0	119.6	45.1	0.2	0.0	1025.9	
1976	0.0	0.0	0.0	44.8	53.1	102.5	228.9	224.6	161.5	171.5	42.4	22.4	1051.6	
1977	1.2	5.5	0.0	21.7	67.6	212.4	151.1	185.5	174.2	41.2	9.1	13.7	883.3	
1978	5.3	23.2	8.8	6.0	30.0	231.1	191.8	178.5	215.3	102.0	15.7	15.8	1023.4	
1979	0.0	8.2	0.0	5.9	55.5	125.1	165.0	205.9	136.7	12.5	2.4	48.6	765.9	
1980	145.9	0.0	26.6	20.5	37.1	160.0	127.4	250.6	180.4	94.4	31.6	0.0	1074.4	
1981	63.2	28.1	0.0	24.3	46.6	190.8	194.3	208.0	103.7	156.3	11.1	2.5	1029.0	
1982	0.0	20.2	0.0	9.2	82.4	100.8	185.6	161.0	82.1	70.1	2.7	13.8	728.0	
1983	23.2	17.8	5.7	0.0	46.5	102.6	202.7	164.7	158.0	51.7	35.6	0.0	808.6	
1984	3.5	0.0	0.0	0.0	62.1	220.3	240.3	163.6	185.9	98.3	2.9	0.0	976.9	
1985	0.0	0.0	5.8	9.9	43.0	280.1	214.8	167.9	142.1	63.4	31.8	3.7	962.4	
1986	0.0	0.0	0.0	6.8	112.7	210.3	168.9	146.4	144.8	94.8	24.0	0.0	908.8	
1987	0.0	3.1	0.0	21.3	13.6	184.3	249.0	229.7	104.8	0.0	24.9	0.0	830.7	
1988	0.0	0.0	44.6	0.0	1.2	140.1	222.6	244.6	150.0	45.5	6.4	0.0	855.0	
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	24.9	135.6	142.5	200.9	155.0	66.8	20.9	37.4	784.0	
1990	14.4	3.0	5.2	28.0	98.7	150.8	282.3	264.3	179.0	136.8	2.3	7.3	1172.3	
1991	0.0	3.5	0.0	0.0	29.5	192.2	252.6	184.5	193.9	110.5	14.9	4.6	986.1	
1992	187.4	35.5	0.0	20.8	104.0	99.3	224.4	260.8	216.1	150.7	39.9	2.5	1341.3	
1993	2.4	0.0	0.0	1.8	0.0	203.8	216.6	178.2	186.8	53.0	12.4	0.0	855.0	
1994	2.1	0.0	0.0	12.3	52.9	267.4	113.8	166.8	229.9	92.0	9.7	0.0	946.9	
1995	0.0	3.7	0.0	39.0	90.3	217.9	227.1	189.7	129.0	66.3	37.7	40.2	1040.7	
1996	0.0	0.0	0.0	5.5	53.9	176.9	161.6	188.0	150.4	59.0	1.8	6.2	803.2	
1997	1.6	0.0	44.3	31.9	57.2	141.0	201.3	146.4	108.7	45.7	23.6	5.0	806.7	
1998	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	157.3	188.7	218.2	277.3	76.3	19.6	0.0	938.1	
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6	179.5	175.8	258.7	90.4	55.4	0.0	0.0	780.3	
2000	0.0	0.0	0.0	0.3	83.1	214.9	158.4	137.5	110.5	74.5	8.5	0.0	787.7	
2001	0.1	0.0	31.7	53.1	77.6	184.7	222.1	193.4	150.1	42.8	0.0	0.0	955.7	
2002	38.2	12.6	0.0	0.5	59.5	200.4	214.1	171.5	223.2	79.6	60.2	0.0	1059.9	
2003	2.8	0.0	0.0	9.5	32.3	239.4	187.1	204.1	198.1	79.1	24.0	0.0	976.5	
2004	40.5	0.0	20.1	0.0	49.2	224.9	107.4	133.1	182.4	76.8	0.5	1.0	836.0	
2005	0.0	0.9	40.1	0.0	0.0	82.4	167.0	224.8	131.1	85.0	4.3	0.0	735.6	
2006	15.7	0.0	19.5	21.4	99.2	98.5	186.6	238.2	186.5	138.9	24.3	0.0	1028.8	
2007	4.3	14.5	0.0	15.8	55.0	143.9	182.4	225.4	173.9	47.9	6.8	10.6	880.6	
2008	0.0	0.0	0.0	20.0	16.8	145.7	238.5	214.2	146.7	32.3	0.0	1.7	815.8	
2009	3.7	0.0	0.0	0.0	99.0	149.2	131.3	169.4	221.6	71.1	0.0	0.0	845.3	
2010	61.9	243.8	0.0	0.0	11.3	126.1	314.7	209.2	214.6	1.9	2.6	0.0	1186.2	
2011	0.0	0.0	0.0	16.7	14.8	116.6	264.4	185.9	103.1	95.6	21.4	0.0	818.6	
2012	1.1	58.4	3.4	0.0	27.9	216.7	191.4	190.9	135.9	62.3	48.9	0.0	937.0	
2013	0.0	0.0	10.8	1.0	56.8	151.7	222.3	196.0	247.5	92.1	33.2	4.0	1015.5	
2014	0.0	0.0	0.0	3.8	145.0	203.7	154.1	150.7	170.6	133.9	31.2	13.1	1006.1	
2015	0.0	18.4	110.2	3.8	141.6	163.6	154.1	139.0	179.8	101.3	29.5	6.5	1047.7	
2016	19.6	0.0	90.0	3.4	68.0	161.7	220.0	226.2	152.6	50.5	48.0	0.0	1040.0	
2017	0.0	0.0	6.2	7.6	64.2	104.4	193.3	225.4	196.7	73.1	0.0	0.0	870.8	

Tabla 5.36.- Valores de Precipitación considerando la proyección del Cambio Climático, RCP

8.5.

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm), RCP 8.5														
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	
1975	86.1	0.0	0.0	0.0	94.8	202.8	173.2	222.4	137.2	58.9	1.3	0.0	976.6	
1976	0.0	0.0	0.0	36.8	49.3	89.3	199.5	196.0	179.1	185.3	43.5	17.0	995.7	
1977	0.0	0.0	0.0	13.7	63.8	199.2	121.7	156.9	191.8	55.0	10.2	8.3	820.7	
1978	0.7	17.2	2.8	0.0	26.2	217.9	162.4	149.9	232.9	115.8	16.8	10.4	953.0	
1979	0.0	2.2	0.0	0.0	51.7	111.9	135.6	177.3	154.3	26.3	3.5	43.2	706.1	
1980	141.3	0.0	20.6	12.5	33.3	146.8	98.0	222.0	198.0	108.2	32.7	0.0	1013.3	
1981	58.6	22.1	0.0	16.3	42.8	177.6	164.9	179.4	121.3	170.1	12.2	0.0	965.3	
1982	0.0	14.2	0.0	1.2	78.6	87.6	156.2	132.4	99.7	83.9	3.8	8.4	666.1	
1983	18.6	11.8	0.0	0.0	42.7	89.4	173.3	136.1	175.6	65.5	36.7	0.0	749.8	
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	58.3	207.1	210.9	135.0	203.5	112.1	4.0	0.0	930.9	
1985	0.0	0.0	0.0	1.9	39.2	266.9	185.4	139.3	159.7	77.2	32.9	0.0	902.4	
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	108.9	197.1	139.5	117.8	162.4	108.6	25.1	0.0	859.4	
1987	0.0	0.0	0.0	13.3	9.8	171.1	219.6	201.1	122.4	13.0	26.0	0.0	776.3	
1988	0.0	0.0	38.6	0.0	0.0	126.9	193.2	216.0	167.6	59.3	7.5	0.0	809.1	
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	122.4	113.1	172.3	172.6	80.6	22.0	32.0	736.1	
1990	9.8	0.0	0.0	20.0	94.9	137.6	252.9	235.7	196.6	150.6	3.4	1.9	1103.6	
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	25.7	179.0	223.2	155.9	211.5	124.3	16.0	0.0	935.5	
1992	182.8	29.5	0.0	12.8	100.2	86.1	195.0	232.2	233.7	164.5	41.0	0.0	1277.7	
1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	190.6	187.2	149.6	204.4	66.8	13.5	0.0	812.1	
1994	0.0	0.0	0.0	4.3	49.1	254.2	84.4	138.2	247.5	105.8	10.8	0.0	894.4	
1995	0.0	0.0	0.0	31.0	86.5	204.7	197.7	161.1	146.6	80.1	38.8	34.8	981.1	
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	50.1	163.7	132.2	159.4	168.0	72.8	2.9	0.8	749.8	
1997	0.0	0.0	38.3	23.9	53.4	127.8	171.9	117.8	126.3	59.5	24.7	0.0	743.6	
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	144.1	159.3	189.6	294.9	90.1	20.7	0.0	898.5	
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	166.3	146.4	230.1	108.0	69.2	1.0	0.0	737.7	
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	79.3	201.7	129.0	108.9	128.1	88.3	9.6	0.0	744.9	
2001	0.0	0.0	25.7	45.1	73.8	171.5	192.7	164.8	167.7	56.6	1.0	0.0	899.0	
2002	33.6	6.6	0.0	0.0	55.7	187.2	184.7	142.9	240.8	93.4	61.3	0.0	1006.3	
2003	0.0	0.0	0.0	1.5	28.5	226.2	157.7	175.5	215.7	92.9	25.1	0.0	923.2	
2004	35.9	0.0	14.1	0.0	45.4	211.7	78.0	104.5	200.0	90.6	1.6	0.0	781.9	
2005	0.0	0.0	34.1	0.0	0.0	69.2	137.6	196.2	148.7	98.8	5.4	0.0	690.0	
2006	11.1	0.0	13.5	13.4	95.4	85.3	157.2	209.6	204.1	152.7	25.4	0.0	967.7	
2007	0.0	8.5	0.0	7.8	51.2	130.7	153.0	196.8	191.5	61.7	7.9	5.2	814.4	
2008	0.0	0.0	0.0	12.0	13.0	132.5	209.1	185.6	164.3	46.1	1.0	0.0	763.4	
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	95.2	136.0	101.9	140.8	239.2	84.9	0.3	0.0	798.3	
2010	57.3	237.8	0.0	0.0	7.5	112.9	285.3	180.6	232.2	15.7	3.7	0.0	1133.1	
2011	0.0	0.0	0.0	8.7	11.0	103.4	235.0	157.3	120.7	109.4	22.5	0.0	768.1	
2012	0.0	52.4	0.0	0.0	24.1	203.5	162.0	162.3	153.5	76.1	50.0	0.0	884.0	
2013	0.0	0.0	4.8	0.0	53.0	138.5	192.9	167.4	265.1	105.9	34.3	0.0	961.9	
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	141.2	190.5	124.7	122.1	188.2	147.7	32.3	7.7	954.4	
2015	0.0	12.4	104.2	0.0	137.8	150.4	124.7	110.4	197.4	115.1	30.6	1.1	984.0	
2016	15.0	0.0	84.0	0.0	64.2	148.5	190.6	197.6	170.2	64.3	49.1	0.0	983.5	
2017	0.0	0.0	0.2	0.0	60.4	91.2	163.9	196.8	214.3	86.9	0.1	0.0	813.7	

Para la evaluación de los escenarios de cambio climático, los registros de la serie histórica de precipitación (véase tabla 5.16) se le resta el decremento de lluvia para cada una de las proyecciones RCP 4.5 y RCP 8.5, de acuerdo con los valores de las tablas 5.33 y 5.34.

Para el año 1975 en el mes de enero nuestra serie histórica tiene un registro de precipitación de 97.5 mm, se requiere determinar una proyección RCP 4.5 y RCP 8.5 correspondientes para ese periodo tomando en cuenta las anomalías correspondientes.

$$RCP\ 4.5 = 97.5\ mm - 6.8\ mm = 90.7\ mm$$

$$RCP\ 8.5 = 97.5\ mm - 6.8\ mm = 86.1\ mm$$

Cuando el dato histórico de precipitación registrada es menor al dato de la anomalía proyectada, el resultado de la diferencia será 0, esto se debe a que no se puede presentar precipitaciones negativas.

Para calcular los valores de escurrimiento para cada proyección al cambio climático se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Escurrimiento} = \text{Precipitación} * \text{Area} * Ce$$

El coeficiente de escurrimiento anual *Ce* se determina con las ecuaciones de la tabla 5.11.

Para obtener resultados puntuales y claras con respecto a los escenarios de cambio climático, se procede analizar las 100 series sintéticas obtenidas con el modelo PARMA, los resultados se muestran en el Anexo A.

Tabla 5.37.- Valores de Escurrimiento considerando la proyección del Cambio Climático,  
RCP 4.5.

DATOS MENSUALES DE ESCURRIMIENTO, RCP 4.5 (2015 - 2039)														
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	
1975	21.3	1.2	0.0	0.0	24.0	52.0	48.3	60.0	27.4	10.3	0.1	0.0	244.6	
1976	0.0	0.4	0.0	11.5	14.1	24.6	54.2	55.7	40.2	43.7	10.4	5.2	260.0	
1977	0.4	1.3	0.0	4.9	13.8	42.3	29.9	37.5	34.7	8.3	1.9	2.7	177.7	
1978	1.2	5.9	2.4	2.0	7.6	58.3	46.5	43.8	50.6	24.2	3.3	4.0	250.0	
1979	0.0	1.4	0.0	1.2	9.5	21.0	27.8	35.4	23.4	2.2	0.7	8.4	130.9	
1980	36.7	0.0	8.0	5.4	9.4	39.5	31.3	62.7	45.7	23.4	7.9	0.1	270.2	
1981	14.9	6.7	0.0	5.9	11.7	45.4	46.5	49.1	25.4	37.6	2.8	0.9	246.8	
1982	0.0	3.6	0.4	1.6	13.0	16.4	30.8	25.9	12.7	10.9	0.4	2.1	118.0	
1983	4.1	3.3	1.2	0.0	8.3	17.9	36.4	30.8	28.2	9.1	6.2	0.0	145.4	
1984	0.8	0.0	0.2	0.0	14.5	48.6	53.3	36.9	41.8	23.8	0.7	0.0	220.7	
1985	0.0	0.0	1.6	2.8	9.7	61.2	47.8	38.6	32.4	13.8	7.3	0.9	216.2	
1986	0.0	0.0	0.0	1.9	25.1	45.1	36.9	31.5	31.5	19.6	4.7	0.1	196.5	
1987	0.0	0.8	0.0	4.4	2.2	33.5	45.7	43.1	18.4	0.1	4.6	0.0	152.8	
1988	0.0	0.0	8.6	0.5	0.6	26.7	42.4	45.7	28.3	8.6	1.4	0.0	162.9	
1989	0.1	0.0	0.0	0.1	4.2	22.8	24.3	34.1	26.7	11.5	3.8	6.2	133.7	
1990	4.4	1.3	2.0	7.8	27.5	41.8	78.2	75.3	50.2	38.5	0.8	2.7	330.6	
1991	0.0	1.7	0.0	0.0	7.6	44.6	58.5	42.3	44.0	24.6	3.6	1.2	228.0	
1992	58.7	11.2	0.0	7.0	35.5	32.8	72.9	83.9	69.3	49.3	12.9	1.0	434.6	
1993	0.6	0.2	0.0	0.5	0.0	40.6	43.5	35.5	36.4	10.4	2.7	0.0	170.3	
1994	0.8	0.0	0.0	2.6	12.7	59.5	29.2	39.6	50.3	20.5	2.2	0.0	217.5	
1995	0.6	1.0	0.1	9.3	22.9	54.0	57.0	47.4	31.1	16.4	9.7	10.0	259.5	
1996	0.0	0.0	0.0	1.3	9.5	31.7	29.1	32.3	26.8	10.6	0.4	1.3	142.9	
1997	0.5	0.0	8.7	5.8	12.0	25.7	34.9	28.2	21.0	8.5	4.5	1.4	151.2	
1998	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3	39.7	46.1	59.2	16.5	4.1	0.0	199.6	
1999	0.0	0.0	0.0	0.2	3.8	30.7	30.4	43.4	15.3	9.7	0.1	0.0	133.7	
2000	0.0	0.0	0.0	0.4	14.9	38.1	27.9	24.0	20.5	12.8	1.5	0.3	140.3	
2001	0.6	0.3	7.2	12.6	18.0	40.6	49.4	41.9	34.7	9.8	0.2	0.3	215.8	
2002	9.4	2.8	0.0	0.6	15.4	48.2	54.3	42.6	54.9	20.2	14.7	0.1	263.3	
2003	1.0	0.1	0.0	2.1	7.6	53.9	42.2	46.1	44.5	18.6	5.8	0.0	222.0	
2004	8.7	0.1	4.8	0.1	12.0	51.0	27.6	30.7	43.4	14.8	0.2	0.6	193.9	
2005	0.2	0.4	6.4	0.0	0.5	13.4	26.3	35.6	20.5	13.4	0.9	0.0	117.6	
2006	3.4	0.0	5.5	5.7	22.8	23.9	44.1	57.4	45.7	33.3	5.6	0.0	247.4	
2007	0.8	2.4	0.0	3.3	11.0	29.0	36.1	43.7	36.3	10.0	1.5	1.8	175.8	
2008	0.0	0.0	0.0	4.2	3.4	27.7	46.5	42.1	28.9	5.7	0.3	0.7	159.5	
2009	0.9	0.0	0.3	0.1	19.7	29.4	27.0	33.9	44.5	13.9	0.1	0.2	169.8	
2010	18.0	72.4	0.0	0.3	4.1	37.5	92.3	60.9	59.8	0.9	0.6	0.0	346.8	
2011	0.0	0.0	0.0	4.0	2.6	22.0	50.4	35.0	17.9	17.8	4.4	0.0	154.1	
2012	0.7	13.3	1.7	0.0	6.0	47.5	42.8	40.0	29.1	12.7	10.9	0.0	204.7	
2013	0.5	0.0	2.7	0.6	14.4	36.1	56.5	48.9	61.0	21.6	8.5	1.3	252.0	
2014	0.2	0.0	0.0	1.4	33.9	47.7	36.6	36.4	39.1	31.3	6.4	3.1	236.0	
2015	0.0	4.5	26.9	1.6	35.4	39.7	37.9	36.1	45.5	22.9	7.9	2.2	260.6	
2016	5.2	0.6	23.1	1.4	16.0	38.3	53.4	57.3	36.7	11.8	12.5	0.4	256.7	
2017	0.0	0.0	1.8	2.0	12.9	19.7	38.7	44.4	37.8	15.0	0.1	0.0	172.4	

Tabla 5.38.- Valores de Escurrimiento considerando la proyección del Cambio Climático,  
 RCP 8.5.

DATOS MENSUALES DE ESCURRIMIENTO, RCP 8.5 (2070 - 2099)														
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual	
1975	19.1	0.8	0.0	0.0	21.7	46.1	38.9	50.3	29.8	12.8	0.4	0.0	219.8	
1976	0.0	0.3	0.0	9.1	12.3	20.1	44.2	45.8	41.7	44.1	10.1	3.7	231.5	
1977	0.1	0.6	0.0	3.3	12.0	36.6	22.1	29.2	35.2	10.1	1.9	1.8	152.9	
1978	0.7	4.2	1.1	0.6	6.3	51.1	36.6	34.3	50.7	25.4	3.3	2.5	216.7	
1979	0.0	0.5	0.0	0.3	8.0	17.0	20.7	27.7	23.8	4.0	0.7	6.8	109.4	
1980	33.3	0.0	7.3	3.3	7.9	34.0	22.5	52.2	47.0	25.2	7.6	0.0	240.5	
1981	12.8	5.0	0.0	3.7	10.1	39.2	36.7	39.4	27.4	37.9	2.8	0.1	215.2	
1982	0.0	2.6	0.0	0.7	11.2	12.8	23.6	19.2	13.9	11.7	0.5	1.2	97.4	
1983	2.9	2.0	0.2	0.0	6.9	14.2	28.5	23.5	28.6	10.5	5.9	0.0	123.3	
1984	0.2	0.0	0.0	0.0	12.8	43.0	44.1	28.7	43.1	25.3	0.8	0.0	198.0	
1985	0.0	0.0	1.0	1.5	8.2	54.5	38.6	30.1	33.9	15.7	7.0	0.1	190.8	
1986	0.0	0.0	0.0	1.0	23.0	40.0	29.1	24.1	33.1	21.0	4.7	0.0	176.0	
1987	0.0	0.2	0.0	2.9	1.6	28.6	37.1	34.9	20.0	2.1	4.4	0.0	131.9	
1988	0.0	0.0	6.9	0.1	0.4	22.5	34.3	37.5	29.5	10.5	1.4	0.0	143.1	
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	18.9	17.7	27.0	27.4	12.7	3.6	4.9	115.5	
1990	3.2	0.1	0.6	5.2	24.7	35.5	65.5	62.9	51.4	39.4	0.9	1.5	290.9	
1991	0.0	0.8	0.0	0.0	6.6	39.2	48.9	33.7	45.2	26.0	3.5	0.3	204.2	
1992	54.2	8.8	0.0	4.7	32.4	26.9	60.1	70.8	70.9	50.8	12.5	0.1	392.4	
1993	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	35.6	35.4	28.1	37.1	12.1	2.6	0.0	151.3	
1994	0.1	0.0	0.0	0.9	11.4	53.8	22.4	32.5	51.5	22.1	2.3	0.0	197.1	
1995	0.1	0.0	0.0	6.8	20.5	47.3	46.5	37.6	32.8	18.3	9.3	8.1	227.4	
1996	0.0	0.0	0.0	0.2	8.1	27.0	21.9	25.1	27.5	11.9	0.5	0.6	122.8	
1997	0.2	0.0	6.9	3.9	10.3	21.1	26.8	20.9	21.8	9.9	4.2	0.7	126.6	
1998	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	31.7	37.9	59.6	18.3	4.1	0.0	180.8	
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	26.4	23.6	35.9	17.0	11.2	0.2	0.0	117.4	
2000	0.0	0.0	0.0	0.2	13.2	33.3	21.1	17.6	21.8	14.0	1.5	0.0	122.8	
2001	0.4	0.0	5.7	10.0	16.0	35.0	39.9	33.0	35.7	11.9	0.4	0.0	187.9	
2002	7.8	1.5	0.0	0.2	13.5	42.2	44.2	33.4	55.6	22.1	14.0	0.0	234.5	
2003	0.4	0.0	0.0	1.0	6.4	47.9	33.6	37.4	45.6	20.4	5.6	0.0	198.2	
2004	7.4	0.0	3.5	0.0	10.6	45.9	21.5	24.7	44.0	16.4	0.4	0.1	174.4	
2005	0.0	0.1	5.0	0.0	0.2	10.5	19.9	28.5	21.3	14.3	0.9	0.0	100.6	
2006	2.5	0.0	4.8	3.7	20.5	19.4	34.7	47.4	46.7	34.3	5.5	0.0	219.6	
2007	0.3	1.4	0.0	1.9	9.4	24.1	27.8	34.8	36.4	11.7	1.5	0.8	150.1	
2008	0.0	0.0	0.0	2.6	2.5	23.3	38.2	34.4	29.7	7.5	0.4	0.5	139.0	
2009	0.5	0.0	0.0	0.0	17.8	25.1	20.3	26.7	44.8	15.4	0.2	0.0	150.8	
2010	15.8	67.1	0.0	0.0	3.5	32.2	80.1	50.4	61.6	4.0	0.9	0.0	315.6	
2011	0.0	0.0	0.0	2.7	1.9	18.3	42.0	27.7	19.6	18.9	4.2	0.0	135.3	
2012	0.3	11.2	0.9	0.0	4.9	41.8	34.1	31.7	30.6	14.5	10.4	0.0	180.5	
2013	0.1	0.0	1.7	0.0	12.9	31.0	46.7	39.7	61.3	23.3	8.2	0.5	225.7	
2014	0.0	0.0	0.0	0.5	31.1	42.0	28.1	28.1	40.5	32.4	6.2	1.7	210.6	
2015	0.0	2.9	23.8	0.4	32.1	33.9	28.5	27.0	46.3	24.4	7.6	1.2	228.2	
2016	3.8	0.0	20.1	0.4	14.0	32.6	43.2	46.9	38.1	14.1	11.9	0.3	225.4	
2017	0.0	0.0	0.8	0.9	11.3	15.8	30.6	36.0	38.3	16.4	0.3	0.0	150.2	

En la figura 5.28. se muestra el % de decremento de los escurrimientos superficiales anuales, simulados en la cuenca Cutzamala para los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5.

Con base a los resultados obtenidos se puede decir que en promedio el decremento de la precipitación para el año 2039 es de 6.3 % lo que generará un 12.2 % menos de escurrimiento superficial, mientras que para el año 2099 con las condiciones más desfavorables la disminución de precipitación será de un 11.8 % y generará un 22.6 % menos de escurrimiento superficial en la zona.

En la figura 5.29. se muestra la disminución mensual del escurrimiento para los diferentes RCP, tomado como referencia los valores de la serie histórica de la cuenca Cutzamala.

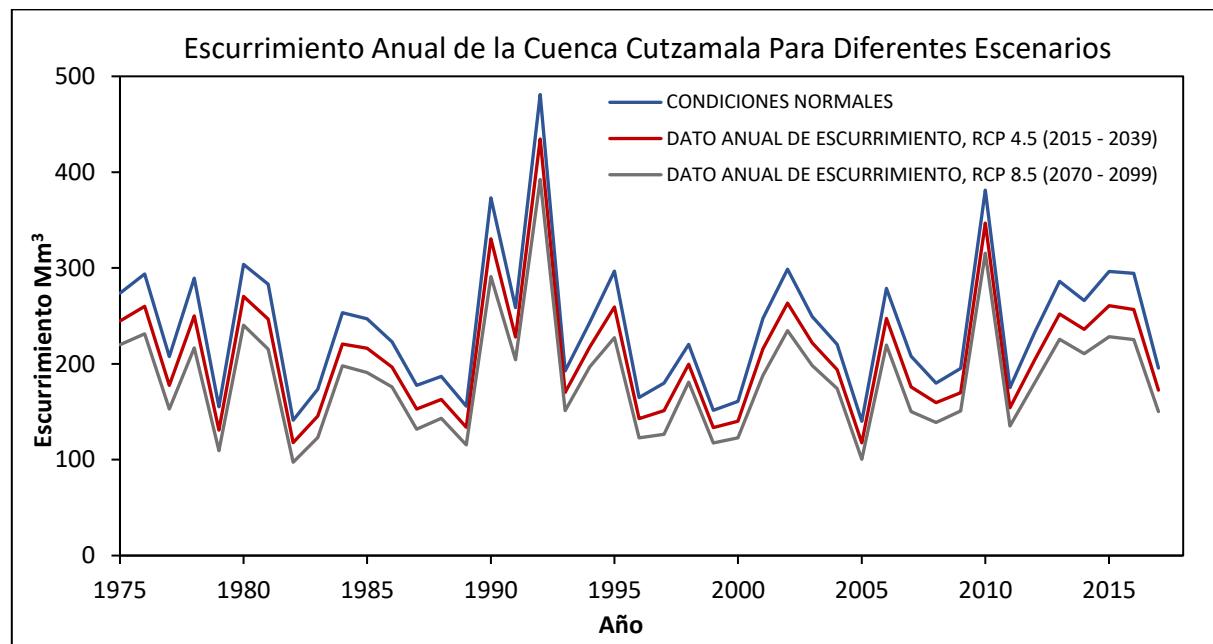


Figura 5.27.- Variación del escurrimiento promedio anual de acuerdo con los diferentes escenarios RCP.

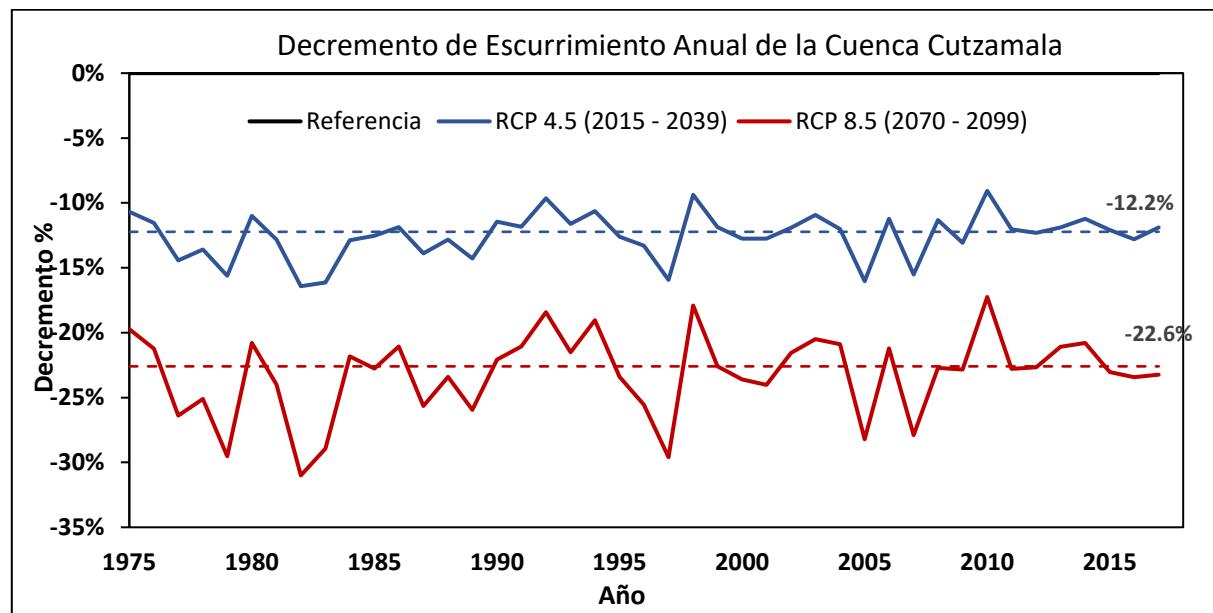


Figura 5.28.- Decremento del escurrimiento anual para los diferentes escenarios RCP.

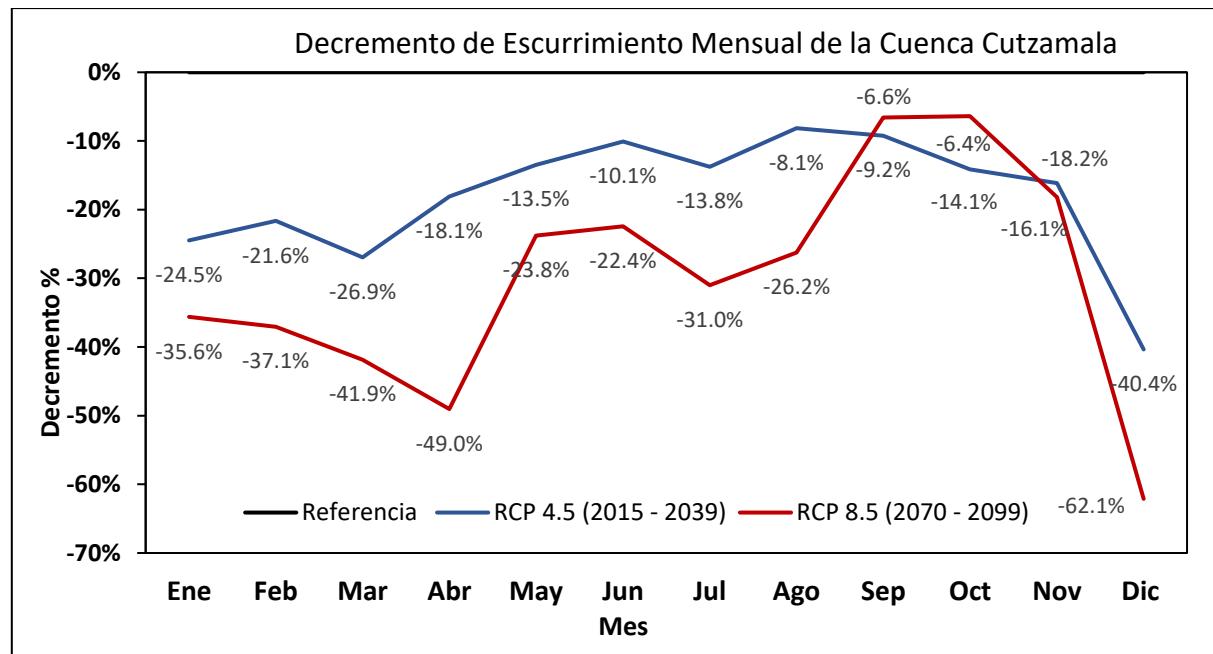


Figura 5.29.- Disminución mensual del escurrimiento para los diferentes escenarios RCP.

## 6. CONCLUSIONES

La garantía de disponer del recurso hídrico necesario hoy y en el futuro se ve comprometida. La ocurrencia de períodos de déficit de lluvia (sequías) combinados con los desequilibrios entre la disponibilidad de recursos hídricos y las altas tasas de explotación y consumo pueden poner en peligro la seguridad hídrica y alimentaria de muchas regiones de nuestro país.

Se prevé que los impactos negativos del cambio climático incrementen los problemas de cantidad y calidad del agua dulce. El déficit de precipitación (sequías) deberá ser un tema relevante, que debe ser analizada con el objetivo de contar con herramientas para una planificación y gestión actual y futura en las condiciones mas desfavorables de los recursos hídricos del país.

Los resultados obtenidos solo consideraron los registros de precipitación en cada una de las estaciones climatológicas disponibles dentro de la zona de estudio, con ellos, se demostró la importancia de aplicar las pruebas de consistencia (Homogeneidad e Independencia), cambio abrupto o tendencia en la serie, para definir si la serie es estacionaria, en conclusión, fue desechar 3 de las 9 estaciones iniciales.

La simulación y pronóstico estocástico de precipitaciones se realizó teniendo en cuenta series de tiempo, y se ha evaluado uno de los modelos más comunes en este ámbito (Modelo Autorregresivo de Media Móvil Periódico PARMA). El análisis estadístico permitió tomar una decisión del modelo escogido, el cual cumple con los parámetros requeridos de normalidad, varianza constante y aleatoriedad.

La simulación a partir del modelo PARMA (1,1) demuestra que los pronósticos, desde un registro histórico, se adapta muy bien a las precipitaciones máximas y mínimas mensuales, y se mantienen en el rango. Se concluye, entonces que estos modelos no permiten simular el comportamiento exacto en el tiempo, pero es una buena herramienta con la cual se obtiene una aproximación de posibles eventos de precipitación.

Para obtener resultados significativos se generaron 100 series sintéticas, pensando que se utilizará para la planificación y gestión de los recursos hídricos de la cuenca Cutzamala.

La caracterización de las sequías por el método de los deciles y de las secuencias de lluvias demuestran que, para una región, la periodicidad, duración, intensidad y magnitud pueden variar, por lo que el análisis de disponibilidad hídrica no deberá considerarse a gran escala.

Según la técnica de los deciles, la cuenca Cutzamala tiene una alta probabilidad de presentar un periodo de sequía que varía de un 58.14% a un 60.47%.

En el caso del análisis de las secuencias, se evaluó las 100 series sintéticas generadas y se determinó que en la zona se presenta una sequía en condiciones normales en promedio cada 2.0 años, con una duración de 2.0 años y una intensidad de -88.5 mm/año. Considerando las anomalías de precipitación para las condiciones al cambio climático para un RCP 4.5 (para el año 2039) se determina que en la zona de estudio en promedio se presentara un sequia cada 1.4 años, con una duración 3.5 años y una intensidad de -115.8 mm/año. Mientras tanto para el escenario más desfavorable (año 2099) para un RCP 8.5 una sequia se presentará en promedio cada 1.1 años, con una duración 7.8 años y una intensidad de -149.9 mm/año por debajo de la media.

Las variaciones de precipitación por el cambio climático en la cuenca Cutzamala indican que existen diferencias significativas entre los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5. Los resultados de los escenarios evaluados para el periodo futuro cercano 2039, indican que el impacto del cambio climático en la cuenca Cutzamala será importante. Se prevé un decremento de la precipitación de 6.3 % lo que generará un 12.2 % menos de escurrimiento superficial, mientras que para el año 2099 con las condiciones más desfavorables la disminución de precipitación será de un 11.8 % y generará un 22.6 % menos de escurrimiento superficial en la zona.

La importancia del cambio climático a nivel global ha advertido significativamente, al menos durante las últimas tres décadas. Estos cambios significativos en las variables climatológicas, en particular de la precipitación y la temperatura, han puesto en riesgo la disponibilidad del recurso hídrico en muchos países.

## REFERENCIAS

**Banco Mundial – Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2015).** “Diagnóstico para el manejo integral de las subcuenca Tuxpan, El Bosque, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo, Colorines – Chilesdo y Villa Victoria pertenecientes al Sistema Cutzamala”.

**CONAGUA, 2015.** Statistics on Water in Mexico, Edition 2015. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). México, D.F.

**Programa Mundial de la UNESCO.** “Evaluación de los Recursos Hídricos” (United Nations World Water Assessment Programme [WWAP, 2015]).

**Escalante Sandoval C. – Reyes Chávez L,** 2002. Técnicas Estadísticas en Hidrología, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

**Box, G. and Jenkins, G.** 1970. Time Series Analysis, Forescasting and Control. Holden Day, San Francisco.

**Peter J. Brockwell, Richard A. Davis,** 2002. Introduction to Time Series and Forecasting, Ed. Springer 2<sup>nd</sup>. Colorado State University.

**J.D. Salas, J.W. Delleur, V. Yevjevich and W.L. Lane,** 1988. Aplplied Modeling of Hydrologic Time Series, Ed. Water Resources Publications, Littleton. Colorado, USA.

**M. Hurvich and C.-L. Tsai,** 1989. Regression and time series model selection in small samples, Department of Statistics and Operations Research, New York University.

**Chow V. T.** 1964. Handbook of Applied Hydrology, Mc. Graw-Hill.

**Yevjevich, V. and Jeng, R.** 1969. Properties of Non-homogeneous Hydrologic Time Series. Hydrology Papers, Colorado State University, Colorado, USA.

**V. Yevjevich,** 1972. Probability and Statistics in Hydrology. Water Resources Publications. USA.

**Escalante Sandoval C. – Reyes Chávez L.**, 2005. Análisis de Sequías. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

**Yevchevich, V.** 1972. Stochastic Processes in Hydrology. Water Resource Publications. Fort Collins Co.

**Haan, Ch.** 1977. Statistical Methods in Hydrology. Iowa State University Press.

**North American Drought Monitor (NADM)**, (Svoboda et al. 2002). National Centers for Environmental Information.

**Gibbs, W. J., & Maher, J. V.** (1967). Rainfall Deciles as Drought Indicators. Bureau of Meteorology Bulletin No. 48, Melbourne, Australia.

**Zelenhasic, E. and Salvai, A.** (1987) A Method of Streamflow Drought Analysis. Water Resources Research, 23, 156-158.

**The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)** is the United Nations body for assessing the science related to climate change.

**Instituto Mexicano de Tecnología del Agua**, 2015. Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Efectos del cambio climático en el recurso hídrico de México.

**Agua.org. mx.** 2017. Visión general del agua en México. Centro Virtual de Información del Agua.

**V. Campos Cabral y P. Ávila – García**, 2013. Entre ciudades y presas. Oposición campesina al trasvase de agua y la defensa del río Temascaltepec, México.

**Comisión Nacional del Agua (CNA)**, 2017, 2018. Estadísticas del agua en México. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Sistema Nacional de Información del Agua**, 2019. Monitoreo de las Principales Presas de México.

**CLICOM**, 2018. CLImate COMputing Project. Base de datos de estaciones climáticas administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

**BANDAS**, 2018. Comisión Nacional del Agua. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales.

**D.F. Campos Aranda**, 1998. Procesos del Ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, San Luis Potosí, S.L.P., México.

**NOM – 011 – CONAGUA – 2015**, Conservación del recurso agua. Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

**ANEXO A**

Serie	VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10		
Año	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1975	1040.0	0.069	244.6	1108.1	0.074	281.1	1175.0	0.080	319.4	1224.0	0.083	349.0	887.9	0.057	172.1	1153.9	0.078	307.1	1052.2	0.070	250.9	1186.3	0.080	326.1	963.3	0.063	206.5	974.0	0.064	211.6
1976	1043.3	0.069	246.3	1274.0	0.087	380.6	1084.8	0.072	268.3	888.4	0.057	172.3	1058.2	0.070	254.1	1077.1	0.072	264.1	1077.0	0.072	264.1	892.6	0.057	174.1	813.0	0.051	141.0	1206.6	0.082	338.3
1977	1121.0	0.075	288.3	914.2	0.059	183.7	1023.9	0.068	236.3	1228.2	0.084	351.6	1136.4	0.076	297.0	1149.8	0.078	304.6	968.0	0.063	208.7	998.3	0.065	223.4	1079.4	0.072	265.4	1067.1	0.071	258.8
1978	1155.2	0.078	307.8	981.0	0.064	214.9	1030.7	0.068	239.8	1091.4	0.073	271.9	948.3	0.062	199.3	990.0	0.065	219.3	1252.5	0.086	366.9	1086.2	0.072	269.0	947.1	0.061	198.8	1156.5	0.078	308.5
1979	1136.5	0.076	297.1	665.1	0.039	88.6	1109.9	0.074	282.1	1162.6	0.079	312.1	1253.1	0.086	367.2	1148.6	0.077	304.0	1166.7	0.079	314.5	1021.2	0.067	234.9	960.5	0.062	205.1	1054.8	0.070	252.3
1980	996.4	0.065	222.5	1148.1	0.077	303.7	846.2	0.053	154.4	1350.4	0.093	431.4	990.6	0.065	219.7	1033.6	0.068	241.2	975.4	0.064	212.2	944.3	0.061	197.5	1106.5	0.074	280.2	1009.4	0.066	228.9
1981	723.6	0.044	107.9	935.3	0.060	193.3	928.6	0.060	190.2	1115.9	0.075	285.4	1059.7	0.070	254.8	1022.5	0.067	235.6	915.5	0.059	184.3	1120.1	0.075	287.7	1239.3	0.085	358.5	1069.3	0.071	259.9
1982	1008.0	0.066	228.3	959.0	0.062	204.4	1113.2	0.075	283.9	920.0	0.059	186.3	1184.8	0.080	325.2	863.1	0.055	161.5	1091.8	0.073	272.1	915.3	0.059	184.2	1078.5	0.072	264.9	998.0	0.065	223.3
1983	827.0	0.052	146.6	925.7	0.060	188.9	1022.9	0.067	235.8	1018.2	0.067	233.4	1159.2	0.078	310.1	1112.7	0.075	283.6	884.0	0.056	170.4	945.3	0.061	198.0	980.9	0.064	214.9	1094.2	0.073	273.4
1984	945.7	0.061	198.2	1042.7	0.069	246.0	975.7	0.064	212.4	941.7	0.061	196.3	1004.3	0.066	226.4	1011.1	0.066	229.8	1102.9	0.074	278.2	1003.3	0.066	225.9	891.4	0.057	173.6	1080.6	0.072	266.0
1985	962.0	0.063	205.8	1010.7	0.066	229.6	1083.8	0.072	267.8	1048.1	0.069	248.8	1115.9	0.075	285.4	1011.6	0.067	230.1	896.5	0.057	175.8	916.1	0.059	184.6	925.5	0.060	188.8	899.0	0.058	177.0
1986	1138.4	0.077	298.1	1083.2	0.072	267.4	809.8	0.050	139.8	1057.5	0.070	253.7	887.8	0.057	172.0	1013.9	0.067	231.2	1133.3	0.076	295.2	855.4	0.054	158.2	828.5	0.052	147.2	1060.0	0.070	255.0
1987	945.4	0.061	198.0	1093.5	0.073	273.0	1306.1	0.090	401.5	1016.9	0.067	232.7	1101.0	0.074	277.1	933.9	0.060	192.7	1116.5	0.075	285.7	1110.8	0.074	282.5	924.3	0.060	188.3	1390.5	0.097	459.4
1988	1167.1	0.079	314.7	1123.7	0.075	289.8	1077.2	0.072	264.2	894.5	0.057	175.0	885.4	0.057	171.0	1041.5	0.069	245.3	1020.9	0.067	234.8	1044.4	0.069	246.8	1183.3	0.080	324.3	1069.5	0.071	260.1
1989	1102.0	0.074	277.7	1005.7	0.066	227.1	773.7	0.048	125.9	887.9	0.057	172.1	982.9	0.064	215.9	829.8	0.052	147.7	1082.8	0.072	267.2	865.2	0.055	162.3	1246.4	0.085	363.0	1100.8	0.074	277.0
1990	931.4	0.060	191.5	803.1	0.050	137.1	985.5	0.064	217.1	959.0	0.062	204.4	950.7	0.062	200.5	998.5	0.065	223.5	1029.2	0.068	239.0	993.5	0.065	221.0	911.7	0.059	182.6	988.4	0.065	218.6
1991	1153.2	0.078	306.6	929.2	0.060	190.5	962.2	0.063	205.9	956.4	0.062	203.2	988.6	0.065	218.7	1108.2	0.074	281.1	1178.8	0.080	321.6	954.0	0.062	202.0	1155.6	0.078	308.0	1172.1	0.079	317.7
1992	963.7	0.063	206.6	1011.4	0.067	230.0	1078.5	0.072	264.9	1129.0	0.076	292.8	1003.2	0.066	225.9	1281.7	0.088	385.5	1012.0	0.067	230.2	975.8	0.064	212.4	881.1	0.056	169.1	1011.2	0.067	229.9
1993	998.6	0.066	223.6	971.9	0.063	210.6	927.8	0.060	189.9	1046.1	0.069	247.7	1306.6	0.090	401.9	1175.4	0.080	319.6	996.7	0.065	222.6	921.3	0.059	186.9	935.8	0.061	193.5	1069.6	0.071	260.1
1994	959.2	0.062	204.5	1023.4	0.067	236.0	1134.6	0.076	296.0	1092.7	0.073	272.6	1091.2	0.073	271.8	930.6	0.060	191.1	949.5	0.062	199.9	1160.2	0.078	310.7	916.7	0.059	184.8	953.2	0.062	201.7
1995	1283.0	0.088	386.4	928.2	0.060	190.1	1113.8	0.075	284.2	917.8	0.059	185.3	974.1	0.064	211.6	1140.8	0.077	299.5	1131.1	0.076	294.0	1025.5	0.068	237.1	1123.8	0.075	289.8	932.8	0.060	192.2
1996	931.0	0.060	191.4	1160.5	0.078	310.9	1030.8	0.068	239.8	1178.0	0.080	321.2	1160.5	0.078	310.9	941.0	0.061	196.0	924.7	0.060	188.5	1050.8	0.070	250.2	1021.2	0.067	234.9	1005.6	0.066	227.1
1997	831.1	0.052	148.3	1069.3	0.071	260.0	853.1	0.054	157.3	1066.8	0.071	258.6	800.8	0.050	136.3	1013.1	0.067	230.8	855.6	0.054	158.3	1152.4	0.078	306.1	974.9	0.064	212.0	848.5	0.054	155.4
1998	993.9	0.065	221.2	1001.3	0.066	224.9	850.4	0.054	156.2	1103.1	0.074	278.3	1046.1	0.069	247.7	958.3	0.062	204.0	1125.8	0.076	291.0	1039.6	0.069	244.3	1170.1	0.079	316.5	1153.1	0.078	306.6
1999	985.0	0.064	216.9	762.5	0.047	121.8	1088.7	0.073	270.4	994.0	0.065	221.3	1073.8	0.071	262.4	961.3	0.063	205.5	867.3	0.055	163.2	970.5	0.063	209.9	1265.3	0.087	375.0	1039.9	0.069	244.5
2000	982.6	0.064	215.7	1131.7	0.076	294.3	1070.1	0.071	260.4	1099.3	0.074	276.2	1028.9	0.068	238.9	944.3	0.061	197.5	932.8	0.060	192.2	954.9	0.062	202.4	1141.5	0.077	299.9	1041.2	0.069	245.2
2001	1031.0	0.068	239.9	1077.0	0.072	264.1	987.0	0.065	217.9	941.9	0.061	196.4	828.7	0.052	147.3	968.6	0.063	208.9	843.9	0.053	153.5	1228.4	0.084	351.7	1097.0	0.073	274.9	1120.4	0.075	287.9
2002	1030.2	0.068	239.5	1033.9	0.068	241.4	988.9	0.065	218.8	1026.5	0.068	237.6	1118.3	0.075	286.7	903.6	0.058	179.0	987.0	0.065	217.9	1074.8	0.072	262.9	1106.2	0.074	280.0	1029.2	0.068	239.0
2003	997.0	0.065	222.8	755.6	0.046	119.3	908.7	0.058	181.3	1066.2	0.071	258.3	1163.4	0.079	312.6	1125.0	0.076	290.5	1097.3	0.073	275.1	1126.6	0.076	291.4	808.9	0.050	139.4	1064.4	0.071	257.4
2004	877.8	0.056	167.7	1001.7	0.066	225.1	1066.0	0.071	258.2	1062.0	0.071	256.1	997.3	0.065	222.9	981.9	0.064	215.4	1119.3	0.075	287.3	969.6	0.063	209.5	1200.3	0.082	334.5	1085.2	0.072	268.5
2005	973.3	0.063	211.2	854.6	0.054	157.9	969.4	0.063	209.3	912.5	0.059	183.0	975.8	0.064	212.4	972.1	0.063	210.6	1003.9	0.066	226.2	1084.0	0.072	267.8	878.4	0.056	168.0	885.2	0.056	170.9
2006	1077.6	0.072	264.4	1084.0	0.072	267.8	1115.9	0.07																						

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
11			12			13			14			15			16			17			18			19			20		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1196.9	0.081	332.5	856.9	0.054	158.8	1059.4	0.070	254.7	1053.9	0.070	251.8	1006.3	0.066	227.4	866.8	0.055	163.0	1148.5	0.077	303.9	1100.8	0.074	277.0	1176.3	0.080	320.2	1042.7	0.069	245.9
948.0	0.061	199.2	1012.2	0.067	230.4	946.1	0.061	198.3	954.0	0.062	202.0	1109.2	0.074	281.7	1073.4	0.071	262.1	1039.6	0.069	244.3	859.5	0.054	159.9	1042.9	0.069	246.1	1173.6	0.079	318.5
1111.9	0.075	283.2	1179.7	0.080	322.2	1207.3	0.082	338.7	887.5	0.057	171.9	1100.1	0.074	276.7	955.9	0.062	202.9	1024.5	0.068	236.6	1054.5	0.070	252.1	949.5	0.062	199.9	885.3	0.056	170.9
1016.2	0.067	232.4	874.6	0.056	166.4	967.0	0.063	208.2	1045.1	0.069	247.2	845.9	0.053	154.3	941.4	0.061	196.2	1124.0	0.075	290.0	985.0	0.064	216.9	1078.9	0.072	265.1	1251.0	0.086	365.9
1125.7	0.076	290.9	1128.9	0.076	292.7	1153.7	0.078	306.9	980.8	0.064	214.9	918.1	0.059	185.5	1100.7	0.074	277.0	938.1	0.061	194.6	838.2	0.053	151.2	1177.4	0.080	320.8	1292.4	0.089	392.5
924.6	0.060	188.4	811.7	0.051	140.5	1045.1	0.069	247.2	1016.6	0.067	232.6	1119.0	0.075	287.1	1011.8	0.067	230.2	1074.4	0.072	262.7	1166.5	0.079	314.4	1140.7	0.077	299.4	888.8	0.057	172.5
764.9	0.047	122.7	876.7	0.056	167.3	1063.7	0.071	257.0	909.7	0.058	181.7	971.1	0.063	210.2	1060.9	0.070	255.5	1054.4	0.070	252.0	792.0	0.049	132.8	972.1	0.063	210.6	1033.5	0.068	241.2
1007.5	0.066	228.0	1010.5	0.066	229.5	1103.5	0.074	278.5	984.7	0.064	216.7	1004.6	0.066	226.5	946.0	0.061	198.3	889.7	0.057	172.9	1046.9	0.069	248.1	1079.1	0.072	265.2	1129.3	0.076	293.0
1059.7	0.070	254.9	969.3	0.063	209.3	1114.3	0.075	284.5	1207.0	0.082	338.6	784.4	0.048	130.0	1222.9	0.083	348.3	924.8	0.060	188.5	1053.4	0.070	251.6	1171.6	0.079	317.4	1090.4	0.073	271.4
1130.0	0.076	293.3	941.0	0.061	195.9	937.6	0.061	194.4	1282.5	0.088	386.0	945.3	0.061	198.0	1257.4	0.086	370.0	943.9	0.061	197.3	984.2	0.064	216.5	988.9	0.065	218.8	1055.1	0.070	252.5
841.9	0.053	152.6	1081.3	0.072	266.4	1146.1	0.077	302.5	1117.5	0.075	286.3	990.6	0.065	219.7	1133.8	0.076	295.5	1135.2	0.076	296.3	1075.9	0.072	263.5	1002.3	0.066	225.4	942.3	0.061	196.6
1014.3	0.067	231.4	1166.6	0.079	314.4	1043.1	0.069	246.1	1112.7	0.075	283.6	909.4	0.058	181.5	1050.4	0.070	250.0	998.2	0.065	223.4	955.5	0.062	202.7	805.0	0.050	137.9	1055.0	0.070	252.4
1151.6	0.078	305.7	1049.2	0.070	249.3	1009.1	0.066	228.8	1066.3	0.071	258.3	987.8	0.065	218.3	1106.0	0.074	279.9	942.1	0.061	196.5	939.3	0.061	195.1	1035.6	0.068	242.3	1006.0	0.066	227.2
1143.5	0.077	301.0	1016.5	0.067	232.5	876.2	0.056	167.0	1041.1	0.069	245.1	912.8	0.059	183.1	945.4	0.061	198.0	1088.0	0.073	270.0	1102.3	0.074	277.9	1103.0	0.074	278.2	860.0	0.054	160.2
1149.8	0.078	304.7	1105.5	0.074	279.6	948.9	0.062	199.6	1089.0	0.073	270.6	1026.3	0.068	237.5	900.7	0.058	177.7	892.0	0.057	173.9	1138.7	0.077	298.3	1025.3	0.068	237.0	1134.8	0.076	296.1
1066.3	0.071	258.3	971.7	0.063	210.5	1036.4	0.069	242.7	1071.3	0.071	261.0	1233.4	0.084	354.8	866.6	0.055	162.9	1345.2	0.093	427.9	1070.0	0.071	260.3	1018.4	0.067	233.5	798.0	0.050	135.2
1171.8	0.079	317.5	923.3	0.060	187.8	1345.2	0.093	427.9	1022.3	0.067	235.5	1160.7	0.078	311.0	1066.9	0.071	258.7	1099.4	0.074	276.2	947.5	0.061	199.0	1122.6	0.075	289.1	1113.8	0.075	284.2
1069.9	0.071	260.3	1005.4	0.066	227.0	950.5	0.062	200.4	1091.5	0.073	271.9	856.2	0.054	158.6	1160.7	0.078	311.0	815.7	0.051	142.1	856.0	0.054	158.5	1125.7	0.076	290.9	1068.9	0.071	259.7
943.5	0.061	197.1	1041.9	0.069	245.5	981.0	0.064	214.9	1019.9	0.067	234.3	967.0	0.063	208.2	1000.5	0.066	224.5	1154.5	0.078	307.4	993.2	0.065	220.9	1097.4	0.073	275.2	1118.3	0.075	286.7
884.5	0.056	170.6	1066.5	0.071	258.4	1018.7	0.067	233.7	907.3	0.058	180.6	1120.6	0.075	288.0	1040.0	0.069	244.5	1020.9	0.067	234.8	951.7	0.062	200.9	923.3	0.060	187.8	990.9	0.065	219.8
978.4	0.064	213.7	1104.0	0.074	278.8	1083.1	0.072	267.4	960.3	0.062	205.0	1173.0	0.079	318.2	1154.2	0.078	307.2	1027.0	0.068	237.9	915.8	0.059	184.5	974.4	0.064	211.7	1171.7	0.079	317.5
991.5	0.065	220.1	993.7	0.065	221.1	1057.1	0.070	253.5	980.9	0.064	214.9	1156.3	0.078	308.4	1172.3	0.079	317.8	1057.1	0.070	253.5	1215.0	0.083	343.4	929.7	0.060	190.7	960.1	0.062	204.9
1107.7	0.074	280.9	1161.7	0.078	311.6	1078.7	0.072	265.0	910.0	0.058	181.9	1023.3	0.067	236.0	947.3	0.061	198.9	1096.9	0.073	274.9	1145.5	0.077	302.2	946.8	0.061	198.7	985.8	0.064	217.3
1029.3	0.068	239.0	1135.9	0.076	296.7	1044.1	0.069	246.6	996.3	0.065	222.4	1175.5	0.080	319.7	1010.3	0.066	229.4	1204.1	0.082	336.9	1125.9	0.076	291.0	1011.0	0.066	229.8	986.3	0.065	217.5
914.4	0.059	183.8	1272.9	0.087	379.8	963.5	0.063	206.5	1143.4	0.077	301.0	859.5	0.054	159.9	1100.5	0.074	276.9	895.0	0.057	175.2	1164.9	0.079	313.4	1127.3	0.076	291.8	1110.8	0.074	282.6
979.0	0.064	214.0	959.4	0.062	204.6	1018.4	0.067	233.5	939.5	0.061	195.2	1112.6	0.075	283.6	1074.6	0.072	262.8	968.4	0.063	208.9	1150.2	0.078	304.9	1095.5	0.073	274.1	1099.1	0.073	276.1
1064.6	0.071	257.4	841.2	0.053	152.3	1242.8	0.085	360.7	1009.2	0.066	228.9	1019.6	0.067	234.1	974.8	0.064	211.9	1016.1	0.067	232.3	1069.6	0.071	260.1	971.3	0.063	210.3	1263.3	0.087	373.7
1183.5	0.080	324.5	1108.5	0.074	281.3	1093.9	0.073	273.2	1040.5	0.069	244.8	923.3	0.060	187.8	1129.0	0.076	292.8	883.2	0.056	170.0	1052.7	0.070	251.2	864.5	0.055	162.1	1041.3	0.069	245.2
997.3	0.065	222.9	1138.5	0.077	298.2	938.6	0.061	194.9	1201.8	0.082	335.4	893.7	0.057	174.6	797.9	0.050	135.1	814.6	0.051	141.7	1040.4	0.069	244.7	885.6	0.057	171.1	1061.8	0.071	256.0
1106.0	0.074	279.9	980.3	0.064	214.6	1133.5	0.076	295.3	1117.4	0.075	286.3	1010.9	0.066	229.7	1205.5	0.082	337.7	1121.8	0.075	288.7	1110.0	0.074	282.1	982.8	0.064	215.8	910.9	0.059	182.2
1081.5	0.072	266.5	1021.7	0.067	235.2	1071.8	0.071	261.3	974.1	0.064	211.6	1113.1	0.075	283.8	1013.4	0.067	230.9	1012.5	0.067	230.5	1076.4	0.072	263.8	1079.9	0.072	265.6	950.0	0.062	200.2
1059.7	0.070	254.8	1136.5	0.076	297.0	952.3	0.062	201.2	1043.9	0.069	246.6	1159.0	0.078	310.0	1049.4	0.070	249.4	1015.8	0.067	232.2	1072.4	0.071	261.6	1081.4	0.072	266.4	1061.0	0.070	255

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
21			22			23			24			25			26			27			28			29			30		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1115.0	0.075	284.9	1189.5	0.081	328.0	1242.6	0.085	360.6	1099.9	0.074	276.6	1104.8	0.074	279.2	1030.7	0.068	239.7	1061.2	0.070	255.6	928.4	0.060	190.2	778.0	0.048	127.5	1042.8	0.069	246.0
1249.3	0.085	364.8	1098.6	0.073	275.8	912.7	0.059	183.0	934.5	0.060	193.0	1069.3	0.071	259.9	981.7	0.064	215.3	1067.4	0.071	259.0	1108.4	0.074	281.2	756.6	0.046	119.7	891.3	0.057	173.6
1087.0	0.073	269.5	1029.6	0.068	239.2	1077.9	0.072	264.6	931.4	0.060	191.5	954.5	0.062	202.3	984.5	0.064	216.6	1132.5	0.076	294.8	980.2	0.064	214.6	1002.6	0.066	225.6	955.6	0.062	202.8
883.6	0.056	170.2	749.0	0.046	116.9	992.9	0.065	220.8	895.0	0.057	175.2	881.3	0.056	169.2	902.5	0.058	178.5	1033.9	0.068	241.4	993.0	0.065	220.8	1192.7	0.081	329.9	1004.8	0.066	226.6
1081.5	0.072	266.5	1080.3	0.072	265.8	1015.2	0.067	231.9	1022.3	0.067	235.5	1102.3	0.074	277.8	965.2	0.063	207.3	922.5	0.059	187.4	915.9	0.059	184.5	1203.8	0.082	336.6	1113.1	0.075	283.8
873.1	0.056	165.7	1266.3	0.087	375.6	1016.3	0.067	232.4	982.2	0.064	215.5	1081.7	0.072	266.6	944.5	0.061	197.6	896.6	0.057	175.9	881.0	0.056	169.1	1062.5	0.071	256.4	1158.6	0.078	309.8
1006.3	0.066	227.4	1047.8	0.069	248.6	1069.6	0.071	260.1	1039.3	0.069	244.2	1074.0	0.071	262.5	978.5	0.064	213.7	1000.6	0.066	224.5	1114.7	0.075	284.7	902.1	0.058	178.3	879.1	0.056	168.3
1119.5	0.075	287.4	1112.1	0.075	283.3	1083.3	0.072	267.5	972.8	0.063	211.0	1034.2	0.068	241.6	852.4	0.054	157.0	950.8	0.062	200.5	953.5	0.062	201.8	974.7	0.064	211.9	1154.4	0.078	307.3
1023.7	0.067	236.2	969.7	0.063	209.5	1018.7	0.067	233.6	1207.8	0.082	339.1	1166.8	0.079	314.5	978.4	0.064	213.7	1030.7	0.068	239.7	988.9	0.065	218.8	1251.8	0.086	366.4	1119.8	0.075	287.6
1076.0	0.072	263.5	944.3	0.061	197.5	1016.9	0.067	232.7	936.8	0.061	194.0	860.7	0.055	160.5	1071.5	0.071	261.1	996.0	0.065	222.3	1132.6	0.076	294.8	712.6	0.043	104.2	965.1	0.063	207.3
933.9	0.060	192.7	1049.5	0.070	249.5	1052.9	0.070	251.3	1005.2	0.066	226.9	1168.4	0.079	315.5	1101.8	0.074	277.6	1116.8	0.075	285.9	999.4	0.066	224.0	961.9	0.063	205.8	1071.0	0.071	260.9
960.3	0.062	205.0	1008.9	0.066	228.7	1065.8	0.071	258.1	877.9	0.056	167.8	1077.1	0.072	264.2	1063.0	0.071	256.6	847.5	0.053	155.0	979.5	0.064	214.2	823.0	0.052	145.0	1211.1	0.082	341.1
901.2	0.058	177.9	1111.6	0.074	283.0	1123.4	0.075	289.6	969.8	0.063	209.5	924.7	0.060	188.5	858.2	0.054	159.4	1029.0	0.068	238.9	968.6	0.063	209.0	1112.2	0.075	283.4	942.9	0.061	196.8
969.3	0.063	209.3	1037.7	0.069	243.4	1049.6	0.070	249.6	1009.6	0.066	229.1	1066.5	0.071	258.4	790.5	0.049	132.3	986.6	0.065	217.7	1152.7	0.078	306.3	1269.7	0.087	377.8	1071.3	0.071	261.0
1115.6	0.075	285.2	957.9	0.062	203.9	1134.5	0.076	295.9	921.7	0.059	187.1	1099.3	0.074	276.2	1035.6	0.068	242.3	1100.3	0.074	276.8	1113.9	0.075	284.3	1067.2	0.071	258.8	964.9	0.063	207.2
943.7	0.061	197.2	733.3	0.044	111.3	1060.8	0.070	255.5	1070.5	0.071	260.6	1180.8	0.080	322.8	843.5	0.053	153.3	951.6	0.062	209.9	917.2	0.059	185.1	1005.5	0.066	227.0	938.9	0.061	195.0
1013.3	0.067	230.9	1062.2	0.071	256.2	958.7	0.062	204.2	1043.2	0.069	246.2	917.5	0.059	185.2	961.6	0.063	205.6	1014.3	0.067	231.4	1164.5	0.079	313.2	1135.2	0.076	296.3	898.1	0.058	176.6
1039.9	0.069	244.5	1132.2	0.076	294.6	994.0	0.065	221.3	999.2	0.066	223.9	998.2	0.065	223.4	967.1	0.063	208.3	917.3	0.059	185.1	1090.3	0.073	271.3	1049.2	0.070	249.3	944.4	0.061	197.5
995.8	0.065	222.2	837.1	0.053	150.7	874.3	0.056	166.2	957.8	0.062	203.8	1213.9	0.083	342.8	1120.2	0.075	287.8	780.2	0.048	128.4	990.9	0.065	219.8	1046.7	0.069	248.0	1026.3	0.068	237.5
969.3	0.063	209.3	1295.7	0.089	394.7	1059.3	0.070	254.6	1012.6	0.067	230.5	1022.7	0.067	235.7	1038.8	0.069	243.9	1174.6	0.079	319.2	1087.3	0.073	269.7	800.4	0.050	136.1	895.1	0.057	175.2
903.9	0.058	179.1	1044.7	0.069	247.0	1114.3	0.075	284.5	1058.2	0.070	254.1	851.7	0.054	156.7	1210.0	0.082	340.4	1086.3	0.072	269.1	1004.6	0.066	226.6	1122.9	0.075	289.3	934.8	0.060	193.1
809.9	0.051	139.8	1152.6	0.078	306.3	1142.1	0.077	300.2	1054.0	0.070	251.9	1026.4	0.068	237.5	1128.9	0.076	292.7	818.0	0.051	143.0	983.0	0.064	215.9	906.3	0.058	180.2	921.7	0.059	187.1
972.6	0.063	210.9	1117.3	0.075	286.2	1089.2	0.073	270.7	1037.1	0.069	243.1	1015.4	0.067	232.0	1125.4	0.076	290.7	1001.5	0.066	225.0	1117.5	0.075	286.3	1000.3	0.066	224.4	1025.8	0.068	237.2
1126.8	0.076	291.6	1087.4	0.073	269.7	1064.3	0.071	257.3	1138.0	0.077	297.9	960.6	0.062	205.1	1070.4	0.071	260.6	1061.9	0.071	256.0	865.7	0.055	162.6	1010.6	0.066	229.6	933.6	0.060	192.5
935.0	0.060	193.2	923.9	0.060	188.1	1189.7	0.081	328.1	997.7	0.065	223.1	952.7	0.062	201.4	1169.8	0.079	316.3	990.4	0.065	219.5	1056.1	0.070	252.9	1127.9	0.076	292.1	889.9	0.057	173.0
1085.9	0.072	268.9	1119.8	0.075	287.6	971.0	0.063	210.1	1108.9	0.074	281.5	1105.2	0.074	279.5	1030.6	0.068	239.7	1130.7	0.076	293.7	1018.7	0.067	233.6	1093.1	0.073	272.8	1040.5	0.069	244.8
965.7	0.063	207.6	1107.0	0.074	280.4	765.1	0.047	122.8	1017.7	0.067	233.1	1051.7	0.070	250.6	1084.1	0.072	267.9	955.7	0.062	202.8	1188.8	0.081	327.6	847.1	0.053	154.8	1150.4	0.078	305.0
894.2	0.057	174.8	1080.9	0.072	266.2	976.0	0.064	212.5	957.5	0.062	203.7	933.1	0.060	192.3	1081.3	0.072	266.4	1027.9	0.068	238.3	1179.5	0.080	322.1	1160.2	0.078	310.7	984.9	0.064	216.8
961.3	0.063	205.5	956.5	0.062	203.2	991.0	0.065	219.8	1140.8	0.077	299.5	1074.2	0.072	262.6	1013.5	0.067	231.0	1151.1	0.078	305.4	978.0	0.064	213.5	1027.5	0.068	238.1	1042.0	0.069	245.6
1114.3	0.075	284.5	976.5	0.064	212.8	931.2	0.060	191.4	1134.6	0.076	295.9	848.9	0.054	155.5	1080.0	0.072	265.7	1110.7	0.074	282.5	892.5	0.057	174.1	990.5	0.065	219.6	1165.0	0.079	313.5
1049.5	0.070	249.5	1055.2	0.070	252.5	1064.6	0.071	257.4	868.7	0.055	163.8	1030.1	0.068	239.5	1027.7	0.068	238.2	1018.6	0.067	233.6	1136.9	0.076	297.2	1092.1	0.073	272.3	912.7	0.059	183.1
1184.6	0.080	325.1	1056.1	0.070	252.9	1015.7	0.067	232.1	925.2	0.060	188.7	969.1	0.063	209.2	1054.8	0.070	262.3	1001.0	0.066	224.8	991.6	0.065	220.1	1011.0	0.066	229.8	1049.1	0.070	249.3
1069.9	0.071	26																											

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
31			32			33			34			35			36			37			38			39			40		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1109.9	0.074	282.1	1050.6	0.070	250.0	960.8	0.062	205.3	1017.3	0.067	232.9	953.2	0.062	201.7	954.8	0.062	202.4	1063.5	0.071	256.9	793.3	0.049	133.4	982.2	0.064	215.6	981.8	0.064	215.3
845.4	0.053	154.1	1020.2	0.067	234.4	908.0	0.058	180.9	1212.5	0.083	341.9	1106.4	0.074	280.1	1019.7	0.067	234.1	1030.3	0.068	239.6	994.7	0.065	221.6	1280.8	0.088	385.0	928.4	0.060	190.1
945.3	0.061	198.0	887.6	0.057	172.0	1123.8	0.075	289.8	1017.3	0.067	232.9	1063.3	0.071	256.8	1208.4	0.082	339.4	909.0	0.058	181.4	953.5	0.062	201.8	880.6	0.056	168.9	1079.0	0.072	265.1
1045.1	0.069	247.2	1016.5	0.067	232.5	731.5	0.044	110.7	1076.9	0.072	264.0	1175.4	0.080	319.6	975.2	0.064	212.1	1163.0	0.079	312.3	1111.6	0.074	283.0	931.0	0.060	191.4	902.7	0.058	178.6
897.9	0.057	176.5	977.5	0.064	213.3	1136.8	0.076	297.2	924.9	0.060	188.6	987.0	0.065	217.9	1167.0	0.079	314.7	929.5	0.060	190.7	930.8	0.060	191.2	1184.3	0.080	324.9	1268.6	0.087	377.1
1015.6	0.067	232.1	1032.4	0.068	240.6	967.7	0.063	208.5	1259.3	0.086	371.1	903.6	0.058	179.0	1030.5	0.068	239.6	1058.5	0.070	254.2	969.0	0.063	209.1	1001.0	0.066	224.8	962.6	0.063	206.1
961.8	0.063	205.7	990.8	0.065	219.8	1061.6	0.071	255.9	974.2	0.064	211.6	1000.9	0.066	224.7	964.1	0.063	206.8	1023.8	0.068	236.2	1101.3	0.074	277.3	1012.0	0.067	230.3	1167.8	0.079	315.2
964.3	0.063	206.9	1004.9	0.066	226.7	1107.3	0.074	280.6	983.9	0.064	216.4	893.0	0.057	174.3	1217.3	0.083	344.9	1099.6	0.074	276.4	976.9	0.064	213.0	949.6	0.062	200.0	949.9	0.062	200.1
1044.0	0.069	246.6	1056.8	0.070	253.3	853.2	0.054	157.3	932.5	0.060	192.0	1061.3	0.070	255.7	932.7	0.060	192.1	1188.7	0.081	327.6	1115.4	0.075	285.1	874.9	0.056	166.5	871.7	0.055	165.1
1058.4	0.070	254.2	1168.9	0.079	315.8	1065.4	0.071	257.9	1189.1	0.081	327.8	1015.1	0.067	231.8	988.2	0.065	218.5	1033.6	0.068	241.2	1102.3	0.074	277.8	1102.3	0.074	277.9	945.3	0.061	198.0
1156.5	0.078	308.6	961.8	0.063	205.7	1062.2	0.071	256.2	1094.1	0.073	273.3	951.0	0.062	200.6	966.8	0.063	208.1	1086.6	0.073	269.3	1076.4	0.072	263.8	1076.6	0.072	263.9	1206.9	0.082	338.5
889.7	0.057	172.9	1043.6	0.069	246.4	819.4	0.051	143.6	887.6	0.057	171.9	1141.8	0.077	300.0	1003.3	0.066	225.9	1064.7	0.071	257.5	1067.4	0.071	258.9	921.1	0.059	186.8	944.0	0.061	197.3
1108.4	0.074	281.3	967.8	0.063	208.6	1069.8	0.071	260.2	1088.3	0.073	270.2	1009.0	0.066	228.8	866.2	0.055	162.8	831.7	0.052	148.5	1126.0	0.076	291.1	1039.6	0.069	244.3	1137.0	0.077	297.3
1111.3	0.074	282.9	1129.2	0.076	292.9	1241.8	0.085	360.1	889.8	0.057	172.9	1021.9	0.067	235.3	714.2	0.043	104.7	786.6	0.049	130.8	978.6	0.064	213.8	917.6	0.059	185.3	1170.9	0.079	317.0
995.7	0.065	222.1	811.5	0.051	140.4	948.2	0.061	199.3	1058.2	0.070	254.1	1062.3	0.071	256.2	925.3	0.060	188.8	1170.1	0.079	316.5	939.0	0.061	195.0	1181.2	0.080	323.1	1059.3	0.070	254.6
939.0	0.061	195.0	986.2	0.065	217.5	1052.7	0.070	251.1	1139.6	0.077	298.8	946.2	0.061	198.4	1044.6	0.069	246.9	1123.1	0.075	289.5	1084.6	0.072	268.2	979.7	0.064	214.3	1135.6	0.076	296.5
873.6	0.056	165.9	1074.6	0.072	262.8	1034.7	0.068	241.8	987.3	0.065	218.0	1093.0	0.073	272.7	982.1	0.064	215.5	1131.4	0.076	294.1	1222.8	0.083	348.2	1053.4	0.070	251.5	1220.0	0.083	346.6
1104.0	0.074	278.8	1084.2	0.072	268.0	795.1	0.049	134.1	956.8	0.062	203.4	1143.5	0.077	301.0	1041.1	0.069	245.1	936.8	0.061	194.0	1112.2	0.075	283.4	948.2	0.061	199.3	1016.1	0.067	232.3
974.4	0.064	211.7	853.9	0.054	157.6	1208.1	0.082	339.2	1034.1	0.068	241.5	899.2	0.058	177.1	1010.6	0.066	229.5	943.1	0.061	196.9	1061.6	0.071	255.9	899.5	0.058	177.2	1121.8	0.075	288.7
1081.3	0.072	266.4	867.7	0.055	163.4	1063.2	0.071	256.7	924.7	0.060	188.5	1037.9	0.069	243.5	1055.0	0.070	252.4	1075.7	0.072	263.4	975.5	0.064	212.3	957.6	0.062	203.7	1064.9	0.071	257.6
1173.7	0.079	318.6	1107.1	0.074	280.5	982.3	0.064	215.6	1000.9	0.066	224.7	1051.4	0.070	250.5	1177.5	0.080	320.9	903.4	0.058	178.9	1178.7	0.080	321.6	1129.5	0.076	293.0	1162.0	0.078	311.7
830.1	0.052	147.8	975.0	0.064	212.0	1055.3	0.070	252.5	1080.2	0.072	265.8	1085.1	0.072	268.4	1179.4	0.080	322.0	1037.5	0.069	243.3	1260.4	0.086	371.9	902.5	0.058	178.5	1019.1	0.067	233.8
1240.3	0.085	359.1	1076.3	0.072	263.7	913.8	0.059	183.6	1085.4	0.072	268.6	1147.0	0.077	303.0	1090.0	0.073	271.1	950.8	0.062	200.5	1178.5	0.080	321.5	927.7	0.060	189.9	1225.4	0.084	349.9
987.4	0.065	218.1	1003.1	0.066	225.8	824.3	0.052	145.5	1269.3	0.087	377.5	1029.7	0.068	239.2	1040.9	0.069	245.0	1138.9	0.077	298.4	1139.2	0.077	298.6	1188.2	0.081	327.2	1022.2	0.067	235.4
1229.1	0.084	352.2	827.7	0.052	146.9	1100.6	0.074	276.9	1064.9	0.071	257.6	1015.6	0.067	232.1	1050.2	0.070	249.8	971.0	0.063	210.1	1075.4	0.072	263.2	1061.9	0.071	256.0	786.6	0.049	130.8
1106.8	0.074	280.4	1036.9	0.069	242.9	861.7	0.055	160.9	835.6	0.053	150.1	985.2	0.064	217.0	1007.2	0.066	227.8	931.0	0.060	191.3	908.3	0.058	181.1	846.1	0.053	154.4	1081.9	0.072	266.7
920.7	0.059	186.6	1190.9	0.081	328.9	955.9	0.062	202.9	1051.0	0.070	250.3	1207.2	0.082	338.7	1065.8	0.071	258.1	961.7	0.063	205.7	1032.1	0.068	240.5	1087.1	0.073	269.5	967.1	0.063	208.3
994.9	0.065	221.8	938.4	0.061	194.7	1060.8	0.070	255.4	1152.4	0.078	306.2	1016.1	0.067	232.3	1001.0	0.066	224.8	868.9	0.055	163.9	1190.3	0.081	328.5	1182.6	0.080	323.9	959.3	0.062	204.5
985.7	0.064	217.2	1111.4	0.074	282.9	890.0	0.057	173.0	833.7	0.052	149.3	894.6	0.057	175.0	1108.4	0.074	281.2	957.9	0.062	203.9	1065.1	0.071	257.7	1091.2	0.073	271.8	1126.8	0.076	291.5
1108.2	0.074	281.1	1130.4	0.076	293.6	1318.5	0.091	409.8	1005.1	0.066	226.8	986.4	0.065	217.6	863.2	0.055	161.5	930.2	0.060	191.0	1026.5	0.068	237.6	995.9	0.065	222.3	785.1	0.049	130.2
1191.6	0.081	329.3	946.1	0.061	198.3	964.5	0.063	207.0	960.2	0.062	204.9	972.1	0.063	210.7	1109.0	0.074	281.5	1204.5	0.082	337.1	1137.1	0.077	297.4	1223.1	0.083	348.4	1312.8	0.090	406.0
1154.2	0.078	307.2	926.6	0.060	189.3	1115.6	0.075	285.2	1194.5	0.081	331.0	970.3	0.063	209.8	1072.0	0.071	261.4	1002.7	0.066	225.6	946.8	0.061	198.7	1005.2	0.066	226.9	1133.7	0.076	295.4
946.																													

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
41			42			43			44			45			46			47			48			49			50		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1121.8	0.075	288.7	998.9	0.066	223.7	827.7	0.052	146.9	964.9	0.063	207.2	976.1	0.064	212.6	827.0	0.052	146.6	1203.1	0.082	336.2	1178.1	0.080	321.2	969.4	0.063	209.4	1151.0	0.078	305.3
1052.1	0.070	250.8	1077.2	0.072	264.2	1106.8	0.074	280.3	1162.7	0.079	312.1	1045.8	0.069	247.5	1078.4	0.072	264.8	1175.7	0.080	319.8	1011.8	0.067	230.2	1004.5	0.066	226.5	944.7	0.061	197.7
971.1	0.063	210.2	1039.9	0.069	244.5	936.5	0.061	193.9	934.1	0.060	192.8	1174.9	0.080	319.3	1235.7	0.084	356.3	923.2	0.060	187.8	993.7	0.065	221.1	991.0	0.065	219.8	946.7	0.061	198.6
1050.2	0.070	249.8	996.9	0.065	222.7	1041.5	0.069	245.3	1052.5	0.070	251.1	773.5	0.048	125.9	1076.5	0.072	263.8	1059.0	0.070	254.5	1119.3	0.075	287.3	952.3	0.062	201.2	1055.8	0.070	252.8
1022.3	0.067	235.5	874.2	0.056	166.2	1125.7	0.076	290.9	1061.6	0.071	255.8	1162.6	0.079	312.1	1007.9	0.066	228.2	890.4	0.057	173.2	984.7	0.064	216.8	1079.9	0.072	265.6	949.6	0.062	200.0
949.9	0.062	200.1	889.5	0.057	172.8	1212.7	0.083	342.0	929.6	0.060	190.7	1257.2	0.086	369.8	1281.4	0.088	385.3	1070.1	0.071	260.4	1076.8	0.072	264.0	1031.2	0.068	240.0	1071.4	0.071	261.1
951.8	0.062	201.0	1203.6	0.082	336.5	858.0	0.054	159.3	889.6	0.057	172.8	1176.6	0.080	320.3	865.3	0.055	162.4	1036.2	0.068	242.6	925.2	0.060	188.7	1101.1	0.074	277.2	1210.4	0.082	340.7
702.4	0.042	100.7	1089.7	0.073	270.9	1087.1	0.073	269.5	947.6	0.061	199.0	1200.7	0.082	334.7	1148.8	0.077	304.1	891.9	0.057	173.8	1096.2	0.073	274.5	735.7	0.045	112.2	951.5	0.062	200.9
830.6	0.052	148.0	1052.4	0.070	251.0	908.8	0.058	181.3	1057.4	0.070	253.6	918.4	0.059	185.6	924.9	0.060	188.5	1206.3	0.082	338.2	919.4	0.059	186.1	1029.5	0.068	239.2	1010.1	0.066	229.3
926.8	0.060	189.4	1284.1	0.088	387.1	912.3	0.059	182.9	984.2	0.064	216.5	979.0	0.064	214.0	991.6	0.065	220.1	1144.6	0.077	301.7	1006.3	0.066	227.4	1013.9	0.067	231.2	1106.8	0.074	280.3
1193.5	0.081	330.4	1108.5	0.074	281.3	1292.2	0.089	392.4	1048.1	0.069	248.8	887.1	0.057	171.7	1244.9	0.085	362.1	1064.2	0.071	257.2	1117.6	0.075	286.4	1109.0	0.074	281.5	949.3	0.062	199.8
819.4	0.051	143.5	962.8	0.063	206.2	1043.7	0.069	246.5	1212.3	0.082	341.8	1151.4	0.078	305.6	875.9	0.056	166.9	1089.5	0.073	270.9	1311.7	0.090	405.3	881.6	0.056	169.3	940.3	0.061	195.6
1134.9	0.076	296.1	1166.4	0.079	314.3	940.6	0.061	195.8	1014.1	0.067	231.3	1003.1	0.066	225.8	944.6	0.061	197.6	958.7	0.062	204.3	1093.9	0.073	273.2	831.2	0.052	148.3	1107.7	0.074	280.8
1024.5	0.068	236.6	994.8	0.065	221.7	957.2	0.062	203.5	977.3	0.064	213.2	963.5	0.063	206.5	1015.5	0.067	232.0	992.7	0.065	220.7	1078.6	0.072	264.9	873.9	0.056	166.0	996.5	0.065	222.5
1144.4	0.077	301.6	1084.3	0.072	268.0	1230.7	0.084	353.2	1089.8	0.073	271.0	1007.4	0.066	228.0	1033.6	0.068	241.3	1005.8	0.066	227.2	1058.4	0.070	254.2	1118.4	0.075	286.8	1015.8	0.067	232.2
1060.0	0.070	255.0	1033.3	0.068	241.1	881.4	0.056	169.3	951.2	0.062	200.7	1084.2	0.072	268.0	975.4	0.064	212.2	1049.9	0.070	249.7	1012.7	0.067	230.6	994.7	0.065	221.6	897.6	0.057	176.3
898.0	0.058	176.5	782.3	0.048	129.2	980.2	0.064	214.5	956.7	0.062	203.3	806.9	0.050	138.6	1110.6	0.074	282.4	916.0	0.059	184.5	993.2	0.065	220.9	1069.7	0.071	260.2	1100.2	0.074	276.7
954.3	0.062	202.2	1187.4	0.081	326.8	1036.6	0.069	242.8	893.7	0.057	174.6	1062.1	0.071	256.1	1289.0	0.089	390.3	1140.7	0.077	299.5	1153.7	0.078	306.9	1273.6	0.087	380.3	1048.3	0.069	248.9
1149.7	0.078	304.6	1034.9	0.068	241.9	1287.1	0.088	389.1	1075.9	0.072	263.5	935.2	0.060	193.3	1092.0	0.073	272.2	814.3	0.051	141.5	1201.0	0.082	334.9	849.3	0.054	155.7	931.4	0.060	191.5
1035.2	0.068	242.1	1021.5	0.067	235.0	1074.0	0.071	262.5	902.4	0.058	178.4	1174.5	0.079	319.1	1067.8	0.071	259.1	1167.5	0.079	315.0	1059.1	0.070	254.5	1033.8	0.068	241.4	977.9	0.064	213.4
941.6	0.061	196.2	1014.7	0.067	231.6	1054.9	0.070	252.3	1086.6	0.072	269.3	1070.5	0.071	260.6	1018.8	0.067	233.7	960.2	0.062	205.0	1097.4	0.073	275.1	1063.4	0.071	256.8	1022.4	0.067	235.5
1203.8	0.082	336.7	828.6	0.052	147.2	909.6	0.058	181.6	1062.9	0.071	256.5	1105.8	0.074	279.8	973.8	0.064	211.4	917.9	0.059	185.4	1019.5	0.067	234.0	1066.8	0.071	258.6	1003.0	0.066	225.8
1026.7	0.068	237.7	1025.9	0.068	237.3	1027.2	0.068	237.9	892.6	0.057	174.1	984.0	0.063	206.8	1157.4	0.078	309.1	1029.3	0.068	239.0	949.8	0.062	200.1	1000.8	0.066	224.7	1161.3	0.078	311.3
1012.1	0.067	230.3	1201.6	0.082	335.3	997.8	0.065	223.2	1144.9	0.077	301.9	1090.9	0.073	271.6	1084.9	0.072	268.4	1091.7	0.073	272.0	1188.5	0.081	327.4	1175.6	0.080	319.7	1118.5	0.075	286.9
988.7	0.065	218.7	1050.2	0.070	249.8	884.7	0.056	170.7	1164.0	0.079	312.9	912.3	0.059	182.8	1178.6	0.080	321.5	1019.8	0.067	234.2	1185.2	0.080	325.5	1139.9	0.077	299.0	1039.0	0.069	244.0
1111.5	0.074	283.0	1007.9	0.066	228.2	986.1	0.065	217.4	1050.5	0.070	250.0	950.7	0.062	200.5	1116.2	0.075	285.6	822.8	0.052	144.9	993.4	0.065	221.0	970.5	0.063	209.9	974.0	0.064	211.6
1025.6	0.068	237.2	1010.6	0.066	229.6	1025.8	0.068	237.2	1041.2	0.069	245.2	1039.0	0.069	244.0	1075.2	0.072	263.1	1102.6	0.074	278.0	960.7	0.062	205.2	993.3	0.065	221.0	984.6	0.064	216.7
920.3	0.059	186.5	1179.7	0.080	322.2	1036.3	0.069	242.6	955.9	0.062	202.9	1055.7	0.070	252.7	1010.4	0.066	229.4	994.2	0.065	221.4	791.9	0.049	132.8	1044.6	0.069	246.9	957.1	0.062	203.5
983.1	0.064	216.0	828.5	0.052	147.2	995.6	0.065	222.1	1098.8	0.073	275.9	1063.0	0.071	256.6	915.3	0.059	184.2	1227.9	0.084	351.4	1016.0	0.067	232.3	1062.2	0.071	256.2	967.4	0.063	208.4
1058.2	0.070	254.1	914.5	0.059	183.9	1078.9	0.072	265.1	1005.9	0.066	227.2	1112.8	0.075	283.7	1085.9	0.072	268.9	972.2	0.063	210.7	1095.7	0.073	274.3	840.3	0.053	152.0	1137.6	0.077	297.7
935.7	0.061	193.5	933.1	0.060	192.3	926.3	0.060	189.2	844.8	0.053	153.8	983.1	0.064	215.9	1051.2	0.070	250.4	1052.1	0.070	250.8	689.4	0.041	96.4	1014.2	0.067	231.4	906.7	0.058	180.3
1055.9	0.070	252.8	1163.3	0.079	312.5	1021.3	0.067	235.0	1075.5	0.072	263.3	911.2	0.059	182.4	1005.8	0.066	227.1	834.9	0.052	149.8	948.6	0.062	199.5	1154.5	0.078	307.4	1191.5	0.081	329.2
1																													

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
51			52			53			54			55			56			57			58			59			60		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1184.9	0.080	325.3	1035.9	0.068	242.5	886.7	0.057	171.6	1054.5	0.070	252.1	1051.4	0.070	250.5	1076.1	0.072	263.6	1238.0	0.085	357.7	1200.3	0.082	334.5	1011.7	0.067	230.1	915.6	0.059	184.4
886.9	0.057	171.7	984.9	0.064	216.8	1099.0	0.073	276.0	740.5	0.045	113.9	1136.1	0.076	296.8	887.8	0.057	172.1	1192.1	0.081	329.6	918.1	0.059	185.5	861.7	0.055	160.9	1137.7	0.077	297.7
966.5	0.063	207.9	958.2	0.062	204.0	978.4	0.064	213.7	1098.9	0.073	276.0	961.6	0.063	205.6	1081.7	0.072	266.6	972.0	0.063	210.6	939.8	0.061	195.4	1227.6	0.084	351.2	1160.0	0.078	310.6
1221.0	0.083	347.1	761.2	0.047	121.3	909.4	0.058	181.6	1007.2	0.066	227.9	1077.5	0.072	264.3	1049.8	0.070	249.7	1109.8	0.074	282.0	1260.0	0.086	371.6	1047.9	0.069	248.6	864.5	0.055	162.1
1018.4	0.067	233.5	1000.2	0.066	224.4	1131.9	0.076	294.4	1051.5	0.070	250.6	988.8	0.065	218.8	1082.3	0.072	266.9	1258.7	0.086	370.8	1230.9	0.084	353.3	980.8	0.064	214.9	1163.5	0.079	312.6
910.0	0.058	181.8	1126.5	0.076	291.3	1008.1	0.066	228.3	1193.3	0.081	330.3	963.3	0.063	206.4	975.3	0.064	212.2	1099.4	0.074	276.3	970.8	0.063	210.0	1138.8	0.077	298.3	834.0	0.052	149.4
1010.7	0.066	229.6	921.2	0.059	186.9	956.6	0.062	203.3	1063.1	0.071	256.6	1213.3	0.083	342.4	857.0	0.054	158.9	957.8	0.062	203.8	945.0	0.061	197.8	925.2	0.060	188.7	977.8	0.064	213.4
1158.2	0.078	309.5	1133.9	0.076	295.6	1015.9	0.067	232.2	862.7	0.055	161.3	1147.6	0.077	303.4	1065.0	0.071	257.6	829.2	0.052	147.5	976.1	0.064	212.6	958.5	0.062	204.2	1127.0	0.076	291.6
1087.4	0.073	269.7	1068.3	0.071	259.4	1080.1	0.072	265.8	1015.4	0.067	232.0	993.1	0.065	220.8	1088.8	0.073	270.5	991.2	0.065	219.9	944.6	0.061	197.6	951.9	0.062	201.0	1015.2	0.067	231.9
1053.1	0.070	251.4	942.4	0.061	196.6	1156.1	0.078	308.3	912.4	0.059	182.9	866.6	0.055	162.9	1202.2	0.082	335.7	940.0	0.061	195.5	1202.3	0.082	335.7	988.9	0.065	218.8	1179.7	0.080	322.2
966.5	0.063	207.9	1163.7	0.079	312.7	1012.5	0.067	230.5	1273.4	0.087	380.2	1041.1	0.069	245.1	926.1	0.060	189.1	1013.7	0.067	231.1	931.2	0.060	191.4	950.6	0.062	200.4	1090.7	0.073	271.5
903.6	0.058	179.0	1077.7	0.072	264.5	913.2	0.059	183.3	1141.5	0.077	299.9	1100.4	0.074	276.8	1057.3	0.070	253.6	1177.5	0.080	320.9	1154.7	0.078	307.5	1178.5	0.080	321.5	1017.2	0.067	232.9
1105.0	0.074	279.3	1049.7	0.070	249.6	1106.5	0.074	280.2	887.3	0.057	171.8	875.8	0.056	166.9	1001.9	0.066	225.2	959.1	0.062	204.4	1075.1	0.072	263.1	1060.8	0.070	255.4	1199.2	0.081	333.9
1143.7	0.077	301.1	961.4	0.063	205.6	883.3	0.056	170.1	887.8	0.057	172.1	906.1	0.058	180.1	951.3	0.062	200.8	1139.4	0.077	298.7	1130.1	0.076	293.4	912.7	0.059	183.1	935.4	0.060	193.4
1162.0	0.078	311.7	1009.8	0.066	229.1	1224.1	0.083	349.0	1285.0	0.088	387.7	1225.9	0.084	350.2	1103.0	0.074	278.3	1031.0	0.068	239.9	1103.2	0.068	240.8	1161.9	0.078	311.7	769.1	0.047	124.2
1130.1	0.076	293.4	1037.6	0.069	243.3	1120.0	0.075	287.7	1012.0	0.067	230.3	971.0	0.063	210.1	834.7	0.052	149.7	1147.3	0.077	303.2	996.3	0.065	222.4	974.9	0.064	212.0	1179.6	0.080	322.1
1014.3	0.067	231.4	890.8	0.057	173.3	774.7	0.048	126.3	903.7	0.058	179.0	918.8	0.059	185.8	993.2	0.065	220.9	1143.5	0.077	301.0	1121.5	0.075	288.6	1129.5	0.076	293.1	1082.9	0.072	267.3
1032.4	0.068	240.7	1006.3	0.066	227.4	1167.3	0.079	314.8	906.1	0.058	180.1	924.5	0.060	188.4	1000.0	0.066	224.3	882.7	0.056	169.8	1140.8	0.077	299.5	986.2	0.065	217.5	987.4	0.065	218.0
1082.0	0.072	266.8	940.3	0.061	195.6	959.5	0.062	204.6	1096.0	0.073	274.4	1136.8	0.076	297.2	1131.5	0.076	294.2	912.7	0.059	183.1	1048.9	0.069	249.2	856.7	0.054	158.8	815.1	0.051	141.9
1070.3	0.071	260.5	1099.4	0.074	276.3	1155.5	0.078	308.0	986.7	0.065	217.7	999.5	0.066	224.0	1055.8	0.070	252.8	826.1	0.052	146.2	1108.8	0.074	281.5	1081.1	0.072	266.3	1125.7	0.076	290.9
1035.4	0.068	242.2	1118.2	0.075	286.7	790.0	0.049	132.1	1044.5	0.069	246.9	899.0	0.058	177.0	1132.8	0.076	294.9	956.2	0.062	203.1	974.2	0.064	211.7	886.9	0.057	171.7	1038.0	0.069	243.5
1124.3	0.075	290.1	1120.5	0.075	288.0	1034.6	0.068	241.7	1022.2	0.067	235.4	1016.4	0.067	232.5	1037.1	0.069	243.0	1180.5	0.080	322.6	1089.5	0.073	270.8	1090.8	0.073	271.5	1145.0	0.077	301.9
987.4	0.065	218.1	888.8	0.057	172.5	1002.9	0.066	225.7	1027.1	0.068	237.9	899.4	0.058	177.1	1039.5	0.069	244.3	1035.0	0.068	241.9	965.9	0.063	207.7	920.5	0.059	186.5	906.6	0.058	180.3
1057.3	0.070	253.6	973.2	0.063	211.2	1083.3	0.072	267.5	1006.6	0.066	227.6	1234.3	0.084	355.4	874.0	0.056	166.1	943.3	0.061	197.0	1130.5	0.076	293.6	1022.8	0.067	235.7	1110.2	0.074	282.2
1252.1	0.086	366.6	1052.1	0.070	250.9	960.9	0.063	205.3	944.9	0.061	197.8	908.5	0.058	181.2	1075.9	0.072	263.5	1032.9	0.068	240.9	1113.7	0.075	284.2	1177.9	0.080	321.1	1100.5	0.074	276.9
1017.1	0.067	232.8	965.8	0.063	207.7	820.1	0.051	143.8	1003.0	0.066	225.8	1103.8	0.074	278.7	1329.9	0.092	417.5	1077.9	0.072	264.6	1199.8	0.081	334.2	850.1	0.054	156.0	1222.7	0.083	348.2
925.3	0.060	188.7	1110.7	0.074	282.5	1002.8	0.066	225.6	1030.6	0.068	239.7	1037.7	0.069	243.3	1160.2	0.078	310.7	1035.5	0.068	242.2	862.4	0.055	161.2	1095.4	0.073	274.0	1010.1	0.066	229.3
1195.1	0.081	331.4	1052.9	0.070	251.3	1128.1	0.076	292.2	984.8	0.064	216.8	1009.2	0.066	228.8	984.5	0.064	216.7	793.6	0.049	133.5	1000.8	0.066	224.7	1017.9	0.067	233.2	1127.1	0.076	291.7
1035.2	0.068	242.1	1036.4	0.069	242.7	992.0	0.065	220.3	1103.9	0.074	278.7	943.8	0.061	197.2	1147.9	0.077	303.6	1149.3	0.077	304.4	1089.1	0.073	270.6	1201.4	0.082	335.2	1114.0	0.075	284.4
988.6	0.065	218.6	946.9	0.061	198.7	1065.0	0.071	257.7	1189.3	0.081	327.9	1231.7	0.084	353.8	1079.8	0.072	265.6	980.5	0.064	214.7	932.8	0.060	192.1	862.4	0.055	161.2	1154.1	0.078	307.2
1035.5	0.068	242.2	1131.7	0.076	294.3	1041.7	0.069	245.4	1157.4	0.078	309.1	1003.6	0.066	226.1	1195.0	0.081	331.3	875.5	0.056	166.7	892.4	0.057	174.1	1003.2	0.066	225.9	984.4	0.064	216.6
997.3	0.065	222.9	865.6	0.055	162.5	756.3	0.046	119.5	920.4	0.059	186.5	890.7	0.057	173.3	780.3	0.048	128.4	1091.9	0.073	272.2	913.5	0.059	183.4	1034.6	0.068	241.7	931.8	0.060	191.7

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
61			62			63			64			65			66			67			68			69			70		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1052.7	0.070	2512.2	999.5	0.066	2240.4	1070.7	0.071	260.7	1070.2	0.071	260.4	1145.6	0.077	302.2	1109.5	0.074	281.8	941.3	0.061	196.1	1148.8	0.077	304.1	987.9	0.065	218.3	1194.1	0.081	330.8
964.0	0.063	206.8	1048.8	0.069	249.1	1088.6	0.073	270.3	918.7	0.059	185.7	951.7	0.062	201.0	937.5	0.061	194.3	1014.9	0.067	231.7	1283.5	0.088	386.7	1038.2	0.069	243.6	1004.1	0.066	226.3
993.1	0.065	220.9	958.9	0.062	204.3	932.0	0.060	191.8	950.3	0.062	200.3	1129.6	0.076	293.1	1002.0	0.066	225.3	1079.7	0.072	265.5	1020.1	0.067	234.3	920.5	0.059	186.6	1003.0	0.066	225.8
969.8	0.063	209.5	1067.4	0.071	258.9	1104.6	0.074	279.1	864.6	0.055	162.1	1165.9	0.079	314.0	921.5	0.059	187.0	968.5	0.063	208.9	1031.4	0.068	240.1	1064.3	0.071	257.3	1239.3	0.085	358.5
1061.3	0.070	255.7	818.1	0.051	143.1	866.0	0.055	162.7	1010.3	0.066	229.4	1077.9	0.072	264.6	865.1	0.055	162.3	1289.3	0.089	390.5	1027.2	0.068	238.0	1007.2	0.066	227.9	967.0	0.063	208.2
756.7	0.046	119.7	954.1	0.062	202.1	874.7	0.056	166.4	1174.2	0.079	318.9	1292.5	0.089	392.6	981.3	0.064	215.1	1045.6	0.069	247.5	1027.5	0.068	238.1	924.6	0.060	188.4	1096.9	0.073	274.9
1038.6	0.069	243.8	906.9	0.058	180.4	1160.6	0.078	310.9	977.9	0.064	213.4	949.9	0.062	200.1	1017.0	0.067	232.8	1081.0	0.072	266.2	926.7	0.060	189.4	855.0	0.054	158.1	1075.1	0.072	263.0
1035.1	0.068	242.0	916.5	0.059	184.8	1134.6	0.076	296.0	1051.5	0.070	250.5	890.7	0.057	173.3	1010.8	0.066	229.7	904.5	0.058	179.4	997.5	0.065	223.0	856.5	0.054	158.7	958.7	0.062	204.3
1169.1	0.079	315.9	945.7	0.061	198.1	1118.9	0.075	287.1	920.4	0.059	186.5	1030.5	0.068	239.6	1046.5	0.069	247.9	947.2	0.061	198.8	1026.9	0.068	237.8	969.0	0.063	209.2	903.7	0.058	179.0
1039.3	0.069	244.2	840.2	0.053	152.0	926.0	0.060	189.0	1030.4	0.068	239.6	976.0	0.064	212.5	1087.5	0.073	269.8	1024.6	0.068	236.7	841.7	0.053	152.6	920.0	0.059	186.3	1255.3	0.086	368.6
1058.8	0.070	254.4	1396.3	0.097	463.5	948.5	0.062	199.5	1161.7	0.078	311.6	1117.5	0.075	286.3	911.7	0.059	182.6	1138.6	0.077	298.2	1073.3	0.071	262.1	1086.5	0.072	269.2	1208.9	0.082	339.7
1178.1	0.080	321.2	1086.5	0.072	269.2	980.2	0.064	214.6	1157.9	0.078	309.4	779.0	0.048	127.9	1045.8	0.069	247.6	1129.2	0.076	292.9	1068.3	0.071	259.4	985.1	0.064	216.9	970.9	0.063	210.1
899.0	0.058	176.9	895.1	0.057	175.3	1033.8	0.068	241.3	1120.2	0.075	287.8	1244.8	0.085	362.0	1180.6	0.080	322.7	1123.0	0.075	289.4	981.7	0.064	215.3	1091.0	0.073	271.7	935.5	0.060	193.4
1001.0	0.066	224.8	944.4	0.061	197.5	1148.8	0.077	304.1	1115.5	0.075	285.2	1066.4	0.071	258.4	1142.7	0.077	300.6	996.6	0.065	222.6	1082.6	0.072	267.1	1150.8	0.078	305.2	1031.4	0.068	240.1
1099.1	0.073	276.1	1236.0	0.084	356.5	1239.6	0.085	358.7	839.3	0.053	151.6	1064.2	0.071	257.2	946.4	0.061	198.4	823.0	0.052	145.0	1021.9	0.067	235.3	999.7	0.066	224.1	1088.8	0.073	270.5
783.2	0.048	129.5	942.9	0.061	196.8	965.3	0.063	207.4	1094.1	0.073	273.3	1127.4	0.076	291.9	1011.7	0.067	230.1	1025.9	0.068	237.3	1066.0	0.071	258.2	1117.8	0.075	286.5	821.1	0.051	144.2
1119.1	0.075	287.2	1107.7	0.074	280.9	873.4	0.056	165.8	1135.3	0.076	296.4	988.6	0.065	218.6	1155.5	0.078	308.0	1063.5	0.071	256.9	1122.3	0.075	289.0	895.6	0.057	175.5	861.6	0.055	160.8
1097.3	0.073	275.1	1150.4	0.078	305.0	1009.9	0.066	229.2	982.5	0.064	215.7	966.5	0.063	208.0	793.5	0.049	133.4	869.0	0.055	164.0	1035.9	0.068	242.4	1139.1	0.077	298.5	995.6	0.065	222.1
933.0	0.060	192.3	1047.0	0.069	248.2	880.6	0.056	168.9	884.8	0.056	170.7	865.0	0.055	162.3	1131.6	0.076	294.2	914.0	0.059	183.6	1170.3	0.079	316.6	1038.5	0.069	243.8	1163.4	0.079	312.6
1216.5	0.083	344.4	952.8	0.062	201.5	1171.9	0.079	317.6	1129.6	0.076	293.1	766.3	0.047	123.2	950.3	0.062	200.3	787.2	0.049	131.0	1002.3	0.066	225.4	1210.6	0.082	340.8	1033.9	0.068	241.4
1008.6	0.066	228.6	1105.6	0.074	279.7	1201.3	0.082	335.2	949.4	0.062	199.9	974.5	0.064	211.8	943.8	0.061	197.3	933.1	0.060	192.3	1158.3	0.078	309.6	920.5	0.059	186.6	1042.0	0.069	245.6
969.4	0.063	209.4	1131.1	0.076	294.0	1016.3	0.067	232.4	897.7	0.057	176.4	1052.3	0.070	250.9	981.5	0.064	215.2	1080.4	0.072	265.9	1141.6	0.077	299.9	1196.1	0.081	332.0	1283.8	0.088	386.9
1020.3	0.067	234.4	1028.0	0.068	238.4	1105.2	0.074	279.5	1061.1	0.070	255.6	1105.7	0.074	279.7	1060.9	0.070	255.5	930.0	0.060	190.9	1136.5	0.076	297.0	1041.6	0.069	245.4	1049.3	0.070	249.4
1073.9	0.071	262.4	902.9	0.058	178.7	1094.6	0.073	273.6	1261.0	0.086	372.2	999.2	0.066	223.9	1080.2	0.072	265.8	944.0	0.061	197.4	921.0	0.059	186.8	1312.6	0.090	405.9	1028.7	0.068	238.7
1008.2	0.066	228.4	1157.5	0.078	309.1	1166.8	0.079	314.6	991.5	0.065	220.1	891.4	0.057	173.6	930.5	0.060	191.1	931.8	0.060	191.7	963.8	0.063	206.7	1143.8	0.077	301.2	1156.5	0.078	308.5
1335.6	0.092	421.3	877.5	0.056	167.6	973.9	0.064	211.5	1079.6	0.072	265.5	1055.6	0.070	252.7	1198.4	0.081	333.4	920.3	0.059	186.5	1097.8	0.073	275.4	986.8	0.065	217.8	1012.9	0.067	230.7
1035.1	0.068	242.0	1049.1	0.070	249.3	1064.9	0.071	257.6	1185.1	0.080	325.4	939.1	0.061	195.1	975.2	0.064	212.1	942.4	0.061	196.6	1027.2	0.068	238.0	1066.7	0.071	258.6	925.2	0.060	188.7
921.5	0.059	187.0	993.9	0.065	221.3	1137.2	0.077	297.4	851.3	0.054	156.5	763.0	0.047	122.0	1043.9	0.069	246.6	1029.9	0.068	239.3	912.4	0.059	182.9	1015.2	0.067	231.9	946.1	0.061	198.3
1227.0	0.084	350.8	908.9	0.058	181.4	1275.4	0.088	381.5	1067.0	0.071	258.7	970.9	0.063	210.1	949.5	0.062	199.9	1167.4	0.079	314.9	955.5	0.062	202.8	1097.6	0.073	275.3	1115.7	0.075	285.3
1058.0	0.070	253.9	947.2	0.061	198.9	1107.7	0.074	280.8	920.2	0.059	186.4	1168.4	0.079	315.5	967.1	0.063	208.3	953.3	0.062	201.7	950.0	0.062	200.1	924.1	0.060	188.2	1113.2	0.075	283.9
931.0	0.060	191.3	1027.7	0.068	238.2	856.0	0.054	158.5	1086.8	0.073	269.4	726.9	0.044	109.1	1137.8	0.077	297.8	1035.7	0.068	242.3	949.3	0.062	199.8	947.7	0.061	199.1	911.0	0.059	182.3
1183.5	0.080	324.5	1131.6	0.076	294.2	1016.0	0.067	232.3	930.3	0.060	191.0	1125.0	0.076	290.5	1008.4	0.066	228.5	834.5	0.052	149.6	1050.8	0.070	250.2	1104.8	0.074	279.2	1043.3	0.069	246.3
1062.																													

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
71			72			73			74			75			76			77			78			79			80		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1158.3	0.078	309.6	925.3	0.060	188.7	942.3	0.061	196.5	904.6	0.058	179.4	1035.6	0.068	242.3	864.8	0.055	162.2	1004.5	0.066	226.5	1115.4	0.075	285.1	1241.1	0.085	359.6	984.2	0.064	216.5
814.9	0.051	141.8	1127.6	0.076	292.0	986.2	0.065	217.5	931.7	0.060	191.7	1065.6	0.071	258.0	927.6	0.060	189.8	1326.2	0.092	415.0	869.6	0.055	164.2	872.9	0.056	165.6	1117.6	0.075	286.4
874.8	0.056	166.4	1089.2	0.073	270.7	1136.4	0.076	297.0	996.3	0.065	222.4	1255.0	0.086	368.4	953.0	0.062	201.5	998.9	0.066	223.7	1033.0	0.068	240.9	971.6	0.063	210.4	1050.2	0.070	249.8
1101.5	0.074	277.4	1279.8	0.088	384.3	985.8	0.064	217.3	934.8	0.060	193.1	1019.2	0.067	233.9	956.7	0.062	203.3	1164.7	0.079	313.3	923.5	0.060	187.9	1137.9	0.077	297.8	1021.9	0.067	235.3
998.9	0.066	223.7	979.1	0.064	214.0	875.0	0.056	166.5	1087.1	0.073	269.5	937.6	0.061	194.4	1005.0	0.066	226.7	963.2	0.063	206.4	1074.6	0.072	262.8	1020.9	0.067	234.8	989.6	0.065	219.2
1000.6	0.066	224.5	1137.7	0.077	297.7	1246.6	0.085	363.1	1122.9	0.075	289.3	1174.6	0.079	319.2	1019.4	0.067	234.0	871.8	0.055	165.1	1053.3	0.070	251.5	805.5	0.050	138.1	1012.9	0.067	230.7
1041.4	0.069	245.3	1064.0	0.071	257.1	961.1	0.063	205.4	932.0	0.060	191.8	1149.7	0.078	304.6	850.7	0.054	156.3	1037.0	0.069	243.0	867.3	0.055	163.2	776.2	0.048	126.9	935.2	0.060	193.3
903.6	0.058	179.0	871.9	0.055	165.2	1113.0	0.075	283.8	1131.5	0.076	294.2	1045.1	0.069	247.2	1127.1	0.076	291.7	1187.3	0.081	326.7	1039.8	0.069	244.4	998.5	0.065	223.5	1127.0	0.076	291.6
1025.2	0.068	237.0	1097.2	0.073	275.0	905.6	0.058	179.9	1043.2	0.069	246.2	1129.9	0.076	293.3	1135.9	0.076	296.7	869.2	0.055	164.0	1111.9	0.075	283.2	1031.2	0.068	240.0	1118.7	0.075	287.0
1041.7	0.069	245.4	892.0	0.057	173.9	1153.6	0.078	306.8	1055.5	0.070	252.6	1245.3	0.085	362.3	1242.9	0.085	360.8	1065.6	0.071	258.0	944.1	0.061	197.4	896.4	0.057	175.8	913.5	0.059	183.4
1138.3	0.077	298.1	1086.8	0.073	269.4	1034.2	0.068	241.6	1092.0	0.073	272.2	873.6	0.056	165.9	897.2	0.057	176.1	1065.1	0.071	257.7	1029.8	0.068	239.3	925.1	0.060	188.7	1195.5	0.081	331.6
1162.8	0.079	312.2	962.6	0.063	206.1	764.9	0.047	122.7	1236.1	0.084	356.5	969.3	0.063	209.3	1032.3	0.068	240.6	1044.2	0.069	246.7	926.5	0.060	189.3	818.5	0.051	143.2	941.0	0.061	195.9
1008.4	0.066	228.5	992.1	0.065	220.4	908.2	0.058	181.0	1057.0	0.070	253.4	980.3	0.064	214.6	1037.9	0.069	243.5	932.2	0.060	191.9	913.8	0.059	183.6	1143.1	0.077	300.8	1005.2	0.066	226.9
1134.6	0.076	296.0	1130.0	0.076	293.4	1091.4	0.073	271.9	1141.9	0.077	300.1	1119.6	0.075	287.5	920.0	0.059	186.3	907.6	0.058	180.8	901.4	0.058	178.0	1062.2	0.071	256.2	1132.2	0.076	294.6
1206.9	0.082	338.5	1014.7	0.067	231.6	1122.7	0.075	289.2	1076.7	0.072	263.9	995.4	0.065	222.0	1120.6	0.075	288.0	1091.4	0.073	271.8	870.0	0.055	164.4	1037.2	0.069	243.1	1378.2	0.096	450.8
981.5	0.064	215.2	1171.3	0.079	317.2	933.2	0.060	192.4	1052.4	0.070	251.0	1145.6	0.077	302.2	919.8	0.059	186.3	965.3	0.063	207.4	1084.4	0.072	268.1	760.6	0.047	121.1	1146.1	0.077	302.5
844.5	0.053	153.7	965.3	0.063	207.4	1099.0	0.073	276.0	1069.9	0.071	260.3	937.8	0.061	194.5	979.9	0.064	214.4	1182.0	0.080	323.6	1029.7	0.068	239.2	1133.9	0.076	295.5	1017.7	0.067	233.1
803.6	0.050	137.3	1028.2	0.068	238.5	840.1	0.053	151.9	1238.8	0.085	358.2	1064.1	0.071	257.2	1185.9	0.080	325.9	967.9	0.063	208.7	1153.1	0.078	306.6	1102.8	0.074	278.1	1054.0	0.070	251.8
903.3	0.058	178.8	1041.3	0.069	245.2	1097.5	0.073	275.2	999.3	0.066	223.9	972.3	0.063	210.8	946.3	0.061	198.4	1156.1	0.078	308.3	1017.7	0.067	233.1	887.4	0.057	171.9	848.0	0.054	155.2
1094.5	0.073	273.6	1020.0	0.067	234.3	976.5	0.064	212.8	969.4	0.063	209.4	1011.9	0.067	230.2	836.9	0.053	150.6	987.4	0.065	218.1	870.3	0.055	164.5	1045.7	0.069	247.5	902.3	0.058	178.4
1042.5	0.069	245.8	1054.1	0.070	251.9	1198.0	0.081	333.1	1070.3	0.071	260.5	1184.9	0.080	325.3	886.6	0.057	171.5	920.7	0.059	186.7	882.1	0.056	169.6	988.0	0.065	218.4	1227.4	0.084	351.1
1114.1	0.075	284.4	984.9	0.064	216.8	934.7	0.060	193.0	949.9	0.062	200.1	1071.6	0.071	261.2	982.0	0.064	215.4	927.9	0.060	189.9	880.8	0.056	169.0	1010.8	0.066	229.7	980.6	0.064	214.7
954.2	0.062	202.1	966.6	0.063	208.0	1008.6	0.066	228.5	979.0	0.064	214.0	1095.8	0.073	274.3	877.0	0.056	167.4	983.4	0.064	216.1	1039.9	0.069	244.5	971.8	0.063	210.5	844.7	0.053	153.8
957.0	0.062	203.5	982.8	0.064	215.8	892.0	0.057	173.9	1183.0	0.080	324.2	1058.6	0.070	254.3	1102.4	0.074	277.9	975.8	0.064	212.4	1108.2	0.074	281.1	1067.3	0.071	258.9	844.3	0.053	153.7
1041.0	0.069	245.1	869.6	0.055	164.2	1095.0	0.073	273.8	969.3	0.063	209.3	973.9	0.064	211.5	1095.3	0.073	274.0	999.9	0.066	224.2	1122.3	0.075	289.0	881.1	0.056	169.2	912.1	0.059	182.8
824.9	0.052	145.8	1058.4	0.070	254.1	850.6	0.054	156.2	947.9	0.061	199.2	1009.5	0.066	229.0	1172.6	0.079	317.9	1028.2	0.068	238.5	1043.1	0.069	246.2	915.2	0.059	184.2	953.4	0.062	201.8
1051.3	0.070	250.4	1129.1	0.076	292.9	910.1	0.058	181.9	1045.3	0.069	247.3	859.3	0.054	159.9	1028.3	0.068	238.5	1009.2	0.066	228.9	899.4	0.058	177.1	1027.7	0.068	238.2	1044.0	0.069	246.6
870.7	0.055	164.7	854.6	0.054	157.9	946.3	0.061	198.4	923.1	0.059	187.7	1139.8	0.077	298.9	1029.9	0.068	239.4	1069.1	0.071	259.9	1030.6	0.068	239.7	1028.1	0.068	238.4	942.9	0.061	196.8
1076.9	0.072	264.0	940.4	0.061	195.7	1005.4	0.066	226.9	1251.1	0.086	366.0	972.5	0.063	210.8	937.4	0.061	194.3	1087.2	0.073	269.6	1030.5	0.068	239.6	879.1	0.056	168.3	862.7	0.055	161.3
1106.8	0.074	280.4	1236.7	0.084	356.9	1097.1	0.073	275.0	1039.6	0.069	244.3	1128.6	0.076	292.6	1000.2	0.066	224.4	1052.9	0.070	251.3	1137.6	0.077	297.7	1135.2	0.076	296.3	901.9	0.058	178.2
1224.5	0.083	349.3	1073.8	0.071	262.3	1135.2	0.076	296.3	855.8	0.054	158.4	847.5	0.053	155.0	882.4	0.056	169.7	1130.1	0.076	293.4	1090.1	0.073	271.2	1136.0	0.076	296.7	1146.8	0.077	302.9
943.2	0.061	197.0	1018.3	0.067	233.5	876.4	0.056	167.1	1121.3	0.075	288.4	964.5	0.063	207.0	1087.5	0.073	269.8	1032.2	0.068	240.5	1109.5	0.074	281.8	1220.6	0.083	346.9	915.0	0.059	184.1
920.6	0.05																												

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
81			82			83			84			85			86			87			88			89			90		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
1021.3	0.067	234.9	1133.3	0.076	295.2	897.6	0.057	176.3	1162.1	0.079	311.8	976.6	0.064	212.8	1043.1	0.069	246.2	864.7	0.055	162.2	1173.5	0.079	318.5	833.1	0.052	149.1	1026.0	0.068	237.4
1019.9	0.067	234.2	1415.8	0.099	477.5	974.8	0.064	211.9	965.6	0.063	207.5	1042.1	0.069	245.6	904.5	0.058	179.4	979.9	0.064	214.4	956.1	0.062	203.0	1104.0	0.074	278.8	1075.0	0.072	263.0
1049.8	0.070	249.6	1125.5	0.076	290.8	897.7	0.057	176.4	1005.6	0.066	227.1	1005.5	0.066	227.0	1041.7	0.069	245.4	902.1	0.058	178.3	896.3	0.057	175.8	1194.0	0.081	330.7	1282.0	0.088	385.8
1146.1	0.077	302.5	1154.0	0.078	307.1	956.4	0.062	203.2	1023.3	0.067	236.0	1165.6	0.079	313.8	1052.3	0.070	251.0	1197.6	0.081	332.9	1248.4	0.085	364.3	958.7	0.062	204.2	903.2	0.058	178.8
1226.3	0.084	350.4	901.3	0.058	178.0	1026.9	0.068	237.8	937.6	0.061	194.4	863.2	0.055	161.5	1154.7	0.078	307.5	1052.1	0.070	250.9	872.5	0.055	165.4	1159.8	0.078	310.5	1146.1	0.077	302.6
1019.1	0.067	233.8	967.1	0.063	208.2	906.9	0.058	180.4	1044.8	0.069	247.0	1111.6	0.074	283.0	914.2	0.059	183.7	1042.2	0.069	245.7	924.0	0.060	188.2	1070.4	0.071	260.5	938.1	0.061	194.6
895.7	0.057	175.5	1027.6	0.068	238.2	1100.5	0.074	276.8	1061.9	0.071	256.0	1035.0	0.068	242.0	1150.5	0.078	305.1	901.4	0.058	178.0	1130.6	0.076	293.7	1106.2	0.074	280.0	1112.9	0.075	283.7
1072.3	0.071	261.6	911.8	0.059	182.6	1145.4	0.077	302.2	1164.2	0.079	313.0	1054.3	0.070	252.0	906.3	0.058	180.2	1043.4	0.069	246.3	921.9	0.059	187.2	916.0	0.059	184.5	1061.3	0.070	255.7
1175.9	0.080	319.9	1015.6	0.067	232.1	1097.0	0.073	275.0	962.6	0.063	206.1	913.3	0.059	183.3	914.0	0.059	183.6	1023.2	0.067	235.9	985.5	0.064	217.1	1077.0	0.072	264.1	846.2	0.053	154.4
1237.8	0.085	357.6	906.8	0.058	180.4	1101.7	0.074	277.5	1084.0	0.072	267.9	1128.9	0.076	292.7	1137.8	0.077	297.8	1027.4	0.068	238.0	940.2	0.061	195.6	1096.8	0.073	274.8	1022.5	0.067	235.6
1062.0	0.071	256.1	957.2	0.062	203.5	1093.3	0.073	272.9	1195.6	0.081	331.7	1076.4	0.072	263.8	911.7	0.059	182.6	815.8	0.051	142.1	1006.9	0.066	227.7	922.5	0.059	187.5	928.0	0.060	190.0
1191.0	0.081	328.9	1051.2	0.070	250.4	1188.5	0.081	327.4	977.3	0.064	213.2	1032.7	0.068	240.8	1050.5	0.070	250.0	1015.9	0.067	232.2	623.9	0.036	76.2	1220.6	0.083	346.9	792.6	0.049	133.1
938.7	0.061	194.9	924.3	0.060	188.3	1441.5	0.101	496.2	969.1	0.063	209.2	1089.4	0.073	270.8	1024.8	0.068	236.7	968.7	0.063	209.0	878.6	0.056	168.1	1076.9	0.072	264.0	925.2	0.060	188.7
952.4	0.062	2013.3	1002.5	0.066	225.5	950.1	0.062	200.2	1157.9	0.078	309.3	997.2	0.065	222.9	974.9	0.064	212.0	946.5	0.061	198.5	1049.7	0.070	249.6	1021.3	0.067	235.0	890.8	0.057	173.3
1188.3	0.081	327.3	1116.9	0.075	286.0	783.9	0.048	129.8	1114.3	0.075	284.5	1034.0	0.068	241.5	1049.3	0.070	249.4	1139.9	0.077	299.0	834.5	0.052	149.6	1035.0	0.068	242.0	1049.3	0.070	249.4
840.7	0.053	152.1	840.7	0.053	152.1	1039.8	0.069	244.5	914.8	0.059	184.0	1120.6	0.075	288.0	959.4	0.062	204.6	819.5	0.051	143.6	715.3	0.043	105.1	1137.7	0.077	297.7	894.1	0.057	174.8
1030.9	0.068	239.9	973.9	0.064	211.5	1121.6	0.075	288.6	1139.0	0.077	298.4	1048.5	0.069	249.0	1206.6	0.082	338.4	879.7	0.056	168.6	1083.9	0.072	267.8	1154.4	0.078	307.4	844.0	0.053	153.5
1121.1	0.075	288.3	940.2	0.061	195.6	812.8	0.051	141.0	945.5	0.061	198.1	893.0	0.057	174.3	1018.5	0.067	233.5	962.1	0.063	205.9	1198.2	0.081	333.2	928.9	0.060	190.4	1241.8	0.085	360.1
1179.4	0.080	322.0	994.3	0.065	221.5	1099.4	0.074	276.2	1050.8	0.070	250.2	971.2	0.063	210.2	1071.7	0.071	261.2	972.4	0.063	210.8	993.1	0.065	220.9	904.2	0.058	179.2	966.0	0.063	207.7
979.9	0.064	214.4	638.1	0.037	80.4	915.8	0.059	184.4	973.3	0.063	211.2	897.0	0.057	176.1	1072.3	0.071	261.5	1030.6	0.068	239.7	986.2	0.065	217.5	1095.6	0.073	274.2	931.8	0.060	191.7
937.3	0.061	194.2	1113.0	0.075	283.8	956.8	0.062	203.3	1073.9	0.071	262.4	1066.8	0.071	258.6	798.3	0.050	135.3	1061.0	0.070	255.5	1071.3	0.071	261.0	1107.7	0.074	280.8	1177.9	0.080	321.1
1079.3	0.072	265.3	1096.5	0.073	274.7	1056.5	0.070	253.2	855.3	0.054	158.2	1067.2	0.071	258.8	1054.9	0.070	252.3	952.7	0.062	201.4	1164.8	0.079	313.4	1134.4	0.076	295.8	941.1	0.061	196.0
1117.4	0.075	286.3	1064.7	0.071	257.5	938.6	0.061	194.8	1156.1	0.078	308.3	1007.9	0.066	228.2	1126.5	0.076	291.4	985.3	0.064	217.0	925.9	0.060	189.0	1162.9	0.079	312.3	1081.4	0.072	266.4
967.4	0.063	208.4	1217.6	0.083	345.1	894.3	0.057	174.9	943.8	0.061	197.3	1169.0	0.079	315.8	1114.8	0.075	284.8	879.6	0.056	168.5	932.8	0.060	192.2	1026.1	0.068	237.4	1004.1	0.066	226.3
1087.4	0.073	269.7	930.1	0.060	190.9	1030.5	0.068	239.6	1225.9	0.084	350.2	937.9	0.061	194.5	1270.5	0.087	378.3	863.8	0.055	161.8	1023.7	0.067	236.2	983.1	0.064	216.0	1110.7	0.074	282.5
1035.4	0.068	242.2	967.4	0.063	208.4	757.0	0.046	119.8	921.6	0.059	187.1	996.5	0.065	222.5	987.8	0.065	218.3	1021.6	0.067	235.1	919.6	0.059	186.2	1042.6	0.069	245.9	932.8	0.060	192.2
1022.2	0.067	235.4	1214.1	0.083	342.9	1178.9	0.080	321.7	1086.7	0.073	269.3	848.3	0.054	155.3	985.1	0.064	217.0	1141.2	0.077	299.7	1230.3	0.084	352.9	1209.6	0.082	340.1	939.2	0.061	195.1
1003.2	0.066	225.9	1177.6	0.080	320.9	1161.2	0.078	311.3	1142.6	0.077	300.5	968.4	0.063	208.9	964.5	0.063	207.0	844.7	0.053	153.8	949.6	0.062	200.0	1000.6	0.066	224.6	942.3	0.061	196.5
1069.9	0.071	260.2	1130.7	0.076	293.7	988.4	0.065	218.6	1069.3	0.071	259.9	995.6	0.065	222.1	979.4	0.064	214.2	845.2	0.053	154.0	824.4	0.052	145.5	1092.2	0.073	272.3	1143.2	0.077	300.9
952.4	0.062	2013.3	828.7	0.052	147.3	1143.7	0.077	301.1	1006.2	0.066	227.4	1024.1	0.068	236.4	1062.6	0.071	256.4	941.1	0.061	196.0	914.1	0.059	183.7	1081.0	0.072	266.2	956.9	0.062	203.4
1044.6	0.069	246.9	1039.8	0.069	244.4	951.7	0.062	201.0	1238.3	0.085	357.9	1146.3	0.077	302.6	1084.2	0.072	267.9	1000.7	0.066	224.6	792.5	0.049	133.1	877.8	0.056	167.7	1130.7	0.076	293.8
1020.1	0.067	234.3	934.5	0.060	193.0	1036.3	0.069	242.6	899.2	0.058	177.0	957.8	0.062	203.8	941.0	0.061	196.0	959.8	0.062	204.8	1012.1	0.067	230.3	945.1	0.061	197.9	968.0	0.063	208.7
992.2	0.06																												

VALORES DE PRECIPITACIÓN Y ESCURRIMIENTO EN CONDICIONES NORMALES																													
91			92			93			94			95			96			97			98			99			100		
Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.	Prep.	Ce	Esc.
957.5	0.062	203.7	909.7	0.058	181.7	930.7	0.060	191.2	1146.7	0.077	302.9	994.5	0.065	221.5	1068.5	0.071	259.5	750.1	0.046	117.3	925.6	0.060	188.9	1209.0	0.082	339.8	1016.1	0.067	232.3
1078.5	0.072	264.9	913.1	0.059	183.2	1023.6	0.067	236.1	1050.1	0.070	249.8	924.4	0.060	188.3	1266.7	0.087	375.9	1176.5	0.080	320.3	1051.1	0.070	250.3	1248.0	0.085	364.0	1017.3	0.067	232.9
901.0	0.058	177.8	982.2	0.064	215.5	1081.1	0.072	266.3	984.8	0.064	216.8	951.4	0.062	200.8	1016.0	0.067	232.3	1105.7	0.074	279.7	1050.9	0.070	250.2	1073.7	0.071	262.3	766.9	0.047	123.4
938.6	0.061	194.9	928.1	0.060	190.0	904.0	0.058	179.2	1168.0	0.079	315.2	959.6	0.062	204.7	1181.9	0.080	323.5	1294.9	0.089	394.2	1012.6	0.067	230.6	1024.0	0.068	236.3	909.1	0.058	181.4
890.1	0.057	173.0	1098.5	0.073	275.7	995.3	0.065	222.0	1110.0	0.074	282.1	984.3	0.064	216.6	1000.1	0.066	224.3	875.9	0.056	166.9	823.9	0.052	145.3	1000.0	0.066	224.3	960.8	0.062	205.3
1183.8	0.080	324.6	814.7	0.051	141.7	1170.3	0.079	316.6	1029.2	0.068	239.0	1084.2	0.072	268.0	954.0	0.062	202.0	1229.6	0.084	352.5	1000.3	0.066	224.4	1052.9	0.070	251.3	1084.3	0.072	268.0
1005.4	0.066	226.9	969.7	0.063	209.5	973.9	0.064	211.5	892.2	0.057	174.0	1042.4	0.069	245.8	988.1	0.065	218.4	1002.3	0.066	225.4	1052.9	0.070	251.3	864.3	0.055	162.0	890.3	0.057	173.1
1299.8	0.089	397.4	1072.0	0.071	261.4	997.7	0.065	223.1	1133.6	0.076	295.4	1063.3	0.071	256.7	1019.5	0.067	234.1	1019.7	0.067	234.2	1001.3	0.066	224.9	893.5	0.057	174.5	1147.3	0.077	303.2
1004.3	0.066	226.4	687.8	0.041	95.9	955.2	0.062	202.6	1110.4	0.074	282.4	1015.8	0.067	232.2	1184.3	0.080	324.9	911.9	0.059	182.7	958.0	0.062	203.9	1035.2	0.068	242.0	922.5	0.059	187.4
1113.0	0.075	283.8	1043.3	0.069	246.2	1017.2	0.067	232.9	1073.8	0.071	262.4	1003.5	0.066	226.0	938.8	0.061	194.9	1138.7	0.077	298.3	1081.5	0.072	266.5	1149.0	0.077	304.2	961.9	0.063	205.8
936.0	0.061	193.6	1170.3	0.079	316.6	970.3	0.063	209.8	982.0	0.064	215.4	1220.3	0.083	346.7	1004.8	0.066	226.7	907.6	0.058	180.8	1011.6	0.067	230.1	1118.2	0.075	286.7	1089.8	0.073	271.0
933.6	0.060	192.5	1155.2	0.078	307.8	959.1	0.062	204.4	1022.8	0.067	235.7	1043.0	0.069	246.1	1095.8	0.073	274.3	1067.5	0.071	259.0	1097.3	0.073	275.1	1101.7	0.074	277.5	1222.6	0.083	348.1
1109.2	0.074	281.7	1010.0	0.066	229.2	1171.4	0.079	317.3	944.8	0.061	197.7	932.1	0.060	191.8	1043.2	0.069	246.2	997.0	0.065	222.8	1055.7	0.070	252.7	1121.0	0.075	288.3	1097.7	0.073	275.3
889.5	0.057	172.8	891.4	0.057	173.6	1168.3	0.079	315.5	1056.6	0.070	253.2	773.0	0.048	125.7	835.0	0.052	149.8	1018.2	0.067	233.4	1010.0	0.066	229.3	1207.6	0.082	339.0	983.3	0.064	216.0
1076.2	0.072	263.6	1215.1	0.083	343.5	976.3	0.064	212.7	1067.7	0.071	259.1	924.5	0.060	188.4	908.7	0.058	181.3	1089.7	0.073	271.0	1081.4	0.072	266.4	1203.7	0.082	336.5	1008.5	0.066	228.5
1104.4	0.074	279.0	1038.3	0.069	243.6	951.0	0.062	200.6	1194.9	0.081	331.2	938.4	0.061	194.7	1097.7	0.073	275.3	995.1	0.065	221.9	1021.0	0.067	234.8	910.8	0.059	182.2	1034.9	0.068	241.9
938.6	0.061	194.9	981.3	0.064	215.1	1014.8	0.067	231.7	1051.6	0.070	250.6	980.7	0.064	214.8	848.6	0.054	155.4	1098.2	0.073	275.6	1141.7	0.077	300.0	1112.3	0.075	283.4	1263.9	0.087	374.1
1071.1	0.071	260.9	1073.5	0.071	262.2	941.0	0.061	195.9	1079.0	0.072	265.2	1103.8	0.074	278.7	1168.3	0.079	315.4	1059.3	0.070	254.7	1140.0	0.077	299.0	950.7	0.062	200.5	901.8	0.058	178.2
777.3	0.048	127.3	1156.2	0.078	308.4	822.1	0.051	144.6	1211.1	0.082	341.1	923.8	0.060	188.1	944.7	0.061	197.7	947.6	0.061	199.0	1092.2	0.073	272.3	940.9	0.061	195.9	1120.5	0.075	288.0
1106.7	0.074	280.3	1040.1	0.069	244.6	1041.7	0.069	245.4	1243.1	0.085	360.9	969.9	0.063	209.6	992.8	0.065	220.7	948.1	0.061	199.3	1259.8	0.086	371.5	1097.9	0.073	275.4	863.4	0.055	161.6
1042.5	0.069	245.8	992.7	0.065	220.6	1017.3	0.067	232.9	1035.6	0.068	242.3	961.2	0.063	205.5	1124.2	0.075	290.1	1238.4	0.085	357.9	951.4	0.062	200.8	792.4	0.049	133.0	1159.6	0.078	310.4
1002.8	0.066	225.7	1032.9	0.068	240.9	1101.6	0.074	277.5	1034.7	0.068	241.8	1000.4	0.066	224.5	1004.3	0.066	226.4	1109.4	0.074	281.8	1105.9	0.074	279.8	1016.0	0.067	232.3	932.6	0.060	192.1
1009.4	0.066	229.0	1107.4	0.074	280.7	1005.1	0.066	226.8	978.8	0.064	213.9	944.8	0.061	197.7	1080.8	0.072	266.1	1025.6	0.068	237.1	960.8	0.063	205.3	885.1	0.056	170.9	1104.6	0.074	279.1
969.9	0.063	209.6	949.3	0.062	199.8	1033.5	0.068	241.2	1003.1	0.066	225.8	1217.5	0.083	345.0	1125.3	0.076	290.7	1039.7	0.069	244.4	1101.1	0.074	277.2	1093.5	0.073	273.0	1151.5	0.078	305.7
1167.9	0.079	315.2	1021.7	0.067	235.1	1065.2	0.071	257.8	1056.4	0.070	253.1	874.7	0.056	166.4	983.8	0.064	216.3	1093.9	0.073	273.3	1063.0	0.071	256.6	941.7	0.061	196.3	883.0	0.056	170.0
1025.7	0.068	237.2	1095.6	0.073	274.2	1089.4	0.073	270.8	924.3	0.060	188.3	999.0	0.066	223.8	957.9	0.062	203.9	931.4	0.060	191.5	911.2	0.059	182.4	869.2	0.055	164.1	1029.1	0.068	238.9
1017.4	0.067	233.0	1020.4	0.067	234.5	881.4	0.056	169.3	1056.2	0.070	253.0	1177.8	0.080	321.0	1147.9	0.077	303.6	838.7	0.053	151.3	898.6	0.058	176.8	1002.7	0.066	225.6	1022.2	0.067	235.4
1343.0	0.093	426.4	1029.1	0.068	238.9	1133.4	0.076	295.3	1046.0	0.069	247.7	1182.3	0.080	323.7	1032.0	0.068	240.4	1036.3	0.069	242.6	1154.3	0.078	307.3	907.8	0.058	180.9	905.1	0.058	179.6
944.0	0.061	197.3	929.8	0.060	190.8	1002.5	0.066	225.5	1139.7	0.077	298.8	1022.5	0.067	235.6	974.7	0.064	211.9	1056.1	0.070	253.0	801.4	0.050	136.5	806.6	0.050	138.5	912.2	0.059	182.8
1231.7	0.084	353.8	906.5	0.058	180.3	932.2	0.060	191.9	1105.0	0.074	279.3	935.6	0.060	193.5	1117.0	0.075	286.0	1040.0	0.069	244.5	980.6	0.064	214.8	935.8	0.061	193.5	886.7	0.057	171.6
1022.2	0.067	235.4	1149.1	0.077	304.3	1006.5	0.066	227.5	1130.5	0.076	293.6	993.3	0.065	221.0	1125.3	0.076	290.7	1014.0	0.067	231.3	1031.4	0.068	240.1	969.0	0.063	209.1	1059.2	0.070	254.6
963.3	0.063	206.4	1269.8	0.087	377.9	1181.8	0.080	323.4	969.5	0.063	209.4	1029.5	0.068	239.1	1025.5	0.068	237.1	1236.2	0.084	356.6	951.3	0.062	200.7	968.1	0.063	208.7	992.9	0.065	220.8