

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**Análisis de la cuenca del Río Balsas,
perteneciente a la región hidrológica núm.18,
asistido por sistemas de información
geográfica**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

CÉSAR FLORES ROSALINO

Asesor de tesis: Ing. Maridel Zarate Morales

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

1-	Introducción.....	5
2-	Antecedentes.....	6
3-	Características fisiográficas de la cuenca	7
3.1	Región Hidrológica Administrativa IV Río Balsas	7
3.2	Región Hidrológica No.18 Balsas.....	9
3.3	Área y perímetro.....	10
3.4	Forma.....	11
3.4.1	Factor de forma.....	11
3.4.2	Coeficiente de compacidad.....	12
3.4.3	Relación de elongación	12
3.5	Sistema Hidrológico.....	14
3.5.1	Cuencas Hidrológicas de la Región Hidrológica 18 Balsas	14
3.5.1.1	Cuenca Hidrológica Río Alto Atoyac.....	15
3.5.1.2	Cuenca Hidrológica Río Amacuzac.....	16
3.5.1.3	Cuenca Hidrológica Río Tlapaneco	17
3.5.1.4	Cuenca Hidrológica Río Nexapa	18
3.5.1.5	Cuenca Hidrológica Río Libres Oriental	18
3.5.1.6	Cuenca Hidrológica Río Mixteco.....	19
3.5.1.7	Cuenca Hidrológica Río Bajo Atoyac.....	20
3.5.1.8	Cuenca Hidrológica Río Cutzamala.....	21
3.5.1.9	Cuenca Hidrológica Río Medio balsas	22
3.5.1.10	Cuenca Hidrológica Río Cupatitzio	23
3.5.1.11	Cuenca Hidrológica Río Tacámbaro.....	24
3.5.1.12	Cuenca Hidrológica Río Tepalcatepec.....	25
3.5.1.13	Cuenca Hidrológica Río Bajo balsas	26
3.5.1.14	Cuenca Hidrológica Río Paracho.....	27
3.5.1.15	Cuenca Hidrológica Río Zirahuén	27
3.5.2	Cauce principal.....	29
3.5.3	Perfil topográfico del cauce principal	29
3.5.4	Pendiente media de la línea de corriente principal	30
3.5.4.1	Método Taylor-Schwarz.....	30
3.6	Pendiente de la cuenca	32
3.6.1	Criterio de Horton.....	32
3.6.2	Criterio de Alvord	33
4-	Precipitación.....	36
4.1	Tipos de precipitación	36
4.2	Aparatos de Medición.....	37
4.3	Red de estaciones pluviométricas de la república mexicana.....	38
4.4	Precipitación Media	40
4.4.1	Método aritmético.....	40
4.4.2	Polígonos de Thiessen.....	43
4.4.3	Método de Isoyetas	47
4.5	Curva Masa media.....	50
4.6	Curvas altura de precipitación-duración-área (P-d-A).....	53
4.4.1	Isoyeta 280 mm	54
4.4.2	Isoyeta 210 mm	57
4.4.3	Isoyeta 140 mm	61
5-	Escorrentamiento.....	67

5.1	Proceso del escurrimiento.....	67
5.2	Componentes del escurrimiento.....	67
5.3	Factores que afectan el escurrimiento.....	68
5.3.1	Factores que afectan el volumen	68
5.3.2	Factores que afectan la distribución en el tiempo del escurrimiento	69
5.4	Análisis de hidrograma	70
5.5	Métodos de medición	72
5.5.1	Estaciones de aforos	72
5.5.2	Diseño de las estaciones de aforos	73
5.2.3	Escalas y limnigrafos	73
5.6	Red de estaciones hidrométricas de la república mexicana	74
5.7	Análisis de volúmenes escurridos anuales.....	75
5.7.1	Estimación de registros faltantes	75
5.7.1.1	Estimación de registros faltantes por el método de regresión lineal simple	77
5.7.1.2	Metodología de regresión lineal simple	77
6-	Infiltración	86
6.1	Proceso de infiltración	86
6.2	Factores que afectan la capacidad de infiltración	87
6.3	Medición de la infiltración.....	87
6.3.1	Infiltrómetros de carga constante	88
6.3.2	Simuladores de lluvia.....	88
6.4	Métodos para calcular el escurrimiento	88
6.4.1	Coefficiente de infiltracion media	89
7-	Avenida de diseño.....	91
7.1	Análisis de frecuencias de gastos máximos anuales.....	91
7.2	Extrapolación de gastos máximos asociados a distintos periodos de retorno.....	92
7.3	Calculo de avenida de diseño.....	93
8-	Tránsito de avenidas.....	95
8.1	Modelo matemático.....	96
8.1.1	Método de aproximaciones sucesivas.....	97
8.1.2	Diagrama de flujo para el cálculo del Tránsito de Avenidas mediante el método de aproximaciones sucesivas (CFE, 1981).....	98
8.2	Calculo de avenidas de Transito de avenidas mediante software	99
8.2.1	Gastos medios máximos anuales para distintas duraciones mediante GAS1.bas.....	99
8.2.2	Ajuste de una muestra y extrapolación de datos de una función de distribución de probabilidad por medio del software AX.exe	100
8.2.3	Ajuste de una muestra y extrapolación de datos de una función de distribución de probabilidad de Gumbel Dos poblaciones QG2P.exe.....	101
8.2.3	Tránsitos de avenidas mediante el programa TRATE.bas.....	102
9-	Anexos	104
A)	Registros de precipitación de las estaciones.....	104
B)	Registros de precipitación de las estaciones de aforo.....	117
10-	Conclusiones	125
11-	Bibliografía.....	126

1- Introducción

Los análisis hidrológicos ayudan a determinar el estado hídrico de una zona en específico, dependiendo del uso y necesidad que tengan de cierta información para una fase del ciclo hidrológico en particular. En México la información hidrológica está estructurada como un sistema de drenaje a través de arroyos y ríos en cada cuenca hidrográfica. Esta información es muy útil para el análisis de caudales y de cuencas.

Una de las principales corrientes que surcan la República Mexicana es el Río Balsas la cual drena un área aproximada de 116,883 km², teniendo sus orígenes en los Ríos Atoyac y Mixteco en el estado de Puebla, recibe aportaciones de diversas corrientes hasta desembocar al océano pacífico en los límites de Michoacán y Guerrero.

El Río Balsas es el cauce principal de la cuenca que pertenece a la Región Hidrológica No.18, la extensión de esta cuenca comprende varios estados, desde luego la importancia del estudio de los eventos hidrológicos en esta zona es importante, pues en un diseño de obras hidráulicas se tienen que contar con un amplio registro de estaciones pluviométricas y también estaciones hidrométricas, en ese aspecto y para efectos de la realización de esta tesis se contarán con registros históricos y en ese sentido la veracidad de la información será establecida por las fuentes consultadas.

Para el análisis de la cuenca del río balsas que se presenta en los siguientes capítulos muestra un énfasis en hacer uso de del Software QGis para ayudar en algunos aspectos, principalmente los rasgos fisiográficos donde se incluyen: las características físicas de la cuenca, la topografía, tamaño, forma, pendiente, altitud, orientación, etc. esto influye en al capacidad de infiltración y por lo tanto tiene un impacto sobre el comportamiento hidráulico de la cuenca, Además con el software fue posible la realización de mapas para tener conocimiento de las ubicaciones de cada subcuenca.

El capítulo sobre escurrimientos abarca los procesos de medición de los escurrimientos, así como los factores que influyen en la capacidad el volumen de escorrentía y los métodos que existen para calcular los datos faltantes, en el caso de la cuenca del río balsas solo se completan los valores faltantes de los gastos medios mensuales. En esta parte el uso de los sistemas de información geográfica no fueron necesarios puesto que el procedimiento estadístico se realizó en hojas de cálculo y solo se presentan los resultados.

Finalmente en los capítulos 7 y 8 desarrollan el procedimiento para la avenida de diseño y el cálculo de transito de avenidas respectivamente, el cual no es posible realizar para la cuenca del río balsas por la falta de registros diarios de los gastos en las estaciones hidrométricas. A pesar de eso estos capítulos son interesantes para conocer el procedimiento requerido para dimensionar el vaso de una obra hidráulica y determinar cómo tener el control sobre esta, además conocer la variación que pueden presentar los escurrimientos en diversas épocas del tiempo con registros históricos.

Conocer el proceso del análisis de una cuenca de la república mexicana, desde la selección de un lugar hasta el cálculo de la avenida de diseño es interesante e importante para poder tener un concepto más claro en el uso de los análisis para la posterior ejecución de una obra hidráulica y entender el problema del aprovechamiento de aguas superficiales continentales.

2- Antecedentes

La hidrología se define como la ciencia que estudia los fenómenos relacionados con el ciclo hidrológico y cada una de sus fases, de esta se apoya para obtener la ocurrencia, circulación y distribución, para después el diseño hidrológico se encargue de la cuantificación y aprovechamiento.

La ciencia de la hidrología se centra en el estudio del ciclo hidrológico del cual se puede destacar cada una de sus fases para obtener un análisis o cálculo de interés para el hidrólogo, no solo se debe tener un resultado cualitativo si no también estar capacitado para interpretar las interrelaciones de las diversas fases.

En conjunto con la ingeniería hidráulica es parte importante del diseño y operación de proyectos de ingeniería para el control y el uso del agua, estas obras hidráulicas son pilar para el aprovechamiento, control y conservación de los recursos hídricos.

Para el estudio hidrológico es fundamental conocer las características fisiográficas del lugar pues muchos elementos físicos tienen relación en los procesos de los fenómenos hidrológicos, el conjunto de diferentes condiciones físicas hace que su solución sea intransferible a otra cuenca, entonces el análisis cualitativo de cada caso es único, no obstante el análisis de una cuenca se puede realizar con la aplicación de los conceptos y métodos de análisis para cada fase del ciclo hidrológico.

En los últimos años la complejidad que adquirió a nivel mundial el manejo de recursos hídricos continentales ha originado un cambio en el perfil y contenido de la hidrología de ser una ciencia de carácter geográfico descriptivo a ser una rama de la ingeniería, con el desarrollo de la tecnología y las técnicas de cálculo para algunas fases del ciclo del agua la hidrología también es fundamental en otras ciencias como: La ciencia forestal, Ingeniería ambiental, Geo hidrología, etc.

Los sistemas de información geográfica son herramientas que integran diversas funciones para la organización, almacenamiento y la gestión de datos, las grandes cantidades de datos procedentes del mundo físico hacen que estas herramientas sean ideales para manipular y modelar estos datos, para el desarrollo de la Hidrología estos softwares permiten que los usuarios puedan crear consultas mucho más gráficas incluso representarlas en un mapa temático asociado a un terreno. Estas representaciones pueden ser gracias a que los sistemas de información geográfica permiten georreferenciar algún mapa con alguna proyección geográfica.

La hidrología toca diversos puntos, estos se pueden clasificar en dos: recolección de datos y métodos de análisis, la recolección de datos es básico, pues disponer de información adecuada es fundamental para componer un análisis preciso. En México se dispone de varios organismos que se encargan de la organización y generación de estos datos.

- 1- Instituto nacional de estadística y geográfica (INEGI)
- 2- Centro nacional de prevención de desastres (CENAPRED)
- 3- Secretaría de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT)
- 4- Comisión nacional del agua (CONAGUA)
- 5- Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO)
- 6- Servicio meteorológico nacional (SMN)
- 7- Secretaría de comunicaciones y transportes (SCT)
- 8- Comisión federal de la electricidad (CFE)

Los datos de estas dependencias influyen en el resultado de los diversos cálculos de la hidrología pues los problemas comunes de la materia que trata la hidrología tienen que ver con la observación de los fenómenos meteorológicos y los datos de estos eventos, generalmente estos datos tienen limitaciones por su precisión y actualización.

3- Características fisiográficas de la cuenca

3.1 Región Hidrológica Administrativa IV Río Balsas

El 1 de abril de 2010 la comisión nacional del agua (CONAGUA) publicó en el diario oficial de la federación el acuerdo que propone la división de 13 regiones hidrológicamente delimitadas, a fin de facilitar el aprovechamiento de cada región. Los límites de cada una de las regiones se ajustan a la delimitación municipal con la intención de coordinar una administración gubernamental.



Figura 1. Regiones hidrológicas administrativas Fuente: Portal de geoinformación 2022

La región IV balsas se encuentra sobre el eje Neo volcánico Transversal y La sierra Madre Occidental, que comprende los estados de Morelos, Tlaxcala, Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco y cuenta con una superficie de 119 247 km².

La región del Balsas cuenta con una sede en Cuernavaca, Morelos, la región está distribuida en tres subregiones: Alto Balsas 50 464 km², Medio Balsas 31 887 km² y Bajo Balsas 34 954 km².

El alto balsas está compuesta por 7 cuencas hidrológicas, el Medio Balsas formado por 2 y el Bajo Balsas conformado por 6. La cuenca del río Balsas cuenta con 171 aprovechamientos superficiales importantes.

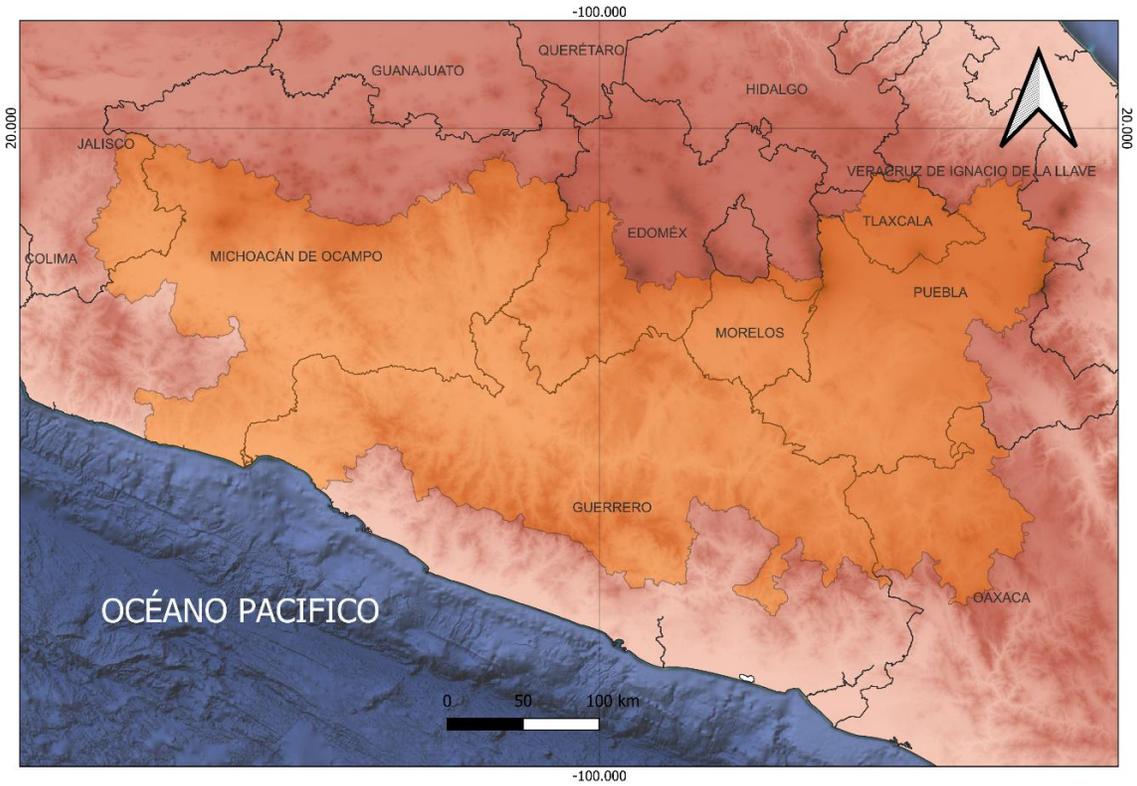


Figura 2. Región hidrológica administrativa IV Balsas

La Región Hidrológico Administrativa IV Balsas se encuentra conformada por las regiones hidrológicas No. 18 Balsas; así como parcialmente la No. 17 Costa de Michoacán y la No. 19 Costa Grande de Guerrero.

La cuenca del Río Balsas es muy importante para la zona centro del país pues aporta al Valle de México a través del Sistema Cutzamala un volumen de agua de 488.8 hm³ anuales (15.5 m³/s).

3.2 Región Hidrológica No.18 Balsas

La comisión nacional del agua (CONAGUA) a su vez dividió las Regiones Hidrológicas administrativas (RHA) en regiones hidrológicas (RH) las cuales definen como áreas territoriales categorizadas en relación a sus características morfológicas e hidrológicas, La función de estas regiones es agrupar y sistematizar la información, análisis y evaluación de la gestión hídrica de la zona, regularmente las delimitaciones de las regiones hidrológicas están compuestas por una o varias cuencas, pues estas están consideradas como la unidad de la gestión hídrica.

La región hidrológica No. 18 Balsas cuenta con una extensión territorial 116,883 km². Tiene una precipitación normal anual de 947(mm) del periodo de 1981-2010, El escurrimiento natural medio superficial interno y el escurrimiento natural medio superficial total es de 16 805(hm³ /año), la región hidrológica de balsas se conforma de 15 cuencas hidrológicas.

El Río Balsas es el cauce principal de la cuenca de la Región Hidrológica No.18, esta tiene una extensión de 727.3 Km con un orden máximo de orden 7, y su vertiente es el océano pacifico y Golfo de california.



Figura 3. Localización de la Región Hidrológica Balsas Fuente: SIATL 2022

La región hidrológica No. 18 se asemeja mucho a la región IV de balsas también se encuentra sobre el eje Neo volcánico Transversal y La sierra Madre Occidental, que comprende los estados de Morelos, Tlaxcala, Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco.

3.3 Área y perímetro

El área de una cuenca se considera a la proyección en planta delimitada por el parteaguas, esta dimensión tiene relación con los procesos del ciclo hidrológico.

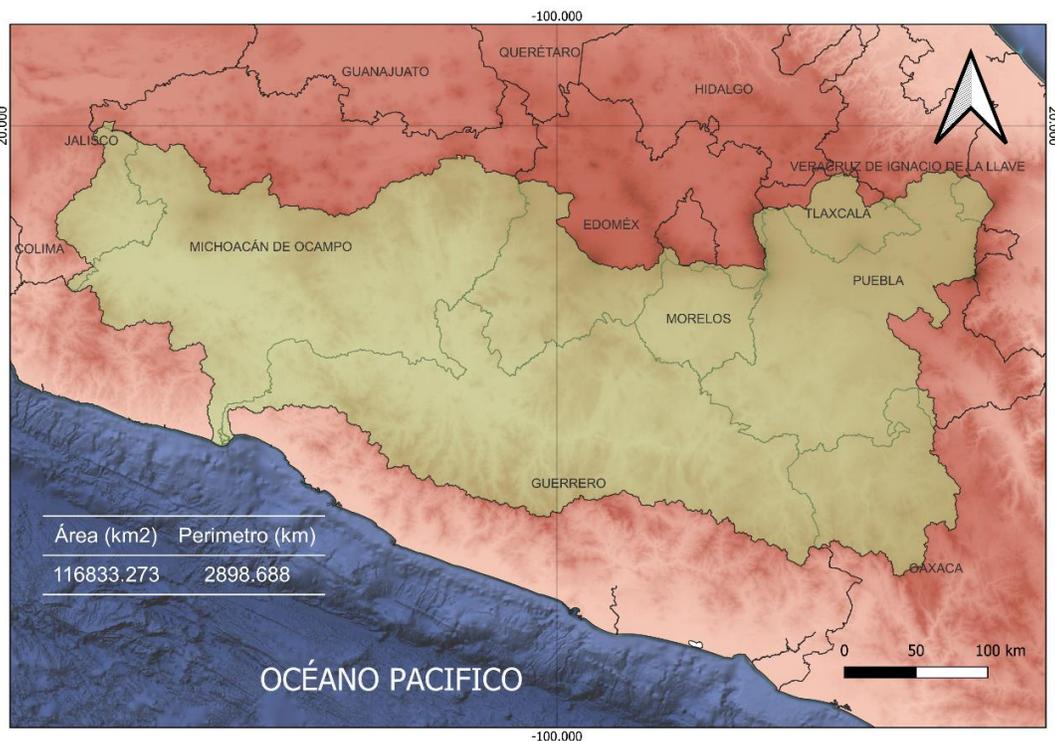


Figura 4. Área y perímetro de la región Hidrológica No.18

3.4 Forma

La forma que presenta una cuenca está configurada por los accidentes topográficos de lugar, estas características afectan directamente en la descarga de la corriente principal, y en general los procesos de los escurrimientos.

La forma de una cuenca también está condicionada por la orientación de la corriente principal y la dirección en que el agua descarga en otras vertientes.

3.4.1 Factor de forma

La forma de la cuenca afecta a los hidrograma de escorrentía, se obtiene un factor adimensional según la ecuación:

$$Ff = \frac{\text{Área}}{(\text{Longitud de cuenca})^2}$$

La longitud de la cuenca, es la medida que abarca a la salida del cauce principal, hasta el otro extremo del parteguas.

Para la cuenca de la Región Hidrológica No.18 Balsas.

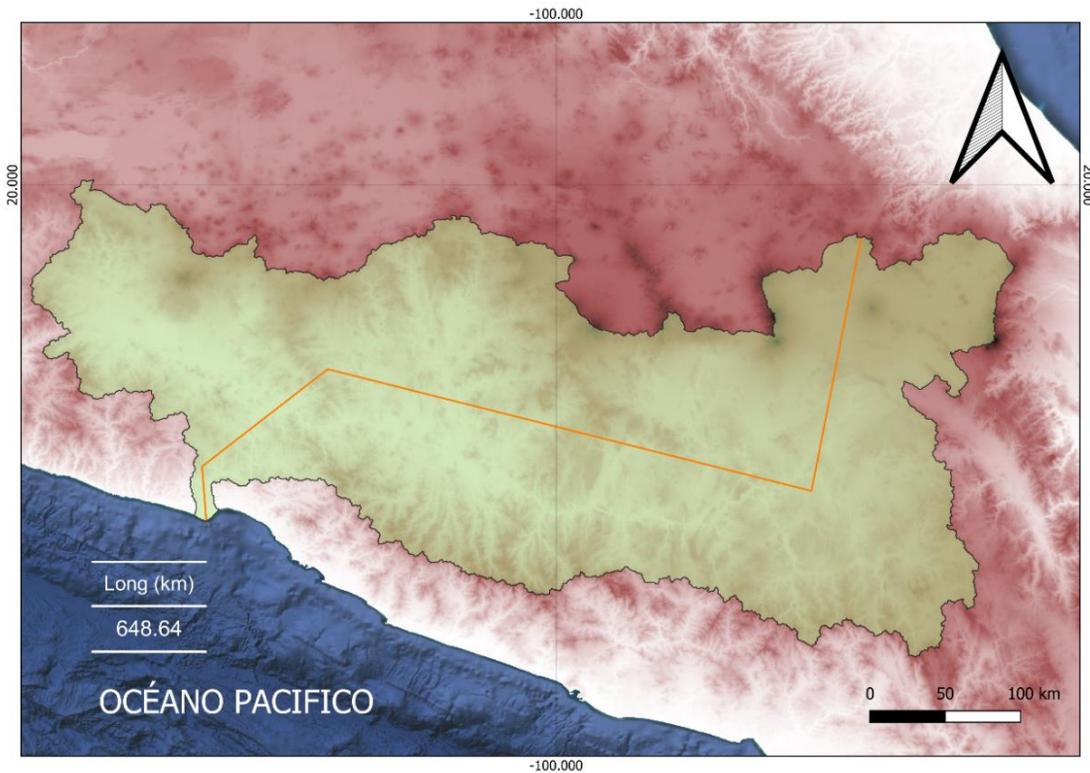


Figura 5. Longitud de la region Hidrologica No.18

$$Ff = \frac{116833.27 \text{ km}^2}{(648.64 \text{ km})^2}$$

$$Ff = 0.27$$

Para una cuenca circular el valor será 0.79, para una cuenca más cuadrada el coeficiente será más cercano a la unidad.

3.4.2 Coeficiente de compacidad

El coeficiente de compacidad se define como la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo con área igual al tamaño de la cuenca, y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Cc = 0.282 * \left(\frac{\text{Perimetro}}{\sqrt{\text{Área}}} \right)$$

Para la cuenca de la Región Hidrológica No.18 Balsas.

$$Cc = 0.282 * \left(\frac{2898.68 \text{ km}}{\sqrt{116833.27 \text{ km}^2}} \right)$$

$$Cc = 2.39$$

El coeficiente de compacidad tiene un límite inferior la unidad, esto indica que es una cuenca circular y conforme crece indicara que la cuenca se está alargando.

3.4.3 Relación de elongación

La relación de elongación se define como el diámetro de un círculo que tiene igual al área de la cuenca, esta se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Re = 1.284 * \left(\frac{\sqrt{\text{Área}}}{\text{Longitud de cuenca}} \right)$$

Para la cuenca de la Región Hidrológica No.18 Balsas.

$$Re = 1.284 * \left(\frac{\sqrt{116833.27 \text{ km}^2}}{648.64 \text{ km}} \right)$$

$$Re = 0.52$$

El coeficiente de elongación varía entre 0.6 y 1, los valores cercanos a la unidad indican regiones con pocas variaciones de altimetría, mientras que cuando el valor ronda de 0.6 a 0.8 se asocian a relieves muy accidentados.

3.5 Sistema Hidrológico

3.5.1 Cuencas Hidrológicas de la Region Hidrológica 18 Balsas

Una cuenca hidrográfica es un área delimitada de la superficie terrestre donde las gotas de lluvia caen y son drenadas por un sistema de corrientes que fluyen a un cauce principal, esta área es delimitada por un parteaguas que es una línea imaginaria unida por los puntos más altos de las montañas que divide una cuenca de otra cuenca contigua.

La cuenca de la region No.18 esta construida por 15 cuencas hidrológicas, la division se hace a partir de las estructuras de control: presas o estaciones hidrométricas, además con fines administrativos de cada municipio o region. La region tambien esta dividida en 3 subregiones: Alto, medio y Bajo balsas.

Alto Balsas	Medio Balsas	Bajo balsas
1- Río Libres Oriental	1- Río Medio Balsas	1- Río Tacámbaro
2- Río Alto Atoyac	2- Río Cutzamala	2- Río Cupatitzio
3- Río Nexapa		3- Río Zirahuén
4- Río Bajo Atoyac		4- Río Paracho
5- Río Mixteco		5- Río Tepalcatepec
6- Río Tlapaneco		6- Río Bajo Balsas
7- Río Amacuzac		

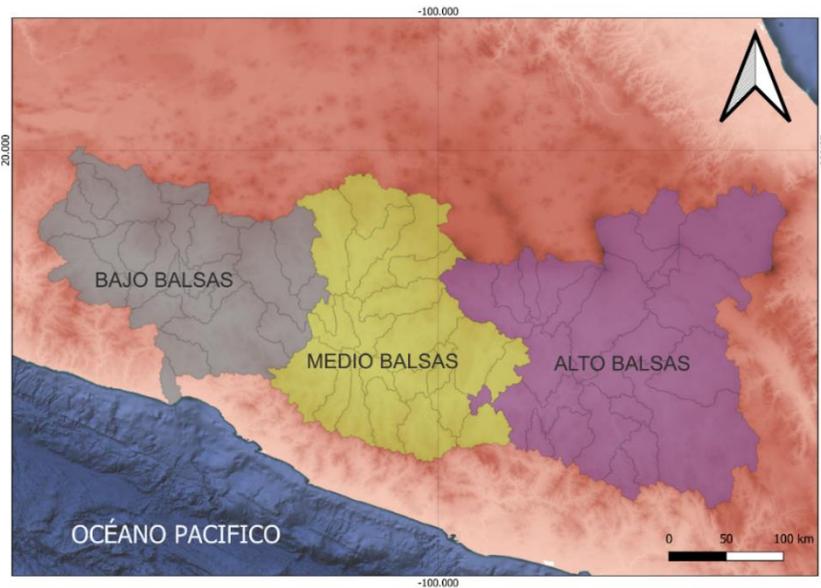


Figura 6. Subregiones de la region Hidrológica No.18

Las cuencas hidrológicas: Río Libres Oriental, Río Paracho y Río Zirahuén son sistemas endorreicos, las cuencas restantes son un sistema exorreico que drena su cauce al Océano pacifico a través del Río Balsas.

3.5.1.1 Cuenca Hidrológica Río Alto Atoyac

La cuenca pertenece a la subregión del alto balsas, abarca los escurrimientos del Río Atoyac, hasta donde se encuentra la presa Manuel Ávila Camacho, localizada en las coordenadas 98° 05' 45" de longitud Oeste y 18° 54' 30" de latitud Norte.

La cuenca tiene un área de aportación de 4,023.8 kilómetros cuadrados, se encuentra delimitada por regiones y cuencas hidrológicas: al norte por las regiones Hidrológicas No.26 Pánuco y No. 27 Norte de Veracruz, al sur por la cuenca del Río Nexapa, Al oeste por la región Hidrológica 26 Pánuco; y al Este por la cuenca del Río Libres Oriental

La cuenca Río Alto Atoyac está compuesta de las subcuencas:

- 1- R. Zahuapan (1632.6 Km²)
- 2- San Martín Texmelucan (1967.5 Km²)
- 3- R. Alceseca (220.9 Km²)
- 4- P Manuel Ávila Camacho (202.8 Km²)

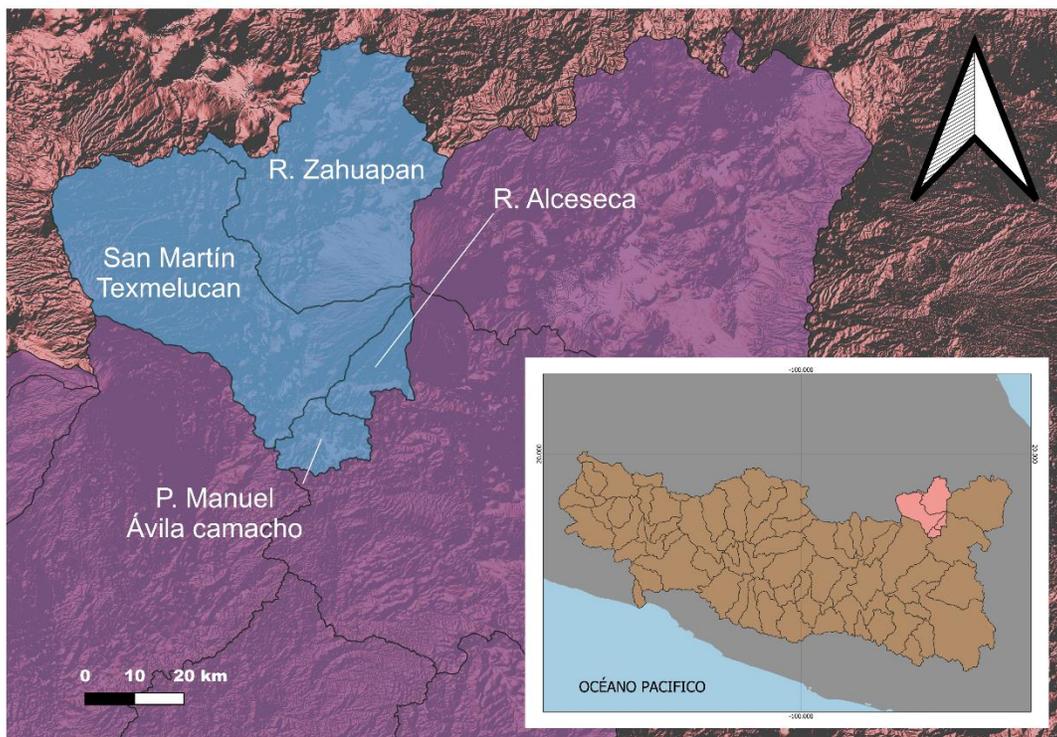


Figura 7. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica Río Alto Atoyac

3.5.1.2 Cuenca Hidrológica Río Amacuzac

La cuenca pertenece a la subregión del alto balsas, abarca desde el nacimiento del Río Amacuzac hasta la estación hidrométrica Atenango del Río, se encuentra en las coordenadas geográficas 99° 06' 30" de longitud Oeste y 18° 06' 45" de latitud Norte.

La cuenca tiene un área de aportación de 9,535.9 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por las Regiones Hidrológicas números 26 Pánuco y 12 Lerma-Santiago; al Sur por la cuenca hidrológica Río Bajo Atoyac; al Oeste por las cuencas hidrológicas Río Cutzamala y Río Medio Balsas; y al Este por la cuenca hidrológica Río Nexapa.

La cuenca Río Amacuzac está compuesta de las subcuencas:

- 1- R. Bajo Amacuzac (2280.9 km²)
- 2- R. Cautla (1177.9km²)
- 3- R. Yautepec (1534.4km²)
- 4- R. Coatlán (1092.5km²)
- 5- R. Apatlaco (809.9 km²)
- 6- R. Alto Amacuzac (2611.9 km²)
- 7- L. Tequesquitengo (28.4 km²)

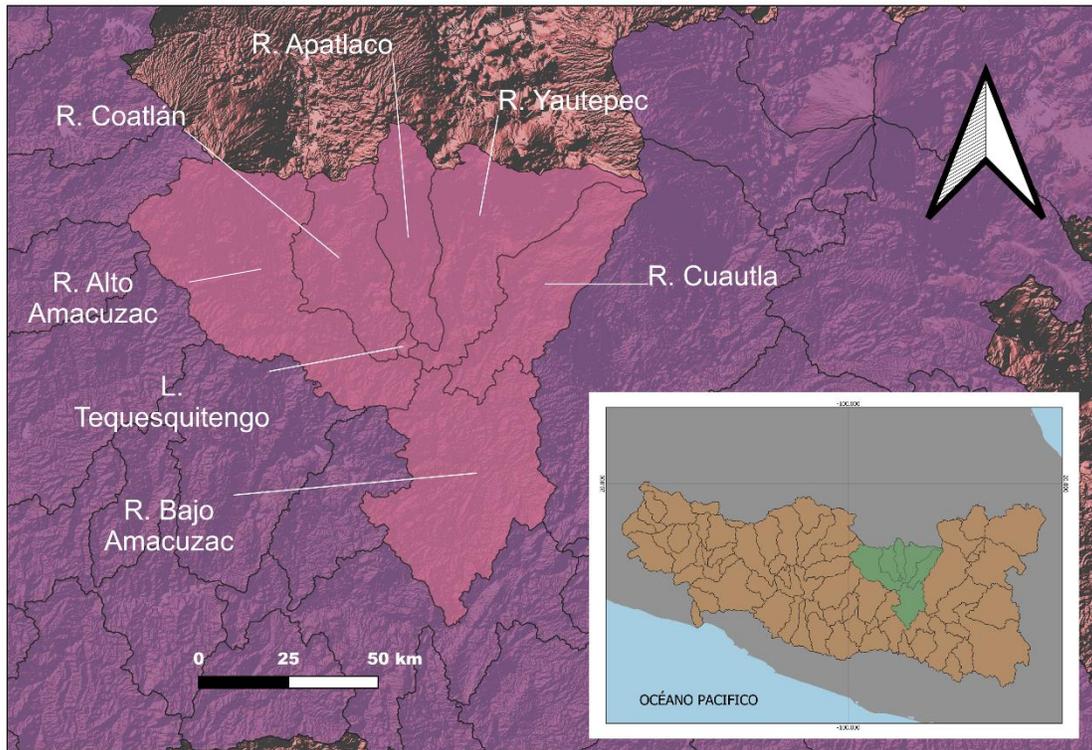


Figura 8. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica Río Amacuzac

3.5.1.3 Cuenca Hidrológica Río Tlapaneco

La cuenca pertenece a la subregión del alto balsas, abarca desde el nacimiento del Río Tlapaneco, en las vertientes Norte de la Sierra de Coicoyán, en el Estado de Oaxaca, y de la Sierra de Malinaltepec en el Estado de Guerrero, en el complejo denominado Sierra Madre del Sur, hasta la ubicación de la estación hidrométrica Ixcamilpa, localizada en las coordenadas geográficas 98° 42' 30" de longitud Oeste y 18° 02' 15" de latitud Norte.

La cuenca tiene un área de aportación de 5,057.8 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Bajo Atoyac; al Sur por la Región Hidrológica número 20 Costa Chica de Guerrero; y al Este por la cuenca hidrológica Río Mixteco.

La cuenca Río Tlapaneco está compuesta de las subcuencas:

- 1- R. Tlapaneco (2390.0 km²)
- 2- R. Atlamajac (840.5 km²)
- 3- R. Coycoyan (1197.4 km²)
- 4- R. Salado (629.9 km²)



Figura 9. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica Río Tlapaneco

3.5.1.4 Cuenca Hidrológica Río Nexapa

La cuenca pertenece a la subregión del alto balsas, abarca desde el nacimiento del Río Nexapa, desde la vertiente Oriental del Volcán Iztaccíhuatl y en las vertientes Oriental y Sur del Volcán Popocatepetl, hasta la estación hidrométrica Santa María Coetzala, localizada en las coordenadas geográficas 98° 49' 00" de longitud Oeste y 18° 11' 45" de latitud Norte.

La cuenca hidrológica Río Nexapa, tiene una área de aportación de 4440.5 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la cuenca hidrológica Río Alto Atoyac y por la Región Hidrológica número 26 Pánuco; al Sur y Este por la cuenca hidrológica Río Bajo Atoyac; y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Amacuzac.

3.5.1.5 Cuenca Hidrológica Río Libres Oriental

La cuenca pertenece a la subregión del alto balsas, abarca desde el nacimiento del Arroyo Xonecuila y los Ríos Barranca y La Malinche, en el Estado de Tlaxcala, los cuales vierten sus escurrimientos, en forma intermitente, al Lago de Totolcingo o El Carmen. Se trata de una cuenca cerrada sin salidas superficiales.

La cuenca hidrológica Río Libres Oriental, tiene un área de aportación de 4918.7 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la Región Hidrológica número 27 Norte de Veracruz; al Sur por la cuenca hidrológica Río Bajo Atoyac; al Este por la Región Hidrológica número 28 Papaloapan; y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Alto Atoyac.

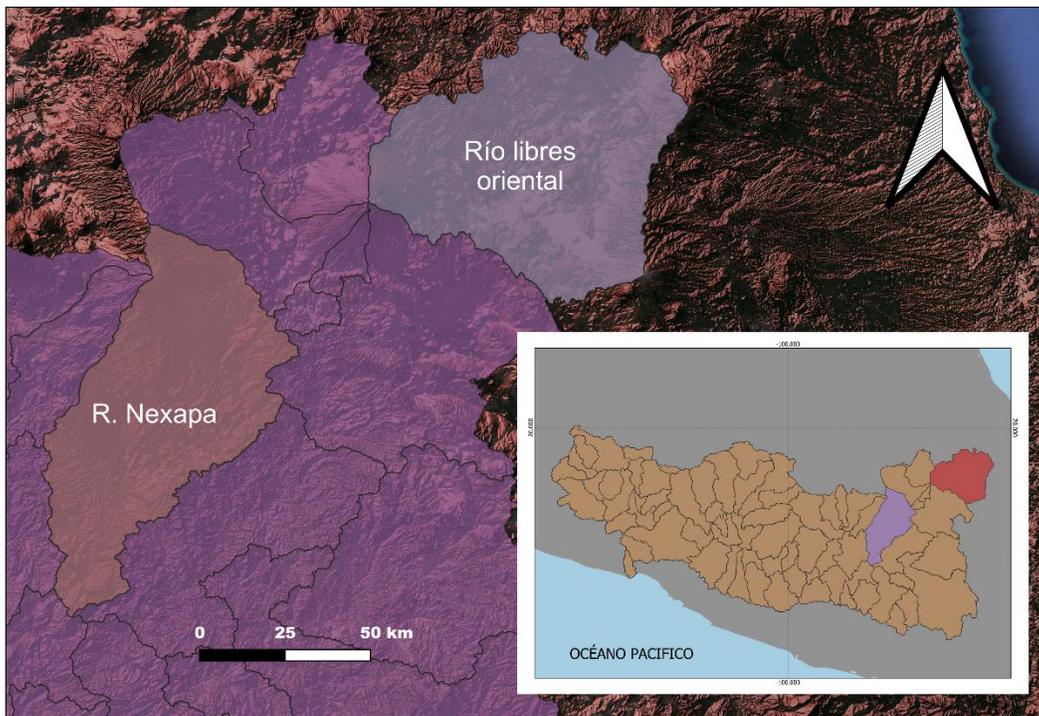


Figura 10. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica R. Nexapa y R. Libres

3.5.1.6 Cuenca Hidrológica Río Mixteco

La cuenca pertenece a la subregión del alto balsas, abarca desde el nacimiento del Río Mixteco, en la vertiente Occidental de la sierra Oaxaqueña, hasta la estación hidrométrica El Fraile, localizada en las coordenadas geográficas 98° 23' 30" de longitud Oeste y 18° 10' 45" de latitud Norte.

La cuenca Hidrológica tiene un área de aportación de 18,097.3 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la cuenca hidrológica Río Bajo Atoyac; al Sur por la Región Hidrológica número 20 Costa Chica de Guerrero; al Oeste por las cuencas hidrológicas Río Bajo Atoyac y Río Tlapaneco; y al Este por la Región Hidrológica número 28 Papaloapan.

La cuenca Río Tlapaneco está compuesta de las subcuencas:

- 1- R. Tehuitzingo (2813.3 km²)
- 2- R. Balcón del diablo (4106.2 km²)
- 3- R. Mixteco (7727.9 km²)
- 4- R. Acatlán (3449.9 km²)

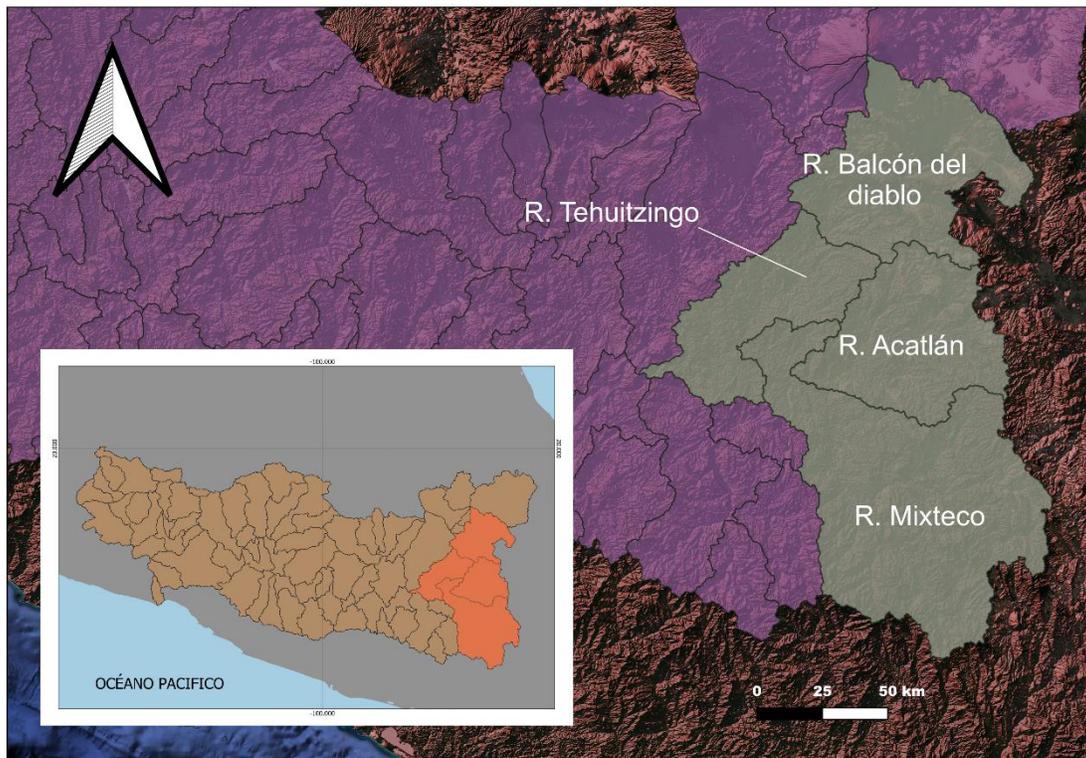


Figura 11. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica R. Mixteco

3.5.1.7 Cuenca Hidrológica Río Bajo Atoyac

La cuenca pertenece a la subregión del alto balsas, abarca desde la Presa Manuel Ávila Camacho, hasta la estación hidrométrica San Juan Tetelzingo, ubicada en las coordenadas geográficas $99^{\circ} 31' 02''$ de longitud Oeste y $17^{\circ} 55' 13''$ de latitud Norte.

La cuenca hidrológica tiene un área de aportación de 4,614.2 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por las cuencas hidrológicas Río Nexapa, Río Alto Atoyac y Río Libres Oriental; al Sur por la Región Hidrológica número 20 Costa Chica de Guerrero; al Oeste por las cuencas hidrológicas Río Medio Balsas y Río Amacuzac; y al Este por las cuencas hidrológicas Río Tlapaneco y Río Mixteco.

La cuenca Río bajo Atoyac está compuesta de las subcuencas:

- 1- San Juan Tetelzingo (2669.2 km²)
- 2- R. Tetlanapa (549.6 km²)
- 3- R. Pachumeco (1395.4 km²)

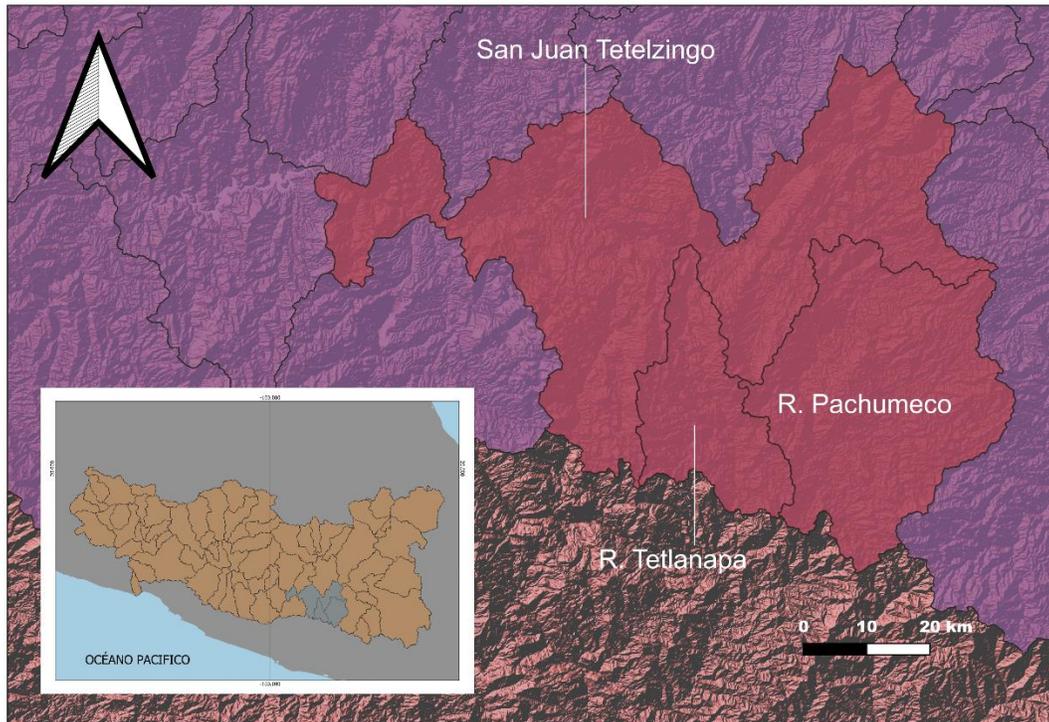


Figura 12. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica R. Bajo Atoyac

3.5.1.8 Cuenca Hidrológica Río Cutzamala

La cuenca pertenece a la subregión del medio balsas, abarca desde el nacimiento de los escurrimientos del Río Zitácuaro que desciende del eje volcánico en la vertiente Occidental de las sierras de Angangeo y Zitácuaro en el Estado de Michoacán y del Río Tilostoc que se origina en el Estado de México, hasta la estación hidrométrica El Gallo, localizada en las coordenadas geográficas 100° 40' 52" de longitud Oeste y 18° 41' 15" de latitud Norte.

La cuenca hidrológica tiene un área de aportación de 10,539.6 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la Región Hidrológica número 12 Lerma-Santiago; al Sur por la cuenca hidrológica Río Medio Balsas; al Oeste por la cuenca hidrológica Río Tacámbaro; y al Este por la cuenca hidrológica Río Amacuzac.

La cuenca Río Cutzamala está compuesta de las subcuencas:

- 1- R. Zitácuaro (1893.6 km²)
- 2- R. Tuxpan (1881.2 km²)
- 3- R. Purungueo (2732.1 km²)
- 4- R. Temascaltepec (1229.2 km²)
- 5- R. Tilostoc (2803.5 km²)

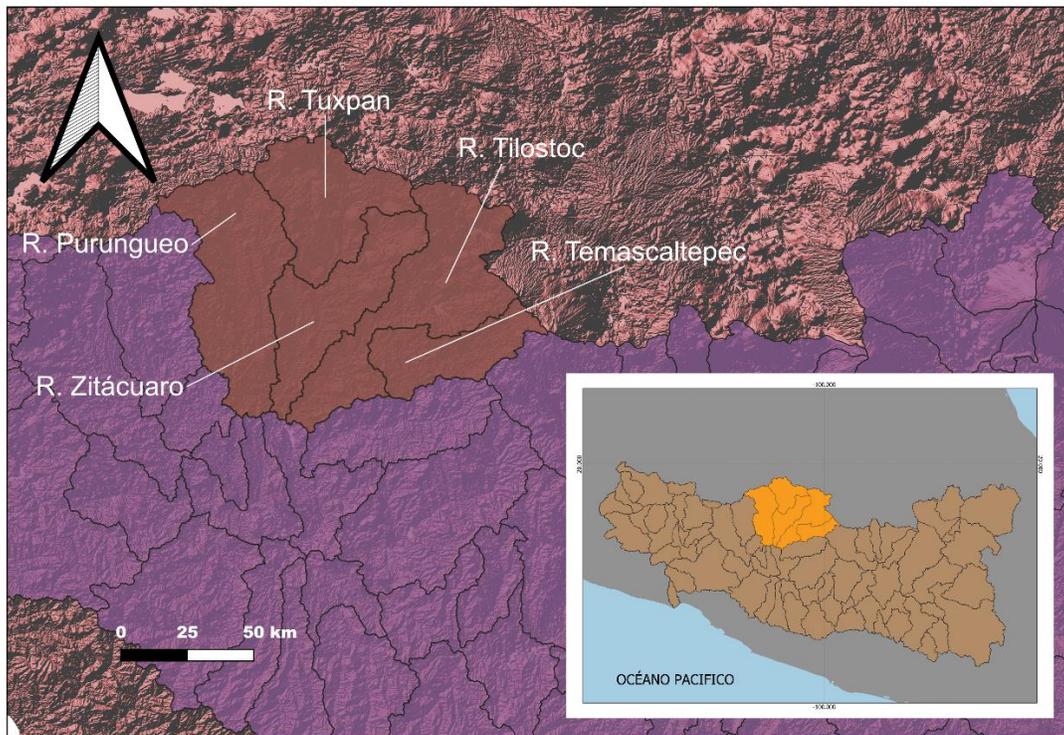


Figura 13. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica R. Cutzamala

3.5.1.9 Cuenca Hidrológica Río Medio balsas

La cuenca pertenece a la subregión del medio balsas, abarca desde la estación hidrométrica San Juan Tetelcingo, la cual marca el límite de las Subregiones Hidrológicas Alto y Medio Balsas hasta la estación hidrométrica La Caimanera, ubicada en las coordenadas geográficas 100° 31' 12" de longitud Oeste y 18° 16' 48" de latitud Norte.

La cuenca hidrológica tiene un área de aportación de 24,065.74 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la cuenca hidrológica Río Cutzamala; al Sur por las Regiones Hidrológicas números 19 y 20, Costas Grande y Chica de Guerrero; al Oeste por las cuencas hidrológicas Río Tacámbaro y Río Bajo Balsas; y al Este por las cuencas hidrológicas Río Amacuzac y Río Bajo Atoyac.

La cuenca Río Medio Balsas está compuesta de las subcuencas:

- | | |
|--|---|
| 1- R. Santo Tomás (2045.4 km ²) | 9- R. Poliutla (2951.4 km ²) |
| 2- R. San Cristóbal (616.1 km ²) | 10-R. Cutzamala (1112.7 km ²) |
| 3- R. Zirándaro (1069.8 km ²) | 11-R. Ixtapan (1695.3 km ²) |
| 4- R. Huetamo (416.6 km ²) | 12-R. Huautla (1905.7 km ²) |
| 5- R. Placeres (2628.5 km ²) | 13-R. Huajapa (1299.9 km ²) |
| 6- R. Cuirio (1199.8 km ²) | 14-R. Tepecuacuilco (1125.82 km ²) |
| 7- R. San Miguel (1235.3 km ²) | 15-R. Cocula o Iguala (2353.9 km ²) |
| 8- R. Ajuchitlán (1706.2 km ²) | 16-R. Puente Verde (703.5 km ²) |



Figura 14. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica R. Medio Balsas

3.5.1.10 Cuenca Hidrológica Río Cupatitzio

La cuenca pertenece a la subregión del bajo balsas, abarca a partir de donde nacen los escurrimientos del Río Cupatitzio en el Nor-noreste de la ciudad de Uruapan, Michoacán hasta la estación hidrométrica La Pastoría, localizada en las coordenadas geográficas 102° 03' 25" de longitud Oeste y 18° 55' 40" de latitud Norte.

La cuenca hidrológica tiene un área de aportación de 3705.4 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes cuencas hidrológicas: al Norte por las cuencas hidrológicas Río Paracho y Río Zirahuén; al Sur por la cuenca hidrológica Río Bajo Balsas; al Oeste por la cuenca hidrológica Río Tepalcatepec; y al Este por la cuenca hidrológica Río Tacámbaro.

La cuenca Río Cupatitzio está compuesta de las subcuencas:

- 1- P. El Zapote (812.5 km²)
- 2- R. La Parota (1828.1 km²)
- 3- R. Cupatitzio (781.5 km²)
- 4- R. El Marqués (283.3 km²)

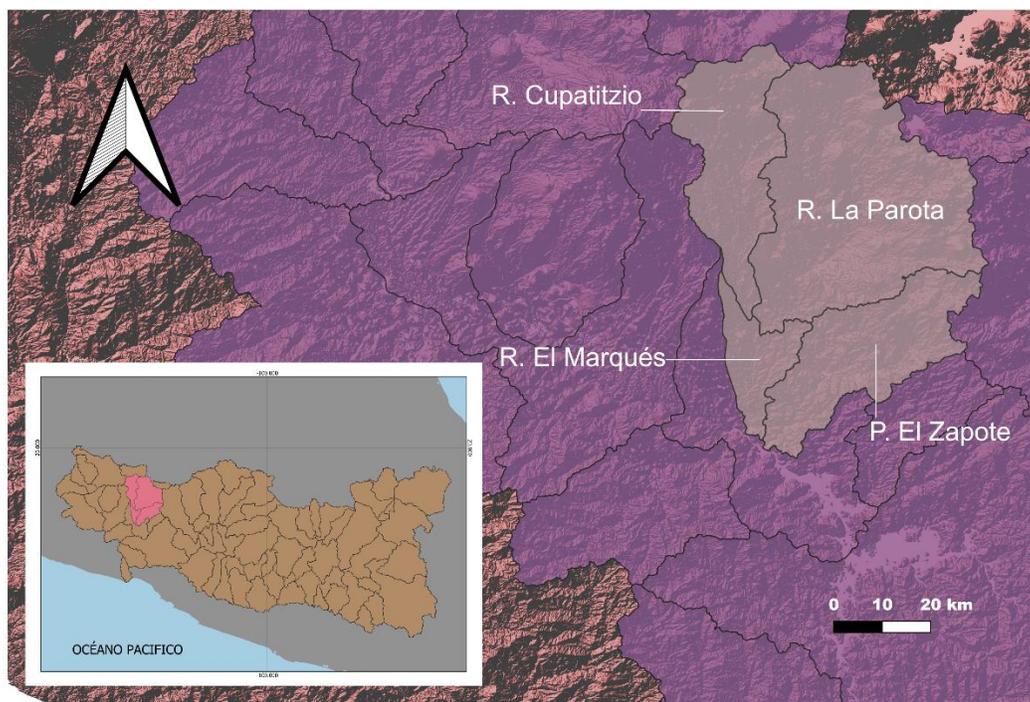


Figura 15. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica Río Cupatitzio

3.5.1.11 Cuenca Hidrológica Río Tacámbaro

La cuenca pertenece a la subregión del bajo balsas, abarca partir de las corrientes perennes que descienden desde una altitud de 3,000 metros sobre el nivel medio del mar unos 40 kilómetros al Sureste de la ciudad de Morelia, Michoacán hasta la estación hidrométrica Los Pinzanes, localizada en las coordenadas geográficas 100° 40' 52" de longitud Oeste y 18° 41' 15" de latitud Norte.

La cuenca hidrológica tiene un área de aportación de 5,525.8 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la Región Hidrológica número 12 Lerma-Santiago; al Sur por la cuenca hidrológica Río Bajo Balsas; al Oeste por la cuenca hidrológica Río Cutzamala; y al Este por la cuenca hidrológica Río Cupatitzio.

La cuenca Río Tacámbaro está compuesta de las subcuencas:

- 1- R. Tacámbaro (2766.2 km²)
- 2- R. Quenchendio (607.5 km²)
- 3- R. Carácuaro (2152.1 km²)

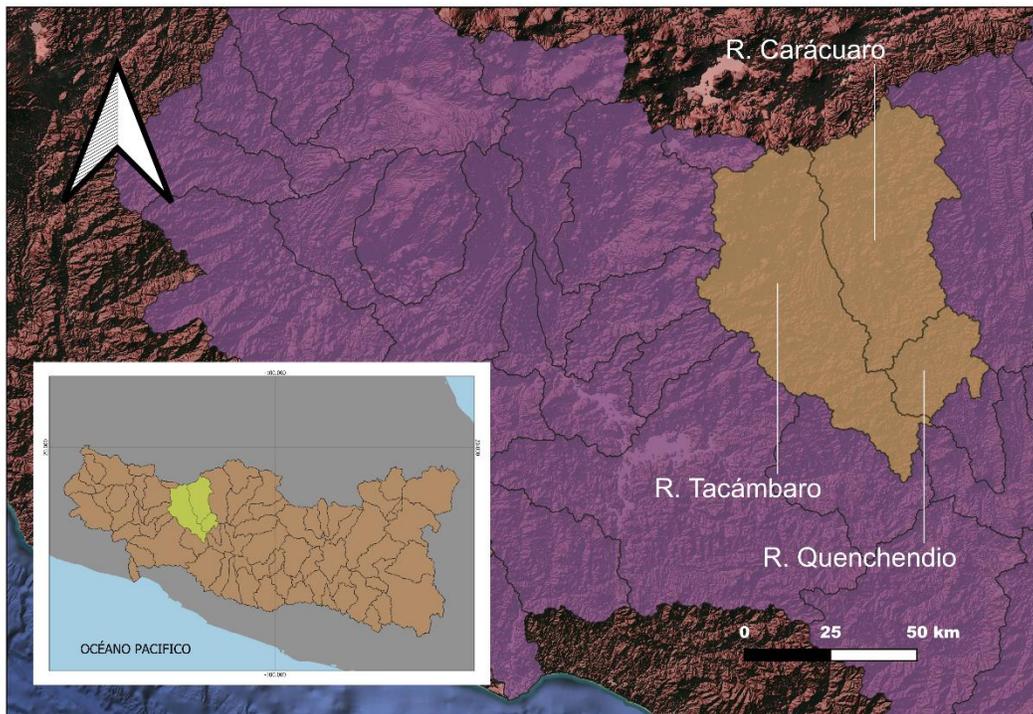


Figura 16. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica Río Tacámbaro

3.5.1.12 Cuenca Hidrológica Río Tepalcatepec

La cuenca pertenece a la subregión del bajo balsas, abarca desde donde nacen los escurrimientos del Río Quitupan en el cerro de la Tinaja hasta la estación hidrométrica Los Panches, localizada en las coordenadas geográficas 102° 13' 37" de longitud Oeste y 18° 53' 10" de latitud Norte.

La cuenca tiene un área de aportación de 11,660.6 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la Región Hidrológica número 12 Lerma-Santiago; al Sur por la Región Hidrológica número 17 Costa de Michoacán; al Este por la cuenca hidrológica Río Cupatitzio; y al Oeste por la Región Hidrológica número 16 Armería-Coahuayana.

La cuenca Río Tepalcatepec está compuesta de las subcuencas:

- 1- R. Bajo Tepalcatepec (2421.9 km²)
- 2- R. Alto Tepalcatepec (768.9 km²)
- 3- R. San Jerónimo (1059.3 km²)
- 4- A. Tepalcatepec (2695.9 km²)
- 5- R. Apatzingán (1191.1 km²)
- 6- R. Itzicuario (2492.6 km²)
- 7- R. Quitupan (1030.9 km²)

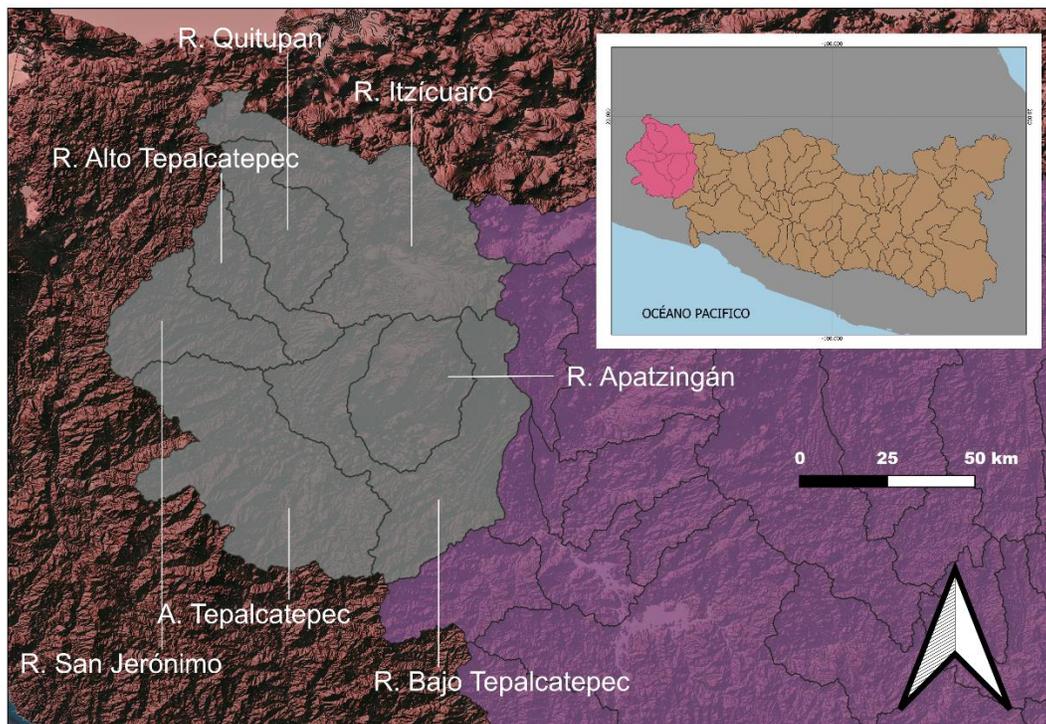


Figura 17. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica Río Tepalcatepec

3.5.1.13 Cuenca Hidrológica Río Bajo balsas

La cuenca pertenece a la subregión del bajo balsas, abarca desde las estaciones hidrométricas La Caimanera, La Pastoría, Los Pinzanes y Los Panches hasta su desembocadura al Océano Pacífico en el Municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, localizada en las coordenadas geográficas 100° 31' 12" de longitud Oeste y 18° 16' 48" de latitud Norte.

La cuenca hidrológica tiene un área de aportación de 13,949.96 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por las cuencas hidrológicas Río Cupatitzio y Río Tacámbaro; al Sur por la Región Hidrológica número 19 Costa Grande de Guerrero; al Oeste por la cuenca hidrológica Río Tepalcatepec; y al Este por la cuenca hidrológica Río Medio Balsas.

La cuenca Río bajo balsas está compuesta de las subcuencas:

- 1- R. Aratichanguio (1216.9 km²)
- 2- P. El Infiernillo (4590.9 km²)
- 3- R. La Garita (1220.6 km²)
- 4- R. La Villita (474.6 km²)
- 5- A. Las Cruces (1027.2 km²)
- 6- R. Tepalcatepec (1019.6 km²)
- 7- R. San Pedro (463.9 km²)

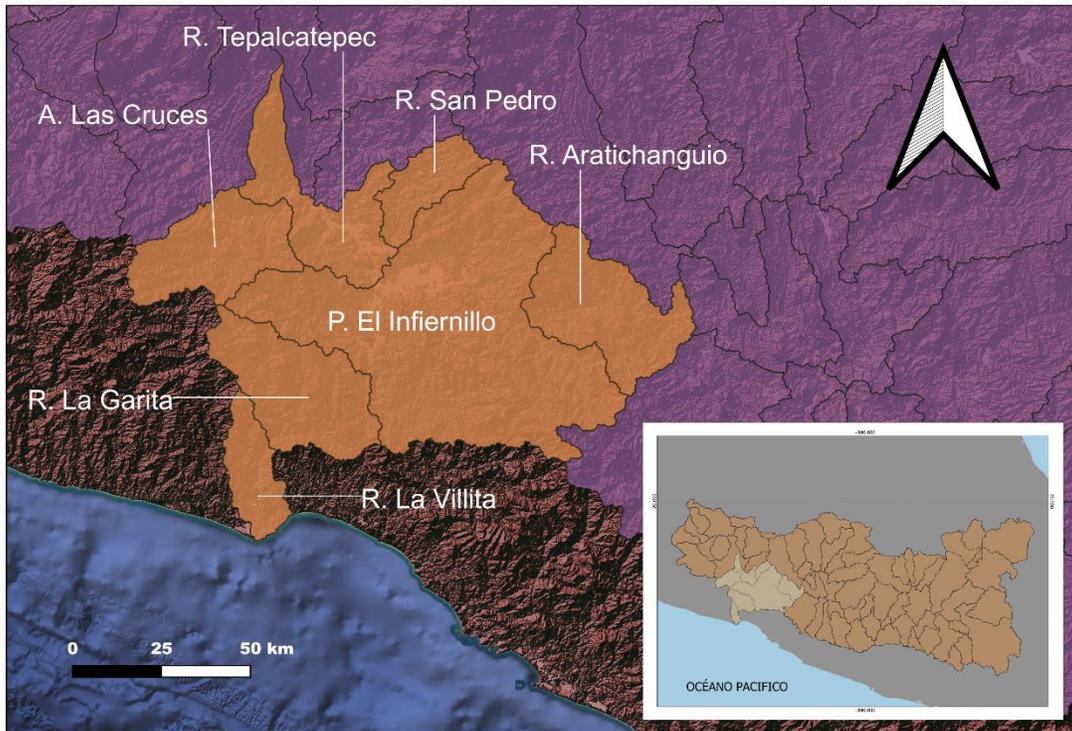


Figura 18. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica Bajo Balsas

3.5.1.14 Cuenca Hidrológica Río Paracho

La cuenca pertenece a la subregión del bajo balsas, abarca a la cuenca cerrada Paracho-Nahuatzen, ubicada al Norte de Uruapan y al Oeste de la Laguna de Pátzcuaro, es una cuenca rodeada de cerros de los cuales descienden una serie de corrientes que no reconocen ninguna salida debido a las características topográficas predominantes en esta zona.

La cuenca hidrológica tiene un área de aportación de 729.41 kilómetros cuadrados, y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte y al Este por la Región Hidrológica número 12 Lerma-Santiago; al Sur por la cuenca hidrológica Río Cupatitzio; al Oeste por la cuenca hidrológica Río Tepalcatepec

3.5.1.15 Cuenca Hidrológica Río Zirahuén

La cuenca pertenece a la subregión del bajo balsas, abarca la cuenca cerrada Río Zirahuén, es una cuenca con más de 40 volcanes en cuyas bases existen coladas de lavas espumosas conocidas como "malpaisés" y que representan sitios estratégicos de recarga de acuíferos para la región y a través de cuyas ladera escurre superficialmente el agua de lluvia y le da vida en la porción oriental al lago de Zirahuén.

La cuenca hidrológica tiene un área de aportación de 273.07 kilómetros cuadrados y se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por la Región Hidrológica número 12 Lerma-Santiago, al Sur, Este y Oeste por las cuencas hidrológicas Río Cupatitzio y Río Tacámbaro. Se trata de una cuenca cerrada sin salidas superficiales.

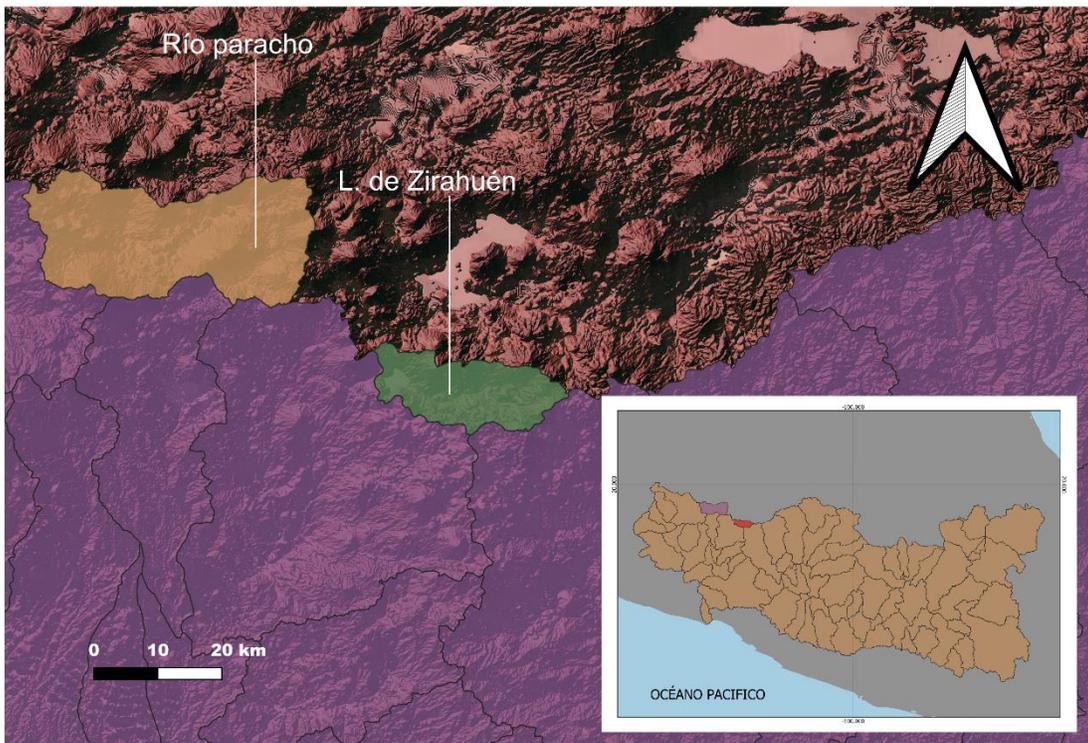


Figura 19. Subcuencas que conforman la estructura de la Cuenca Hidrológica Paracho y Zirahuén

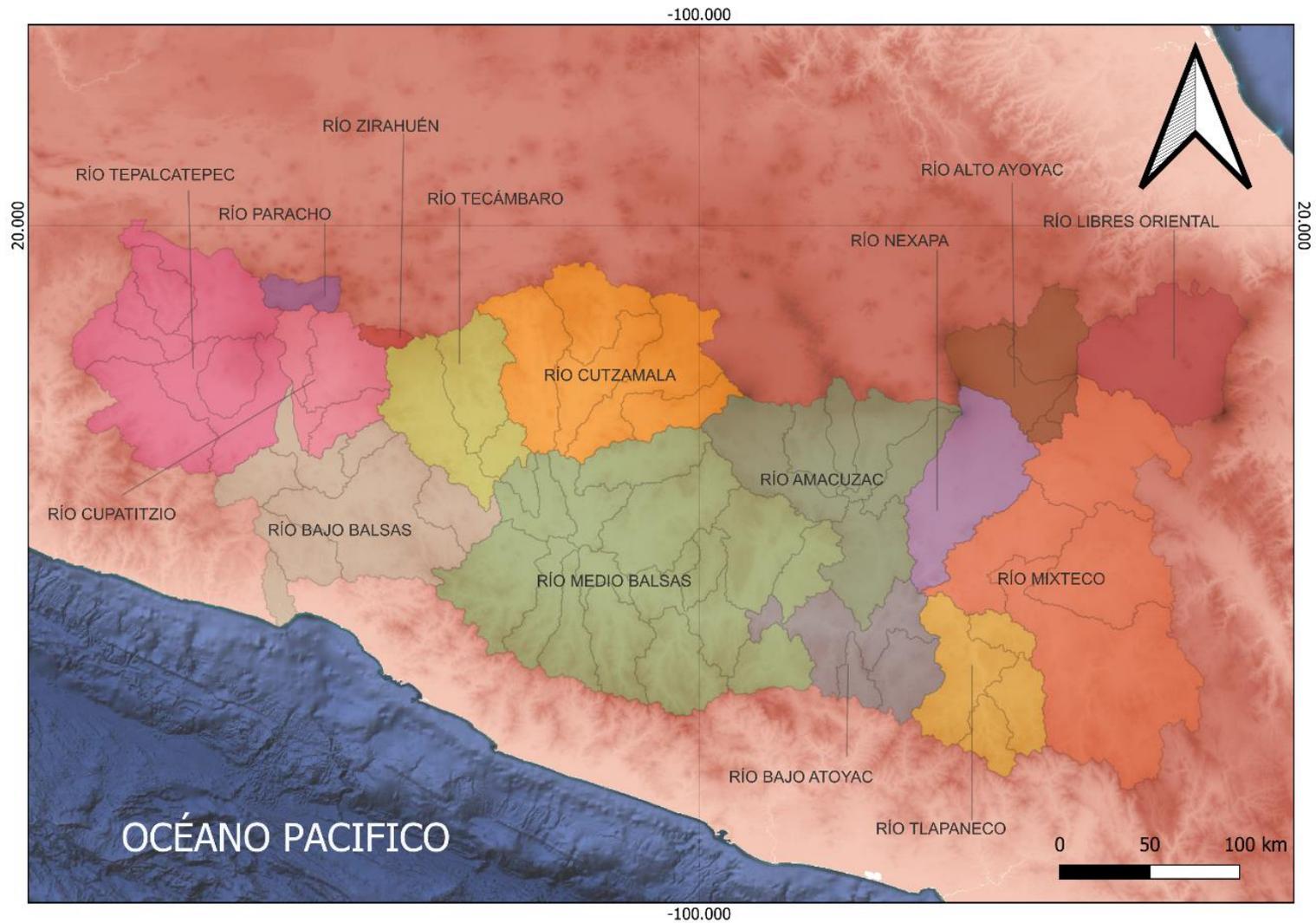


Figura 20. Cuencas Hidrológicas que componen la Region hidrológica 18 Balsas

3.5.2 Cauce principal

El cauce principal de la cuenca de la Región Hidrológica No.18 Balsas, es el Río Balsas que tiene una extensión de 727.3 km, abarca desde los ríos San Martín y Zahuapac en Puebla y Tlaxcala, para fluir por el estado de Guerrero hasta sus límites con Michoacán y desembocar al Océano Pacífico.

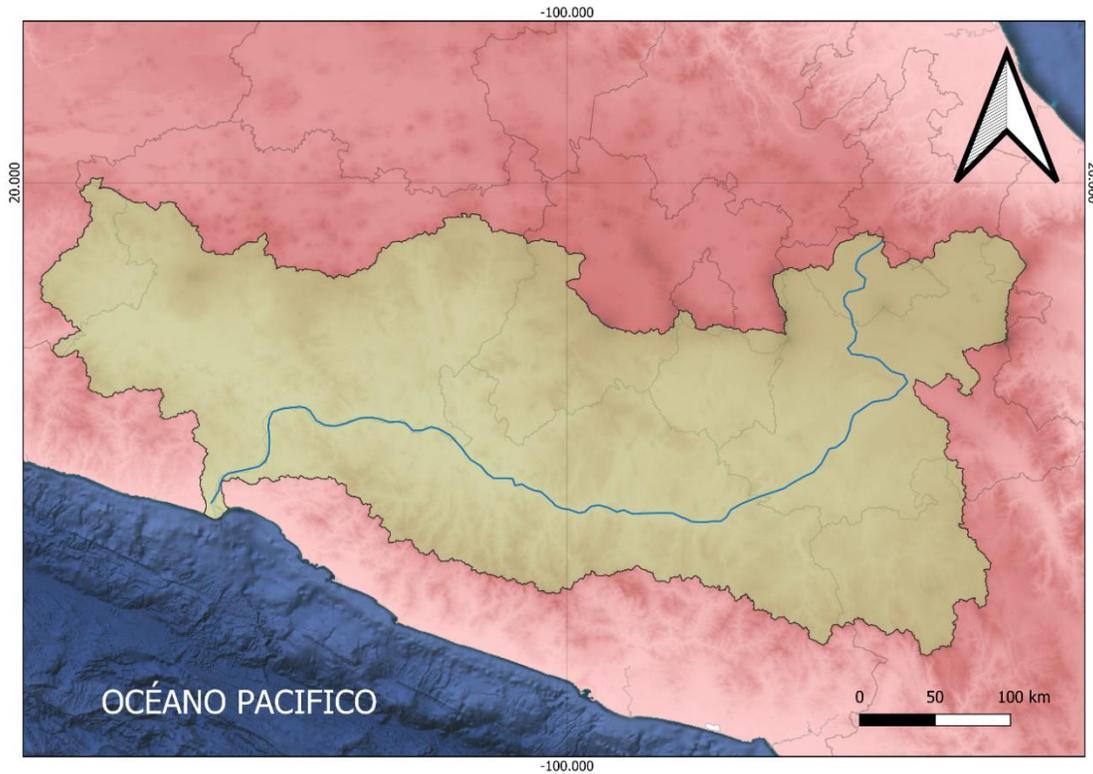


Figura 21. Cauce principal de la cuenca del río Balsas

3.5.3 Perfil topográfico del cauce principal

El cauce principal tiene una altura máxima de 3528.29 msnm

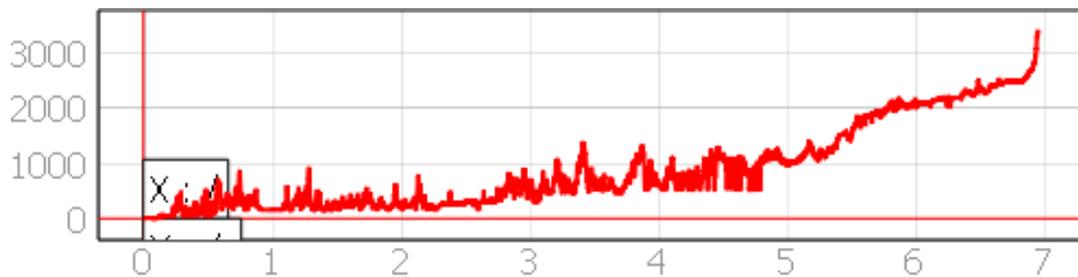


Figura 22. Perfil del cauce principal

3.5.4 Pendiente media de la línea de corriente principal

Para el cálculo de la línea de corriente principal en la cuenca, la pendiente media puede obtenerse como la diferencia del nivel de un punto a otro dividido por su longitud en planta.

$$S_{lc} = \frac{\Delta H_{cauce}}{L_{Tlc}}$$

Donde:

S_{lc} = Pendiente de la línea del cauce principal (adimensional)

ΔH_{cauce} = Desnivel entre los extremos del cauce (m)

L_{Tlc} = Longitud total del cauce principal

3.5.4.1 Método Taylor-Schwarz

Este método considera que el cauce principal se forma de una serie de canales con pendientes uniformes, cuyo recorrido es igual al de la corriente principal. Este método consiste en dividir en cauce en tramos y posteriormente calcular la pendiente media.

$$S_{lc} = \left[\frac{L_t}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

Donde:

S_{lc} = Pendiente de la línea del cauce principal (adimensional)

L_t = Longitud total del cauce (m)

S_i = Pendiente del tramo i (adimensional)

L_i = Longitud del tramo i (m)

n = Número de tramos

Esta ecuación es más confiable pues se subdivide el cauce principal. Esta ecuación es más apropiada para las longitudes largas.

Para la cuenca del río Balsas se subdivide el río cada 1000 metros, de esta manera se obtienen 723 secciones de 1 kilómetro, después se obtienen las elevaciones del perfil del cauce principal por cada kilómetro.



Figura 23. Elevaciones por kilometro del cauce principal

Con ayuda del software Qgis se pudo seccionar la linea de corriente mucho mas facil y obtener la elevacion de cada punto, se aplico la formula Taylor-Shwarz para 723 tramos de 1 kilometro.

La pendiente del cauce principal es de 0.01506

3.6 Pendiente de la cuenca

La pendiente de la cuenca es muy importante pues este coeficiente guarda relación con los procesos de infiltración, escurrimiento superficial, la humedad del terreno y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Este factor físico tiene influencia en la magnitud de avenidas o crecidas (Campos-Aranda, 1988), ayuda a comprender como fluye la corriente sobre el terreno y a diferencia de la pendiente del cauce, la pendiente de la cuenca debe tomar en cuenta el área total y su topografía.

3.6.1 Criterio de Horton

El criterio de Horton consiste en trazar una malla sobre el área de la cuenca de estudio, la malla debe estar orientada en sentido del cauce principal y contar con ejes coordenados (x, y), la distancia entre cada eje es de 1 km, para áreas menores o iguales a 250 km² es necesario 4 cuadros como mínimo, para regiones mayores se debe aumentar el número de ejes tantos sean necesarios para lograr un valor de pendiente más preciso.

Una vez construida la malla, se mide la longitud de cada línea contenida sobre el eje dentro del parteaguas y se cuentan el número de intersecciones o tangencias de cada línea de la malla con las curvas de nivel. La pendiente media se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_x = \frac{N_x * D_e}{L_x} \quad ; \quad S_y = \frac{N_y * D_e}{L_y}$$

Donde:

D_e = Desnivel constante entre curvas de nivel (Km)

N_x y N_y = Número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en dirección X y Y con las curvas de nivel

L_x y L_y = Longitud total de las líneas de la malla en dirección X y Y dentro de la cuenca (Km)

S_x y S_y = Pendiente de la cuenca en cada una de las direcciones de la malla (km/km)

La pendiente media según Horton se calcula con la siguiente expresión:

$$S_c = \frac{N * D_e * \sec \theta}{L_H} = \frac{(N_x + N_y) * D_e * \sec \theta}{(L_x + L_y)}$$

Donde:

θ = Es el Angulo entre las líneas de la malla y las curvas de nivel (grados)

L_H = $L_x + L_y$ (Km)

D_e = Equidistancia entre curvas de nivel (m)

N = $N_x + N_y$

El valor de θ resulta complicado de obtener, Horton sugiere que este valor se tome como 1.67 o en su defecto igual a 1.

En la aplicación de este método en la práctica es eficaz considerar este valor de S_c como el promedio aritmético de las pendientes S_x y S_y como pendiente media de la cuenca.

Para la subcuenca del Rio Nexapa

3.6.2 Criterio de Alvord

Este método consiste en medir la longitud de cada curva de nivel dentro de la cuenca y calcular el área total de la cuenca, una vez obtenidos estos datos la pendiente de la cuenca se determina como:

$$S_{Cuenca} = \frac{\Delta H_{Cniv} * l_{Tcniv}}{A_T}$$

Donde;

S_{Cuenca} = Pendiente de la cuenca (Adimensional)

ΔH_{Cniv} = Desnivel constante entre curvas de nivel

l_{Tcniv} = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca (Km)

A_T = Área Total de la cuenca (Km²)

Para este método el cálculo de la pendiente de la cuenca es igual a la longitud del total de las curvas de nivel que contiene, multiplicada por el desnivel que es el mismo entre todas las curvas, y dividido para el tamaño de la cuenca.

Para obtener resultados confiables en el diseño del drenaje pluvial urbano se recomienda utilizar intervalos pequeños entre 5 y 15 metros, para las cuencas más grandes o de fuerte pendiente se recomiendan intervalos grandes entre 30 a 150 metros

Para la cuenca del río Balsas se utilizara el criterio de Alvord, con ayuda del software Qgis se obtienen curvas de nivel a cada 200 metros

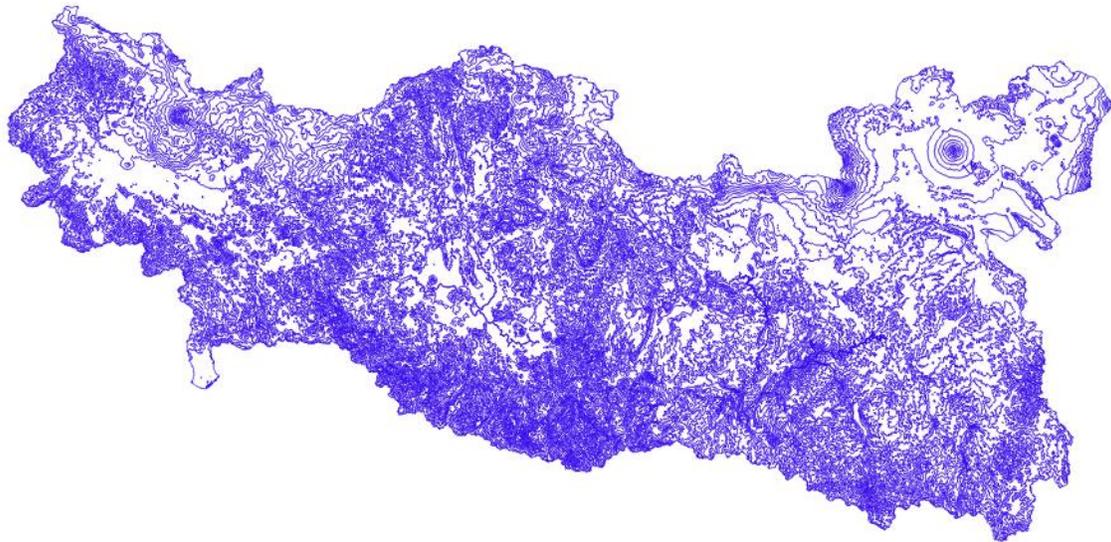


Figura 24. Curvas de nivel de la cuenca del río Balsas cada 200 metros

Se clasifican las longitudes respecto a su elevación

Elevación	Longitud (Km)
0	57.457
200	3355.571
400	10883.002
600	16286.57
800	17588.046
1000	19352.03
1200	21344.572
1400	20107.598
1600	18140.708
1800	15227.419
2000	12185.549
2200	10120.973
2400	8590.221
2600	5901.601
2800	3002.606
3000	1713.034
3200	969.031
3400	576.704
3600	389.517
3800	225.249
4000	107.869
4200	65.164
4400	42.99
4600	26.926
4800	15.656
5000	11.101
5200	6.739
5400	0.831
	186294.734

Tabla 1. Clasificación de longitud de curvas de nivel

$$S_{Cuenca} = \frac{(0.2 \text{ km}) * (186294.73 \text{ km})}{116833.27 \text{ km}^2}$$

$$S_{Cuenca} = 0.3189 = 31.89\%$$

4- Precipitación

La precipitación es un fenómeno meteorológico que aporta agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, escarcha, nieve, granizo.

- 1- Lluvia: Consiste en gotas de agua con diámetro mayor 0.5 mm
- 2- Llovizna: Consiste en pequeñas con diámetro entre 0.1 y 0.5 mm , las cuales tienen velocidades bajas de caída
- 3- Escarcha: Es una capa de hielo suave y ligero se genera por el congelamiento de agua suspendida
- 4- Nieve: Está compuesta de cristales de hielo
- 5- Granizo: Consiste en precipitación en forma de hielo que se produce en las nubes su diámetro varía entre 5 y 125 mm

4.1 Tipos de precipitación

La precipitación es el proceso donde la superficie terrestre recibe agua de la atmosfera en cualquiera de sus estados, se clasifica comúnmente por el levantamiento del aire que origina el enfriamiento de las nubes, pueden distinguirse tres tipos de precipitaciones:

PRECIPITACIONES CONVECTIVAS: Es causada por el ascenso de aire caliente y que se enfría adiabáticamente y alcanza su punto de condensación, las diferencias en temperatura generan las precipitaciones.

La precipitación convectiva es puntual, y su intensidad puede variar entre lloviznas ligeras hasta aguaceros

PRECIPITACIONES OROGRAFICAS: Se originan del ascenso del aire sobre una cadena de montañas, al enfriarse se originan las precipitaciones que se presentan en forma de lluvia o llovizna.

La orografía tiene mucha influencia en el terreno, pues los patrones de la tormenta suelen parecerse a la precipitación media anual.

PRECIPITACIONES CICLONICAS: Estas precipitaciones están asociadas al paso de un ciclón y pueden corresponder a dos tipos: frontal y no frontal.

La precipitación frontal resulta del levantamiento de aire cálido a un costado de una superficie frontal sobre un aire más denso y frío.

La precipitación no frontal se forma gracias a frentes cálidos se forma cuando el aire avanza sobre una masa de aire más frío.

4.2 Aparatos de Medición

La precipitación suele medirse en altura de lámina de lluvia, se expresan los milímetros de lluvia que registran los aparatos de medición, la mayoría de los aparatos funcionan con el mismo principio el cual consiste en montar un recipiente cilíndrico graduado en la intemperie y registrar los milímetros de lluvia acumulados en ese punto, usualmente acompañados de un registro horario de los eventos.

Todas las formas de precipitación se miden sobre milímetros y decimos de milímetro

Pluviómetro

El pluviómetro estándar tiene un colector de 20 cm de diámetro aproximadamente, la lluvia recorre un embudo hasta el interior del cilindro graduado se le coloca un embudo y unas mallas para evitar la entrada de otros objetos. Existen 2 tipos de pluviómetros son el de cubeta basculante, de balanza que son los más comunes.

Pluviómetro de cubeta basculante: El agua que en el colector y se dirige a un compartimiento en donde hay 2 cubetas, las cuales producen desequilibrio cuando una de las cubetas se llena, el agua se voltea vertiendo el líquido a un compartimiento y moviendo la segunda cubeta al lugar correspondiente para ser llenada hasta voltear, haciendo que una pluma produzca una marca sobre un papel.



Figura 25. Pluviómetro de cubeta basculante

Fuente: www.blitzen.com.mx

Pluviómetro de balanza: Este aparato pesa la precipitación situada sobre una balanza, el aumento de peso se registra en una carta, el registro muestra los valores de precipitación acumulada.



Figura 26. Pluviometro de balanza Fuente: meteorologiaenred.com

4.3 Red de estaciones pluviométricas de la república mexicana

Los aparatos más usados son los pluviómetros y los pluviógrafos, en México se cuenta con una red de 5420 estaciones, de las cuales 3200 se encuentran activos y 2220 están suspendidas, Las estaciones suspendidas cuentan con registros históricos, los cuales son útiles para la caracterización de los datos.

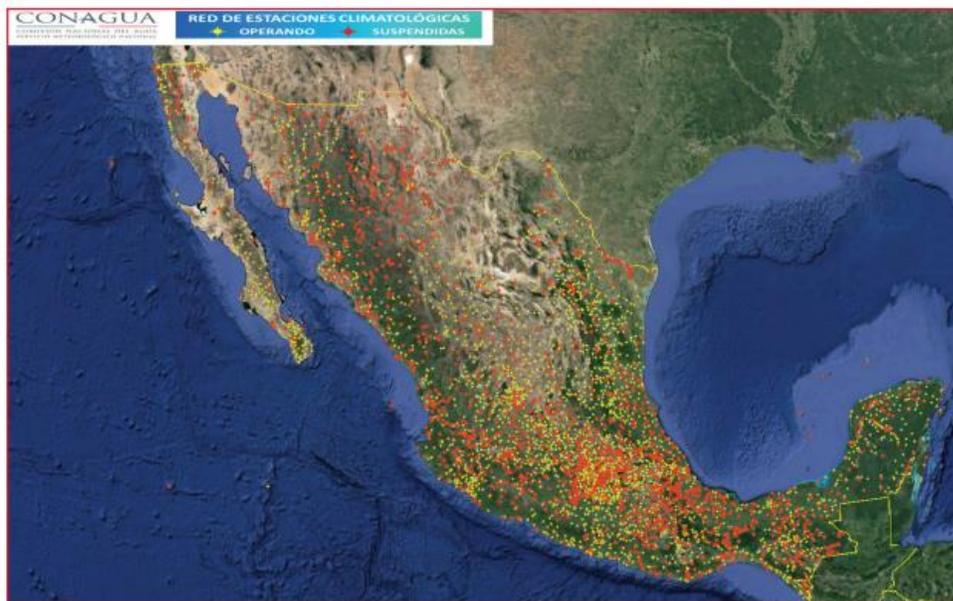


Figura 27. Red de estaciones climatológicas Fuente: www.gob.mx/conagua

Los registros históricos de las estaciones suspendidas se encuentran en la base de datos CICLOM, para realizar esta consulta se necesita acceder al portal del servicio meteorológico nacional y realizar una consulta de cada uno de los datos con la clave de la estación.



Datos de la Estación

ESTACIÓN:	9004
NOMBRE:	CALVARIO 61
ESTADO:	DISTRITO FEDERAL
MUNICIPIO:	TLALPAN
LATITUD (°):	19.2031
LONGITUD (°):	-99.1492
ALTURA (msn):	2,726
SITUACIÓN:	OPERANDO
DATOS DESDE:	1 de enero de 1970
HASTA:	31 de octubre de 2017

Figura 28. Datos de la estación Fuente: smn.conagua.gob.mx/

El tamaño de la superficie indicara el número de estaciones climatológicas que deben de tomarse en cuenta, se emplean las estaciones que se ubiquen dentro de la zona de estudio y aquellas que se encuentren cerca del parteaguas.

Para la cuenca del río balsas se tomaran en cuenta solo las estaciones activas de los estados de Morelos, Tlaxcala, Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco

4.4 Precipitación Media

La precipitación media es el coeficiente que resulta de dividir el volumen total de agua generado en una tormenta entre el área de la cuenca. Este valor ayuda a suponer una distribución uniforme de la lluvia en cualquier punto, para el cálculo de la precipitación existen 3 métodos muy comunes en la práctica.

4.4.1 Método aritmético

Se obtiene dividiendo la suma de las alturas de lluvia que se tienen registradas en las estaciones dentro de la cuenca entre el número de estaciones.

$$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde:

\bar{p} = Altura de precipitación

n = Número de estaciones

P_i = Altura de precipitación registrada en la estación

Para la cuenca del río balsas se toman en cuenta 49 estaciones

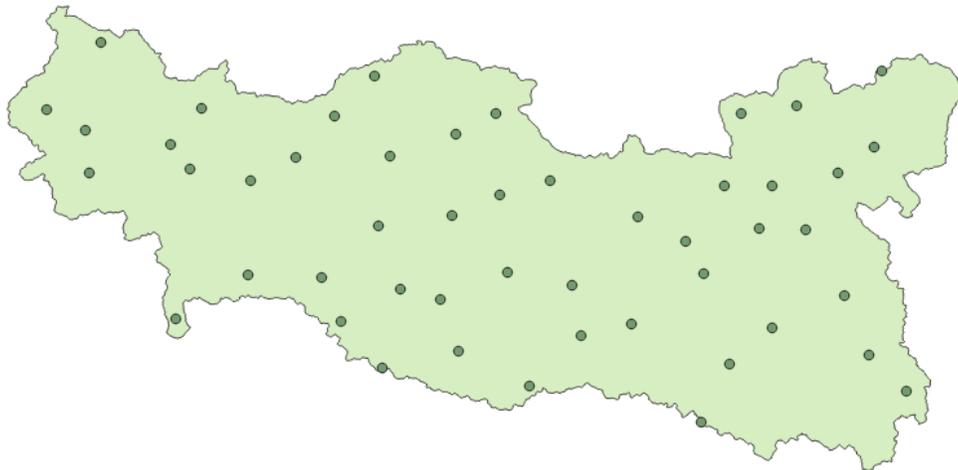


Figura 29. Red de estaciones climatológicas en la Cuenca del Río balsas

Se realiza una tabla para calcular más fácil la media

#	Clave	Nombre de la estación	PP (mm)
1	12001	ACAPETLAHUAYA - OPERANDO	201.8
2	12021	COAHUAYUTLA - OPERANDO	243.5
3	12027	CUNDANCITO - OPERANDO	233
4	12082	TARETARO - OPERANDO	106
5	12083	TEHUEHUETLA - OPERANDO	221.5
6	12113	GUAYAMEO - OPERANDO	150
7	12138	AJOCHITLAN - OPERANDO	118.4
8	12140	SAN ANTONIO TEJAS - OPERANDO	320
9	16047	EL ZAPOTE - OPERANDO	133.5
10	12204	YEXTLA - OPERANDO	84.4
11	12228	ESCALERILLA LA LAGUNA - OPERANDO	97
12	20103	SAN ANDRES LAGUNAS - OPERANDO	112.7
13	12185	CUALAC - OPERANDO	133
14	20298	HUAJUAPAN DE LEON (OBS) - OPERANDO	85.9
15	12118	MEZCALA - OPERANDO	163
16	12249	TULIMAN - OPERANDO	66.4
17	21115	SAN CRISTOBAL TULCINGO - OPERANDO	356.2
18	12164	E.T.A. 274 COCULA - OPERANDO	120
19	21176	TONAHUIXTLA - OPERANDO	158
20	16051	HUETAMO - OPERANDO	160
21	16122	SUSUPUATO DE GUERRERO - OPERANDO	119.5
22	16136	TZITZIO - OPERANDO	163
23	16219	SAN PEDRO - OPERANDO	110.5
24	15140	PRESA CHILESDO - OPERANDO	114.8
25	15327	MATUZ -ANTES CORRAL VIEJO - OPERANDO	160
26	15356	JALPA - OPERANDO	110.7
27	16109	SAN DIEGO CURUPATZEO - OPERANDO	90.5
28	16230	LAS CRUCES - OPERANDO	154
29	16026	CUATRO CAMINOS - OPERANDO	128
30	16043	EL PUERTO - OPERANDO	110
31	16085	PARACUARO - OPERANDO	160
32	16158	EL CAJON - OPERANDO	145.7
33	16178	E.N.G.F. URUAPAN - OPERANDO	175.5
34	16227	LAZARO CARDENAS - OPERANDO	132
35	16261	CHILATAN - OPERANDO	330
36	21230	SAN JUAN COATZINGO - OPERANDO	96
37	21132	IZUCAR DE MATAMOROS (SMN) - OPERANDO	225
38	17057	EL LIMON - OPERANDO	120.5
39	21230	SAN JUAN COATZINGO - OPERANDO	123.6
40	21132	IZUCAR DE MATAMOROS (SMN) - OPERANDO	210
41	17077	XOXOCOTLA - OPERANDO	96
42	21235	SAN ISIDRO HUILOTEPEC - OPERANDO	77
43	17046	HUEYAPAN E-4 - OPERANDO	74

44	15255	IXTLAHUACA VILLADA E-30 - OPERANDO	106
45	21243	CEMEX - OPERANDO	88
46	21100	VISTA HERMOSA - OPERANDO	87.3
47	21096	SANTA RITA TLAHUAPAN - OPERANDO	122.5
48	21029	COLONIA TEMEXTLA - OPERANDO	84
49	29166	SAN SIMON - OPERANDO	78.1
Precipitación media			144.010204

Tabla 2. Precipitación media método aritmético

El total de los registros se encuentran en el Anexo A

4.4.2 Polígonos de Thiessen

Este criterio consiste en obtener el área de influencia de cada estación empleando polígonos y luego se calcula la lluvia media como un promedio ponderado, para realizar el método se necesita lo siguiente:

- 1- Unir mediante líneas rectas en una proyección en planta de la cuenca las estaciones más próximas entre sí, con ello se construyen triángulos en cuyos vértices se ubican las estaciones pluviométricas o pluviográficas
- 2- Trazar las mediatrices a los lados de los triángulos. Por geometría, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un punto único
- 3- Cada estación pluviográfica o pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas trazadas en el paso anterior y en algunos casos, por el parteaguas de la cuenca, que forman los llamados polígonos de Thiessen. El área encerrada por ellos se conoce como el área de influencia de las estaciones correspondientes
- 4- La precipitación media se calcula como el promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como factor de peso el área de influencia:

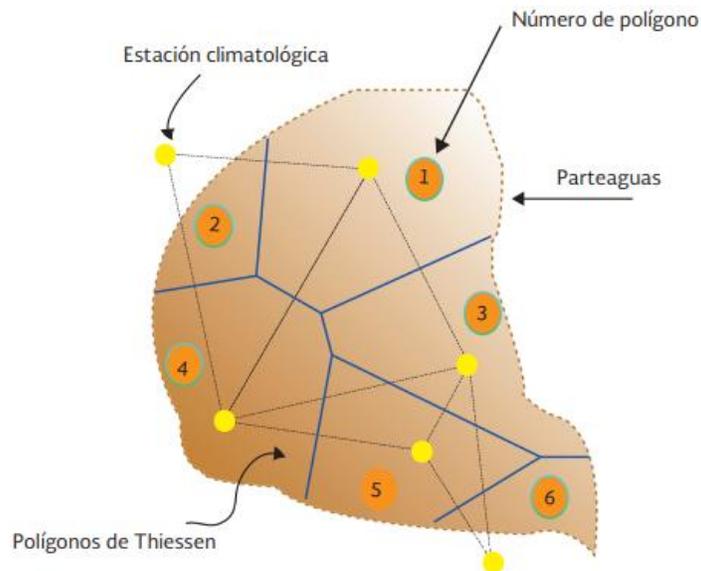


Figura 30. Descripción de la aplicación del método de los polígonos de Thiessen
Fuente: Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento

La precipitación se calcula con la siguiente ecuación:

$$\bar{P}_T = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_{ei} P_i$$

Donde:

$\overline{P_T}$ = Altura de precipitación media

A_T = Área total de la cuenca (Km²)

n = Número de estaciones

A_{ei} = Área de influencia de la estación

P_i = Altura de precipitación registrada en la estación i (mm)

Para la cuenca del río Balsas se realizaron los polígonos con ayuda del programa QGIS

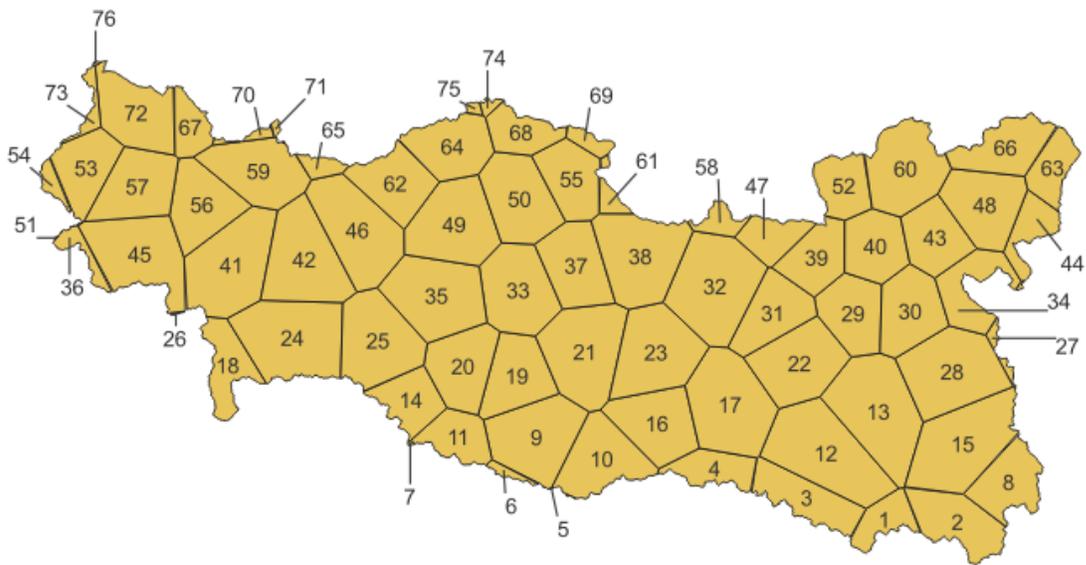


Figura 31. Polígonos de Thiessen de la cuenca del Río Balsas

Para la cuenca del río Balsas se generan 76 polígonos de Thiessen, es decir se generan 27 gracias a estaciones que se encuentran fuera del parteaguas.

#	Clave	Nombre de la estación	Precipitación (mm)	Área (km ²)	PP.
1	12231	RANCHO VIEJO - OPERANDO	200	874.708	174941.6
2	20302	SAN ANDRES CHICAHUAXTLA - OPERANDO	116	1767.141	204988.356
3	12228	ESCALERILLA LA LAGUNA - OPERANDO	97	1604.476	155634.172
4	12260	MOCHITLAN - OPERANDO	144.2	1030.187	148552.9654
5	12086	TEPETIXTLA - OPERANDO	285	5.985	1705.725
6	12009	ARROYO FRIO - OPERANDO	237	145.396	34458.852
7	12017	CASAS VIEJAS - OPERANDO	280	9.005	2521.4
8	20103	SAN ANDRES LAGUNAS - OPERANDO	112.7	1514.597	170695.0819
9	12083	TEHUEHUETLA - OPERANDO	221.5	2487.972	551085.798
10	12204	YEXTLA - OPERANDO	84.4	2011.91	169805.204
11	12140	SAN ANTONIO TEJAS - OPERANDO	320	1144.385	366203.2
12	12185	CUALAC - OPERANDO	133	3218.825	428103.725
13	21115	SAN CRISTOBAL TULCINGO - OPERANDO	66.4	3184.685	211463.084
14	12027	CUNDANCITO - OPERANDO	233	1247.098	290573.834
15	20298	HUAJUAPAN DE LEON (OBS) - OPERANDO	85.9	2966.689	254838.5851
16	12118	MEZCALA - OPERANDO	163	2004.797	326781.911
17	12249	TULIMAN - OPERANDO	356.2	2924.705	1041779.921
18	16227	LAZARO CARDENAS - OPERANDO	330	1244.434	410663.22
19	12138	AJOCHITLAN - OPERANDO	118.4	1774.146	210058.8864
20	12082	TARETARO - OPERANDO	106	1856.866	196827.796
21	12001	ACAPETLAHUAYA - OPERANDO	201.8	2758.001	556564.6018
22	21050	JOLALPAN - OPERANDO	160	2300.893	368142.88
23	12164	E.T.A. 274 COCULA - OPERANDO	158	2549.086	402755.588
24	12021	COAHUAYUTLA - OPERANDO	243.5	3016.188	734441.778
25	12113	GUAYAMEO - OPERANDO	150	2479.648	371947.2
26	16239	MEXCALHUACAN - OPERANDO	300	9.593	2877.9
27	21083	TEHUACAN - OPERANDO	120	171.522	20582.64
28	21176	TONAHUIXTLA - OPERANDO	120	2793.892	335267.04
29	21132	IZUCAR DE MATAMOROS (SMN) - OPERANDO	210	1667.607	350197.47
30	21230	SAN JUAN COATZINGO - OPERANDO	123.6	1829.611	226139.9196
31	17057	EL LIMON - OPERANDO	120.5	1652.675	199147.3375
32	17077	XOXOCOTLA - OPERANDO	96	3082.776	295946.496
33	15327	MATUZ -ANTES CORRAL VIEJO - OPERANDO	110.7	2287.934	253274.2938
34	21102	XOCHITLAN TODOS SANTOS - OPERANDO	84	1371.82	115232.88
35	16051	HUETAMO - OPERANDO	119.5	2651.26	316825.57
36	16154	COALCOMAN (SMN) - OPERANDO	180	373.743	67273.74
37	15356	JALPA - OPERANDO	90.5	1903.518	172268.379
38	15255	IXTLAHUACA VILLADA E-30 - OPERANDO	74	2688.794	198970.756
39	17046	HUEYAPAN E-4 - OPERANDO	106	1406.385	149076.81
40	21235	SAN ISIDRO HUILOTEPEC - OPERANDO	77	1561.673	120248.821
41	16026	CUATRO CAMINOS - OPERANDO	110	2857.549	314330.39
42	16047	EL ZAPOTE - OPERANDO	133.5	2651.443	353967.6405
43	21243	CEMEX - OPERANDO	88	1523.681	134083.928
44	21073	SAN ISIDRO CANOAS ALTAS - OPERANDO	164	873.685	143284.34
45	16158	EL CAJON - OPERANDO	175.5	2587.09	454034.295
46	16230	LAS CRUCES - OPERANDO	128	2694.958	344954.624
47	15039	JUCHITEPEC - OPERANDO	122.1	920.548	112398.9108
48	21100	VISTA HERMOSA - OPERANDO	87.3	2014.89	175899.897

49	16219	SAN PEDRO - OPERANDO	114.8	2496.834	286636.5432
50	16122	SUSUPUATO DE GUERRERO - OPERANDO	163	2167.562	353312.606
51	14112	PRESA TROJES - OPERANDO	99	3.881	384.219
52	21096	SANTA RITA TLAHUAPAN - OPERANDO	122.5	1190.494	145835.515
53	14348	JILOTLAN - OPERANDO	225	1549.61	348662.25
54	14336	EL GUAYABO - OPERANDO	143.4	254.661	36518.3874
55	15140	PRESA CHILESDO - OPERANDO	160	1562.319	249971.04
56	16085	PARACUARO - OPERANDO	145.7	1827.527	266270.6839
57	16261	CHILATAN - OPERANDO	96	1914.318	183774.528
58	9014	COLONIA SANTA URSULA COAPA - OPERANDO	93	425.292	39552.156
59	16178	E.N.G.F. URUAPAN - OPERANDO	132	2130.039	281165.148
60	29166	SAN SIMON - OPERANDO	78.1	2303.979	179940.7599
61	15282	TRES BARRANCAS - OPERANDO	90.5	296.064	26793.792
62	16109	SAN DIEGO CURUPATZEO - OPERANDO	154	1676.617	258199.018
63	21067	QUIMIXTLAN - OPERANDO	190.9	955.495	182403.9955
64	16136	TZITZIO - OPERANDO	110.5	1734.729	191687.5545
65	16118	SANTA FE - OPERANDO	125.6	311.645	39142.612
66	21029	COLONIA TEMEXTLA - OPERANDO	84	1610.831	135309.804
67	16251	PATAMBAN - OPERANDO	130.9	778.116	101855.3844
68	16121	SENGUIO - OPERANDO	200	1034.446	206889.2
69	15076	PRESA TEPETITLAN - OPERANDO	73	305.937	22333.401
70	16253	TANACO - OPERANDO	107.5	133.491	14350.2825
71	16142	ZACAPU (DGE) - OPERANDO	87	42.073	3660.351
72	16043	EL PUERTO - OPERANDO	160	1974.172	315867.52
73	14034	CONTLA - OPERANDO	131.8	284.98	37560.364
74	16199	SAN MIGUEL CURINHUATO - OPERANDO	101	94.162	9510.362
75	16052	HUINGO - OPERANDO	94	67.017	6299.598
76	14379	MEZCALA - OPERANDO	100.3	8.509	853.4527
				116833.27	16566559.97
Precipitación media					141.7965959

Tabla 3. Precipitación media método polígonos de Thiessen

4.4.3 Método de Isoyetas

El método de Isoyetas se realiza trazando sobre una proyección en planta de la cuenca donde se ubiquen las estaciones y los valores de lluvia registrados en cada estación, las líneas que unen puntos de igual altura de precipitación, se les llama Isoyetas, para realizar el método el procedimiento es el siguiente:

- 1- Establecer las ubicaciones de todas las estaciones climatológicas de influencia en la cuenca y definir la precipitación media en la misma
- 2- Realizar una triangulación, mediante líneas rectas que unan todas las estaciones
- 3- Suponiendo que la distribución de la lluvia, es uniforme, cada línea trazada se debe dividir entre la diferencia de precipitaciones de estaciones que une, esto se debe realizar para todas las líneas
- 4- Por medio de líneas curvas, se deben conectar todos los puntos con el mismo valor de precipitación
- 5- Para calcular la precipitación media se consideran como factor de peso al área entre dos Isoyetas, el valor medio entre ambas Isoyetas y el parteaguas de la cuenca. De esta forma:

$$\overline{P}_{IS} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_{isi} \overline{P}_{ISi}$$

Donde:

\overline{P}_{IS} = Altura de precipitación media

A_T = Área total de la cuenca (Km²)

n = Número de estaciones

A_{isi} = Área entre dos Isoyetas (km²)

\overline{P}_{ISi} = Precipitación media entre dos Isoyetas i (mm)



Figura 32. Ráster de la altura de lluvia

Para la cuenca del río Balsas se utilizaron las estaciones activas de los estados de Morelos, Tlaxcala, Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco, con estas estaciones y el software QGIS se va a crear una superficie de altura de lluvia.

Una vez creada la superficie se extraen las Isoyetas, para este caso se realizaron a cada 70 mm de lluvia

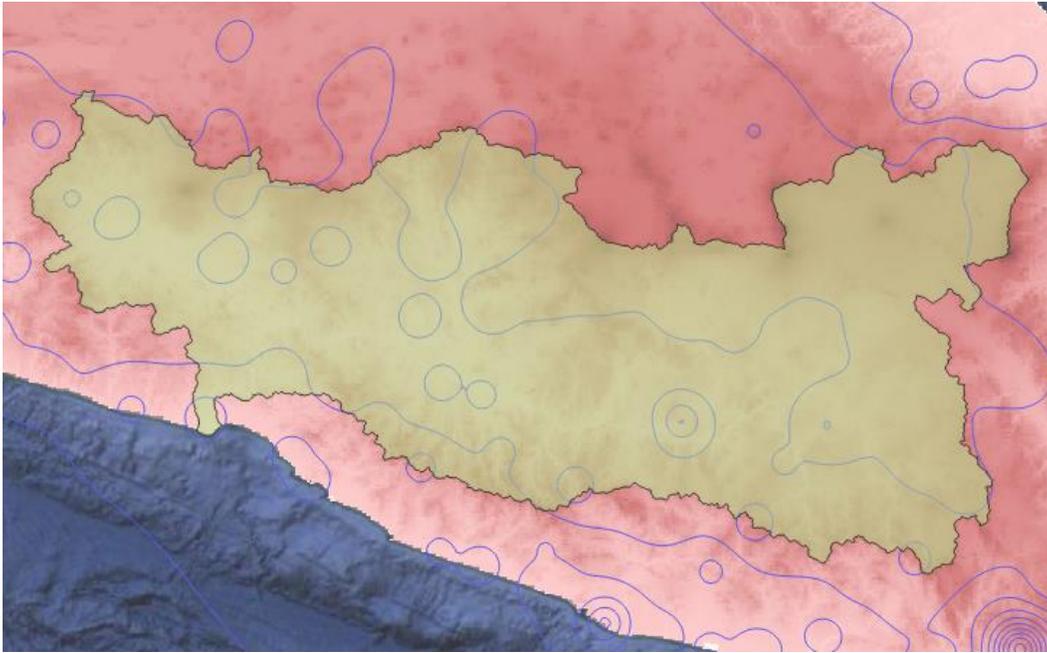


Figura 33. Isoyetas de lluvia en la cuenca del Río Balsas

Se clasifican las áreas por elevación y se suman las áreas para obtener la precipitación media

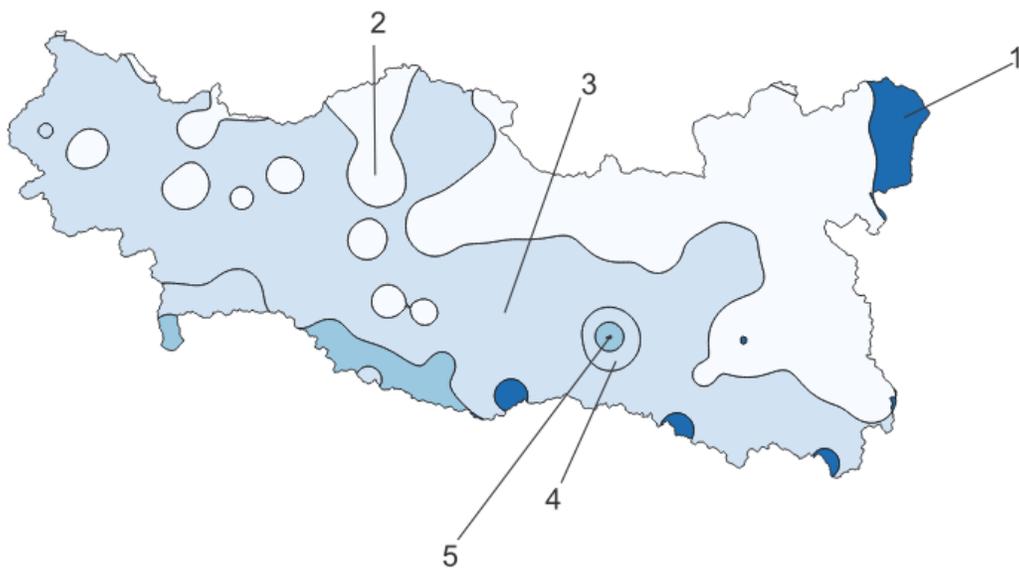


Figura 34. Isoyetas de lluvia en la cuenca del Río Balsas

# Isoyetas	Precipitación	Área (km ²)	PP.
1	70	3196.819	223777.33
2	140	43152.943	6041412.02
3	210	67072.027	14085125.67
4	280	3439.209	962978.52
5	350	4.628	1619.8
		116865.626	21314913.34
Precipitación media			182.3882186

Tabla 4. Precipitación media método de Isoyetas

4.5 Curva Masa media

La precipitación media, es el promedio aritmético de los valores de precipitación acumulados en un tiempo determinado, los métodos usados para conocer la precipitación media de la cuenca se usan para para conocer la altura total de precipitación que se produce en una cuenca durante una tormenta, cuando queremos conocer la variación del tiempo de la precipitación media se necesita realizar una curva masa media de precipitación,

Para realizar esta curva se utiliza el método aritmético o el método de polígonos de Thiessen, se obtienen las alturas de precipitación acumuladas para cada estación y diferentes tiempos, con ayuda de estos registros se puede realizar la caracterización de la lluvia en cada estación, si desea conocer la variación en el tiempo de la precipitación media en la cuenca es necesario determinar una curva que represente todas las curvas masas generadas por los distintos pluviógrafos del área de influencia, Existen diversos métodos de para obtener esta curva estos dependen de la disponibilidad de los datos de las estaciones,

El método se realizara multiplicando los valores de la altura de lluvia por su respectiva área de influencia la sumatoria de estos valores se divide entre el área total de la cuenca el resultado será el valor medio de la precipitación en cada tiempo determinado, se representa con la siguiente ecuación:

$$\bar{P}_t = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ti} A_{ei}}{\sum_{i=1}^n A_{ei}}$$

Donde:

\bar{P}_t = Altura de precipitación media en tiempo t (mm)

P_{ti} = Altura de precipitación en la estación i para el tiempo t (mm)

A_{ei} = Área de influencia de la estación i (Km²)

n = Número de estaciones

Hr	Hp (mm)
1	12.141
2	22.572
3	33.585
4	44.859
5	56.207
6	67.838
7	78.673
8	90.270
9	102.686
10	113.152
11	128.180
12	141.847

Tabla 5. Curva masa

Para la aplicación de este método se utilizaran 76 estaciones que cuentan con áreas de influencia dentro de la cuenca

Por la extensión de la tabla se mostraran los resultados de la curva masa media ajustada

El resultado obtenido puede ajustarse si se cuenta con los resultados de la precipitación media por el método de las Isoyetas y el método de los polígonos de Thiessen. Para ello se obtiene un factor de ajuste que es igual al cociente de la precipitación media calculada con el método de los polígonos de Thiessen y la calculada con el método de Isoyetas:

$$F = \frac{\overline{P}_{IS}}{\overline{P}_T}$$

Donde:

F = Factor de ajuste (adimensional)

\overline{P}_{IS} = Altura de precipitación media en la cuenca por el método de Isoyetas (mm)

\overline{P}_T = Altura de precipitación media en la cuenca por los polígonos de Thiessen (mm)

Para la cuenca del río balsas

$$F = \frac{182.39}{141.79}$$

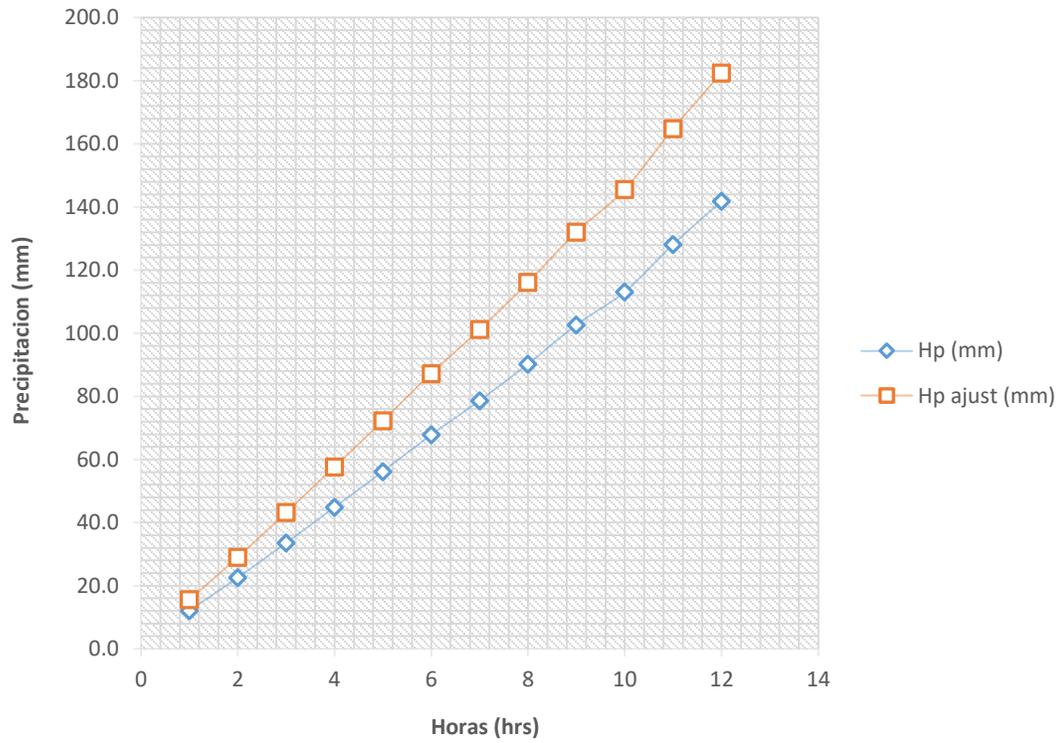
$$F = 1.286$$

Por último, cada ordenada de la curva masa media se multiplica por el factor anterior y el resultado se conoce como curva masa media ajustada.

Hr	Hp (mm)	Hp ajustada (mm)
1	12.141	15.617
2	22.572	29.034
3	33.585	43.201
4	44.859	57.704
5	56.207	72.301
6	67.838	87.262
7	78.673	101.200
8	90.270	116.118
9	102.686	132.088
10	113.152	145.552
11	128.180	164.882
12	141.847	182.463

Tabla 6. Curva masa ajustada

Se grafican los resultados de ambas curvas



Grafica 1. Curva masa y curva masa ajustada

4.6 Curvas altura de precipitación-duración-área (P-d-A)

En los estudios hidrológicos es muy importante conocer las variaciones de la precipitación que se tienen con respecto al área de estudio. Para esto es necesario conocer los registros históricos de las precipitaciones de las estaciones dentro de la cuenca o cerca de ella.

El análisis de la información para diferentes tormentas permite calcular las láminas de precipitación con respecto al área de distribución para diferentes duraciones.

El procedimiento para realizar el cálculo es el siguiente

- 1- Realizar las curvas masa de todas las estaciones que cuentan con pluviógrafo
- 2- Trazar los polígonos de Thiessen para las estaciones pluviográficas
- 3- Trazar las Isoyetas correspondientes a la altura de precipitación total, medida tanto con estaciones pluviográficas como pluviométricas
- 4- Calcular el área encerrada entre dos isoyetas consecutivas y el parteaguas de la cuenca, así como la precipitación media en esa área. Para las isoyetas próximas al parteaguas, el área será la encerrada entre la isoyeta y el parteaguas
- 5- Superponer el plano de isoyetas al de los polígonos de Thiessen incisos c) y b), respectivamente y calcular la porción del área de influencia de cada estación pluviográfica localizada entre cada dos isoyetas
- 6- Determinar la curva masa media correspondiente al área por cada isoyeta y el parteaguas, iniciando con la de mayor precipitación, como si ésta fuera una cuenca
- 7- Seleccionar diferentes duraciones que en, general, pueden ser múltiplos de 6 horas, aunque este intervalo puede variar en función del área de la cuenca

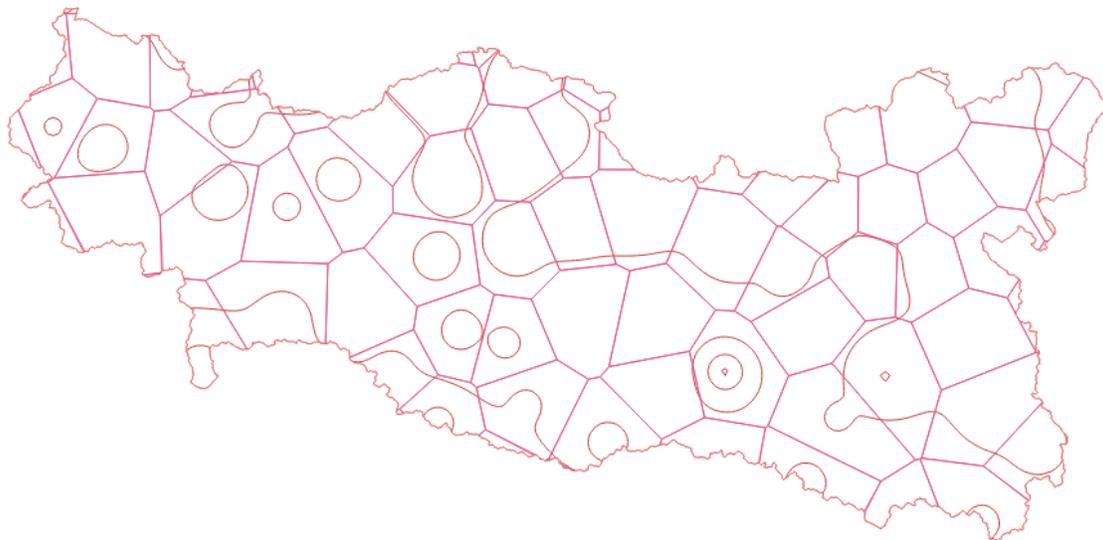


Figura 35. Superposición del plano de las Isoyetas y los polígonos de Thiessen

4.4.1 Isoyeta 280 mm

La isoyeta de 350 mm pertenecía al área de un polígono de Thiessen y esta se incluye en la isoyeta de 280 mm

Polígonos de Thiessen para la Isoyeta de 280 mm de precipitación

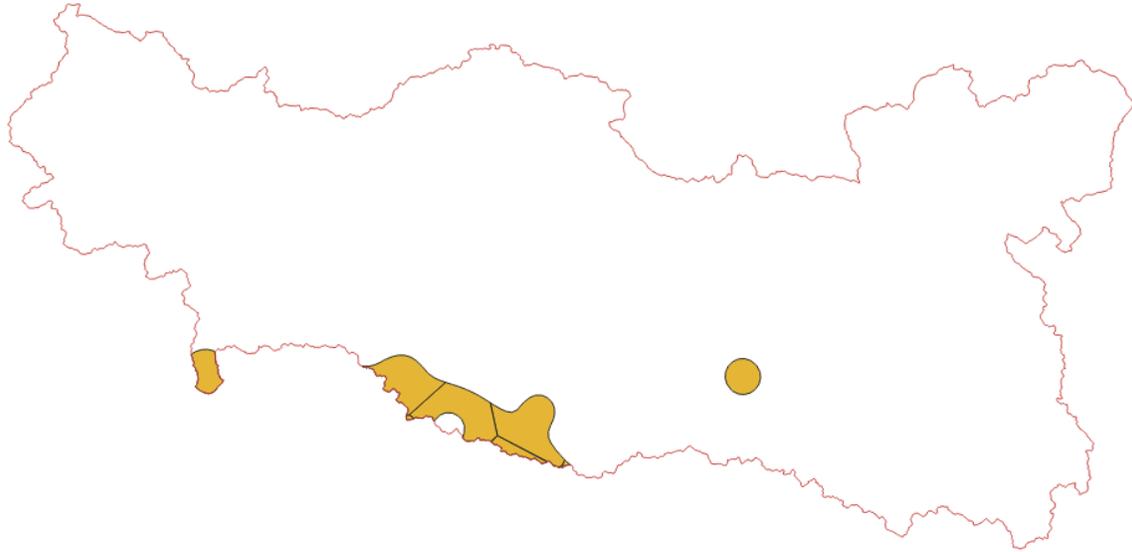


Figura 36. Polígonos de Thiessen de la Isoyeta de 280 mm

Se obtienen 9 polígonos

El área total de la isoyeta de 280 mm es de 3443.83

#	Clave	Nombre de la estación	Precipitación	Área	PP.
1	12086	TEPETIXTLA - OPERANDO	285	1.981	564.585
2	12009	ARROYO FRIO - OPERANDO	237	145.396	34458.852
3	12017	CASAS VIEJAS - OPERANDO	280	9.005	2521.4
4	12083	TEHUEHUETLA - OPERANDO	221.5	970.573	214981.92
5	12204	YEXTLA - OPERANDO	84.4	8.045	678.998
6	12140	SAN ANTONIO TEJAS - OPERANDO	320	887.8	284096
7	12027	CUNDANCITO - OPERANDO	233	755.994	176146.602
8	16227	LAZARO CARDENAS - OPERANDO	330	324.431	107062.23
9	12249	TULIMAN - OPERANDO	356.2	340.612	121325.994
				3443.837	941836.581
Precipitación media					273.484657

Tabla 7. Precipitación media método polígonos de Thiessen para la Isoyeta de 280 mm

Isoyeta de 280 mm

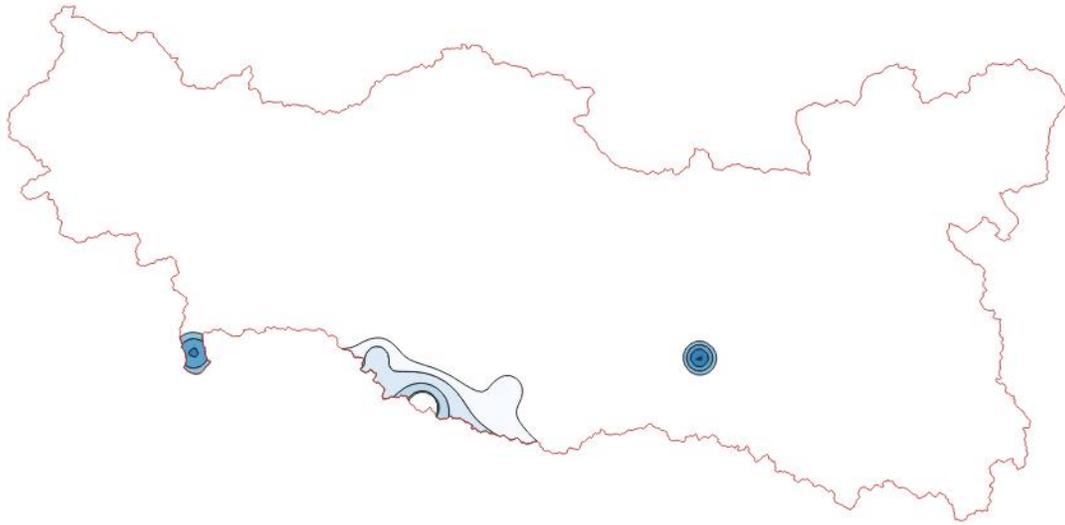


Figura 37. Isoyeta de 280 mm

Con ayuda de la misma superficie de lluvia que se usó para las Isoyetas de la precipitación media de la cuenca, se realizan Isoyetas cada 25 mm de precipitación

Isoyeta	Precipitación	Área	PP.
1	200	1582.95	316590
2	225	932.137	209730.825
3	250	233.611	58402.75
4	275	269.226	74037.15
5	300	308.879	92663.7
6	325	112.406	36531.95
7	350	4.628	1619.8
		3443.837	789576.175
Precipitación media			229.272226

Tabla 8. Precipitación media método de isoyetas para la Isoyeta de 280 mm

Se obtiene el factor de ajuste para la sección de la Isoyeta de 280 mm

$$F = \frac{229.27}{273.48}$$

$$F = 0.83$$

Hr	Hp (mm)	Hp ajustada (mm)	Incremento
1	18.600	15.593	15.593
2	35.810	30.021	14.428
3	52.749	44.222	14.201
4	72.881	61.099	16.877
5	97.617	81.836	20.738
6	125.646	105.334	23.497
7	147.840	123.940	18.606
8	171.989	144.185	20.245
9	196.820	165.001	20.816
10	219.444	183.968	18.967
11	245.172	205.537	21.569
12	273.485	229.272	23.735

Tabla 9. Curva masa, Curva ajustada e incremento para la Isoyeta de 280 mm

4.4.2 Isoyeta 210 mm

Polígonos de Thiessen para la Isoyeta de 210 mm de precipitación

Se obtienen 58 polígonos

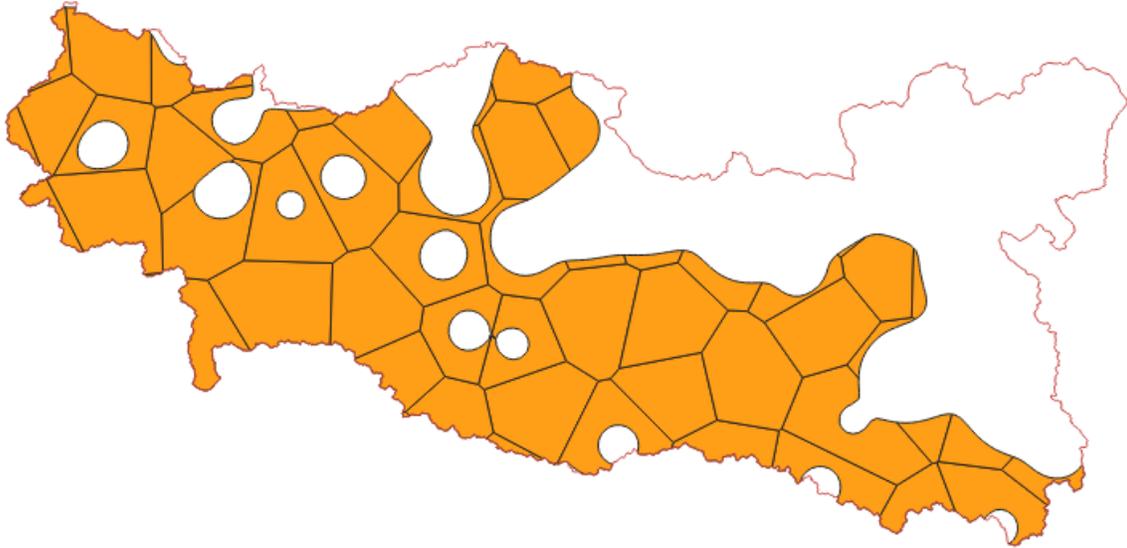


Figura 38. Polígonos de Thiessen de la Isoyeta de 210 mm

El área total de las Isoyeta de 210 mm es de 70515.863 km²

#	Clave	Nombre de la estación	Precipitación	Área	PP.
1	12231	RANCHO VIEJO - OPERANDO	200	874.708	174941.600
2	20302	SAN ANDRES CHICAHUAXTLA - OPERANDO	116	1598.509	185427.044
3	12228	ESCALERILLA LA LAGUNA - OPERANDO	97	1359.891	131909.427
4	12260	MOCHITLAN - OPERANDO	144.2	1030.187	148552.965
5	12086	TEPETIXTLA - OPERANDO	285	1.981	564.585
6	12009	ARROYO FRIO - OPERANDO	237	145.396	34458.852
7	12017	CASAS VIEJAS - OPERANDO	280	9.005	2521.400
8	20103	SAN ANDRES LAGUNAS - OPERANDO	112.7	458.115	51629.561
9	12083	TEHUEHUETLA - OPERANDO	221.5	2487.972	551085.798
10	12204	YEXTLA - OPERANDO	84.4	1619.194	136659.974
11	12140	SAN ANTONIO TEJAS - OPERANDO	320	1144.385	366203.200
12	12185	CUALAC - OPERANDO	133	2750.725	365846.425
13	21115	SAN CRISTOBAL TULCINGO - OPERANDO	66.4	720.193	47820.815

14	12027	CUNDANCITO - OPERANDO	233	1247.098	290573.834
15	20298	HUAJUAPAN DE LEON (OBS) - OPERANDO	85.9	716.633	61558.775
16	12118	MEZCALA - OPERANDO	163	2004.797	326781.911
17	12249	TULIMAN - OPERANDO	356.2	2924.705	1041779.921
18	16227	LAZARO CARDENAS - OPERANDO	330	1244.434	410663.220
19	12138	AJOCHITLAN - OPERANDO	118.4	1491.363	176577.379
20	12082	TARETARO - OPERANDO	106	1406.522	149091.332
21	12001	ACAPETLAHUAYA - OPERANDO	201.8	2758.001	556564.602
22	21050	JOLALPAN - OPERANDO	160	2300.893	368142.880
23	12164	E.T.A. 274 COCULA - OPERANDO	158	2549.086	402755.588
24	12021	COAHUAYUTLA - OPERANDO	243.5	3016.188	734441.778
25	12113	GUAYAMEO - OPERANDO	150	2479.648	371947.200
26	16239	MEXCALHUACAN - OPERANDO	300	9.593	2877.900
27	21132	IZUCAR DE MATAMOROS (SMN) - OPERANDO	210	1639.757	344348.970
28	21230	SAN JUAN COATZINGO - OPERANDO	123.6	222.421	27491.236
29	17057	EL LIMON - OPERANDO	120.5	574.956	69282.198
30	17077	XOXOCOTLA - OPERANDO	96	689.706	66211.776
31	15327	MATUZ -ANTES CORRAL VIEJO - OPERANDO	110.7	900.601	99696.531
32	16051	HUETAMO - OPERANDO	119.5	2016.767	241003.657
33	16154	COALCOMAN (SMN) - OPERANDO	180	373.743	67273.740
34	15356	JALPA - OPERANDO	90.5	179.838	16275.339
35	15255	IXTLAHUACA VILLADA E-30 - OPERANDO	74	241.7	17885.800
36	17046	HUEYAPAN E-4 - OPERANDO	106	28.374	3007.644
37	16026	CUATRO CAMINOS - OPERANDO	110	2077.97	228576.700
38	16047	EL ZAPOTE - OPERANDO	133.5	2443.251	326174.009
39	16158	EL CAJON - OPERANDO	175.5	2587.09	454034.295
40	16230	LAS CRUCES - OPERANDO	128	2160.639	276561.792
41	16219	SAN PEDRO - OPERANDO	114.8	832.561	95578.003
42	16122	SUSUPUATO DE GUERRERO - OPERANDO	163	2090.26	340712.380
43	14112	PRESA TROJES - OPERANDO	99	3.881	384.219
44	14348	JILOTLAN - OPERANDO	225	1549.61	348662.250
45	14336	EL GUAYABO - OPERANDO	143.4	254.661	36518.387
46	15140	PRESA CHILESDO - OPERANDO	160	1032.494	165199.040
47	16085	PARACUARO - OPERANDO	145.7	1769.555	257824.164
48	16261	CHILATAN - OPERANDO	96	1258.668	120832.128
49	16178	E.N.G.F. URUAPAN - OPERANDO	132	1353.301	178635.732
50	16109	SAN DIEGO CURUPATZEO - OPERANDO	154	1600.898	246538.292
51	16136	TZITZIO - OPERANDO	110.5	90.314	9979.697
52	16118	SANTA FE - OPERANDO	125.6	249.593	31348.881
53	16251	PATAMBAN - OPERANDO	130.9	627.021	82077.049
54	16121	SENGUIO - OPERANDO	200	960.999	192199.800
55	16253	TANACO - OPERANDO	107.5	112.036	12043.870
56	16043	EL PUERTO - OPERANDO	160	1959.058	313449.280

57	14034	CONTLA - OPERANDO	131.8	284.89	37548.502
58	14379	MEZCALA - OPERANDO	100.3	0.028	2.808
				70515.863	11798736.133
Precipitación media					167.320

Tabla 10. Precipitación media método polígonos de Thiessen para la Isoyeta de 210 mm

Isoyeta de 210 mm

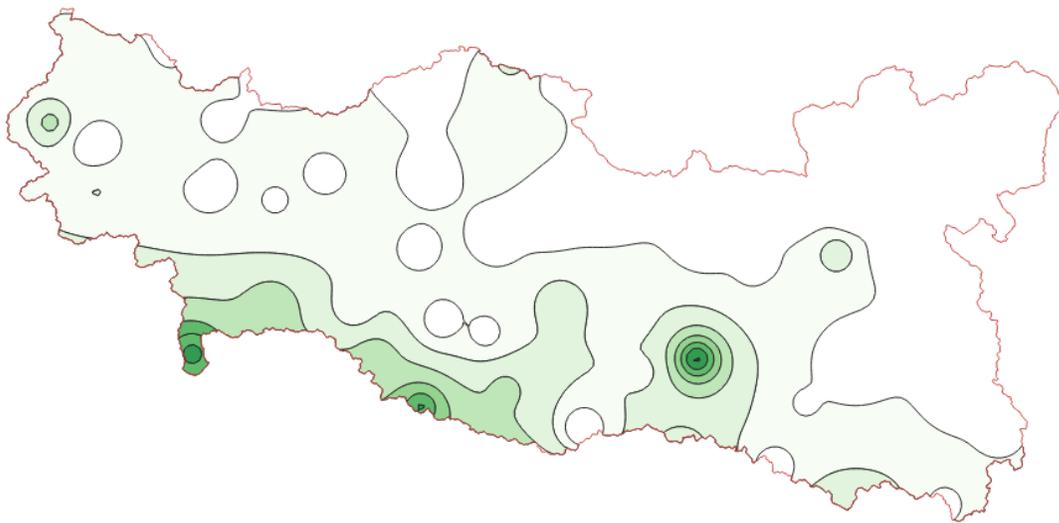


Figura 39. Isoyeta de 210 mm

Con ayuda de la misma superficie de lluvia que se usó para las Isoyetas de la precipitación media de la cuenca, se realizan Isoyetas cada 35 mm de precipitación

Isoyeta	Precipitación	Área	PP.
1	140	50359.483	7050327.620
2	175	13463.549	2356121.075
3	210	5005.713	1051199.730
4	245	701.729	171923.605
5	280	735.039	205810.920
6	315	247.225	77875.875
7	350	4.628	1619.800
		70517.366	10914878.625
Precipitación media			154.783

Tabla 11. Precipitación media método de Isoyetas para la Isoyeta de 210 mm

Se obtiene el factor de ajuste para la sección de la Isoyeta de 210 mm

$$F = \frac{154.78}{167.32}$$

$$F = 0.92$$

Hr	Hp (mm)	Hp ajustada (mm)	Incremento
1	14.311	13.239	13.239
2	26.584	24.592	11.353
3	39.589	36.623	12.031
4	52.580	48.640	12.017
5	65.685	60.764	12.124
6	79.297	73.355	12.592
7	92.334	85.415	12.060
8	105.657	97.740	12.325
9	120.484	111.456	13.716
10	132.651	122.711	11.255
11	150.979	139.666	16.955
12	167.320	154.783	15.117

Tabla 12. Curva masa, Curva ajustada e incremento para la Isoyeta de 210 mm

4.4.3 Isoyeta 140 mm

Polígonos de Thiessen para la Isoyeta de 140 mm de precipitación

Se obtienen 75 polígonos

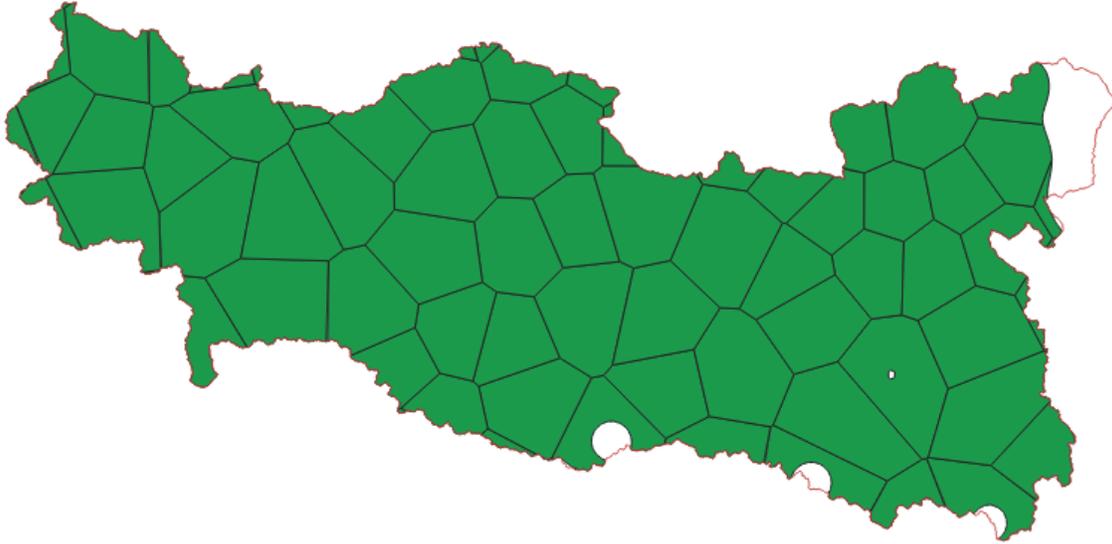


Figura 40. Polígonos de Thiessen de la Isoyeta de 140 mm

El área total de las Isoyeta de 140 mm es de 113668.805 km²

#	Clave	Nombre de la estación	Precipitación	Área	PP.
1	12231	RANCHO VIEJO - OPERANDO	200	874.708	174941.6
2	20302	SAN ANDRES CHICAHUAXTLA - OPERANDO	116	1598.509	185427.044
3	12228	ESCALERILLA LA LAGUNA - OPERANDO	97	1359.891	131909.427
4	12260	MOCHITLAN - OPERANDO	144.2	1030.187	148552.9654
5	12086	TEPETIXTLA - OPERANDO	285	1.981	564.585
6	12009	ARROYO FRIO - OPERANDO	237	145.396	34458.852
7	12017	CASAS VIEJAS - OPERANDO	280	9.005	2521.4
8	20103	SAN ANDRES LAGUNAS - OPERANDO	112.7	1512.242	170429.6734
9	12083	TEHUEHUETLA - OPERANDO	221.5	2487.972	551085.798
10	12204	YEXTLA - OPERANDO	84.4	1619.194	136659.9736
11	12140	SAN ANTONIO TEJAS - OPERANDO	320	1144.385	366203.2
12	12185	CUALAC - OPERANDO	133	3218.825	428103.725
13	21115	SAN CRISTOBAL TULCINGO - OPERANDO	66.4	3168.581	210393.7784
14	12027	CUNDANCITO - OPERANDO	233	1247.098	290573.834

15	20298	HUAJUAPAN DE LEON (OBS) - OPERANDO	85.9	2966.689	254838.5851
16	12118	MEZCALA - OPERANDO	163	2004.797	326781.911
17	12249	TULIMAN - OPERANDO	356.2	2924.705	1041779.921
18	16227	LAZARO CARDENAS - OPERANDO	330	1244.434	410663.22
19	12138	AJOCHITLAN - OPERANDO	118.4	1774.146	210058.8864
20	12082	TARETARO - OPERANDO	106	1856.866	196827.796
21	12001	ACAPETLAHUAYA - OPERANDO	201.8	2758.001	556564.6018
22	21050	JOLALPAN - OPERANDO	160	2300.893	368142.88
23	12164	E.T.A. 274 COCULA - OPERANDO	158	2549.086	402755.588
24	12021	COAHUAYUTLA - OPERANDO	243.5	3016.188	734441.778
25	12113	GUAYAMEO - OPERANDO	150	2479.648	371947.2
26	16239	MEXCALHUACAN - OPERANDO	300	9.593	2877.9
27	21083	TEHUACAN - OPERANDO	120	171.522	20582.64
28	21176	TONAHUIXTLA - OPERANDO	120	2793.892	335267.04
29	21132	IZUCAR DE MATAMOROS (SMN) - OPERANDO	210	1667.607	350197.47
30	21230	SAN JUAN COATZINGO - OPERANDO	123.6	1829.611	226139.9196
31	17057	EL LIMON - OPERANDO	120.5	1652.675	199147.3375
32	17077	XOXOCOTLA - OPERANDO	96	3082.776	295946.496
33	15327	MATUZ -ANTES CORRAL VIEJO - OPERANDO	110.7	2287.934	253274.2938
34	21102	XOCHITLAN TODOS SANTOS - OPERANDO	84	1371.82	115232.88
35	16051	HUETAMO - OPERANDO	119.5	2651.26	316825.57
36	16154	COALCOMAN (SMN) - OPERANDO	180	373.743	67273.74
37	15356	JALPA - OPERANDO	90.5	1903.518	172268.379
38	15255	IXTLAHUACA VILLADA E-30 - OPERANDO	74	2688.794	198970.756
39	17046	HUEYAPAN E-4 - OPERANDO	106	1406.385	149076.81
40	21235	SAN ISIDRO HUILOTEPEC - OPERANDO	77	1561.673	120248.821
41	16026	CUATRO CAMINOS - OPERANDO	110	2857.549	314330.39
42	16047	EL ZAPOTE - OPERANDO	133.5	2651.443	353967.6405
43	21243	CEMEX - OPERANDO	88	1523.681	134083.928
44	21073	SAN ISIDRO CANOAS ALTAS - OPERANDO	164	241.265	39567.46
45	16158	EL CAJON - OPERANDO	175.5	2587.09	454034.295
46	16230	LAS CRUCES - OPERANDO	128	2694.958	344954.624
47	15039	JUCHITEPEC - OPERANDO	122.1	920.548	112398.9108
48	21100	VISTA HERMOSA - OPERANDO	87.3	1916.689	167326.9497
49	16219	SAN PEDRO - OPERANDO	114.8	2496.834	286636.5432
50	16122	SUSUPUATO DE GUERRERO - OPERANDO	163	2167.562	353312.606
51	14112	PRESA TROJES - OPERANDO	99	3.881	384.219
52	21096	SANTA RITA TLAHUAPAN - OPERANDO	122.5	1190.494	145835.515
53	14348	JILOTLAN - OPERANDO	225	1549.61	348662.25
54	14336	EL GUAYABO - OPERANDO	143.4	254.661	36518.3874
55	15140	PRESA CHILESDO - OPERANDO	160	1562.319	249971.04
56	16085	PARACUARO - OPERANDO	145.7	1827.527	266270.6839
57	16261	CHILATAN - OPERANDO	96	1914.318	183774.528

58	9014	COLONIA SANTA URSULA COAPA - OPERANDO	132	2130.039	281165.148
59	16178	E.N.G.F. URUAPAN - OPERANDO	78.1	2303.979	179940.7599
60	29166	SAN SIMON - OPERANDO	93	425.292	39552.156
61	15282	TRES BARRANCAS - OPERANDO	90.5	296.064	26793.792
62	16109	SAN DIEGO CURUPATZEO - OPERANDO	154	1676.617	258199.018
63	16136	TZITZIO - OPERANDO	110.5	1734.729	191687.5545
64	16118	SANTA FE - OPERANDO	84	960.878	80713.752
65	21029	COLONIA TEMEXTLA - OPERANDO	125.6	311.645	39142.612
66	16251	PATAMBAN - OPERANDO	130.9	778.116	101855.3844
67	16121	SENGUIO - OPERANDO	200	1034.446	206889.2
68	15076	PRESA TEPETITLAN - OPERANDO	73	305.937	22333.401
69	16253	TANACO - OPERANDO	107.5	133.491	14350.2825
70	16142	ZACAPU (DGE) - OPERANDO	87	42.073	3660.351
71	16043	EL PUERTO - OPERANDO	160	1974.172	315867.52
72	14034	CONTLA - OPERANDO	131.8	284.98	37560.364
73	16199	SAN MIGUEL CURINHUATO - OPERANDO	101	94.162	9510.362
74	16052	HUINGO - OPERANDO	94	67.017	6299.598
75	14379	MEZCALA - OPERANDO	100.3	8.509	853.4527
				113668.81	16138362.95
Precipitación media					141.9770618

Tabla 13. Precipitación media método poligonos de Thiessen para la Isoyeta de 140 mm

Isoyeta de 140 mm

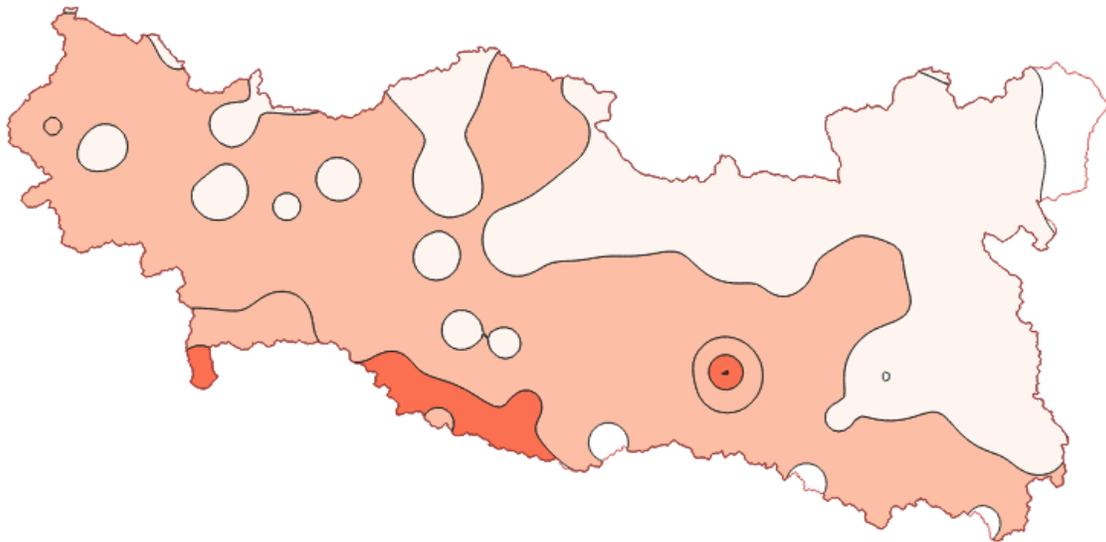


Figura 41. Isoyeta de 140 mm

Con ayuda de la misma superficie de lluvia que se usó para las Isoyetas de la precipitación media de la cuenca, se realizan Isoyetas cada 70 mm de precipitación

Isoyeta	Precipitación	Área	PP.
1	140	43152.943	6041412.02
2	210	67072.027	14085125.67
3	280	3439.209	962978.52
4	350	4.628	1619.8
		113668.807	21091136.01
Calculo de precipitación			185.549

Tabla 14. Precipitación media método de Isoyetas para la Isoyeta de 140 mm

Se obtiene el factor de ajuste para la sección de la Isoyeta de 140 mm

$$F = \frac{185.54}{141.97} = 1.3$$

Hr	Hp (mm)	Hp ajustada (mm)	Incremento
1	12.365	16.160	16.160
2	22.854	29.868	13.708
3	34.025	44.467	14.599
4	45.383	59.310	14.843
5	56.911	74.376	15.066
6	68.699	89.783	15.407
7	79.657	104.103	14.321
8	91.308	119.330	15.226
9	103.911	135.801	16.471
10	114.603	149.774	13.974
11	129.880	169.739	19.965
12	143.748	187.863	18.124

Tabla 15. Curva masa, Curva ajustada e incremento para la Isoyeta de 140 mm

Se utilizaran también los incrementos de la cuenca completa

Hr	Hp (mm)	Hp ajustada (mm)	Incremento
1	12.141	15.617	15.617
2	22.572	29.034	13.417
3	33.585	43.201	14.166
4	44.859	57.704	14.502
5	56.207	72.301	14.597
6	67.838	87.262	14.960
7	78.673	101.200	13.937
8	90.270	116.118	14.917
9	102.686	132.088	15.970
10	113.152	145.552	13.463
11	128.180	164.882	19.330
12	141.847	182.463	17.580

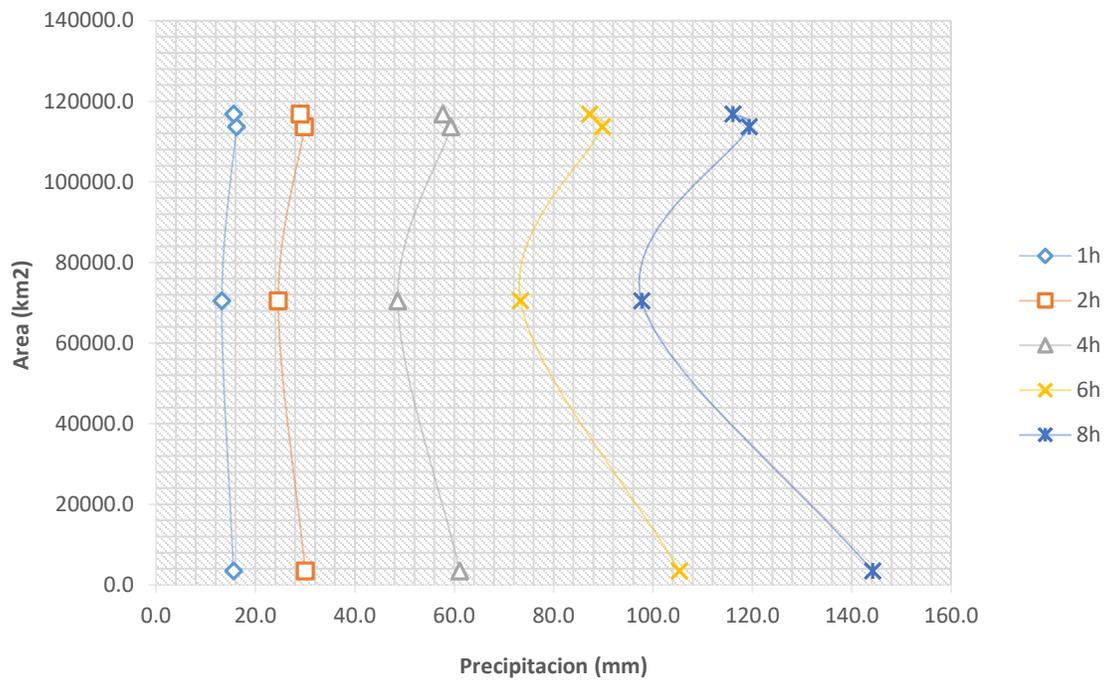
Tabla 16. Curva masa, Curva ajustada e incremento para cuenca completa

Se seleccionan los incrementos de 1h, 2h, 4h, 6h, 8h

Área (km ²)	Incremento máximo (mm)				
	1h	2h	4h	6h	8h
3443.837	15.593	30.021	61.099	105.334	144.185
70517.366	13.239	24.592	48.640	73.355	97.740
113668.805	16.160	29.868	59.310	89.783	119.330
116833.27	15.617	29.034	57.702	87.259	116.113

Tabla 17. Calculo de incrementos máximos

Se grafican los resultados para obtener las Curvas altura de precipitación-duración-área



Grafica 2. Curvas altura de precipitación-duración-área

5- Escurrimiento

El escurrimiento se define como el agua que proviene de la precipitación que circula sobre la superficie terrestre y se desplaza hasta el cauce principal, para finalmente ser drenada para la salida de la cuenca. Este es uno de los procesos más importantes para el aprovechamiento de las aguas superficiales pues la escorrentía es un parámetro importante para conocer la disponibilidad del líquido en las zonas de estudio.

El escurrimiento que llega a la superficie sigue diversos caminos hasta llegar a la salida de la cuenca: escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo.

5.1 Proceso del escurrimiento

El escurrimiento superficial es la parte del flujo que viaja sobre la superficie de corteza terrestre, hasta a los cauces, el escurrimiento subsuperficial, también es llamado flujo subsuperficial o interflujo, este puede ser casi tan rápido como el superficial o tan lento como el subterráneo, dependiendo de la permeabilidad del suelo, es el escurrimiento debido a la porción de la precipitación que se infiltró en el terreno y se mueve lateralmente en el suelo hacia las corrientes.

El escurrimiento subterráneo es el más lento que llega hasta la salida de la cuenca (puede tardar años en llegar), y, en general, difícilmente se le puede relacionar con una tormenta particular, a menos que la cuenca sea muy pequeña y su suelo muy permeable. Debido a que se produce bajo el nivel freático,

De los tipos de escurrimiento, el superficial es el que llega más rápido hasta la salida de la cuenca, por ello está relacionado directamente con una tormenta particular, entonces esta proviene de la precipitación en exceso o efectiva y que constituye el escurrimiento directo.

Cuando llueve sobre un área determinada, se presenta una serie de procesos que posteriormente afecta al escurrimiento y los procesos de infiltración, El primer proceso es la lluvia interceptada, el segundo la lluvia que se infiltra y el tercer proceso es el almacenaje de depresiones, solo una porción de la lluvia que se infiltra es probable que presente escurrimiento.

5.2 Componentes del escurrimiento

La escorrentía total proviene una cuenca, la cual depende de su entorno físico, esta tiene 4 componentes: la precipitación, flujo en los cauces, escurrimiento superficial y escurrimiento subterráneo, no obstante generalmente el escurrimiento se clasifica en escurrimiento directo y escurrimiento base.

Es escurrimiento directo se compone por la precipitación, flujo en los cauces y el escurrimiento superficial. El escurrimiento base está conformado por el escurrimiento subterráneo y el subsuperficial de lento drenaje. Durante una tormenta que produce escurrimiento, la precipitación total puede considerarse como la integración de la precipitación en exceso y pérdida de la tormenta, en la siguiente figura se muestra el desarrollo de la precipitación.

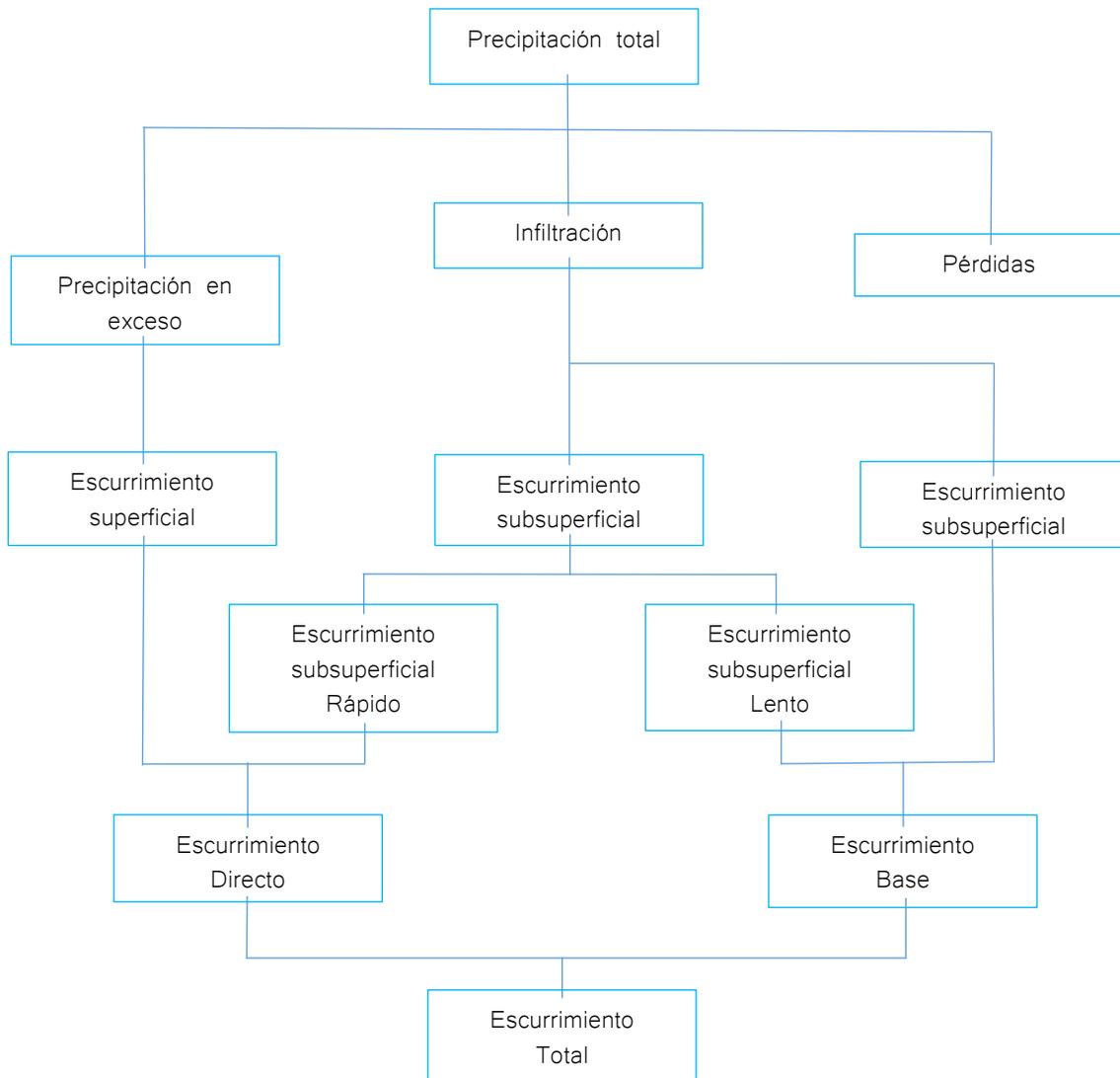


Figura 42. Desarrollo del escurrimiento

5.3 Factores que afectan el escurrimiento

Existen muchos elementos físicos que tienen que ver directamente con el proceso del escurrimiento, estos factores se clasifican en los factores que afectan el volumen y los factores que afectan la distribución en el tiempo del escurrimiento.

5.3.1 Factores que afectan el volumen

Los factores climáticos tienen la influencia más directa para el volumen del escurrimiento pero también los factores fisiográficos engloban las características físicas de la cuenca que de forma indirecta tienen correlación en la forma que se comportan los flujos y las crecientes, como el tipo de suelo que afecta la forma en que el agua se infiltra en el terreno o la altura de la cuenca afecta en el efecto orográfico de la precipitación.

5.3.2 Factores que afectan la distribución en el tiempo del escurrimiento

Los factores meteorológicos afectan tomando en cuenta las diferentes clases que se puede presentar una precipitación estos representan mayor impacto, la intensidad de precipitación origina o no escurrimiento, la duración de la precipitación también puede indicar si existe mucho o poco volumen de escurrimiento, pues las lluvias no muy intensas pero prolongadas reducen la capacidad de infiltración generando mayor escurrimiento.

La distribución de la precipitación también tiene gran impacto en el volumen de precipitación pues resultan diferentes situaciones de uniformidad de lluvia, o si la lluvia ocurre sobre una fracción de la cuenca, para la lluvia uniforme, la lluvia tendrá baja intensidad y favorecerá el aumento de volumen de escurrimiento, para la lluvia en un área pequeña de la cuenca generará mayor escurrimiento superficial.

Dentro de los factores fisiográficos se incluyen las características físicas de la cuenca, la topografía influye en el tamaño, forma, pendiente, altitud, orientación, mientras que la geología en la permeabilidad del terreno este influye en la capacidad de infiltración, la red de drenaje también es un factor para conocer el sentido del flujo y tiene efectos en el escurrimiento.

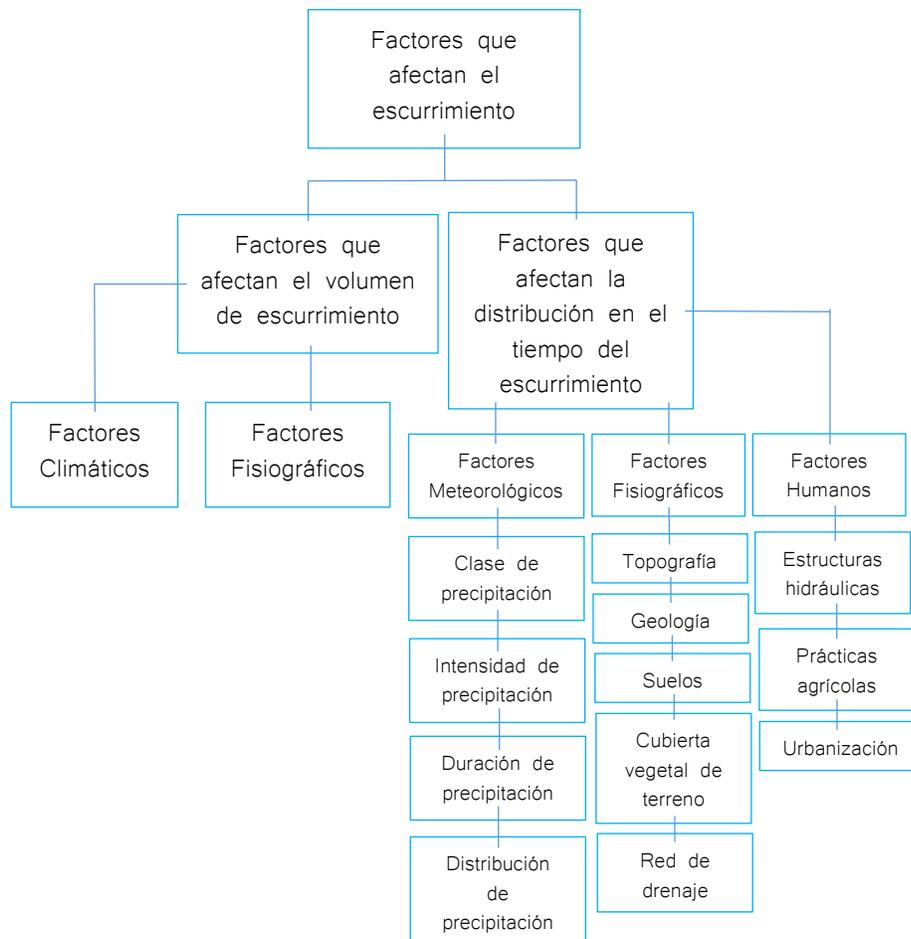


Figura 43. Factores que afectan al escurrimiento

Los factores humanos influyen en el escurrimiento por las obras del hombre, los embalses y las estructuras hidráulicas modifican la respuesta de la cuenca para la lluvia, la urbanización y las prácticas agrícolas reducen la capacidad de infiltración sobre las cuencas pero acelera la escorrenría por los sistemas de drenaje urbano.

5.4 Análisis de hidrograma

Un hidrograma es un gráfico que muestra la variación del gasto con respecto al tiempo, usualmente para una sección transversal. En ella aparecen los valores máximos como “picos”, que son ocasionados por tormentas extraordinarias.

La forma del hidrograma varía dependiendo de muchas características de la cuenca donde llueve como la forma, tamaño, topografía, vegetación, permeabilidad, así como de la propia lluvia como magnitud y distribución de la lluvia.

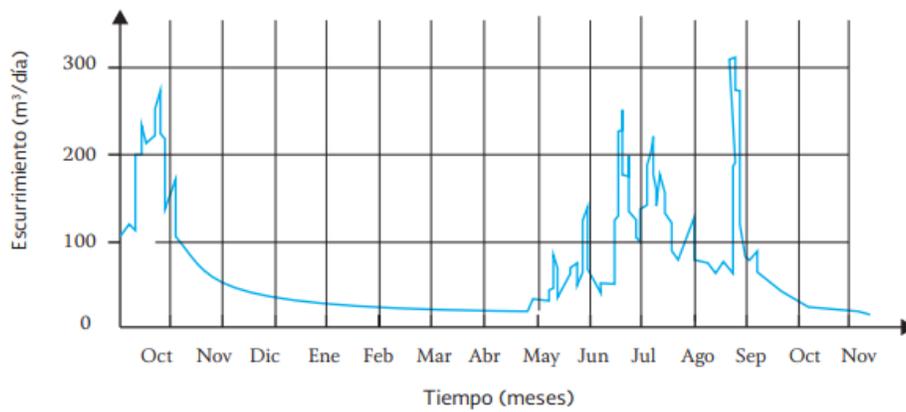


Figura 44. Curva de escurrimiento anual

Fuente: CONAGUA

Aunque cada hidrograma para una tormenta es distinta, los elementos de los hidrograma se pueden identificar.

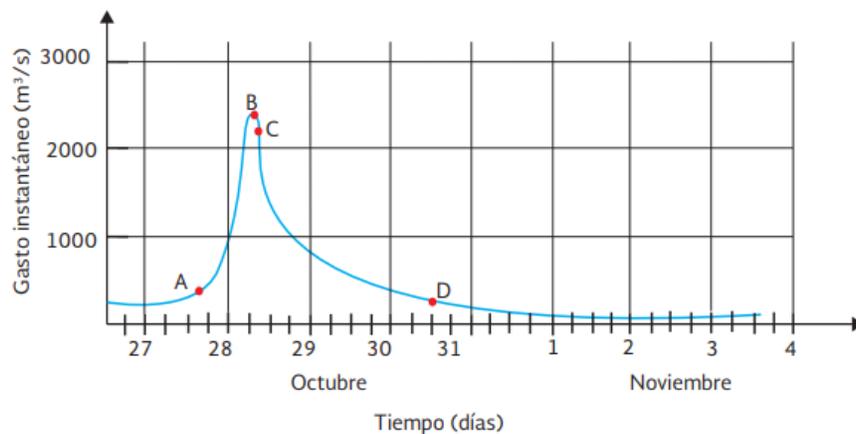


Figura 45. Curva de escurrimiento para una tormenta

Fuente: CONAGUA

- 1- Punto de levantamiento (A)
Es donde la magnitud del gasto comienza a incrementarse por el efecto de la precipitación, la ubicación del punto de estudio dependerá del tiempo en que el escurrimiento generado por la tormenta alcance la sección transversal donde se registran los datos del hidrograma
- 2- Pico (B)
Es el gasto máximo producido por la tormenta
- 3- Punto de inflexión (C)
En este punto se encuentra el escurrimiento subsuperficial y subterráneo
- 4- Final de escurrimiento directo (D)
Es la parte final de la curva de recesión o de descenso del hidrograma, en este punto el escurrimiento proviene del flujo subterráneo
- 5- Tiempo de pico (t_p)
Es el tiempo que pasa desde el punto de levantamiento hasta el pico del hidrograma
- 6- Tiempo base (t_b)
Es el tiempo que pasa desde el punto de levantamiento hasta el final del escurrimiento directo
- 7- Rama ascendente
Es la curva de ascenso del hidrograma, desde el punto de levantamiento y el gasto máximo o pico
- 8- Rama descendente
Es la curva del hidrograma, que parte desde el pico hasta el final del escurrimiento directo

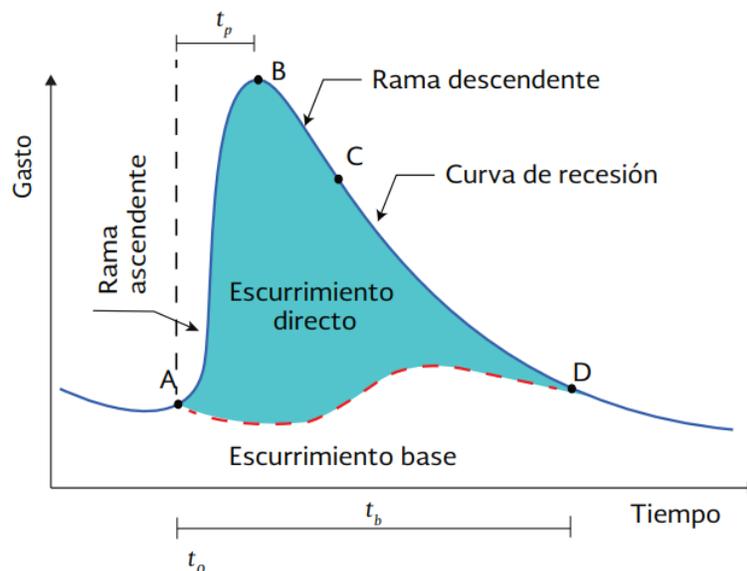


Figura 46. Puntos característicos del hidrograma

Fuente: CONAGUA

5.5 Métodos de medición

Actualmente existe gran variedad de métodos para medir el gasto de un río en un punto de la sección, generalmente se clasifican como:

- 1- Métodos con base en la medición de la velocidad de agua y área transversal del río
- 2- Métodos donde influyen las estructuras artificiales, como aforadores o vertedores
- 3- Métodos de aforo por dilución

El método que se seleccione para la medición del gasto, tendrá que ver principalmente por el tamaño de este, de la precisión requerida y el equipo disponible.

5.5.1 Estaciones de aforos

Se le conoce como estación de aforo a las instalaciones los cuales están destinados para registrar observaciones para conocer el régimen de una corriente. De los métodos que existen para medir el gasto de un río el más barato es el que se basa en la medición del área transversal de la corriente y velocidad de flujo.

Para la realización de este método se utiliza una herramienta llamada molinete que se trata de un dispositivo que consta de 4 partes

- 1- Rueda giratoria de aspas o copas, las cuales el agua el agua hace girar
- 2- Mecanismo de conteo de vueltas del aspas
- 3- Timón o aletas direccionales
- 4- Contrapeso estabilizador

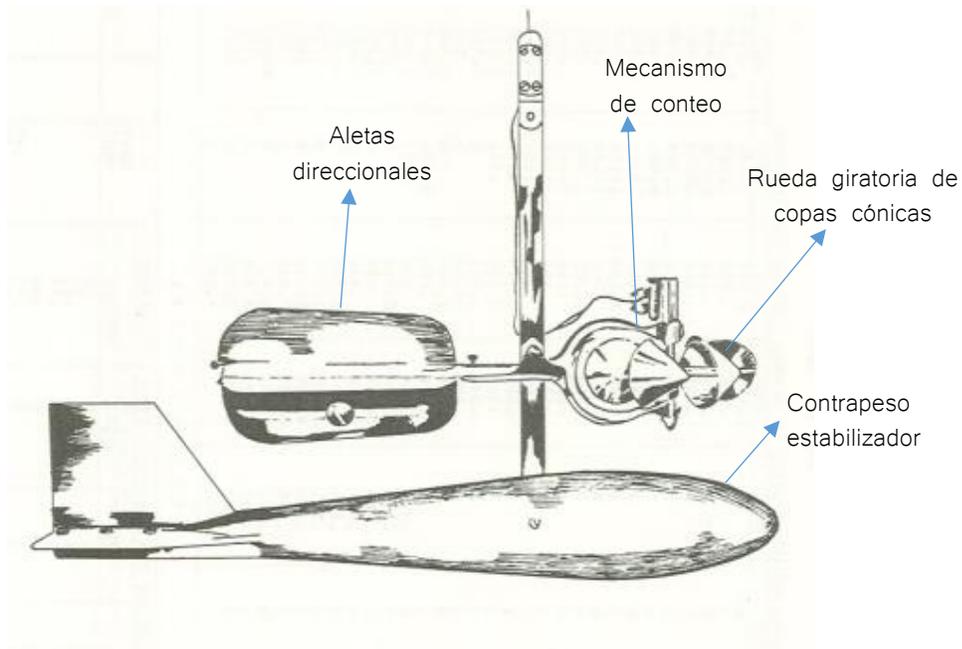


Figura 47. Molinete tipo Price

Fuente: Boletín hidrológico

Conociendo el número de vueltas y el tiempo transcurrido se puede conocer la velocidad del agua con ayuda de la llamada curva o tabla de calibrado del molinete.

Pero la velocidad del agua varía de un punto al otro en la misma dirección transversal del flujo, entonces es necesario realizar mediciones en diversos puntos.

Las estaciones hidrométricas donde se utiliza el método de medición del área y la velocidad, se forman de una sección denominada tramo de aforos en el cual se realizan los registros de aforo, las escalas, el limnógrafo y la sección de control.

5.5.2 Diseño de las estaciones de aforos

El criterio para la establecer una estación de aforos, consiste en seleccionar los tramos de aforo, estos se deben localizar cerca del punto donde se requiere conocer el escurrimiento del río, además de contar con un acceso fácil para instalar la infraestructura adecuada. El tramo de los aforos deben ser rectos y regulares, la velocidad del agua debe ser media. Posteriormente, aguas abajo del sitio debe procurarse que la sección sea invariable o que sea muy fácil de construir.

La construcción de esta sección de control tiene como objeto garantizar la relación elevaciones-gastos de la estación, de manera semejante a la cresta de un vertedor. El control de la corriente hace que el régimen de ese tramo sea uniforme e invariable y el escurrimiento está libre de obstrucciones, preferentemente se tiene que priorizar encontrar la sección de control natural pues su construcción puede representar mucho gasto económico.

5.2.3 Escalas y limnógrafos

La medición del nivel de agua en un cauce es muy fácil de registrar y es muy importante por la relación que tiene con el gasto que conduce el agua, los instrumentos que se necesitan para medir el nivel del agua, son los limnómetros y los limnógrafos.

Los limnómetros existen de dos tipos directos o indirectos, los primeros son las escalas, que son reglas graduadas con el objeto de medir las variaciones del nivel de agua de la corriente, deberá cumplir con algunas condiciones: Posición invariable, instalarlo en un lugar de fácil acceso y visible, Longitud suficiente para registrar todos los cambios de nivel, graduaciones claras e inalterables.

Los limnómetros indirectos son instalaciones donde el nivel de agua se obtiene de manera distinta al principio de las escalas, este consiste en suspender un peso por un cable, primero el peso es bajado desde un puente o estructura hasta tocar el espejo de agua; el nivel se determina con la longitud del cable y la profundidad de la sección.

Los limnógrafos son aparatos que registran las variaciones del nivel de agua, que se basan en el registro del movimiento de un flotador y otro basado en el registro de variación de presión de agua, los limnógrafos con flotador requieren un pozo que sirve para proteger al flotador de los residuos y del oleaje

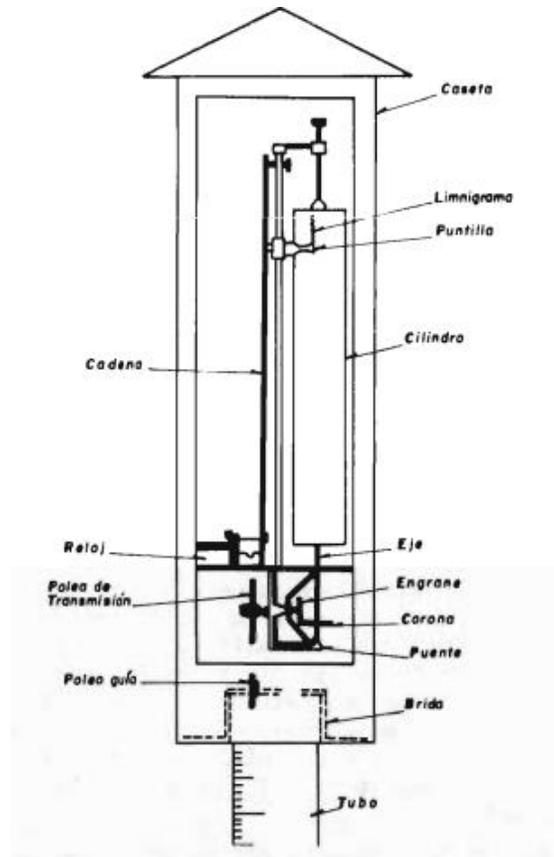


Figura 48. Esquema de limnógrafo Fuente: Procesos del ciclo hidrológico

Existen muchos tipos de limnógrafos, más modernos que son bastante utilizados en diversas partes del mundo, los limnógrafos deben ser adecuados en instalaciones hidrométricas de primer orden.

5.6 Red de estaciones hidrométricas de la república mexicana

La red hidrométrica de la república mexicana cubre un porcentaje del territorio nacional según datos de 1975, La distribución geográfica de la red de estaciones hidrométricas están situadas en la parte del centro del país por que la actividad agrícola ahí es muy alta, se puede decir que esta información se encuentra de acuerdo a la necesidad de conocer los recursos hidráulicos y aprovecharlos.

En la república mexicana las dependencias federales que recaban la información de aforos son: S.A.R.H (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos), C.I.L.A (Comisión Internacional de Límites y Aguas) Y C.F.E (Comisión Federal de Electricidad) los cuales publican los boletines hidrológicos donde se tiene una descripción de las estructuras de las estaciones hidrológicas, periodo de observaciones, gastos diarios, volúmenes escurridos mensuales y anuales.

En el caso de la S.A.R.H, este organismo tiene boletines hidrológicos por regiones Hidrológicas.

5.7 Análisis de volúmenes escurridos anuales

Es muy común que no se cuente con los aforos adecuados de escurrimiento en los sitios de interés para determinar los gastos en ciertas secciones, necesarios para el diseño y operación de obras para la distribución y almacenamiento del agua. Comúnmente existen más registros de precipitación que aforos de escurrimiento, por ello es conveniente contar con métodos que permitan calcular el escurrimiento a partir de las características de la precipitación.

Las características fisiográficas y meteorológicas más comunes que tienen que ver con el proceso de precipitación–escurrimiento son: Área de la cuenca, altura total de la precipitación, forma, pendiente, vegetación, distribución del espacio de la lluvia, etc.

La complejidad y la precisión de estos métodos de cálculo aumentan a medida que se toman en cuenta más de los parámetros, Para aplicar estos métodos se necesitan datos precisos, la información que se dispone en México todavía es muy poca para aplicar estos métodos.

Los criterios para estimar los volúmenes escurridos de una corriente se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- 1- Métodos que se basan en el transporte de información hidrométrica de una estación de aforos cercana, estos criterios se conoce como similitud de cuencas
- 2- Métodos que se basan en la información climatológica disponible, principalmente de los valores anuales de lluvia y temperatura media.

La confiabilidad de los métodos que se basan en la información hidrométrica de la zona es buena y los métodos que estiman el escurrimiento sin aforos son un poco menos precisos.

5.7.1 Estimación de registros faltantes

Cuando se necesitan estimar valores faltantes de un registro de volúmenes escurridos anuales, se cuenta con la ayuda de los análisis de regresión y correlación aplicados a la hidrología, específicamente en registros hidrométricos cercanos, o a las lluvias anuales de una estación pluviométrica dentro de la cuenca.

Para la cuenca del río balsas se toman en cuenta las estaciones de aforo que se encuentren a lo largo del río balsas: Estación Santo Tomás, Estación San Cristóbal, Estación La caimanera, Estación Casas Viejas, Estación El infernillo y Estación Eréndira.

Los registros de aforo de estas estaciones fueron obtenidos de los boletines Hidrológicos de S.A.R.H (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos).

Debido a que los registros están incompletos se utilizara el método de regresión lineal para encontrar los datos faltantes y determinar el volumen escurrido anual

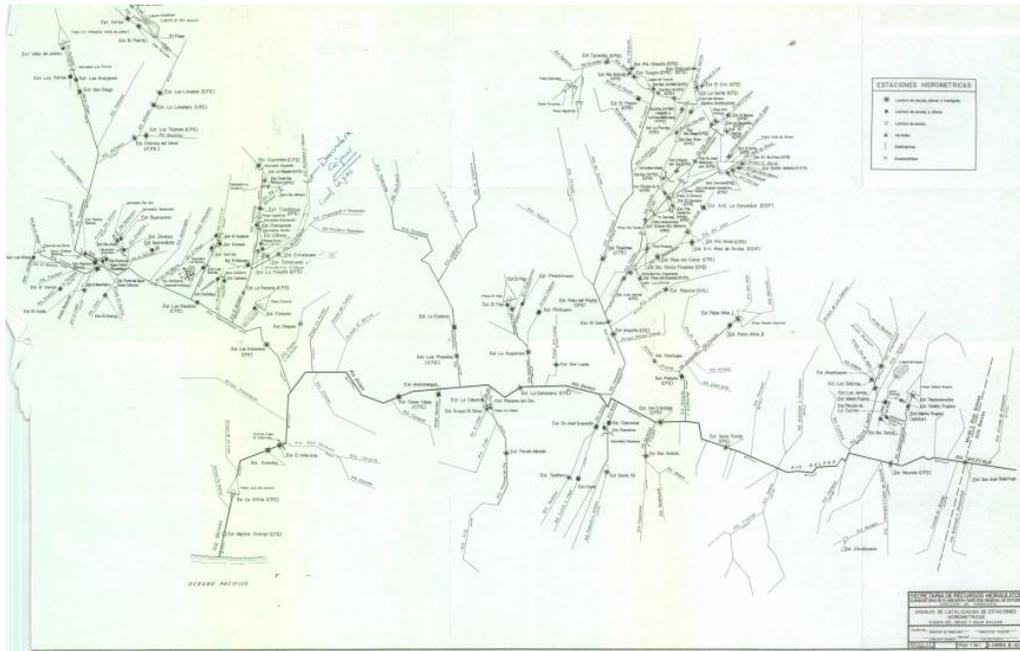


Figura 49. Esquema de estaciones de aforo medio y bajo Balsas Fuente: Boletín Hidrológico 49 Tomo 1

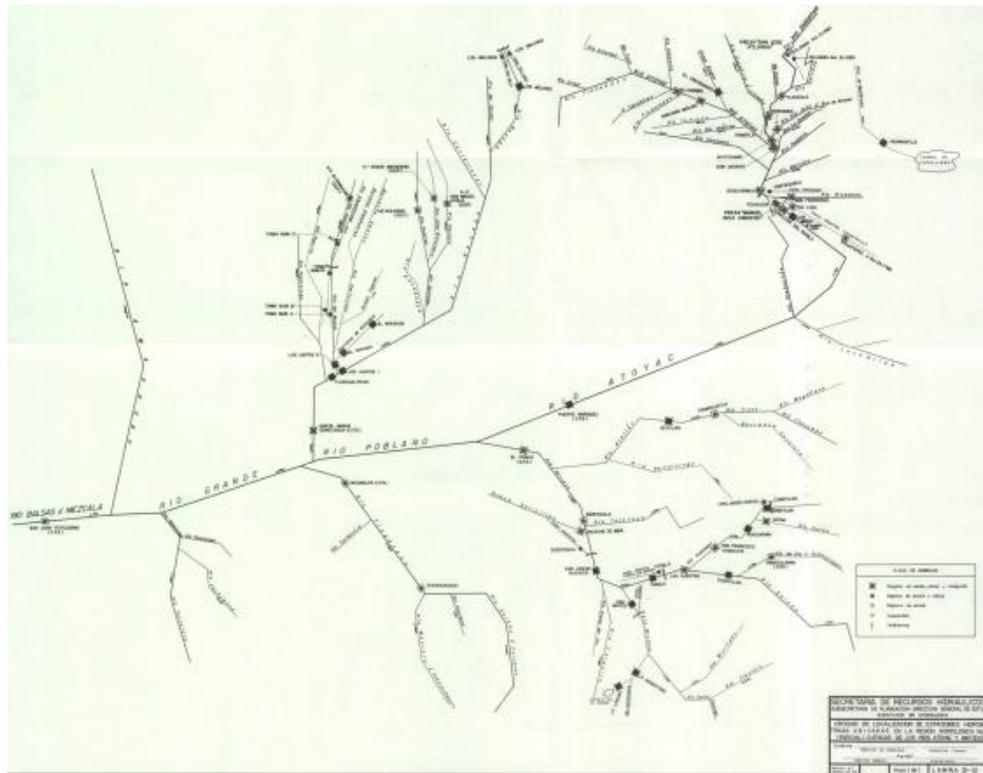


Figura 50. Esquema de estaciones de aforo alto Balsas Fuente: Boletín Hidrológico 48 Tomo 1

5.7.1.1 Estimación de registros faltantes por el método de regresión lineal simple

Uno de los aspectos más importantes de la hidrología es la confiabilidad de los datos con los que se trabaja para aplicar los métodos de análisis de escurrimientos, Para completar los registros de aforos de escurrimiento se aplicara el método de regresión y correlación lineal el cual muestra la relación o dependencia entre una o más variables en este caso las estaciones de aforo.

La regresión lineal permite obtener una ecuación matemática que expresa la variable dependiente (y), cuando otra variable, llamada independiente (x), se suponen conocidas y por lo tanto, se podrán obtener los valores de y a partir de x.

Para la cuenca del rio balsas se completan los registros con el método de regresión lineal, cuanto más amplio sea el registro o serie de valores observados en una cierta estación climatológica o hidrométrica será más sencillo determinar los valores faltantes,

5.7.1.2 Metodología de regresión lineal simple

Cuando se obtienen los registros de aforo de las estaciones hidrométricas cercanas tenemos que usar las estaciones que contengan más valores y obtener los registros faltantes, es necesario obtener la ecuación de la recta por la técnica de mínimos cuadrados, lo cual representa el ajuste de una recta en una nube de puntos.

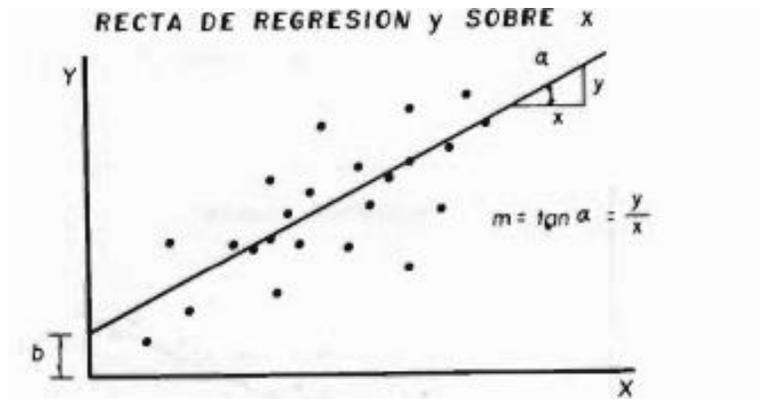


Figura 51. Recta de regresión lineal

Fuente: Procesos del ciclo hidrológico

Para realizar el método de mínimos cuadrados, se utilizan las siguientes expresiones:

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Donde:

b = Parámetro dependiente de la correlación lineal

n = número de la muestra

$\sum x_i y_i$ = Sumatoria del producto de la variable x , y

$\sum x_i^2$ = Sumatoria de variable x al cuadrado

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Donde:

a = Parámetro independiente de la correlación lineal

\bar{y} = Media de la dependiente y

\bar{x} = Media de la dependiente x

Para el coeficiente de correlación lineal

$$r = b \frac{S_x}{S_y}$$

Donde:

b = Parámetro b

S_x = Desviación estándar variable x

S_y = Desviación estándar variable y

Coeficiente de determinación:

$$R^2 = \frac{\left(\frac{\sum x_i y_i}{n} - \bar{x}\bar{y}\right)^2}{\left(\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2\right)\left(\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2\right)}$$

Prueba de significación

$$t = \frac{r(n-2)^{1/2}}{(1-r^2)^{1/2}}$$

La prueba de significación con $(n-2)$ grados de libertad es un criterio para probar el coeficiente de correlación, si el valor calculado rxy es mayor que t , entonces es significativo, no existiendo la posibilidad que sea igual a cero.

$$Si t \left(\frac{\alpha}{2}, n - 2 \right) \leq t \leq \left(1 - \frac{\alpha}{2}, n - 2 \right)$$

Si estas condiciones se cumplen se puede decir que la formula de regresion lineal presenta homogeneidad

Para completar los registros de las estaciones dentro de la cuenca del rio balsas

- 1- Se obtienen los registros de aforo de las estaciones cercanas
- 2- Calcular el promedio de las estaciones
- 3- Calcular $\sum yi$, $\sum xi$, $\sum xi \sum yi$
- 4- Calcular parametros a y b
- 5- Calcular coeficientes de correlacion

Para realizar el ejemplo se utiliza la estación Santo tomas del periodo de 1959 a 1969

El registro original se encuentra en el Anexo B

Una vez calculados los elementos para el parámetro b se aplica la formula

n=7

Para b =

$$b = \frac{n \sum xiyi - \sum xi \sum yi}{n \sum xi^2 - (\sum xi)^2}$$

$$b = \frac{(7)(7312021807428.00) - (5561629.909)(8116227)}{(7)(5561629.909)^2 - (5561629.909)^2}$$

$$b = 0.1859$$

Para a =

$$a = \bar{y} - \bar{b}x$$

$$a = 1159461 - (0.1859) * 794518.5584$$

$$a = 1011743.415$$

Datos de aforo de la estación Santo tomas del periodo de 1959 a 1969

Volumen escurrido (miles m3)											
Mes	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Enero		325471	253801	260881	210562	226770	215333	229302	283141	242965	198511
Febrero		244199	193648	195613	163025	154585	156965	171831	177962	199186	144238
Marzo		217272	180976	178096	154132	140040	136296	171463	153485	168216	141802
Abril		177828	154019	171747	131808	118912	115967	159097	155574	148846	128556
Mayo		232461	162360	188327	243498	194508	168095	205146	188198	356836	123144
Junio	994670	275399	829702	362694	456401	687983	301668	278963	420462	621959	226711
Julio	1120987	801272	1373965	409793	1129195	1080930	536004	690395	451287	831513	486864
Agosto	1444436	842471	887552	582300	1166662	773418	2006835	1235698	735646	644977	2064961
Septiembre	1134605	1282194	1651381	1673186	729169	1429038	1145806	1269783	1876857	863311	2500069
Octubre	2266877	831786	551621	758348	824924	866457	1202137	780140	1392154	651717	733451
Noviembre	735438	542483	631524	318501	362545	332036	404104	328461	471830	280001	339034
Diciembre	419214	340634	349089	264892	249339	278173	296500	252547	309627	241727	261446
Anual		6113470	7219638	5364378	5821260	6282850	6685710	5772826	6616223	5251254	7348787

Tabla 18. Registros de aforo de la estación Santo Tomas

Se calculan todos los parámetros para aplicar la fórmula de regresión lineal

n	x_1	y_1	$x_1 * y_1$	$(x_1)^2$	$(y_1)^2$
1	496055.6364	994670	49341165982.182	246071194368.13	989368408900.00
2	810200.4545	1120987	908224176939.55	656424776545.66	1256611854169.00
3	1125905.091	1444436	1626297845892.36	1267662273735.01	2086395358096.00
4	1414127.182	1134605	1604475771126.82	1999755686357.03	1287328506025.00
5	987237.4545	2266877	2237945879247.64	974637791657.39	5138731333129.00
6	431450.6364	735438	317305193106.00	186149651618.59	540869051844.00
7	296653.4545	419214	124361281293.82	88003272093.75	175740377796.00
Suma	5561629.909	8116227	7312021807428.00	5418704646375.56	11475044889959.00
Promedio	794518.5584	1159461			
D. Estándar	408225.1153	586599.838			

Tabla 19. Registros de aforo de la estación Santo Tomas

Para las variables X_1 serán los promedios aritméticos de cada uno de los meses durante el periodo, descartando los meses donde se necesiten calcular los registros

Para las variables y , serán los datos del año donde se necesiten conocer los datos faltantes

Entonces la ecuación de regresión lineal queda conformado como

$$Y = a + bx$$

$$Y = 1011743.415 + 0.1859x$$

Se calcula el coeficiente de correlación lineal

$$r = b \frac{S_x}{S_y}$$

$$r = 0.03257 * \frac{408225.1153}{586599.838}$$

$$r = 0.02266$$

Se realiza una prueba de significación con la fórmula de t de Student, para saber si la ecuación tiene homogeneidad para la serie de valores que se tiene que obtener

Para este caso se utiliza el valor de libertad de $5 = (7-2)$ y la significancia de 5%

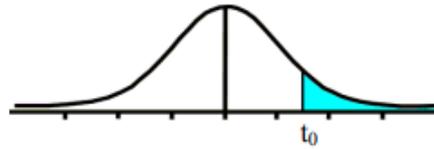
$$\left(\frac{\alpha}{2}, n-2\right) \leq t \leq \left(1 - \frac{\alpha}{2}, n-2\right)$$

$$\left(\frac{0.05}{2}, n-2\right) \leq t \leq \left(1 - \frac{0.05}{2}, n-2\right)$$

$$(0.025, 5) \leq t \leq (0.975, 5)$$

Se puede obtener el valor de significancia con la tabla de distribución de la fórmula de t de student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693

Figura 52. Tabla de significancia de la fórmula de T Student

$$t = \frac{r(n-2)^{1/2}}{(1-r^2)^{1/2}}$$

$$t = \frac{(0.02266)(7-2)^{1/2}}{(1-(0.02266)^2)^{1/2}}$$

$$t = 0.050$$

Entonces se puede saber si la ecuación cumple con la homogeneidad

$$(2.5706) \leq 0.050 \leq (-2.5706)$$

Una vez que la formula cumpla se podrá utilizar la función para completar los registros faltantes.

Para la cuenca del rio balsas se completan todos los registros de las estaciones disponibles de la corriente del rio balsas

Estación Santo tomas											
Mes	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Enero	1057233.4	325471	253801	260881	210562	226770	215333	229302	283141	242965	198511
Febrero	1045232.4	244199	193648	195613	163025	154585	156965	171831	177962	199186	144238
Marzo	1042267.5	217272	180976	178096	154132	140040	136296	171463	153485	168216	141802
Abril	1038931.6	177828	154019	171747	131808	118912	115967	159097	155574	148846	128556
Mayo	1050091	232461	162360	188327	243498	194508	168095	205146	188198	356836	123144
Junio	994670	275399	829702	362694	456401	687983	301668	278963	420462	621959	226711
Julio	1120987	801272	1373965	409793	1129195	1080930	536004	690395	451287	831513	486864
Agosto	1444436	842471	887552	582300	1166662	773418	2006835	1235698	735646	644977	2064961
Septiembre	1134605	1282194	1651381	1673186	729169	1429038	1145806	1269783	1876857	863311	2500069
Octubre	2266877	831786	551621	758348	824924	866457	1202137	780140	1392154	651717	733451
Noviembre	735438	542483	631524	318501	362545	332036	404104	328461	471830	280001	339034
Diciembre	419214	340634	349089	264892	249339	278173	296500	252547	309627	241727	261446
Anual	13349983	6113470	7219638	5364378	5821260	6282850	6685710	5772826	6616223	5251254	7348787

Tabla 20. Registros de la estación Santo tomas del periodo de 1959 a 1969 completadas por el método de regresión lineal

Estación San Cristóbal							
Mes	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Enero	460555	330737	249308	230366	199477	235060	230710
Febrero	268229	245914	182312	177037	148139	149769	167250
Marzo	233738	219655	166101	163563	148623	133996	146636
Abril	229012	182980	135669	153916	119524	117334	210017.5003
Mayo	229350	255373	148094	171051	242288	203615	213333.2287
Junio	1119208	294260	894355	373491	464350	753683	241551.2131
Julio	1391645	917655	1687176	452976	1229889	1464742	276107.6515
Agosto	1657326	1040363	1039783	647791	1632966	914717	273859.0424
Septiembre	1266449	1467454	2061333	1924010	899523	1931126	301729.5493
Octubre	2503613	895395	633213	854794	1082406	1021506	274476.5401
Noviembre	780451	564087	637592	312974	395049	379126	232710.9889
Diciembre	451871	316817	325145	258586	257631	293580	220296.827
Anual	10591447	6730690	8160081	5720555	6819865	7598254	2788678.541

Tabla 21. Registros de la estación San Cristóbal del periodo de 1959 a 1965 completadas por el método de regresión lineal

Estación La caimanera										
Mes	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Enero	1223713.2	458266	338325	368124	327820	410630	356654	339886	594245	379547
Febrero	1113997.1	336960	262076	272852	242073	282367	276117	263386	279016	280164
Marzo	1086860.6	298425	242077	254620	231718	227459	247407	265313	221810	239436
Abril	1056952.3	247192	200602	230861	186480	189638	220589	250155	210967	197788
Mayo	1125764.4	319720	215221	253985	283023	286321	304924	328865	253927	364695
Junio	1548638	429718	1114736	579033	556134	1151299	593718	656541	870568	815692
Julio	2452083.5	1619097	2769257	950186	1837689	2697270	1230746	1409803	1534200	1599868
Agosto	2869472.2	1863511	1837046	1194648	2768528	1643697	4498734	2304337	2217453	1423005
Septiembre	3700655.4	2331595	3408118	3708502	1722583	4367930	2803267	2380668	5386406	1812244
Octubre	3995050	1507679	1033940	1681499	2216034	1759806	2415848	1541367	3596786	1472081
Noviembre	1051833	860956	1000354	558047	693379	629928	663394	577858	1022237	527387
Diciembre	607046	440810	526728	430446	449505	473293	450913	406512	566106	410833
Anual	21834025	10713929	12948480	10482803	11514966	14119638	14062311	10724691	16753721	9522740

Tabla 22. Registros de la estación La caimanera del periodo de 1959 a 1968 completadas por el método de regresión lineal

Estación Casas viejas						
Mes	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Enero	1553924.9	792972	583201	384271	387398	362352
Febrero	1462867.4	481128	424139	282720	296133	263946
Marzo	300527	393680	380937	261528	260719	248376
Abril	194560	399461	313544	211933	238354	186458
Mayo	230460	473161	374669	226021	266045	293071
Junio	1155922	2061850	488001	1257781	621878	593480
Julio	4303705	3246480	1963956	2954584	1286495	2411437
Agosto	2938272	3980190	2578735	2596743	1608943	3800852
Septiembre	5882525	2932590	3211525	3470741	4618426	2197749
Octubre	3295297	4710441	1688863	977207	2277051	2843651
Noviembre	2578523	1391472	988337	1039805	658088	789691
Diciembre	1079499	806631	507142	558334	497450	499400
Anual	24976082	21670056	13503049	14221668	13016980	14490463

Tabla 23. Registros de la estación Casas viejas del periodo de 1958 a 1963 completadas por el método de regresión lineal

Estación El infiernillo					
Mes	1955	1956	1957	1958	1959
Enero	1061765.6	325471	253801	260881	210562
Febrero	1050564.1	244199	193648	195613	163025
Marzo	1047655.8	217272	180976	178096	154132
Abril	1043466.8	177828	154019	171747	131808
Mayo	1051893	232461	162360	188327	243498
Junio	994670	275399	829702	362694	456401
Julio	1120987	801272	1373965	409793	1129195
Agosto	1444436	842471	887552	582300	1166662
Septiembre	1134605	1282194	1651381	1673186	729169
Octubre	2266877	831786	551621	758348	824924
Noviembre	735438	542483	631524	318501	362545
Diciembre	419214	340634	349089	264892	249339
Anual	13371572	6113470	7219638	5364378	5821260

Tabla 24. Registros de la estación El infiernillo del periodo de 1955 a 1959 completadas por el método de regresión lineal

Estación Santo tomas								
Mes	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Enero	2376.591964	907703	715953	530271	480816	423554	569544	706374
Febrero	2315.96028	577358	536054	391123	371110	327171	367014	85273
Marzo	2315.66978	537536	470501	343108	332918	319751	305903	337341
Abril	2321.939595	540560	393994	281143	307216	263995	246397	787387
Mayo	2332.345739	608102	450883	290043	356651	361386	326545	715266
Junio	1396.24	2008311	578799	1276103	720226	613561	279414	581146
Julio	2867.08	3198946	2195144	3617626	1386501	2134479	163	759572
Agosto	1895.9	3738647	2661365	2776651	1916888	3203884	631632	4039804
Septiembre	4671	2583588	3312955	4196875	5414344	2198566	2907621	1324973
Octubre	3472.1	4535765	1903747	1047287	2307721	2354042	1771871	1943094
Noviembre	3472.1	1460126	1153802	1002644	773547	879252	524481	662595
Diciembre	520.86	963986	678252	548255	607706	616331	398828	775761
Anual	29957.78736	21660628	15051449	16301129	14975644	13695972	8329413	12718586

Tabla 25. Registros de la estación Eréndira del periodo de 1958 a 1965 completadas por el método de regresión lineal

6- Infiltración

La infiltración es una fase del ciclo hidrológico que guarda relación con la precipitación y el escurrimiento. También se puede definir como el movimiento del agua, a través del suelo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.

El volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por una salida se le denomina pérdidas, en general están formadas por la evaporación e infiltración, la infiltración representa el porcentaje más grande de estas pérdidas, esta fase del ciclo hidrológico juega un rol muy importante en relación a la lluvia-escurrimiento que se pueden observar en problemas de diseño de obras hidráulicas, sin embargo esta fase recibe poca atención asociado a la falta de conocimientos adecuados para su tratamiento.

6.1 Proceso de infiltración

El agua primero satisface la deficiencia de humedad de los estratos de suelo que compone la superficie del terreno y después el exceso pasa a formar agua subterránea, la cantidad máxima de un terreno está determinado por las condiciones y por un atributo que se llama capacidad de infiltración.

El proceso de infiltración puede considerarse como un área de estrato de suelo, de manera que el tipo de suelo y vegetación sea uniforme y a este someterlo también a una intensidad de lluvia que debe ser uniforme, la cantidad de agua que puede absorber sobre la unidad de tiempo es decir la capacidad de infiltración.

Se supone que el suelo al inicio de la tormenta está seco, bajo esta condición, la lluvia se infiltraría es decir

$$\text{Si } i < f_p, \quad f = i$$

Donde:

f = Infiltración, expresada como lámina por unidad de tiempo

f_p = Capacidad de infiltración, en las mismas unidades

i = Intensidad de lluvia

Si la lluvia es muy intensa la humedad del suelo aumenta hasta la saturación. Y se comienza a encharcar la superficie que en algunos casos produce algún flujo. A ese momento se le conoce como tiempo de encharcamiento

Después del tiempo de encharcamiento, si la lluvia sigue siendo muy intensa las fuerzas capilares pierden frente a las fuerzas gravitatorias, este fenómeno se presenta por que el contenido de humedad del suelo aumenta y la capacidad de infiltración disminuye, además que la infiltración se hace independiente a la variación del tiempo y la intensidad de la tormenta de manera que

$$\text{Si } i > f_p, \quad t > t_p, \quad f = f_p$$

Donde f_p decrece con el tiempo.

Bajo las condiciones anteriores, la capa saturada que en el tiempo de encharcamiento era muy delgada y estaba situada en la superficie del suelo, esta descripción es válida solamente cuando una porción del suelo es homogénea, donde el nivel freático este muy profundo.

6.2 Factores que afectan la capacidad de infiltración

La forma que la infiltración sucede se puede describir como un proceso que depende de gran número de variables entre los que destacan: la textura del suelo, contenido de humedad inicial, contenido de humedad y saturación, cobertura vegetal, uso de suelo, etc.

Este proceso también se considera una secuencia de 3 pasos: entrada a la superficie, transmisión a través del suelo y agotamiento de la capacidad de almacenaje del suelo. Estos factores se tienen que tomar en consideración el medio permeable y el flujo en la superficie.

Entrada en la superficie: La superficie del terreno donde la red de drenaje cruza puede componerse de diversos tipos de agregados finos que evitan o retrasar la entrada de agua al suelo, también el tipo de vegetación en el terreno tiene influencia importante.

Transmisión a través del suelo: La velocidad con la que el agua recorre el suelo varía según su capacidad de transmisión, la cual depende de diferentes variables del perfil del suelo, una vez saturada su capacidad de infiltración disminuye y la transmisión de agua es menor.

Agotamiento de la capacidad de almacenaje del suelo: El almacenaje disponible depende de la porosidad, espesor y su contenido de humedad. La porosidad depende de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, etc.

La infiltración que ocurre en el inicio de la lluvia está determinada por el volumen. Tamaño y continuidad de los poros no capilares, los poros no capilares proporcionan trayectorias para el movimiento de agua. La capacidad de almacenaje juega un rol fundamental en la capacidad y cantidad de infiltración que produce una tormenta,

La transmisión en los estratos del suelo irá disminuyendo conforme se vaya agotando la capacidad de almacenaje en los estratos superiores a la que tiene menor transmisión, La capacidad de infiltración del suelo guarda relación con el tamaño del poro.

Otros factores que influyen en la infiltración son las características físicas del agua, una de las principales variables es su contaminación, pues el material en suspensión llega a bloquear los poros por los cuales pasa el agua.

6.3 Medición de la infiltración

El instrumento que comúnmente se usa para medir la infiltración se llama infiltrómetro. Este aparato al contrario que sucede con la precipitación o la evaporación, la infiltración difiere de un sitio a otro relativamente cercano, pues se considera que las mediciones son representativas de áreas muy pequeñas.

Cuando en una cuenca o área de gran variación en el tipo de suelo y vegetación, esta se subdivide en áreas relativamente uniformes de las cuales se puede tener una información aceptable de la infiltración.

La infiltración es un proceso muy complejo, que a partir de la mediciones de los infiltrómetros podemos determinar la capacidad de infiltración de cualquier forma de manera cualitativa.

Los infiltrómetros existen de dos tipos: de carga constante y los simuladores de lluvia.

6.3.1 Infiltrómetros de carga constante

Estos aparatos te permiten conocer la cantidad de agua que penetra al suelo en un área cerrada, a partir de mantener un tirante constante, que generalmente es de medio o un centímetro.

Los infiltrómetros de carga constante más comunes son los formados por un tubo simple o por 2 tubos concéntricos, su diámetro es de 20 cm y su longitud de 45 a 60 cm, los tubos se hincan en el terreno a una profundidad de 50 cm aproximadamente y el agua se aplica a través de unas buretas graduadas, y se mantiene un tirante constante, después se toman lecturas de la infiltración en función al tiempo y con ello la deducción de los parámetros de infiltración.

Estas herramientas proporcionan un método simple para determinar la cantidad de agua que penetra en el suelo, esta forma de medir la infiltración desprecia algunos elementos como la compactación de las gotas y el lavado de finos.

6.3.2 Simuladores de lluvia

Para evitar las fallas en los infiltrómetros de carga constante, se usan los infiltrómetros que simulan los efectos de la lluvia, aplicando el agua en forma constante en regaderas, el área de estos simuladores cubre generalmente entre 0.1 m^2 y 40 m^2 , existen diversos tipos de infiltrómetros de esta clase.

6.4 Métodos para calcular el escurrimiento

Los métodos para determinar la capacidad de infiltración son muy específicos para alguna zona y los simuladores de lluvia e infiltrómetros sirven para un área muy pequeña en comparación al área de una cuenca, en la práctica estos métodos son complicados de llevar a cabo por lo detallado que resultaría, y solo aplicaría en cuencas muy pequeñas.

Existen métodos para determinar la capacidad de infiltración de una cuenca para tormentas particulares, usualmente se cuentan con tormentas de diseño para la cual no existe un registro de escurrimiento para esto se necesita el hietograma de la precipitación media y su correspondiente hidrograma, se necesitan los registros horarios del pluviógrafo y de la estación de aforos, En caso de contar con las estaciones pluviométricos solo se podrán realizar análisis diarios.

Los criterios para calcular la infiltración

$$P = Q + F$$

Donde:

P= Volumen de precipitación

Q= Volumen de escurrimiento directo

F= Volumen de infiltración

En el volumen de infiltración se considera el almacenaje por depresiones, ya que es poco práctico medirlos.

En el río balsas no se cuentan con los registros horarios de las estaciones pluviométricas y los aforos de los escurrimientos en los mismos periodos.

6.4.1 Coeficiente de infiltración media

Una tormenta que mantiene regularmente sus condiciones iniciales, la cantidad de recarga para la cuenca permanece constante a través de toda la duración de la precipitación.

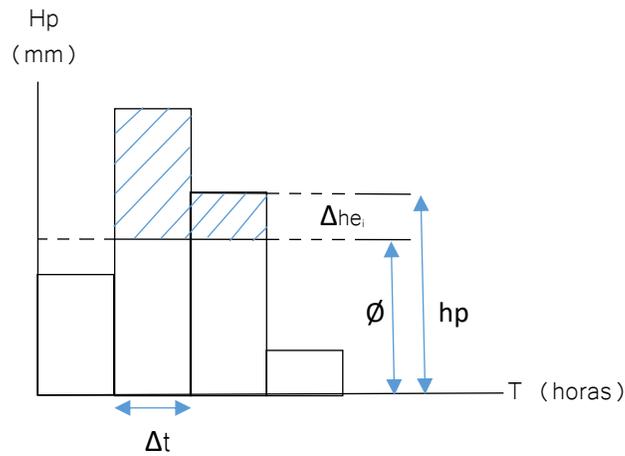


Figura 53. Determinación del índice ϕ

El coeficiente ϕ se calcula por tanteos deduciendo la lluvia en exceso del hietograma, el valor correcto de ϕ se conoce cuando

$$\sum \Delta hei = he$$

Donde:

$\sum \Delta h_{ei}$ = Sumatoria de la lluvia en exceso en el intervalo de tiempo Δt_1 del hietograma de la tormenta

H_e = Lluvia en exceso, deducida del volumen de escurrimiento directo dividido entre el area de la cuenca

Cuando la variación de la lluvia en un intervalo determinado sea menor que \emptyset se podrá deducir que todo lo llovido se infiltra. Después para evaluar el volumen de la infiltración real

$$F = (h_p - h_e) * A$$

Donde:

A= Área de la cuenca

h_e = Altura de la lluvia en exceso

h_p = Altura de lluvia debida a la tormenta

En cuencas de dimensiones más considerables, no se permite plantear que la lluvia es uniforme. Horton propone un criterio para calcular la capacidad de infiltración media.

Para este criterio se necesita que las estaciones pluviométricas tengan suficiente disponibilidad de registros diarios y los registros de aforo de escurrimiento durante el mismo periodo, Para la cuenca del rio balsas no se encuentran los registros de aforo y lluvia del mismo periodo

7- Avenida de diseño

El cálculo de las avenidas de diseño es un proceso importante para dimensionar el vaso de una obra hidráulica y determinar las excedencias y de qué manera tener control sobre dicha obra, en México se utilizan procedimientos que se apoyan de herramientas de probabilidad, el más usual es el método de "Mayoración", este método fue realizado por el instituto de ingeniería de la UNAM (IIUNAM) en conjunto con la Comisión Federal de electricidad (CFE).

El desarrollo del método fue en la década de los 80's, este método entrega resultados con muy alta confiabilidad si se cuenta con los registros históricos extensos de las estaciones hidrométricas de aforo situadas en las inmediaciones de la cuenca, estos deben ser escurrimientos o gastos medios diarios.

Del registro que se obtenga, se calcula el gasto medio anual para cada año del periodo que se tenga, asociado a varias duraciones, ya que la magnitud es necesaria para la avenida de diseño.

Para conocer el gasto máximo anual correspondiente a un año específico del registro.

- 1- Se obtiene la tabla de gastos medios diarios, se elige un determinado año para el análisis.
- 2- Se ubica el valor máximo que se haya presentado durante ese año
- 3- Este será el gasto máximo anual
- 4- Se calculan los gastos medios \overline{Q}_k^n , tomando en consideración desde el día inicial k y la duración n que se esté estudiando.

$$\overline{Q}_k^n = \frac{\sum_k^{(k+n-1)} Q_k^1}{n}$$

Donde:

n = Duración en días

k = Contador del día en que inicia el lapso de duración n

\overline{Q}_k^n = gasto medio para n días de duración

Q_k^1 = gasto medio diario del día K

Cuando los gastos medios se conocen \overline{Q}_k^n se toma el valor máximo que se haya calculado en esta duración, el coeficiente es el Gasto medio máximo anual

7.1 Análisis de frecuencias de gastos máximos anuales

El análisis de frecuencias para los gastos máximos, se utiliza para calcular una predicción probabilística de un evento próximo basado en registros históricos, en hidrología se emplea para calcular el gasto máximo para un periodo de retorno (Tr).

Este análisis se calcula con los datos de los gastos medios diarios, el procedimiento es el siguiente:

- 1- Se seleccionan los datos de registros máximos para la duración que se necesita analizar, los datos de la muestra se ordenan de menor a mayor valor y se le asigna un número de orden de registro (k), también se contabiliza el número de datos de la muestra (n)
- 2- A cada gasto se calcula una probabilidad de no excedencia y periodo de retorno, P (Weibull)

$$P(Q \leq q) = \frac{k}{n + 1}$$

Donde:

$P(Q \leq q)$ = probabilidad de no excedencia

K = Número de orden de registro

N = Número de la muestra de gastos máximos

$$T_r = \frac{1}{1 - P(Q \leq q)}$$

Donde:

$P(Q \leq q)$ = probabilidad de no excedencia

T_r = Periodo de retorno

- 3- Obtener los gastos máximos históricos a diferentes distribuciones de probabilidad, posteriormente se evalúa su error estándar de ajuste, se selecciona el mínimo de error estándar de ajuste y esta se utiliza para generar la avenida de diseño

$$EEA = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_i)^2}{n - np} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q_i = Gasto medido

\bar{Q}_i = Gasto estimado

n = Tamaño de la muestra

- 4- Cuando se obtenga la distribución de mejor ajuste, se procede a extrapolar diferentes eventos asociados para diferentes periodos de retorno

7.2 Extrapolación de gastos máximos asociados a distintos periodos de retorno

Para generar las estimaciones de las avenidas de diseño a distintos periodos de retorno, se deben calcular los gastos máximos para el diseño en diferentes periodos de retorno, con ayuda de la distribución de mejor ajuste,

Para poder observar el comportamiento de la relación Gasto-Duración y periodo de retorno utilizando un papel tipo Gumbel usando los valores para diferentes periodos, en esas curvas se pueden observar los comportamientos de cada distribución.

7.3 Calculo de avenida de diseño

Basados en el resultado estadístico de las avenidas históricas se estiman avenidas de diseño correspondientes a distintos periodos de retorno.

- 1- Para realizar los cálculos de las diferentes avenidas de diseño, se deben seleccionar los gastos máximos extrapolados para distintas duraciones y elegir el periodo de diseño para analizar
- 2- Se calculan los gastos diarios individuales, se calculan con la siguiente expresión

$$Q_{individual\ j} = t_i * \bar{Q}_i - \sum_{j=1}^{i=1} Q_{individuales}$$

Donde:

$Q_{individual\ j}$ = Gasto máximo individual, en (m³/s)

\bar{Q}_i = Gasto medio máximo, en (m³/s)

t_i = Duración, (días)

- 3- Calculados los gastos individuales, puede ser que los valores de algunos periodos resulten negativos, en ese caso los valores negativos se descartan
- 4- Para generar el hidrograma de diseño se organizan los gastos individuales con un método conocido como alternar bloques, situando el gasto máximo Q_1 en el centro del hidrograma, en la parte derecha se coloca el segundo valor de la lista de gastos individuales Q_2 y a la izquierda el tercer valor Q_3 , este proceso se realiza de forma consecutiva hasta terminar con los datos
- 5- El volumen de la avenida de diseño se calcula con el área debajo de la función de la curva del hidrograma, se utiliza la fórmula de integración trapezoidal, la expresión es:

$$\int_{t_0}^{t_n} F(t)dt = \frac{\Delta t}{2} \left[Q_0 + Q_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \right]$$

Donde:

V= Volumen de la avenida, en millones de metros cúbicos (mm³)

Q_1 = Gasto máximo correspondiente a la primera duración (m³/s)

Q_n = Gasto máximo correspondiente a la última duración, (m³/s)

- 6- Finalmente se grafican los valores de Q vs t para establecer las comparaciones entre las diferentes avenidas de diseño de los distintos periodos

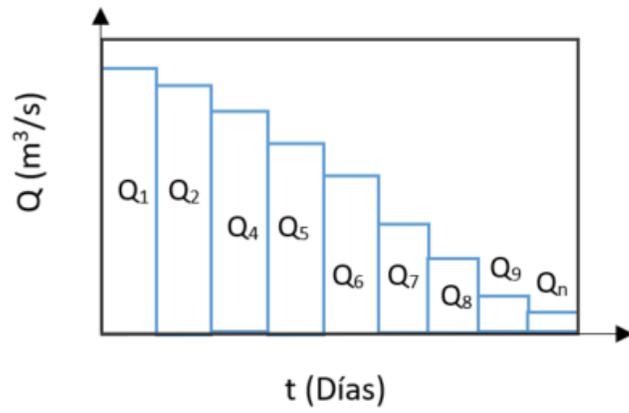


Figura 54. Gasto asociado a cada duración

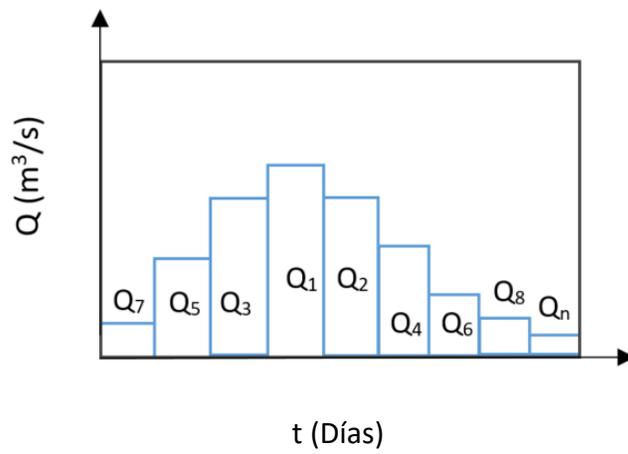


Figura 55. Hidrograma usando bloques alternos

Para la cuenca del río balsas no se cuentan con los registros de los gastos diarios en las estaciones hidrométricas

8- Tránsito de avenidas

En la hidrología los eventos como las sequías o las crecientes tienen un impacto en la sociedad por lo cual es muy importante este apartado, el tránsito de avenidas en vasos o embalses es un procedimiento para pronosticar los cambios de magnitud y velocidad de la creciente, esta creciente puede ser cualquier cuerpo de agua: un río, quebrada, un canal de riego, etc.

El cálculo del tránsito de avenidas es un proceso necesario para conocer la variación de los escurrimientos en función del tiempo, pues hay épocas de estiaje donde el agua fluye en abundancia, entonces la única manera de regular estos escurrimientos es controlarlos, aprovecharlos y distribuirlos, mediante diversas obras y la construcción de presas. El objetivo de la determinación del tránsito de avenidas es determinar el hidrograma de salida del embalse de una presa, El hidrograma es la representación gráfica del flujo a través del tiempo.

El cálculo de tránsito de avenidas se realiza con el propósito de:

- 1- Analizar la evolución de los niveles en el vaso y los gastos de salida por la obra de excedencias, para conocer si la operación de las compuertas del vertedor es correcta
- 2- Dimensionar la obra de excedencias y obra de desvío durante etapa de estudios y ejecución del proyecto
- 3- Determinar la altura del embalse (NAME), determinar la altura de la cortina y altura de ataguías
- 4- Revisión de operación de las compuertas de la presa ya en funcionamiento

Los métodos para calcular el tránsito de avenidas se clasifican en:

Calculo del tránsito de
avenidas

Tránsito de hidrológico: Se le conoce como tránsito agrupado, es el más común por la manera que facilita el cálculo, consiste en calcular el flujo o gasto en función del tiempo con la ecuación de la continuidad

Tránsito de hidráulico: Conocido como tránsito distribuido. En este método el gasto se calcula en función del espacio y el tiempo, el principio que se usa es el de conservación de masa y momento

La ecuación para calcular el tránsito de avenidas no tiene una solución conocida por lo que generalmente se da solución mediante métodos numéricos

8.1 Modelo matemático

El gasto máximo o pico de una avenida que va dirigida a un embalse de una presa u obra de excedencia, El análisis de transito de avenidas tiene que tomar en cuenta los vertedores de la presa, estos descargan por el vertedor y entonces se considera que la elevación del NAMO (nivel de aguas máximas ordinarias) es la misma de la cresta. Un hidrograma de entrada se representa como la avenida por embalse, t se divide en intervalos de tiempo Δt .

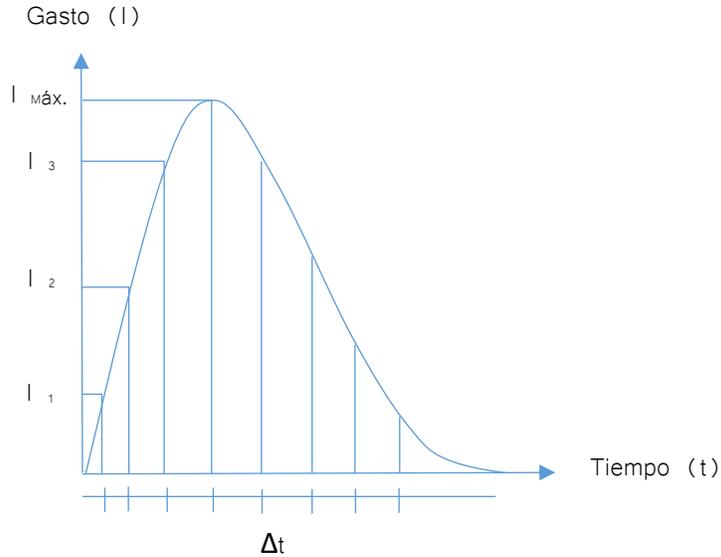


Figura 56. Hidrograma de entrada de una presa

Un volumen de entrada $\Delta V_{ENTRADA}$ entra al embalse en el periodo de tiempo 1 y la elevación del embalse es E_1 , por lo tanto el volumen adicional almacenado entre en NAMO y E_1 , será ΔV_{A1} , en ese mismo intervalo, el gasto extraído varía cero en el NAMO a.

Los volúmenes tienen mucha relación, se calculan con una expresión para el cálculo de avenidas el cual se basa en el principio de conservación de la masa:

$$\text{Almacenamiento} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

$$\Delta V_{ENTRADA} = \Delta V_A - \Delta V_S$$

Donde:

$\Delta V_{ENTRADA}$ = Volumen de entrada en un intervalo de tiempo Δt (m^3)

ΔV_A = Volumen almacenado en el mismo intervalo Δt (m^3)

ΔV_S = Volumen extraído por el vertedor como en la obra de toma del mismo intervalo Δt (m^3)

Se expresa en diferencias finitas

$$I_i + I_{i+1} + \left(\frac{2V_i}{\Delta t} - Q_i \right) = \frac{2V_{i+1}}{\Delta t} + Q_{i+1}$$

Donde:

V_i, V_{i+1} = Variación de los volúmenes almacenados en el embalse en los momentos $i, i+1$

I_i, I_{i+1} = Gastos de entrada al vaso en los momentos $i, i+1$

Q_i, Q_{i+1} = Gastos de salida al vaso en los momentos $i, i+1$, tanto en la obra de excedencia como por la obra de toma

Δt = intervalo de tiempo entre los instantes $i, i+1$

8.1.1 Método de aproximaciones sucesivas

Los términos V_{i+1}, Q_{i+1} son desconocidos, para dar solución a esta expresión se resolverá por el método numérico de las aproximaciones sucesivas. La información que se tiene que tener para realizar este método:

- 1- Hidrograma de entrada
- 2- Altura inicial, del nivel de agua en el vaso en el momento en que llega a la presa la avenida correspondiente al hidrograma de entrada
- 3- Gasto de salida por la obra de excedencias, en el momento que comienza el hidrograma de entrada
- 4- Gasto de salida por obra de toma
- 5- Curva de elevaciones-volúmenes de almacenamiento
- 6- Curva de elevaciones-gastos de salida por la obra de excedencia

Las curvas de elevaciones-volúmenes y elevaciones-gastos de salida pueden tener su ecuación, se introducen a un programa especializado

- 1- Se introduce a Δt
- 2- Se conocen los valores $V_i, I_i, I_{i+1}, Q_{ei}, E_i, Q_1$ y se hace $Q_{i+1} = Q_{ei} + Q_i$ y $K = 0$
- 3- Se calcula V_{i+1} de la ecuación
- 4- Conocido el valor V_{i+1} se interpola en la curva de elevaciones-gasto de salida de la obra de excedencias para calcular $Q_{i+1} = Q_{ei} + Q_i$
- 5- Se hace $k = k+1$ y si $k < 3$
- 6- El valor Q_{i+1} es el gasto de salida en intervalo de tiempo
- 7- Se hace $i = i+1$ y se regresa al paso 2 las veces que sea necesario hasta que el gasto de salida fue constante.

El método de las aproximaciones sucesivas y así definir el hidrograma de salida. En el método numérico y su precisión depende del número de iteraciones.

8.1.2 Diagrama de flujo para el cálculo del Tránsito de Avenidas mediante el método de aproximaciones sucesivas (CFE, 1981)

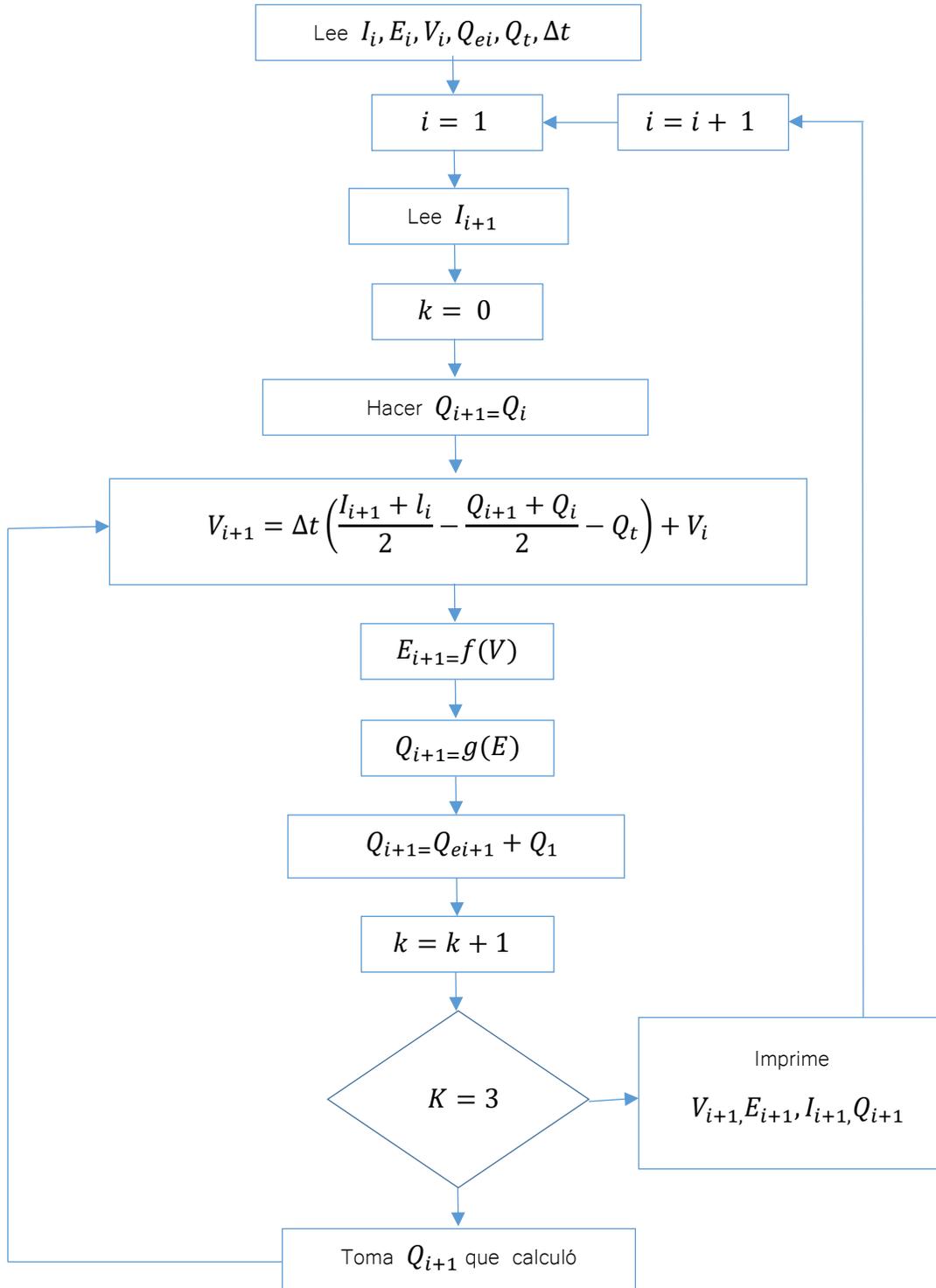


Figura 57. Diagrama de flujo para el cálculo del Tránsito de Avenidas mediante el método de aproximaciones sucesivas

Donde:

I = Gasto de entrada al vaso (m^3/s)

Q = Gasto de salida del vaso (m^3/s)

Q_e = Gasto de salida por la obra de excedencias (m^3/s)

Q_t = Gasto de salida por la obra de toma (m^3/s)

V = Volumen de almacenamiento (mm^3)

E = Elevación en el vaso (m)

Δt = intervalo de tiempo (seg)

$f(V)$ = Curva de Elevaciones-Volúmenes de almacenamiento

$g(E)$ = Curva de Elevaciones-Gastos de salida por obra de excedencias

$i, j + 1$ = Subíndices que representan las variables al inicio y final del intervalo del tiempo

K = No interacción

La capacidad de regulación de una presa, para una avenida, es decir, la diferencia entre el gasto máximo de entrada y gasto máximo de salida,

8.2 Calculo de avenidas de Transito de avenidas mediante software

Para la realización de proyectos hidrológicos completos y de forma profesional, se requiere el uso de algún programa especializado sujeto a algún lenguaje de programación.

8.2.1 Gastos medios máximos anuales para distintas duraciones mediante GAS1.bas

El programa fue desarrollado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el objetivo de este programa es calcular los gastos medios máximos anuales para distintas duraciones, el procedimiento para el manejo del software:

- 1- Conocer los registros de datos históricos (ingresos diarios) de la presa

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet titled 'Ingresos Diarios, Angostrá, 50-10 - Microsoft Excel'. The spreadsheet displays daily inflow data for a dam. The columns represent months (Año Meses) and days (1 to 31). The data is organized into a grid with a title 'INGRESOS DIARIOS' and a subtitle 'Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)'. The data shows daily inflow values for each day of the year, with some cells highlighted in green. The spreadsheet includes standard Excel menus like 'Inicio', 'Insertar', 'Diseño de página', 'Fórmulas', 'Datos', 'Revisar', and 'Vista'. The data table starts with a header row for months and a row for days, followed by rows of numerical data representing inflow in m³/s.

Figura 58. Datos diarios de la presa

- 2- Con base en los datos, se convierten dichos datos a vectores independientes para cada mes del periodo, y posteriormente guardar el archivo con extensión.dat
- 3- El archivo generado con la extensión.dat se copia y se ejecuta en el programa, se debe ingresar la información de: año en que inicia el registro, el año de finalización del registro y para cuantos días, el programa solo acepta periodos consecutivos
- 4- El programa genera dos archivos, el primero con extensión .aju y los segundos extensión .res, el número de archivos .aju depende de la duración que se maneje, y los archivos .res manejan resultados como: año, mes, día y gasto máximo correspondiente a una determinada duración.

Año	Qmáx
1950	1762
1951	1294
1952	2164
1953	1880
1954	1572
1955	2054
1956	2299
1957	1195
1958	1153
1959	1450
1960	2113
1961	1453
1962	2185
1963	3443
1964	1637
1965	1708
1966	1535
1967	1049
1968	1617
1969	2298
1970	2571

Figura 59. Archivo .aju

Duración 1 día			
Año	Mes	Día	Qmáx
1950	10	5	1762
1951	10	2	1294
1952	10	8	2164
1953	10	7	1880
1954	7	6	1572
1955	10	29	2054
1956	9	19	2299
1957	9	12	1195
1958	9	9	1153
1959	10	18	1450
1960	9	26	2113
1961	11	3	1453
1962	9	20	2185
1963	9	23	3443
1964	10	6	1637
1965	9	29	1708
1966	10	2	1535
1967	10	6	1049
1968	9	26	1617
1969	9	29	2298
1970	9	11	2571

Figura 61. Archivo .res

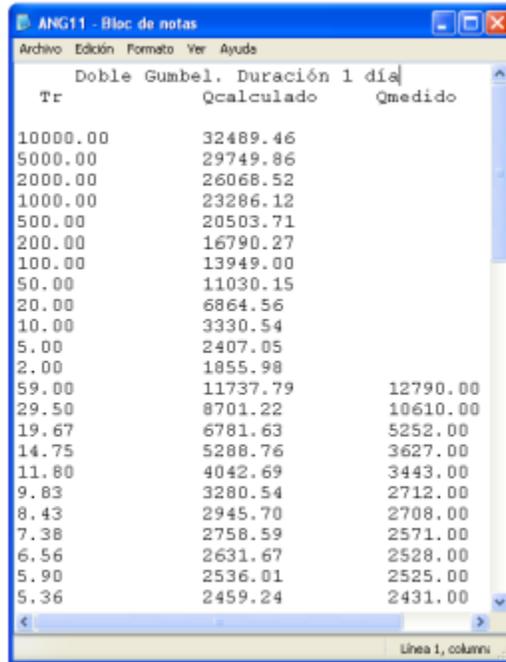
8.2.2 Ajuste de una muestra y extrapolación de datos de una función de distribución de probabilidad por medio del software AX.exe

El programa fue desarrollado por el Dr. Martin Jiménez Espinosa en 1992 y se utiliza para la realización de ajustes de funciones de probabilidad de series de datos anuales, este programa estima las avenidas de diseño mediante métodos estadísticos, el programa es de código abierto y se encuentra en la página oficial del CENAPRED.

De manera muy general el procedimiento es el siguiente:

- 1- Los archivos con extensión .aju que se exportaron del programa GAS1.bas y se copian en una carpeta donde también se encuentra el programa AX.exe. Estos archivos contienen gastos máximos
- 2- Abrir el archivo .aju correspondiente a la duración que se analizara, ir al menú ajustes/Global, seleccionamos y esta opción nos permite ajustar la muestra a diferentes distribuciones de probabilidad, por último se presenta una tabla en donde se elige la distribución con menor error.
- 3- Calculado la distribución de probabilidad, el programa tiene una opción para ajustar funciones de manera individual
- 4- El archivo genera un archivo con extensión .max, este archivo contiene el periodo de retorno, gasto máximo medido.

5- El programa no grafica por lo que se tendrá que utilizar algún editor de gráficos.



Tr	Qcalculado	Qmedido
10000.00	32489.46	
5000.00	29749.86	
2000.00	26068.52	
1000.00	23286.12	
500.00	20503.71	
200.00	16790.27	
100.00	13949.00	
50.00	11030.15	
20.00	6864.56	
10.00	3330.54	
5.00	2407.05	
2.00	1855.98	
59.00	11737.79	12790.00
29.50	8701.22	10610.00
19.67	6781.63	5252.00
14.75	5288.76	3627.00
11.80	4042.69	3443.00
9.83	3280.54	2712.00
8.43	2945.70	2708.00
7.38	2758.59	2571.00
6.56	2631.67	2528.00
5.90	2536.01	2525.00
5.36	2459.24	2431.00

Figura 62. Archivo .max

8.2.3 Ajuste de una muestra y extrapolación de datos de una función de distribución de probabilidad de Gumbel Dos poblaciones QG2P.exe

El software QG2P.exe fue desarrollado por Luis Eusebio Ramírez Salazar en el año 2010, el objetivo del programa es la estimación de avenidas de diseño mediante el modelo estadístico de la función de Gumbel.

De manera general el software se maneja de la siguiente manera:

- 1- Se obtiene un archivo .dat para los gastos máximos anuales, seguido de un espacio los años de registro, el archivo necesariamente tiene que ser "Registros.dat". Este archivo se anexa en la carpeta donde esté ubicado el programa QG2P.exe
- 2- El programa solicita el nombre de la estación hidrométrica, año del registro inicial, año de registro final, tamaño de registro de gastos máximos anuales.
- 3- El programa exporta un archivo "resultados.dat" en este archivo se encuentran la avenida de diseño y su correspondiente periodo de retorno
- 4- El programa no grafica por lo que se tendrá que utilizar algún editor de gráficos.

CALCULO DE GASTOS MAXIMOS DE DISEÑO Qc(m3/s) (Newton Raphson)								
Ano	Q(m3/s)	k	Qr(m3/s)	F(Qr)	Tr (anos)	Z	Qc(m3/s)	F(Qc)
1950	1762.00	1	1049.00	0.017	1.017	-1.405	1073.566	0.000
1951	1294.00	2	1153.00	0.034	1.035	-1.219	1155.504	0.000
1952	2164.00	3	1165.00	0.051	1.054	-1.092	1211.857	0.000
1953	1880.00	4	1195.00	0.068	1.073	-0.990	1256.863	0.000
1954	1572.00	5	1294.00	0.085	1.093	-0.903	1295.341	0.000
1955	2054.00	6	1315.00	0.102	1.113	-0.827	1329.561	0.000
1956	2299.00	7	1343.00	0.119	1.135	-0.757	1360.785	0.000
1957	1195.00	8	1344.00	0.136	1.157	-0.692	1389.800	0.000
1958	1153.00	9	1360.00	0.153	1.180	-0.631	1417.128	0.000
1959	1450.00	10	1386.00	0.169	1.204	-0.574	1443.141	0.000
1960	2113.00	11	1450.00	0.186	1.229	-0.519	1468.113	0.000
1961	1453.00	12	1453.00	0.203	1.255	-0.465	1492.251	0.000
1962	2185.00	13	1477.00	0.220	1.283	-0.414	1515.722	0.000
1963	3443.00	14	1531.00	0.237	1.311	-0.364	1538.659	0.000
1964	1637.00	15	1534.00	0.254	1.341	-0.314	1561.173	0.000
1965	1708.00	16	1535.00	0.271	1.372	-0.266	1583.358	0.000
1966	1535.00	17	1572.00	0.288	1.405	-0.219	1605.297	0.000
1967	1049.00	18	1604.00	0.305	1.439	-0.172	1627.060	0.000
2008	2041.00	56	5252.00	0.949	19.667	2.953	6578.532	0.000
2009	1531.00	57	10610.00	0.966	29.500	3.367	8519.785	0.000
2010	10610.00	58	12790.00	0.983	59.000	4.069	11304.265	0.000

Error Estandar de Ajuste EEA = 445.340 m3/s

Extrapolacion probabilistica de los eventos de diseno Qc

Tr (anos)	Qc (m3/s)	F(Qc)
2	1883.148	0.000
5	2520.740	0.000
10	3281.768	0.000
20	6668.337	0.000
50	10671.940	0.000
100	13245.762	0.000
200	15697.701	0.000
500	18861.447	0.000
1000	21228.953	0.000
2000	23585.896	0.000
5000	26696.576	0.000
10000	29044.889	0.000

Figura 63. Archivo "Resultados.dat" del programa QG2P.exe

8.2.3 Tránsitos de avenidas mediante el programa TRATE.bas

El software tránsito de avenidas y embalses fue desarrollado por el Instituto de ingeniería de la UNAM para el manual de la CFE.

Se debe elaborar un archivo .dat con el siguiente orden:

- 1- Elevación inicial en el vaso (msnm)
- 2- Número de puntos del hidrograma de entrada
- 3- Número de puntos de la curva de elevaciones vs volúmenes
- 4- Intervalo de tiempo (hrs)
- 5- Gasto de salida en la obra de tomas (m^3/s)
- 6- Factor para definir el intervalo de tiempo de calculo
- 7- Elevación inicial en el vaso, en (msnm)
- 8- Gasto de salida por la obra de excedencias (m^3/s)
- 9- Tiempo de restricción en el gasto de salida
- 10-Tiempo del pico del hidrograma de entrada
- 11-Elevaciones E_i
- 12-Volúmenes V_i
- 13-Gastos de salida por la obra de excedencias Q_p , en (m^3/s)
- 14-Agregar algún tipo de restricción

Tipos de restricción en el gasto de salida de la presa:

- 1- Sin ningún tipo de restricción en gasto de salida entonces ntipo=0
- 2- El gasto de salida de la presa es necesariamente tiene que ser menor o igual al gasto de entrada antes del tipo pico, entonces ntipo=1, se ingresa t_{pico}
- 3- El gasto de salida de la presa debe ser necesariamente el menor entre el gasto máximo de entrada en el momento de análisis i , el gasto de descarga con compuertas abiertas al 100% y la capacidad de descarga por la obra de excedencias., en este caso la restricción es ntipo=2, se ingresa la capacidad de descarga de la obra de excedencias con las compuertas al 100% $Q_{descarga\ n}$
- 4- Si ninguna de las restricciones aplica, los gastos de salida se restringen mediante una política de operación establecida para los vertedores de cresta controlada por compuertas
- 5- El programa no grafica por lo que se tendrá que utilizar algún editor de gráficos.

TránsitoAv.RES - Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```

NUMERO DE GASTOS DE ENTRADA          721
NUMERO DE PUNTOS DE LA CURVA ELEVACIONES  112
INTERVALO DE TIEMPO                   2 hr
GASTO DE SALIDA POR LA OBRA DE TOMA     0 m3/s
FACTOR DE PARA EL INTERVALO DE CALCULO  1
TIPO DE RESTRICCION EN EL GASTO DE SALIDA  0
SIN RESTRICCIONES EN LA DESCARGA       0

```

VOLUMEN EN MILLONES DE M3	ELEVACION EN METROS	GASTO DEL VERTEDEDOR DE EXCEDENCIAS EN M3/S
0.00	500.00	0.00
187.01	500.50	0.00
253.92	501.00	0.00
20538.54	544.00	2500.00
20909.10	544.50	2500.00
21282.76	545.00	2500.00

CONDICIONES INICIALES

```

VOLUMEN          13169.63 MILLONES DE m3
ELEVACION        533 m
GASTO DE ENTRADA 1728.42 m3/s
GASTO DE SALIDA OT 0 m3/s

```

TIEMPO hr	VOLUMEN ALMACENADO EN MILLONES DE M3	ELEVACION EN m	GASTOS DE ENTRADA m3/s	GASTO DE SALIDA m3/s	
0	0.000	13169.630	533.000	1728.420	2500.000
1	2.000	13164.822	532.992	1728.420	2292.430
2	4.000	13161.312	532.986	1728.420	2139.805
719	1438.000	16503.576	538.236	1687.710	2500.000
720	1440.000	16497.729	538.227	1687.710	2500.000

```

MAXIMO INCREMENTO DE VOLUMEN ALMACENADO 4885.882 MILLONES DE m3
MAXIMA ELEVACION DEL NIVEL DEL AGUA EN LA PRESA 540.5343 m

```

Línea 1, columna 1

Figura 64. Archivo de salida .res

9- Anexos

A) Registros de precipitación de las estaciones

Estación	12231
NOMBRE	RANCHO VIEJO
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	31.0	2.0
FEB	0.0	0.1	15.0	0.8
MAR	0.0	0.2	35.0	2.4
ABR	0.0	0.3	75.0	3.0
MAY	0.0	2.4	80.0	7.0
JUN	0.0	11.5	140.4	15.7
JUL	0.0	11.5	120.0	14.9
AGO	0.0	13.1	128.0	14.7
SEP	0.0	16.0	200.0	19.4
OCT	0.0	7.9	125.0	14.6
NOV	0.0	1.8	40.0	6.2
DIC	0.0	0.3	55.0	2.9
Total general	0.0	5.5	200.0	12.3

Registro de la estación 20302

Estación	20302
NOMBRE	SAN ANDRES CHICAHUAXTLA
ESTADO	OAXACA

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	1.2	110.0	6.7
FEB	0.0	1.2	60.6	6.6
MAR	0.0	0.6	51.5	4.1
ABR	0.0	1.2	99.2	6.2
MAY	0.0	4.0	63.0	9.7
JUN	0.0	11.6	112.0	13.7
JUL	0.0	10.1	60.0	11.2
AGO	0.0	10.6	83.5	12.7
SEP	0.0	13.2	116.0	15.1
OCT	0.0	3.5	62.7	7.1
NOV	0.0	0.6	28.4	2.7
DIC	0.0	0.2	25.7	1.7
Total general	0.0	4.8	116.0	10.3

Registro de la estación 20302

Estación	12228
NOMBRE	ESCALERILLA LA LAGUNA
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	40.0	1.7
FEB	0.0	0.3	40.0	2.4
MAR	0.0	0.2	30.0	1.7
ABR	0.0	0.4	60.0	2.7
MAY	0.0	2.0	37.0	5.2
JUN	0.0	4.6	97.0	8.2
JUL	0.0	6.4	60.0	8.7
AGO	0.0	5.2	70.0	7.8
SEP	0.0	4.8	50.0	7.3
OCT	0.0	1.8	41.0	4.5
NOV	0.0	0.2	21.0	1.6
DIC	0.0	0.2	40.0	2.2
Total general	0.0	2.0	97.0	5.5

Registro de la estación 12228

Estación	12260
NOMBRE	MOCHITLAN
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.5	67.3	4.3
FEB	0.0	0.3	38.4	2.6
MAR	0.0	0.4	46.0	3.4
ABR	0.0	0.5	41.0	3.2
MAY	0.0	2.4	63.0	7.7
JUN	0.0	6.5	68.8	11.1
JUL	0.0	8.9	61.4	12.0
AGO	0.0	8.8	58.3	11.2
SEP	0.0	11.7	144.2	18.0
OCT	0.0	4.0	93.0	9.8
NOV	0.0	0.7	27.7	3.4
DIC	0.0	0.1	26.0	1.4
Total general	0.0	3.7	144.2	9.7

Registro de la estación 12260

Estación	12086
NOMBRE	TEPETIXTLA
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	67.0	2.5
FEB	0.0	0.1	30.0	1.5
MAR	0.0	0.1	30.0	1.0
ABR	0.0	0.1	76.5	2.2
MAY	0.0	1.3	75.0	5.6
JUN	0.0	6.9	201.0	15.5
JUL	0.0	6.0	238.0	14.4
AGO	0.0	7.3	120.0	15.4
SEP	0.0	8.4	285.0	18.3
OCT	0.0	3.8	198.0	11.7
NOV	0.0	0.8	93.0	4.7
DIC	0.0	0.2	50.5	2.5
Total general	0.0	2.9	285.0	10.5

Registro de la estación 12086

Estación	12009
NOMBRE	ARROYO FRIO
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	55.0	3.2
FEB	0.0	0.1	24.0	1.3
MAR	0.0	0.1	38.0	1.9
ABR	0.0	0.1	30.0	1.7
MAY	0.0	1.5	62.0	5.9
JUN	0.0	8.3	123.0	14.7
JUL	0.0	8.3	100.7	13.7
AGO	0.0	9.9	145.3	15.2
SEP	0.0	9.5	237.0	17.2
OCT	0.0	3.9	91.0	10.2
NOV	0.0	0.9	66.0	4.6
DIC	0.0	0.3	35.0	2.5
Total general	0.0	3.7	237.0	10.5

Registro de la estación 12009

Estación	12017
NOMBRE	CASAS VIEJAS
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	40.0	1.9
FEB	0.0	0.1	53.5	2.1
MAR	0.0	0.0	11.5	0.4
ABR	0.0	0.1	55.5	1.8
MAY	0.0	0.7	55.0	3.3
JUN	0.0	8.0	217.5	15.5
JUL	0.0	8.6	185.5	14.9
AGO	0.0	8.6	82.5	12.9
SEP	0.0	11.3	218.0	18.1
OCT	0.0	5.0	280.0	12.5
NOV	0.0	0.9	47.0	3.5
DIC	0.0	0.2	38.0	1.8
Total general	0.0	3.5	280.0	10.5

Registro de la estación 12017

Estación	20103
NOMBRE	SAN ANDRES LAGUNAS
ESTADO	OAXACA

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	60.0	2.2
FEB	0.0	0.3	41.0	1.9
MAR	0.0	0.3	30.0	1.9
ABR	0.0	1.0	48.0	3.8
MAY	0.0	2.7	82.0	7.2
JUN	0.0	5.3	92.0	9.4
JUL	0.0	3.7	73.5	7.9
AGO	0.0	3.6	85.1	8.1
SEP	0.0	4.6	112.7	9.3
OCT	0.0	1.5	50.0	5.1
NOV	0.0	0.6	47.0	3.0
DIC	0.0	0.2	13.0	1.0
Total general	0.0	2.0	112.7	6.2

Registro de la estación 20103

Estación	12083
NOMBRE	TEHUEHUETLA
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	70.0	3.6
FEB	0.0	0.2	92.6	3.4
MAR	0.0	0.1	25.8	1.4
ABR	0.0	0.1	18.0	0.9
MAY	0.0	0.9	62.5	4.0
JUN	0.0	6.7	96.5	11.5
JUL	0.0	8.5	221.5	13.5
AGO	0.0	9.5	112.8	13.3
SEP	0.0	9.1	103.2	13.9
OCT	0.0	3.3	81.5	8.2
NOV	0.0	0.4	52.3	2.6
DIC	0.0	0.3	33.5	2.1
Total general	0.0	3.3	221.5	9.1

Registro de la estación 12083

Estación	12204
NOMBRE	YEXTLA
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	31.1	1.7
FEB	0.0	0.2	26.4	1.5
MAR	0.0	0.2	35.0	1.6
ABR	0.0	0.3	40.0	2.1
MAY	0.0	2.1	51.2	6.0
JUN	0.0	5.2	60.0	8.3
JUL	0.0	6.0	74.2	8.6
AGO	0.0	5.3	55.6	7.3
SEP	0.0	5.4	75.4	9.0
OCT	0.0	2.4	63.7	6.7
NOV	0.0	0.6	84.4	4.4
DIC	0.0	0.1	18.3	0.8
Total general	0.0	2.4	84.4	6.2

Registro de la estación 12204

Estación	12140
NOMBRE	SAN ANTONIO TEJAS
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.9	92.0	5.6
FEB	0.0	0.4	60.0	3.1
MAR	0.0	0.4	80.0	3.6
ABR	0.0	0.3	75.0	3.2
MAY	0.0	2.2	109.0	7.2
JUN	0.0	8.4	256.0	15.2
JUL	0.0	8.8	228.5	13.9
AGO	0.0	10.0	193.5	15.8
SEP	0.0	11.1	141.0	15.7
OCT	0.0	6.0	320.0	14.0
NOV	0.0	1.5	74.5	5.9
DIC	0.0	0.9	86.9	4.7
Total general	0.0	4.3	320.0	11.3

Registro de la estación 12140

Estación	12185
NOMBRE	CUALAC
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	85.0	3.6
FEB	0.0	0.2	20.0	1.6
MAR	0.0	0.3	115.0	4.1
ABR	0.0	0.6	49.5	3.3
MAY	0.0	3.1	133.0	10.7
JUN	0.0	6.2	110.0	12.1
JUL	0.0	6.7	94.0	11.7
AGO	0.0	6.4	129.0	11.8
SEP	0.0	6.9	120.3	12.5
OCT	0.0	2.9	130.0	9.3
NOV	0.0	0.5	32.5	2.7
DIC	0.0	0.2	40.5	2.2
Total general	0.0	2.9	133.0	8.8

Registro de la estación 12185

Estación	21115
NOMBRE	SAN CRISTOBAL TULCINGO
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	20.0	2.0
FEB	0.0	0.4	50.6	3.4
MAR	0.0	0.5	25.6	2.7
ABR	0.0	0.9	26.2	3.1
MAY	0.0	2.8	66.4	7.1
JUN	0.0	7.2	61.4	11.7
JUL	0.0	6.2	49.6	10.8
AGO	0.0	6.5	49.2	10.9
SEP	0.0	6.3	56.2	10.1
OCT	0.0	2.2	45.5	6.3
NOV	0.0	0.9	53.7	4.3
DIC	0.0	0.1	22.6	1.4
Total general	0.0	2.9	66.4	7.7

Registro de la estación 21115

Estación	12027
NOMBRE	CUNDANCITO
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	72.0	3.7
FEB	0.0	0.1	28.5	1.3
MAR	0.0	0.1	18.0	0.8
ABR	0.0	0.0	18.5	0.7
MAY	0.0	1.3	60.0	5.2
JUN	0.0	6.2	76.5	11.2
JUL	0.0	8.2	233.0	13.5
AGO	0.0	8.7	142.0	13.3
SEP	0.0	7.5	113.5	12.4
OCT	0.0	2.9	81.2	7.9
NOV	0.0	0.5	48.0	3.1
DIC	0.0	0.2	38.5	1.8
Total general	0.0	3.0	233.0	8.6

Registro de la estación 12027

Estación	20298
NOMBRE	HUAJUAPAN DE LEON (OBS)
ESTADO	OAXACA

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.0	6.3	0.4
FEB	0.0	0.1	12.4	0.7
MAR	0.0	0.2	25.7	1.4
ABR	0.0	0.7	56.8	3.7
MAY	0.0	1.3	44.2	3.9
JUN	0.0	2.2	57.0	5.6
JUL	0.0	1.9	62.3	5.6
AGO	0.0	2.5	85.9	7.5
SEP	0.0	2.9	72.5	7.5
OCT	0.0	0.9	39.7	3.3
NOV	0.0	0.2	30.5	1.8
DIC	0.0	0.0	6.4	0.3
Total general	0.0	1.1	85.9	4.4

Registro de la estación 20298

Estación	12118
NOMBRE	MEZCALA
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	44.0	2.1
FEB	0.0	0.1	67.0	2.2
MAR	0.0	0.1	45.5	1.8
ABR	0.0	0.1	38.0	1.7
MAY	0.0	1.8	143.8	6.5
JUN	0.0	4.6	143.8	10.5
JUL	0.0	4.5	66.0	8.5
AGO	0.0	4.6	65.0	9.0
SEP	0.0	4.8	126.0	9.9
OCT	0.0	1.8	56.0	5.7
NOV	0.0	0.3	163.0	4.7
DIC	0.0	0.0	16.0	0.5
Total general	0.0	1.9	163.0	6.6

Registro de la estación 12118

Estación	12249
NOMBRE	TULIMAN
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	35.0	1.9
FEB	0.0	0.1	30.0	1.5
MAR	0.0	0.3	27.0	2.3
ABR	0.0	0.1	30.0	1.4
MAY	0.0	2.4	130.0	8.9
JUN	0.0	7.7	80.0	15.5
JUL	0.0	6.7	90.0	13.3
AGO	0.0	7.4	89.6	14.1
SEP	0.0	9.6	356.2	23.2
OCT	0.0	3.7	310.0	19.0
NOV	0.0	0.5	40.0	3.2
DIC	0.0	0.1	36.0	1.4
Total general	0.0	3.2	356.2	12.0

Registro de la estación 12249

Estación	16227
NOMBRE	LAZARO CARDENAS
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	37.0	2.2
FEB	0.0	0.4	66.5	3.7
MAR	0.0	0.2	57.3	2.8
ABR	0.0	0.0	19.5	0.6
MAY	0.0	0.7	160.0	7.0
JUN	0.0	7.6	280.0	21.1
JUL	0.0	7.9	282.2	20.8
AGO	0.0	9.6	222.0	23.2
SEP	0.0	12.7	320.0	31.4
OCT	0.0	5.8	330.0	22.8
NOV	0.0	1.0	145.5	8.0
DIC	0.0	0.9	130.0	6.7
Total general	0.0	4.0	330.0	16.9

Registro de la estación 16227

Estación	12138
NOMBRE	AJOCHITLAN
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	65.0	3.0
FEB	0.0	0.2	78.0	3.1
MAR	0.0	0.1	26.0	1.3
ABR	0.0	0.0	11.6	0.6
MAY	0.0	1.0	62.0	4.3
JUN	0.0	6.2	94.0	11.7
JUL	0.0	7.0	98.0	12.6
AGO	0.0	7.8	96.0	13.3
SEP	0.0	7.6	118.4	13.7
OCT	0.0	2.9	92.8	8.4
NOV	0.0	0.3	42.5	2.3
DIC	0.0	0.1	36.4	1.3
Total general	0.0	2.9	118.4	8.8

Registro de la estación 12249

Estación	12138
NOMBRE	AJOCHITLAN
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	65.0	3.0
FEB	0.0	0.2	78.0	3.1
MAR	0.0	0.1	26.0	1.3
ABR	0.0	0.0	11.6	0.6
MAY	0.0	1.0	62.0	4.3
JUN	0.0	6.2	94.0	11.7
JUL	0.0	7.0	98.0	12.6
AGO	0.0	7.8	96.0	13.3
SEP	0.0	7.6	118.4	13.7
OCT	0.0	2.9	92.8	8.4
NOV	0.0	0.3	42.5	2.3
DIC	0.0	0.1	36.4	1.3
Total general	0.0	2.9	118.4	8.8

Registro de la estación 12138

Estación	12001
NOMBRE	ACAPETLAHUAYA
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	62.0	3.0
FEB	0.0	0.1	19.0	1.0
MAR	0.0	0.0	55.5	1.4
ABR	0.0	0.1	33.0	1.4
MAY	0.0	1.4	201.8	7.7
JUN	0.0	6.9	97.0	12.7
JUL	0.0	6.4	110.0	11.6
AGO	0.0	6.4	80.0	10.4
SEP	0.0	6.8	90.0	11.8
OCT	0.0	2.4	62.0	6.7
NOV	0.0	0.3	23.0	1.8
DIC	0.0	0.1	40.9	1.6
Total general	0.0	2.6	201.8	8.0

Registro de la estación 12001

Estación	12082
NOMBRE	TARETARO
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	82.0	3.7
FEB	0.0	0.1	53.0	2.1
MAR	0.0	0.1	18.5	0.9
ABR	0.0	0.1	26.0	1.0
MAY	0.0	0.9	58.5	4.4
JUN	0.0	5.6	90.0	10.9
JUL	0.0	7.8	85.5	12.5
AGO	0.0	8.0	100.0	12.9
SEP	0.0	8.0	106.0	12.5
OCT	0.0	2.7	60.0	7.3
NOV	0.0	0.4	52.0	2.7
DIC	0.0	0.1	26.7	1.2
Total general	0.0	3.0	106.0	8.5

Registro de la estación 16227

Estación	12082
NOMBRE	TARETARO
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	82.0	3.7
FEB	0.0	0.1	53.0	2.1
MAR	0.0	0.1	18.5	0.9
ABR	0.0	0.1	26.0	1.0
MAY	0.0	0.9	58.5	4.4
JUN	0.0	5.6	90.0	10.9
JUL	0.0	7.8	85.5	12.5
AGO	0.0	8.0	100.0	12.9
SEP	0.0	8.0	106.0	12.5
OCT	0.0	2.7	60.0	7.3
NOV	0.0	0.4	52.0	2.7
DIC	0.0	0.1	26.7	1.2
Total general	0.0	3.0	106.0	8.5

Registro de la estación 12082

Estación	21050
NOMBRE	JOLALPAN
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	35.8	2.0
FEB	0.0	0.1	54.0	1.6
MAR	0.0	0.1	63.4	1.7
ABR	0.0	0.4	50.0	2.4
MAY	0.0	2.1	160.0	7.4
JUN	0.0	5.8	116.0	11.0
JUL	0.0	5.5	94.5	11.1
AGO	0.0	5.4	100.0	9.8
SEP	0.0	5.5	106.7	10.9
OCT	0.0	2.1	113.5	7.1
NOV	0.0	0.4	54.5	2.9
DIC	0.0	0.0	10.0	0.5
Total general	0.0	2.3	160.0	7.4

Registro de la estación 21050

Estación	12164
NOMBRE	E.T.A. 274 COCULA
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	35.0	2.5
FEB	0.0	0.1	48.4	1.9
MAR	0.0	0.1	23.0	0.9
ABR	0.0	0.1	19.3	1.2
MAY	0.0	2.0	158.0	8.3
JUN	0.0	7.0	127.0	12.7
JUL	0.0	7.2	96.8	11.7
AGO	0.0	7.4	86.0	12.7
SEP	0.0	6.2	109.5	12.2
OCT	0.0	2.4	82.5	7.8
NOV	0.0	0.5	40.0	3.0
DIC	0.0	0.1	20.6	0.8
Total general	0.0	2.7	158.0	8.4

Registro de la estación 12164

Estación	12021
NOMBRE	COAHUAYUTLA
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.6	80.0	4.3
FEB	0.0	0.1	32.5	1.4
MAR	0.0	0.1	20.0	1.3
ABR	0.0	0.0	18.0	0.4
MAY	0.0	0.2	42.0	2.0
JUN	0.0	4.0	83.5	9.5
JUL	0.0	5.9	85.0	11.5
AGO	0.0	5.3	100.0	10.8
SEP	0.0	6.0	243.5	13.6
OCT	0.0	2.6	127.0	8.3
NOV	0.0	0.3	46.0	2.4
DIC	0.0	0.1	20.0	1.3
Total general	0.0	2.1	243.5	7.5

Registro de la estación 12021

Estación	12113
NOMBRE	GUAYAMEO
ESTADO	GUERRERO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.5	84.0	4.2
FEB	0.0	0.1	30.0	1.5
MAR	0.0	0.0	23.0	0.8
ABR	0.0	0.1	42.0	1.2
MAY	0.0	0.5	46.0	2.8
JUN	0.0	5.4	86.0	10.3
JUL	0.0	6.9	96.0	11.1
AGO	0.0	6.5	75.0	10.5
SEP	0.0	6.6	97.0	11.0
OCT	0.0	2.7	150.0	8.3
NOV	0.0	0.4	37.5	2.4
DIC	0.0	0.1	15.0	0.7
Total general	0.0	2.5	150.0	7.5

Registro de la estación 12113

Estación	16239
NOMBRE	MEXCALHUACAN
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.1	28.5	1.3
FEB	0.0	0.4	63.5	4.0
MAR	0.0	0.0	10.0	0.5
ABR	0.0	0.0	0.0	0.0
MAY	0.0	1.0	160.0	8.7
JUN	0.0	4.3	280.0	17.8
JUL	0.0	7.9	300.0	24.8
AGO	0.0	8.0	240.0	25.0
SEP	0.0	8.4	140.0	19.9
OCT	0.0	4.5	180.0	16.9
NOV	0.0	0.9	65.0	5.2
DIC	0.0	0.2	40.8	2.4
Total general	0.0	2.9	300.0	14.3

Registro de la estación 16239

Estación	21083
NOMBRE	TEHUACAN
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	29.5	1.5
FEB	0.0	0.2	22.0	1.4
MAR	0.0	0.3	24.5	1.5
ABR	0.0	0.7	34.0	3.0
MAY	0.0	1.9	95.0	6.3
JUN	0.0	3.5	120.0	9.4
JUL	0.0	2.1	85.0	6.9
AGO	0.0	2.3	70.0	7.2
SEP	0.0	2.9	95.0	8.2
OCT	0.0	1.0	96.0	4.7
NOV	0.0	0.3	32.0	1.7
DIC	0.0	0.1	10.0	0.6
Total general	0.0	1.3	120.0	5.4

Registro de la estación 21083

Estación	21176
NOMBRE	TONAHUXTLA
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	66.0	2.5
FEB	0.0	0.1	39.5	1.8
MAR	0.0	0.2	20.0	1.3
ABR	0.0	0.3	35.0	2.0
MAY	0.0	1.2	58.0	4.9
JUN	0.0	2.8	110.0	8.4
JUL	0.0	2.3	120.0	7.9
AGO	0.0	2.5	62.0	7.6
SEP	0.0	3.2	86.0	8.3
OCT	0.0	0.9	55.0	4.7
NOV	0.0	0.1	25.4	1.4
DIC	0.0	0.0	20.0	0.7
Total general	0.0	1.1	120.0	5.3

Registro de la estación 21176

Estación	21132
NOMBRE	IZUCAR DE MATAMOROS (SMN)
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.2	30.0	1.7
FEB		0.0	0.2	22.0	1.4
MAR		0.0	0.2	36.0	1.6
ABR		0.0	0.5	100.0	3.9
MAY		0.0	2.7	210.0	10.0
JUN		0.0	5.7	195.0	12.5
JUL		0.0	4.6	160.0	10.8
AGO		0.0	6.6	200.0	15.6
SEP		0.0	6.0	200.0	14.7
OCT		0.0	2.4	160.0	9.7
NOV		0.0	0.4	42.0	3.0
DIC		0.0	0.1	22.0	1.1
Total general		0.0	2.5	210.0	9.3

Registro de la estación 21132

Estación	21230
NOMBRE	SAN JUAN COATZINGO
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.2	29.0	1.8
FEB		0.0	0.2	28.0	1.6
MAR		0.0	0.3	64.0	3.1
ABR		0.0	0.5	46.0	2.9
MAY		0.0	2.1	84.1	6.4
JUN		0.0	5.1	76.5	10.2
JUL		0.0	3.4	75.0	8.4
AGO		0.0	4.3	123.6	10.1
SEP		0.0	4.0	66.6	9.0
OCT		0.0	1.4	68.5	6.0
NOV		0.0	0.4	48.0	3.1
DIC		0.0	0.1	20.0	1.3
Total general		0.0	1.9	123.6	6.6

Registro de la estación 21230

Estación	17057
NOMBRE	EL LIMON
ESTADO	MORELOS

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.3	39.0	2.3
FEB		0.0	0.2	33.1	1.8
MAR		0.0	0.2	35.0	1.6
ABR		0.0	0.4	37.4	2.3
MAY		0.0	1.9	55.8	5.8
JUN		0.0	5.7	120.5	11.4
JUL		0.0	5.7	97.8	11.2
AGO		0.0	5.7	73.5	10.6
SEP		0.0	5.7	69.7	10.1
OCT		0.0	2.1	70.2	6.4
NOV		0.0	0.4	40.3	2.5
DIC		0.0	0.1	40.8	1.5
Total general		0.0	2.4	120.5	7.3

Registro de la estación 17057

Estación	17077
NOMBRE	XOXOCOTLA
ESTADO	MORELOS

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.2	30.0	1.9
FEB		0.0	0.1	34.2	1.6
MAR		0.0	0.1	16.0	1.2
ABR		0.0	0.2	21.0	1.3
MAY		0.0	1.4	64.5	4.8
JUN		0.0	6.1	80.0	11.2
JUL		0.0	5.5	96.0	10.5
AGO		0.0	5.7	85.0	10.6
SEP		0.0	5.5	95.0	10.3
OCT		0.0	2.3	59.6	7.0
NOV		0.0	0.3	46.7	2.5
DIC		0.0	0.1	30.6	1.3
Total general		0.0	2.3	96.0	7.1

Registro de la estación 17077

Estación	15327
NOMBRE	MATUZ - ANTES CORRAL VIEJO
ESTADO	MEXICO

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.3	40.3	2.5
FEB		0.0	0.2	60.6	2.8
MAR		0.0	0.1	33.5	1.8
ABR		0.0	0.1	30.9	1.2
MAY		0.0	1.4	60.7	5.6
JUN		0.0	7.0	110.7	13.1
JUL		0.0	9.0	80.6	13.7
AGO		0.0	8.3	75.0	12.8
SEP		0.0	7.3	86.6	12.4
OCT		0.0	3.4	80.1	9.3
NOV		0.0	0.6	40.0	3.4
DIC		0.0	0.1	40.0	1.7
Total general		0.0	3.3	110.7	9.1

Registro de la estación 15327

Estación	21102
NOMBRE	XOCHITLAN TODOS SANTOS
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.3	50.0	2.6
FEB		0.0	0.2	50.0	2.3
MAR		0.0	0.4	28.0	2.1
ABR		0.0	0.9	48.0	3.4
MAY		0.0	2.8	83.5	7.6
JUN		0.0	4.1	84.0	9.0
JUL		0.0	2.3	78.0	7.2
AGO		0.0	2.2	76.0	6.8
SEP		0.0	3.7	82.0	9.1
OCT		0.0	1.3	65.0	5.1
NOV		0.0	0.4	41.0	2.4
DIC		0.0	0.1	27.5	1.3
Total general		0.0	1.6	84.0	5.8

Registro de la estación 21102

Estación	16051
NOMBRE	HUETAMO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	74.0	2.8
FEB	0.0	0.1	61.0	2.1
MAR	0.0	0.1	36.0	1.3
ABR	0.0	0.1	24.0	1.0
MAY	0.0	0.7	90.0	4.3
JUN	0.0	5.1	110.0	10.6
JUL	0.0	6.1	119.5	11.4
AGO	0.0	5.6	101.0	11.4
SEP	0.0	5.4	116.5	11.3
OCT	0.0	2.0	70.5	6.5
NOV	0.0	0.4	39.0	2.8
DIC	0.0	0.1	52.5	1.7
Total general	0.0	2.3	119.5	7.5

Registro de la estación 16051

Estación	16154
NOMBRE	COALCOMAN (SMN)
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.6	71.0	4.4
FEB	0.0	0.3	52.0	2.4
MAR	0.0	0.3	85.0	3.6
ABR	0.0	0.4	60.0	3.4
MAY	0.0	1.6	80.0	6.5
JUN	0.0	8.1	125.0	13.0
JUL	0.0	8.0	92.0	12.7
AGO	0.0	8.4	180.0	14.0
SEP	0.0	7.2	151.1	11.7
OCT	0.0	4.9	90.0	11.5
NOV	0.0	1.6	80.0	7.3
DIC	0.0	0.7	90.0	4.7
Total general	0.0	3.6	180.0	9.6

Registro de la estación 16154

Estación	15356
NOMBRE	JALPA
ESTADO	MEXICO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.1	23.0	1.5
FEB	0.0	0.2	36.5	2.2
MAR	0.0	0.1	24.5	1.0
ABR	0.0	3.0	80.6	13.4
MAY	0.0	4.5	90.5	15.0
JUN	0.0	4.9	80.3	9.8
JUL	0.0	3.6	90.5	8.2
AGO	0.0	4.7	90.5	10.1
SEP	0.0	4.5	87.5	10.5
OCT	0.0	2.9	87.3	9.4
NOV	0.0	0.6	38.0	3.1
DIC	0.0	0.2	26.0	1.3
Total general	0.0	2.4	90.5	8.8

Registro de la estación 15356

Estación	15255
NOMBRE	IXTLAHUACA VILLADA E-30
ESTADO	MEXICO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	40.0	2.9
FEB	0.0	0.5	40.0	2.8
MAR	0.0	0.5	35.0	2.6
ABR	0.0	0.8	33.0	3.2
MAY	0.0	2.6	74.0	6.5
JUN	0.0	6.0	66.0	9.0
JUL	0.0	5.5	64.0	8.1
AGO	0.0	5.2	55.0	7.9
SEP	0.0	5.9	56.0	8.6
OCT	0.0	2.4	58.0	5.5
NOV	0.0	0.8	56.0	3.6
DIC	0.0	0.3	63.0	2.4
Total general	0.0	2.6	74.0	6.2

Registro de la estación 15255

Estación	17046
NOMBRE	HUEYAPAN E-4
ESTADO	MORELOS

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	34.5	2.3
FEB	0.0	0.3	90.0	3.5
MAR	0.0	0.4	38.5	2.3
ABR	0.0	0.9	39.5	3.7
MAY	0.0	3.1	61.5	7.2
JUN	0.0	7.9	106.0	12.3
JUL	0.0	6.9	92.7	11.4
AGO	0.0	6.7	100.0	10.9
SEP	0.0	7.5	74.0	11.3
OCT	0.0	2.9	98.3	7.7
NOV	0.0	0.7	61.5	4.0
DIC	0.0	0.3	32.5	2.3
Total general	0.0	3.1	106.0	8.1

Registro de la estación 17046

Estación	21235
NOMBRE	SAN ISIDRO HUILOTEPEC
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.1	30.0	1.2
FEB	0.0	0.1	15.0	1.0
MAR	0.0	0.2	40.0	2.4
ABR	0.0	0.3	40.0	2.2
MAY	0.0	1.2	60.0	4.6
JUN	0.0	4.5	77.0	8.2
JUL	0.0	3.8	73.0	8.0
AGO	0.0	4.3	70.0	7.9
SEP	0.0	4.7	70.0	8.9
OCT	0.0	1.3	70.0	4.3
NOV	0.0	0.3	35.0	2.5
DIC	0.0	0.1	26.0	1.3
Total general	0.0	1.7	77.0	5.5

Registro de la estación 21235

Estación	16026
NOMBRE	CUATRO CAMINOS
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.5	50.5	3.7
FEB	0.0	0.3	70.0	3.3
MAR	0.0	0.2	108.7	3.7
ABR	0.0	0.1	43.0	1.4
MAY	0.0	0.7	110.0	4.9
JUN	0.0	3.9	110.0	10.0
JUL	0.0	5.1	91.4	10.5
AGO	0.0	4.8	97.8	10.2
SEP	0.0	5.0	92.0	10.8
OCT	0.0	2.3	93.2	8.4
NOV	0.0	0.5	57.1	3.5
DIC	0.0	0.2	31.2	1.6
Total general	0.0	2.0	110.0	7.3

Registro de la estación 16026

Estación	16047
NOMBRE	EL ZAPOTE
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	61.0	3.3
FEB	0.0	0.2	80.0	2.8
MAR	0.0	0.1	70.0	2.3
ABR	0.0	0.1	33.2	1.0
MAY	0.0	0.6	133.5	4.6
JUN	0.0	3.5	95.0	8.7
JUL	0.0	4.7	81.0	9.2
AGO	0.0	4.2	98.5	9.2
SEP	0.0	4.6	78.0	9.8
OCT	0.0	2.2	130.0	8.5
NOV	0.0	0.4	70.5	2.9
DIC	0.0	0.1	23.8	1.2
Total general	0.0	1.8	133.5	6.5

Registro de la estación 16047

Estación	21243
NOMBRE	CEMEX
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	25.0	2.1
FEB	0.0	0.5	51.0	3.2
MAR	0.0	0.6	21.0	2.3
ABR	0.0	1.3	77.0	5.2
MAY	0.0	2.9	46.3	6.0
JUN	0.0	4.9	80.0	8.9
JUL	0.0	3.8	68.0	9.5
AGO	0.0	4.2	88.0	10.0
SEP	0.0	4.9	50.0	8.4
OCT	0.0	1.6	40.0	5.2
NOV	0.0	0.5	45.0	3.4
DIC	0.0	0.1	22.0	1.4
Total general	0.0	2.1	88.0	6.5

Registro de la estación 21243

Estación	21073
NOMBRE	SAN ISIDRO CANOAS ALTAS
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	53.4	2.6
FEB	0.0	0.4	58.6	2.8
MAR	0.0	0.7	37.0	2.9
ABR	0.0	1.4	30.4	3.9
MAY	0.0	2.7	72.5	6.3
JUN	0.0	4.6	80.0	8.0
JUL	0.0	3.8	74.0	6.9
AGO	0.0	3.9	164.0	8.6
SEP	0.0	4.7	87.6	7.9
OCT	0.0	2.1	68.9	5.6
NOV	0.0	0.5	25.0	2.3
DIC	0.0	0.1	12.4	0.9
Total general	0.0	2.2	164.0	5.8

Registro de la estación 21073

Estación	16158
NOMBRE	EL CAJON
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.6	48.0	3.8
FEB	0.0	0.2	43.0	2.0
MAR	0.0	0.3	51.3	2.6
ABR	0.0	0.0	14.6	0.5
MAY	0.0	0.5	73.5	4.0
JUN	0.0	4.7	120.0	11.1
JUL	0.0	6.3	175.5	13.0
AGO	0.0	5.7	104.5	11.4
SEP	0.0	6.4	128.0	12.9
OCT	0.0	2.5	120.0	8.5
NOV	0.0	0.6	70.5	3.9
DIC	0.0	0.3	40.6	2.3
Total general	0.0	2.4	175.5	8.2

Registro de la estación 16158

Estación	16230
NOMBRE	LAS CRUCES
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	32.5	1.7
FEB	0.0	0.4	90.0	4.5
MAR	0.0	0.3	85.0	3.6
ABR	0.0	0.0	6.5	0.4
MAY	0.0	1.1	64.5	5.1
JUN	0.0	4.9	60.4	9.9
JUL	0.0	6.5	128.0	12.9
AGO	0.0	6.1	111.5	12.1
SEP	0.0	5.5	120.0	11.5
OCT	0.0	2.0	81.5	6.7
NOV	0.0	0.5	55.9	3.7
DIC	0.0	0.1	26.7	1.3
Total general	0.0	2.3	128.0	7.9

Registro de la estación 16230

Estación	15039
NOMBRE	JUCHITEPEC
ESTADO	MEXICO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.5	71.1	4.0
FEB	0.0	0.6	122.1	5.0
MAR	0.0	0.6	122.0	4.4
ABR	0.0	1.0	55.0	3.4
MAY	0.0	2.1	38.7	4.7
JUN	0.0	4.4	65.0	7.7
JUL	0.0	4.6	65.0	7.2
AGO	0.0	4.6	65.8	7.5
SEP	0.0	4.1	66.0	7.3
OCT	0.0	1.7	66.5	5.5
NOV	0.0	0.5	41.8	2.8
DIC	0.0	0.4	27.3	1.9
Total general	0.0	2.1	122.1	5.7

Registro de la estación 15039

Estación	21100
NOMBRE	VISTA HERMOSA
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	35.3	2.2
FEB	0.0	0.3	29.5	2.3
MAR	0.0	0.6	39.5	2.8
ABR	0.0	1.6	51.4	4.9
MAY	0.0	2.8	53.4	6.5
JUN	0.0	4.5	87.3	9.1
JUL	0.0	2.9	48.5	5.8
AGO	0.0	3.6	69.2	7.7
SEP	0.0	3.4	75.3	7.7
OCT	0.0	1.3	61.3	5.2
NOV	0.0	0.4	43.4	2.4
DIC	0.0	0.2	27.8	1.4
Total general	0.0	1.8	87.3	5.7

Registro de la estación 21100

Estación	16219
NOMBRE	SAN PEDRO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	65.5	3.1
FEB	0.0	0.3	90.0	3.4
MAR	0.0	0.3	60.2	2.6
ABR	0.0	0.1	15.5	0.8
MAY	0.0	1.2	66.5	5.0
JUN	0.0	5.8	88.2	11.0
JUL	0.0	7.3	114.8	12.4
AGO	0.0	7.3	99.5	12.9
SEP	0.0	7.0	101.8	12.8
OCT	0.0	2.5	62.5	7.6
NOV	0.0	0.5	47.6	2.9
DIC	0.0	0.1	23.2	1.3
Total general	0.0	2.7	114.8	8.3

Registro de la estación 16219

Estación	16122
NOMBRE	SUSUPUATO DE GUERRERO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	60.0	3.4
FEB	0.0	0.3	113.5	3.6
MAR	0.0	0.2	44.7	2.1
ABR	0.0	0.2	21.0	1.6
MAY	0.0	1.4	148.0	6.2
JUN	0.0	6.3	82.0	11.0
JUL	0.0	7.7	90.1	12.6
AGO	0.0	6.9	163.0	12.6
SEP	0.0	6.1	110.0	11.6
OCT	0.0	2.8	84.2	8.6
NOV	0.0	0.4	48.0	2.9
DIC	0.0	0.1	35.0	1.5
Total general	0.0	2.8	163.0	8.4

Registro de la estación 16122

Estación	14112
NOMBRE	PRESA TROJES
ESTADO	JALISCO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.1	13.0	1.1
FEB	0.0	0.8	52.0	5.0
MAR	0.0	0.7	99.0	6.5
ABR	0.0	0.8	48.0	4.5
MAY	0.0	0.2	41.5	2.5
JUN	0.0	5.3	76.5	11.7
JUL	0.0	6.4	96.0	12.2
AGO	0.0	6.8	84.0	12.5
SEP	0.0	5.7	45.0	9.6
OCT	0.0	2.6	93.5	8.3
NOV	0.0	1.0	49.0	5.1
DIC	0.0	0.4	65.0	4.1
Total general	0.0	2.4	99.0	8.0

Registro de la estación 14112

Estación	21096
NOMBRE	SANTA RITA TLAHUAPAN
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	64.0	2.3
FEB	0.0	0.3	26.0	1.9
MAR	0.0	0.4	41.1	2.2
ABR	0.0	1.3	49.5	4.1
MAY	0.0	3.0	122.5	7.0
JUN	0.0	5.3	113.0	9.3
JUL	0.0	4.9	70.0	7.9
AGO	0.0	4.9	70.0	7.9
SEP	0.0	5.1	80.0	8.6
OCT	0.0	2.3	61.0	6.0
NOV	0.0	0.6	34.5	2.5
DIC	0.0	0.3	29.0	2.0
Total general	0.0	2.4	122.5	6.2

Registro de la estación 21096

Estación	14348
NOMBRE	JILOTLAN
ESTADO	JALISCO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	35.0	2.4
FEB	0.0	0.1	27.0	1.2
MAR	0.0	0.3	79.0	3.3
ABR	0.0	0.0	6.0	0.3
MAY	0.0	0.8	80.5	4.5
JUN	0.0	5.3	98.5	12.0
JUL	0.0	6.0	83.0	13.1
AGO	0.0	5.1	93.0	11.4
SEP	0.0	6.4	225.0	15.3
OCT	0.0	2.6	195.0	9.9
NOV	0.0	0.7	75.8	5.1
DIC	0.0	0.3	43.4	2.8
Total general	0.0	2.5	225.0	9.0

Registro de la estación 14348

Estación	14336
NOMBRE	EL GUAYABO
ESTADO	JALISCO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.6	85.5	5.2
FEB	0.0	0.3	30.0	2.1
MAR	0.0	0.2	113.5	4.3
ABR	0.0	0.0	3.1	0.1
MAY	0.0	0.4	60.1	3.3
JUN	0.0	4.5	84.0	10.4
JUL	0.0	5.9	98.1	12.2
AGO	0.0	5.2	121.0	10.8
SEP	0.0	6.2	143.4	13.4
OCT	0.0	1.9	91.1	7.4
NOV	0.0	0.5	71.7	3.7
DIC	0.0	0.3	32.4	2.0
Total general	0.0	2.2	143.4	8.0

Registro de la estación 14336

Estación	15140
NOMBRE	PRESA CHILESDO
ESTADO	MEXICO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.7	46.3	3.7
FEB	0.0	1.0	160.0	8.8
MAR	0.0	0.7	54.0	4.2
ABR	0.0	0.5	27.5	2.5
MAY	0.0	2.1	31.5	4.4
JUN	0.0	5.7	34.6	7.3
JUL	0.0	6.9	69.0	8.4
AGO	0.0	6.3	42.0	7.1
SEP	0.0	5.7	52.0	7.5
OCT	0.0	2.6	38.0	5.8
NOV	0.0	0.9	38.0	4.0
DIC	0.0	0.2	20.0	1.4
Total general	0.0	2.8	160.0	6.4

Registro de la estación 15140

Estación	16085
NOMBRE	PARACUARO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.3	43.0	2.8
FEB	0.0	0.2	69.8	2.7
MAR	0.0	0.2	93.0	3.1
ABR	0.0	0.1	38.0	1.3
MAY	0.0	0.6	79.0	4.0
JUN	0.0	5.5	90.0	12.5
JUL	0.0	7.3	121.0	14.6
AGO	0.0	6.9	124.5	14.3
SEP	0.0	6.5	112.5	14.2
OCT	0.0	3.2	145.7	11.6
NOV	0.0	0.5	82.0	4.3
DIC	0.0	0.2	26.0	1.6
Total general	0.0	2.8	145.7	9.8

Registro de la estación 16085

Estación	16261
NOMBRE	CHILATAN
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	17.0	1.5
FEB	0.0	0.7	40.5	4.1
MAR	0.0	0.8	90.0	6.6
ABR	0.0	0.0	11.0	0.7
MAY	0.0	0.5	25.0	2.5
JUN	0.0	3.2	85.0	8.6
JUL	0.0	4.1	61.0	9.3
AGO	0.0	3.5	50.0	7.9
SEP	0.0	4.5	96.0	11.6
OCT	0.0	2.1	70.0	8.4
NOV	0.0	0.4	26.0	2.5
DIC	0.0	0.2	14.0	1.3
Total general	0.0	1.7	96.0	6.7

Registro de la estación 16261

Estación	9014
NOMBRE	COLONIA SANTA URSULA COAPA
ESTADO	DISTRITO FEDERAL

Lluvia (mm)				
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.2	23.0	1.6
FEB	0.0	0.2	12.2	0.9
MAR	0.0	0.4	35.0	2.4
ABR	0.0	0.8	37.0	2.6
MAY	0.0	2.3	60.0	5.7
JUN	0.0	4.7	73.0	8.4
JUL	0.0	5.4	93.0	7.8
AGO	0.0	5.3	74.0	8.4
SEP	0.0	5.0	79.5	8.7
OCT	0.0	2.4	82.0	6.1
NOV	0.0	0.5	42.0	2.7
DIC	0.0	0.2	33.2	1.9
Total general	0.0	2.3	93.0	6.0

Registro de la estación 9014

Estación	16178
NOMBRE	E.N.G.F. URUAPAN
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.9	98.2	6.3
FEB	0.0	0.4	47.0	3.1
MAR	0.0	0.4	28.0	1.8
ABR	0.0	0.4	132.0	5.9
MAY	0.0	1.3	124.0	7.8
JUN	0.0	8.2	82.0	14.2
JUL	0.0	10.2	106.0	14.4
AGO	0.0	9.3	92.2	12.3
SEP	0.0	9.7	98.0	14.2
OCT	0.0	3.4	85.0	8.1
NOV	0.0	1.1	96.0	6.5
DIC	0.0	0.8	100.0	5.8
Total general	0.0	3.8	132.0	10.2

Registro de la estación 16178

Estación	29166
NOMBRE	SAN SIMON
ESTADO	TLAXCALA

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.5	33.0	2.7
FEB	0.0	0.2	11.1	1.2
MAR	0.0	0.4	20.3	1.7
ABR	0.0	1.2	36.5	4.1
MAY	0.0	2.9	59.5	6.4
JUN	0.0	5.0	51.0	8.4
JUL	0.0	5.1	52.7	8.3
AGO	0.0	5.5	68.1	9.4
SEP	0.0	5.7	65.5	10.5
OCT	0.0	2.5	78.1	8.3
NOV	0.0	0.6	28.3	2.9
DIC	0.0	0.5	53.3	3.7
Total general	0.0	2.5	78.1	6.7

Registro de la estación 29166

Estación	15282
NOMBRE	TRES BARRANCAS
ESTADO	MEXICO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	44.0	2.4
FEB	0.0	0.5	63.5	2.9
MAR	0.0	0.5	38.0	2.5
ABR	0.0	0.8	40.0	3.3
MAY	0.0	2.7	71.0	5.9
JUN	0.0	5.5	90.5	9.2
JUL	0.0	6.0	60.0	8.1
AGO	0.0	5.3	43.5	7.2
SEP	0.0	4.7	47.0	7.3
OCT	0.0	2.0	60.0	5.3
NOV	0.0	0.6	37.0	2.4
DIC	0.0	0.2	36.0	2.0
Total general	0.0	2.5	90.5	5.9

Registro de la estación 15282

Estación	16109
NOMBRE	SAN DIEGO CURUPATZEO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	0.4	100.0	3.5
FEB	0.0	0.1	34.0	1.3
MAR	0.0	0.1	47.3	1.7
ABR	0.0	0.1	39.0	1.4
MAY	0.0	1.2	80.0	5.1
JUN	0.0	6.5	102.0	11.5
JUL	0.0	7.9	82.0	11.6
AGO	0.0	7.2	154.0	11.4
SEP	0.0	7.1	98.6	11.3
OCT	0.0	2.6	82.0	7.3
NOV	0.0	0.7	71.5	3.8
DIC	0.0	0.2	45.0	2.0
Total general	0.0	2.9	154.0	8.0

Registro de la estación 16109

Estación	21067
NOMBRE	QUIMIXTLAN
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	1.0	40.9	3.3
FEB	0.0	1.2	46.7	3.4
MAR	0.0	1.3	53.4	3.9
ABR	0.0	1.9	69.2	5.0
MAY	0.0	2.7	62.2	5.8
JUN	0.0	9.6	110.0	13.7
JUL	0.0	10.0	134.8	13.7
AGO	0.0	9.8	174.0	14.2
SEP	0.0	9.2	190.9	14.8
OCT	0.0	3.4	67.0	6.8
NOV	0.0	1.5	57.0	4.5
DIC	0.0	1.2	78.0	4.3
Total general	0.0	4.4	190.9	9.8

Registro de la estación 21067

Estación	16136
NOMBRE	TZITZIO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)				
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.
ENE	0.0	1.4	95.0	7.4
FEB	0.0	0.5	90.0	4.7
MAR	0.0	0.4	76.0	3.6
ABR	0.0	0.4	44.3	2.4
MAY	0.0	1.6	87.0	6.3
JUN	0.0	7.0	68.5	11.1
JUL	0.0	10.7	95.0	13.7
AGO	0.0	8.6	108.5	12.3
SEP	0.0	8.4	104.5	12.3
OCT	0.0	4.5	110.5	11.2
NOV	0.0	1.5	66.1	6.8
DIC	0.0	0.9	66.2	5.6
Total general	0.0	3.8	110.5	9.6

Registro de la estación 16136

Estación	16118
NOMBRE	SANTA FE
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)					
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.7	68.0	3.7
FEB		0.0	0.3	22.0	1.9
MAR		0.0	0.3	125.6	3.6
ABR		0.0	0.2	40.8	1.6
MAY		0.0	1.2	44.0	3.8
JUN		0.0	4.7	59.5	7.5
JUL		0.0	6.3	70.0	7.8
AGO		0.0	5.8	56.0	7.6
SEP		0.0	4.3	50.2	7.0
OCT		0.0	1.9	63.5	5.0
NOV		0.0	0.3	22.6	1.9
DIC		0.0	0.3	26.3	1.9
Total general		0.0	2.2	125.6	5.6

Registro de la estación 16118

Estación	21029
NOMBRE	COLONIA TEMEXTLA
ESTADO	PUEBLA

Lluvia (mm)					
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.3	28.5	2.0
FEB		0.0	0.3	24.3	1.8
MAR		0.0	0.7	34.1	2.8
ABR		0.0	1.4	48.0	4.1
MAY		0.0	1.7	68.0	4.7
JUN		0.0	3.5	42.5	6.6
JUL		0.0	2.7	63.0	5.7
AGO		0.0	2.7	84.0	6.8
SEP		0.0	2.9	60.2	6.0
OCT		0.0	1.6	54.5	4.8
NOV		0.0	0.6	36.0	2.4
DIC		0.0	0.3	24.3	1.8
Total general		0.0	1.6	84.0	4.6

Registro de la estación 21029

Estación	16251
NOMBRE	PATAMBAN
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)					
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.2	17.5	1.4
FEB		0.0	0.2	21.0	1.5
MAR		0.0	0.3	50.5	2.9
ABR		0.0	0.1	12.7	0.9
MAY		0.0	1.1	32.0	3.6
JUN		0.0	4.3	58.9	8.3
JUL		0.0	7.3	130.9	10.0
AGO		0.0	6.2	68.5	9.1
SEP		0.0	4.9	96.9	8.6
OCT		0.0	2.0	39.0	5.3
NOV		0.0	0.4	37.0	2.6
DIC		0.0	0.4	22.0	2.1
Total general		0.0	2.3	130.9	6.3

Registro de la estación 16251

Estación	16121
NOMBRE	SENGUIO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)					
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.6	56.0	4.5
FEB		0.0	0.2	22.5	1.5
MAR		0.0	0.5	76.5	3.9
ABR		0.0	0.4	27.0	2.2
MAY		0.0	2.5	200.0	11.4
JUN		0.0	4.9	43.0	7.7
JUL		0.0	7.1	83.8	9.0
AGO		0.0	6.9	52.3	9.1
SEP		0.0	5.2	145.0	10.2
OCT		0.0	2.5	200.0	10.7
NOV		0.0	0.5	24.0	2.1
DIC		0.0	0.4	26.0	2.2
Total general		0.0	2.7	200.0	7.8

Registro de la estación 16121

Estación	15076
NOMBRE	PRESA TEPETITLAN
ESTADO	MEXICO

Lluvia (mm)					
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.5	38.3	2.5
FEB		0.0	0.4	67.0	2.6
MAR		0.0	0.4	34.5	2.1
ABR		0.0	0.7	41.5	2.7
MAY		0.0	1.9	47.0	4.7
JUN		0.0	4.4	73.0	7.6
JUL		0.0	5.2	69.4	7.6
AGO		0.0	5.1	54.5	7.4
SEP		0.0	4.8	64.0	8.3
OCT		0.0	2.5	54.0	6.1
NOV		0.0	0.7	33.0	2.9
DIC		0.0	0.3	20.8	1.5
Total general		0.0	2.3	73.0	5.6

Registro de la estación 15076

Estación	16253
NOMBRE	TANACO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)					
Mes	Min.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.3	24.5	1.8
FEB		0.0	0.6	55.0	4.0
MAR		0.0	0.6	107.5	4.9
ABR		0.0	0.3	31.0	2.0
MAY		0.0	2.2	54.0	5.9
JUN		0.0	5.5	67.0	9.1
JUL		0.0	8.5	64.0	9.9
AGO		0.0	7.5	53.0	9.7
SEP		0.0	6.0	97.0	10.3
OCT		0.0	2.6	83.0	6.7
NOV		0.0	0.7	32.0	3.2
DIC		0.0	0.5	55.5	3.2
Total general		0.0	2.9	107.5	7.2

Registro de la estación 16253

Estación	16142
NOMBRE	ZACAPU (DGE)
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.5	48.8	3.1
FEB		0.0	0.3	67.0	2.6
MAR		0.0	0.4	86.0	3.1
ABR		0.0	0.3	22.5	1.7
MAY		0.0	1.3	57.5	4.1
JUN		0.0	4.5	66.1	8.1
JUL		0.0	6.8	67.3	9.6
AGO		0.0	6.3	57.5	8.9
SEP		0.0	5.3	66.0	8.8
OCT		0.0	2.2	87.0	6.5
NOV		0.0	0.4	30.6	2.0
DIC		0.0	0.4	37.5	2.6
Total general		0.0	2.4	87.0	6.4

Registro de la estación 16142

Estación	16043
NOMBRE	EL PUERTO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.7	75.0	4.4
FEB		0.0	0.4	72.0	3.3
MAR		0.0	0.2	71.0	2.5
ABR		0.0	0.2	35.4	1.8
MAY		0.0	1.2	85.0	5.3
JUN		0.0	4.8	77.7	8.4
JUL		0.0	5.8	160.0	9.3
AGO		0.0	4.7	78.2	7.8
SEP		0.0	4.1	69.0	7.5
OCT		0.0	2.1	115.0	6.6
NOV		0.0	0.8	69.1	4.2
DIC		0.0	0.4	50.0	2.8
Total general		0.0	2.1	160.0	6.2

Registro de la estación 16043

Estación	14034
NOMBRE	CONTLA
ESTADO	JALISCO

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.5	56.9	3.4
FEB		0.0	0.5	85.0	4.5
MAR		0.0	0.3	66.4	3.1
ABR		0.0	0.1	24.4	1.0
MAY		0.0	1.2	56.3	4.6
JUN		0.0	7.2	94.5	12.4
JUL		0.0	8.3	112.9	12.4
AGO		0.0	8.3	131.8	12.1
SEP		0.0	6.7	85.2	10.7
OCT		0.0	3.4	80.0	8.2
NOV		0.0	1.1	77.2	5.5
DIC		0.0	0.4	37.7	2.4
Total general		0.0	3.2	131.8	8.5

Registro de la estación 14034

Estación	16199
NOMBRE	SAN MIGUEL CURINHUATO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.4	30.5	2.5
FEB		0.0	0.6	77.0	4.0
MAR		0.0	0.5	71.0	2.9
ABR		0.0	0.6	43.5	2.9
MAY		0.0	1.5	36.0	4.1
JUN		0.0	4.5	70.0	8.4
JUL		0.0	6.0	88.5	8.9
AGO		0.0	6.0	74.0	9.6
SEP		0.0	4.4	94.0	8.6
OCT		0.0	2.0	101.0	6.5
NOV		0.0	0.4	30.5	2.2
DIC		0.0	0.3	23.0	1.6
Total general		0.0	2.3	101.0	6.4

Registro de la estación 16199

Estación	16052
NOMBRE	HUINGO
ESTADO	MICHOACAN DE OCAMPO

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.5	43.0	3.0
FEB		0.0	0.3	60.0	2.0
MAR		0.0	0.2	94.0	2.5
ABR		0.0	0.3	28.5	1.7
MAY		0.0	1.1	39.5	3.6
JUN		0.0	4.0	56.0	7.0
JUL		0.0	5.8	70.5	7.9
AGO		0.0	5.6	66.0	8.3
SEP		0.0	4.2	65.0	7.5
OCT		0.0	1.5	47.0	4.6
NOV		0.0	0.3	36.5	2.0
DIC		0.0	0.2	34.0	1.5
Total general		0.0	2.0	94.0	5.4

Registro de la estación 16052

Estación	14379
NOMBRE	MEZCALA
ESTADO	JALISCO

Lluvia (mm)					
Mes	Mín.	Prom.	Máx.	Desv. Est.	
ENE		0.0	0.5	84.9	4.3
FEB		0.0	0.2	30.5	1.8
MAR		0.0	0.2	35.5	1.8
ABR		0.0	0.1	20.0	1.1
MAY		0.0	0.7	48.6	3.4
JUN		0.0	6.1	87.0	11.7
JUL		0.0	7.6	100.3	12.7
AGO		0.0	6.1	94.5	11.9
SEP		0.0	4.8	90.3	10.2
OCT		0.0	1.6	52.3	5.5
NOV		0.0	0.5	68.1	3.7
DIC		0.0	0.3	27.2	1.9
Total general		0.0	2.4	100.3	7.7

Registro de la estación 14379

B) Registros de precipitación de las estaciones de aforo

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS								
SUBSECRETARIA DE PLANEACION- DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS								
DIRECCION DE HIDROLOGIA								
DATOS DE MATERIAL DE ACARREO EN SUSPENSION								
DIVISION	CUENCA		CORRIENTE		ESTACION			
C.F.E.	RIO BRAVO		RIO BALSAS		STO. TOMAS			
M E S	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .
	1959		1960		1961		1962	
ENERO			325 471	28.159	253 801	29.491	260 881	
FEBRERO			244 199		193 648	10.325	195 613	
MARZO			217 272		180 976		178 096	24.011
ABRIL			177 828		154 019		171 747	41.799
MAYO			232 461	375.274	162 360	21.742	188 327	35.879
JUNIO	994 670	5 665.842	275 399	1 067.645	829 702	7 048.807	362 694	2 645.919
JULIO	1 120 987	2 736.191	801 272	3 728.414	1 373 965	5 919.788	409 793	1 399.218
AGOSTO	1 444 436	5 129.196	842 471	2 889.669	887 552	2 586.863	582 300	5 866.629
SEPTIEMBRE	1 134 605	2 198.666	1 282 194	3 395.394	1 651 381	4 315.604	1 673 186	12 913.077
OCTUBRE	2 266 877	9 658.676	831 786	1 359.707	551 621	321.590	758 348	2 070.246
NOVIEMBRE	735 438	280.119	542 483	515.863	631 524	2 402.794	318 501	88.156
DICIEMBRE	419 214	96.084	340 634	50.788	349 089	62.090	264 892	101.463
A N U A L			6 113 470		7 219 638		5 364 378	25 186.397
							Σ ACARREO POR VOL. 0.469510	
	1963		1964		1965		1966	
ENERO	210 562	INAP	226 770	48.594	215 333	72.866	229 302	42.585
FEBRERO	163 025	INAP	154 585	15.045	156 965	15.276	171 831	20.098
MARZO	154 132	INAP	140 040	6.627	136 296	13.143	171 463	29.088
ABRIL	131 808	INAP	118 912	16.563	115 967	295.220	159 097	48.013
MAYO	243 498	1 166.557	194 508	933.403	168 095	2 784.708	205 146	784.298
JUNIO	456 401	5 261.065	687 983	7 341.060	301 668	3 079.475	278 963	2 136.394
JULIO	1 129 195	7 365.517	1 080 930	6 266.138	536 004	6 520.752	690 395	8 621.129
AGOSTO	1 166 662	6 965.386	773 418	3 465.700	2 006 835	17 740.984	1 235 698	9 254.710
SEPTIEMBRE	729 169	2 726.360	1 429 038	7 730.582	1 145 806	6 039.321	1 269 783	8 132.630
OCTUBRE	824 924	2 610.693	866 457	-	1 202 137	6 175.844	780 140	2 426.272
NOVIEMBRE	362 545	182.244	332 036	-	404 104	226.947	328 461	204.995
DICIEMBRE	249 339	61.889	278 173	-	296 500	120.188	252 547	75.313
A N U A L	5 821 260	26 339.711	6 282 850	25 823.712	6 685 713	43 084.724	5 772 735	31 775.525
	Σ ACARREO POR VOL. 0.452470		Σ ACARREO POR VOL. 0.411010		Σ ACARREO POR VOL. 0.644420		Σ ACARREO POR VOL. 0.55044	

Registro de la estación Santo Tomas

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
SUBSECRETARIA DE PLANEACION-DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS

DIRECCION DE HIDROLOGIA

DATOS DE MATERIAL DE ACARREO EN SUSPENSION

DIVISION **CUENCA** **CORRIENTE** **ESTACION**
 C.F.E. RIO BRAVO RIO BALSAS STO. TOMAS

M E S	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .
	1967		1968		1969		1970	
ENERO	283 141	317.604	242 965	46.857	198 511	40.055	222 048	63.744
FEBRERO	177 962	30.190	199 186	36.992	144 238	23.053		
MARZO	153 485	33.849	168 216	19.826	141 802	119.779		
ABRIL	155 574	277.562	148 849	45.984	128 556	61.982		
MAYO	188 198	293.671	356 836	634.658	123 144	21.660		
JUNIO	420 462	4 433.283	621 959	5 626.295	226 711	3 370.961		
JULIO	451 287	1 774.390	831 513	3 806.896	486 864	6 033.862		
AGOSTO	735 646	5 380.613	644 977	2 596.984	2 064 961	25 298.938		
SEPTIEMBRE	1 876 857	15 030.528	863 311	4 230.481	2 500 069	16 288.702		
OCTUBRE	1 392 154	4 878.627	651 717	1 444.211	733 451	1 071.567		
NOVIEMBRE	471 830	299.738	280 001	70.500	339 034	134.403		
DECIEMBRE	309 627	73.537	241 727	516.476	261 446	55.791		
A N U A L	6 616 224	32 823.592	5 251 257	19 076.160	7 348 797	52 520.753		
	Σ ACARREO POR VOL.	0.496100	Σ ACARREO POR VOL.	0.363260	Σ ACARREO POR VOL.	0.714680		

Registro de la estación Santo Tomas

DEPENDENCIA CUENCA CORRIENTE ESTACION
 C.F.E. RIO BALSAS RIO BALSAS SAN CRISTOBAL

MES	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3
1959				1960				1961				
ENE	272.0	129.0	172.0	460 555	138.0	106.0	124.0	330 737	101.0	84.2	93.1	249 308
FEB	128.0	98.0	111.0	268 229	108.0	89.2	98.1	245 914	85.3	59.5	75.4	182 312
MAR	98.0	74.5	87.3	233 738	90.5	75.0	82.0	219 655	64.3	57.4	62.0	166 101
ABR			88.4	229 012	76.2	67.6	70.6	182 980	55.6	48.8	52.3	135 669
MAY	511.0	83.0	112.0	299 350	171.0	64.1	95.3	255 373	72.1	48.5	55.3	148 094
JUN			432.0	1 119 208	242.0	68.8	114.0	294 260	1 271.0	50.7	345.0	894 355
JUL			520.0	1 391 645	666.0	143.0	343.0	917 655	1 754.0	279.0	630.0	1 687 176
AGO			619.0	1 657 326	762.0	255.0	388.0	1 040 363	796.0	211.0	388.0	1 039 783
SEP			489.0	1 266 449	1 283.0	315.0	566.0	1 467 454	2 236.0	338.0	795.0	2 061 333
OCT			935.0	2 503 613	1 000.0	251.0	334.0	895 395	531.0	134.0	236.0	633 213
NOV			301.0	780 451	667.0	27.0	218.0	564 087	1 249.0	140.0	246.0	637 592
DIC	202.0	141.0	169.0	451 871	134.0	98.4	118.0	316 817	132.0	111.0	121.0	325 145
ANUAL			338.0	10 661 447	1 283.0	64.1	212.8	6 730 690	2 236.0	48.5	258.7	8 160 081
1962				1963				1964				
ENE	100	71.7	86.0	230 366	86.2	65.8	74.5	199 477	108	67.5	87.8	235 060
FEB	75.3	68.6	73.2	177 037	65.5	57.8	61.2	148 139	67.4	53.7	59.8	149 769
MAR	69.8	55.0	61.1	163 563	58.6	52.9	55.5	148 623	53.7	47.6	50.0	133 996
ABR	74.9	48.0	59.4	153 916	51.3	41.8	46.1	119 524	48.8	42.1	45.3	117 334
MAY	93.3	48.5	63.9	171 051	216	40.3	90.5	242 288	240	42.1	76.0	203 615
JUN	723	57.6	144	373 491	477	56.2	179	464 350	870	86.9	291	753 683
JUL	367	97.3	169	452 976	1 215	126	459	1 229 889	1 154	297	547	1 464 742
AGO	765	98.2	242	647 791	1 245	411	610	1 632 966	647	232	342	914 717
SEP	1 648	397	742	1 924 010	761	191	347	899 523	1 424	282	745	1 931 126
OCT	627	165	319	854 794	1 259	199	404	1 082 406	929	179	381	1 021 506
NOV	165	85.2	121	312 974	247	108	152	395 049	179	118	146	379 126
DIC	114	86.2	96.5	258 586	110	83.2	96.1	257 631	133	88.4	110	293 580
ANUAL	1 648	48.0	181.3	5 720 555	1 259	40.3	216.2	6 819 865	1 424	42.1	240.2	7 598 254
1965												
ENE	129	73.7	86.1	230 710								
FEB	81.7	59.4	69.1	167 250								
MAR	64.5	48.1	54.7	146 636								

Registro de la estación San Cristóbal

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
SUBSECRETARIA DE PLANEACION- DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS
DIRECCION DE HIDROLOGIA

DATOS DE MATERIAL DE ACARREO EN SUSPENSION

DIVISION CUENCA CORRIENTE ESTACION
C.F.E. RIO SALSAS RIO SALSAS LA CAIMANERA

MES	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .
	1959		1960		1961		1962	
ENERO			458 266	80.311	338 325	32.322	368 124	
FEBRERO			336 960	24.211	262 076	19.655	272 852	
MARZO			298 425	.975	242 077	5.807	254 620	
ABRIL			247 192	1.600	200 602		230 861	
MAYO			319 720	291.947	215 221	27.254	253 985	
JUNIO			429 718	1 304.269	1 114 736	6 901.270	579 033	2 674.121
JULIO			1 619 097	6 755.795	2 769 257	9 190.884	950 186	3 653.226
AGOSTO			1 863 311	1 549.229	1 837 046	3 364.996	1 194 648	6 135.421
SEPTIEMBRE			2 331 595	3 697.541	3 408 118	3 648.463	3 708 502	13 957.158
OCTUBRE	3 995 050	6 000.604	1 507 679	2 849.432	1 033 940	983.983	1 681 499	2 319.025
NOVIEMBRE	1 051 833	373.762	860 956	915.743	1 000 354	2 177.638	558 047	
DICIEMBRE	607 046	71.778	440 810		526 728	107.227	430 446	
A N U A L			10 713 929		12 948 480		10 482 803	
	1963		1964		1965		1966	
ENERO	327 820		410 630	180.751	356 654	29.615	339 886	15.780
FEBRERO	242 073		282 367	38.741	276 117	12.327	263 386	10.113
MARZO	231 718		227 459	19.294	247 407	10.824	265 313	10.423
ABRIL	186 480		189 638		220 589	47.671	250 155	17.421
MAYO	283 023	80.121	286 321	32.467	304 924	913.643	328 865	611.672
JUNIO	556 134	5 408.581	1 151 299	8 234.688	593 718	4 172.060	656 541	3 479.563
JULIO	1 837 689	10 735.104	2 697 270	11 703.141	1 230 746	7 151.151	1 609 803	7 694.878
AGOSTO	2 768 528	12 160.896	1 643 697	4 128.002	4 498 734	29 866.078	2 304 337	11 802.264
SEPTIEMBRE	1 722 583	4 586.611	4 367 930	14 780.045	3 803 267	8 802.896	2 380 660	6 371.859
OCTUBRE	2 716 034	1 989.457	1 759 806	2 652.356	2 415 848	8 587.346	1 541 367	2 705.902
NOVIEMBRE	693 379		629 928	129.360	663 394	186.579	577 858	111.960
DICIEMBRE	449 505		473 293	41.836	450 913	42.676	406 512	31.214
A N U A L	11 514 966		14 119 635		14 062 304	59 822.866	10 724 689	32 863.019
					X ACARREO POR VOL.	0.425410	X ACARREO POR VOL.	0.306420

Registro de la estación La caimanera

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
SUBSECRETARIA DE PLANEACION- DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS

DIRECCION DE HIDROLOGIA

DATOS DE MATERIAL DE ACARREO EN SUSPENSION

DIVISION
C.F.E.

CUENCA
RIO BALSAS

CORRIENTE
RIO BALSAS

ESTACION
LA CAIMANERA

M E S	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .	VOLUMEN ESCURRIDO MILES m ³ .	VOLUMEN DE ACARREO MILES m ³ .
	1967		1968		1969			
ENERO	594 245	606.060	379 547	15.928	310 608	14.698		
FEBRERO	279 016	17.438	280 164	9.255	229 161	11.458		
MARZO	221 810	8.516	239 436	7.269	228 955	12.879		
ABRIL	210 967	180.573	197 788		183 729	17.717		
MAYO	253 927	427.416	364 695		177 498	23.772		
JUNIO	870 568	6 026.821	815 692					
JULIO	1 534 200	4 805.021	1 599 868					
AGOSTO	2 217 453	8 516.604	1 423 005					
SEPTIEMBRE	5 386 406	16 145.078	1 812 244	6 226.467				
OCTUBRE	3 596 786	7 708.540	1 472 081	2 212.271				
NOVIEMBRE	1 022 237	282.940	527 387	60.273				
DICIEMBRE	566 106	43.469	410 833	26.411*				
A N U A L	16 753 717	44 768.476	9 522 739					
%		ACARREO POR VOL.	0.267210					

Registro de la estación La caimanera

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

SUBSECRETARIA DE PLANIFICACION.-DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS

DIRECCION DE MINEROLOGIA

DEPENDENCIA

CUENCA

CORRIENTE

ESTACION

C.F.E.

RIO BALSAS

RIO BALSAS

CASAS VIEJAS

MEZ	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3
1958				1959				1960				
ENE					531	229	296	792972	269	185	218	583201
FEB					235	172	199	481128	185	152	169	424139
MAR	157.40	80.90	112.20	300527	180	123	147	393680	162	127	142	380937
ABR	86.60	64.20	75.06	194560	225	114	154	399461	137	108	121	313544
MAY	142.05	60.20	86.07	230460	296	139	177	473161	224	105	140	374669
JUN	1570.00	93.60	445.96	1155922	2031	133	795	2061850	365	110	188	488001
JUL	2570.50	768.00	1606.82	4303705	2109	444	1212	3246480	1937	299	733	1963956
AGO	1823.00	577.00	1097.07	2938272	2726	819	1486	3980190	1920	445	963	2578735
SEP	3888.50	1325.00	2269.49	5882525	1734	571	1131	2932590	2828	527	1239	3211525
OCT	1785.00	766.5	1230.3	3295297	3059	890	1759	4710441	1421	425	631	1688863
NOV	3060.0	472.1	994.8	2578523	1153	373	537	1391472	1322	192	381	988337
DIC	546.5	331.5	403.0	1079499	378	241	301	806631	242	145	189	507142
ANUAL					3059	114	687	21670056	2828	105	427	1363069
1961				1962				1963				
ENE	166	124	143	384271	179	117	145	382398	163	105	135	362352
FEB	140	96.5	117	282720	137	109	122	296133	130	94.6	109	263946
MAR	115	80.9	97.6	261528	118	84.5	97.3	260719	136	64.4	92.7	248376
ABR	94.2	67.1	81.8	211933	114	81.4	92.0	238354	115	62.3	71.9	186458
MAY	101	69.9	84.4	226021	142	80.6	99.3	246045	214	66.0	109	293071
JUN	1167	83.8	485	1257281	951	98.0	240	621878	613	82.8	229	593480
JUL	2441	450	1103	2954584	1075	229	480	1286495	2550	196	900	2411437
AGO	1992	461	970	2596743	1670	205	601	1608943	3239	754	1419	3800852
SEP	3111	459	1339	3470741	3905	838	1782	4618426	2198	428	848	2197749
OCT	840	178	365	977207	2333	348	850	2277051	4130	378	1062	2843651
NOV	1701	175	401	1039805	390	192	254	658088	555	198	305	789691
DIC	261	172	208	558334	247	160	186	497450	221	145	186	499400
ANUAL	3111	67.1	450	14221668	3905	80.6	412	13016980	4120	62.3	459	14490463
1964												
ENE	233	123	171	458016								
FEB	144	91.0	116	289745								
MAR	119	65.0	88.4	236855								
ABR	96.0	57.2	79.2	205330								
MAY	299	68.9	108	289443								

Registro de la estación Casas viejas

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

SUBSECRETARIA DE PLANEACION.-DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS

DIRECCION DE HIDROLOGIA

DATOS HIDROMETRICOS MENSUALES

DIVISION
TEPACATEPEC

CUENCA
RIO BALSAS

CORRIENTE
RIO BALSAS

ESTACION
EL INFIERNILLO

MES	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3
1955				1956				1957				
ENE					212.00	172.84	192.19	514755	234.12	153.80	207.36	555393
FEB					191.00	157.64	172.58	432425	178.40	141.00	153.26	370761
MAR					159.92	136.36	145.96	390948	153.80	112.00	135.04	361702
ABR					147.00	127.20	135.19	350401	168.00	112.00	131.58	341067
MAY					336.00	142.44	193.89	519327	159.20	120.00	135.94	364113
JUN	440.00	118.98	209.00	547719	2588.64	236.00	671.27	1739923	756.00	146.80	312.00	808714
JUL	2188.00	172.40	965.50	2585987	1975.00	517.00	890.59	2385353	638.00	300.00	397.29	1064110
AGO	2864.50	609.12	877.51	2886012	1818.00	326.00	547.90	1467490	750.00	331.20	466.28	1248893
SEP	5342.80	940.50	665.87	6959930	1888.00	469.00	673.97	2265336	1635.00	343.70	709.57	1839204
OCT	11000.00	527.54	718.12	4651820	669.00	297.60	381.54	1021921	1118.20	117.70	295.03	790213
NOV	527.54	300.00	377.25	977842	322.00	241.00	279.45	724345	155.00	93.00	114.19	295972
DIC	311.00	230.00	267.31	714961	309.00	193.00	251.31	673121	227.80	97.80	194.93	522110
ANUAL					2588.64	127.20	394.82	12485342	1635.00	93.00	271.51	8562253
1958				1959								
ENE					512.00	280.40	352.87	945132				
FEB	291.30	184.40	217.25	525096	280.40	202.60	240.91	582818				
MAR	199.40	120.60	154.22	414055	218.80	158.00	186.95	500740				
ABR	124.67	98.80	109.51	283858	340.40	155.50	207.94	538976				
MAY	186.80	97.60	132.98	353754	305.60	181.40	228.14	611048				
JUN	1245.00	148.73	432.63	1121379								
JUL	2050.00	679.00	304.75	3494631								
AGO	1432.00	488.90	876.97	2348876								
SEP	4486.20	1032.50	288.26	5931170								
OCT	1720.10	595.60	122.70	3097050								
NOV	3194.50	428.60	908.10	2351788								
DIC	445.50	337.13	380.78	1019889								
ANUAL												

Registro de la estación El infiernillo

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS

SUBSECRETARIA DE PLANEACION.-DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS

DIRECCION DE HIDROLOGIA

DATOS HIETROMETRICOS MENSUALES

MES	DIVISION TRP/CAT/EP/C				CUENCA RIO BALSAS				CORRIENTE RIO BALSAS				ESTACION EMENDIRA			
	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3	GASTO MAXIMO M3/S	GASTO MINIMO M3/S	GASTO MEDIO M3/S	VOLUMEN MENSUAL MILES M3
1958																
ENE					495.20	272.04	338.90	907703					299.60	231.10	267.31	715953
FEB					272.04	213.00	238.66	577358					234.50	190.30	213.94	536054
MAR					272.04	166.28	200.69	537536					198.80	155.57	175.66	470501
ABR					349.24	157.52	208.55	540560					167.93	143.20	152.00	393994
MAY					330.26	188.18	227.04	608102					241.30	130.83	168.34	450883
JUN	398.24	144.38	422.51	1695158	2330.00	191.30	774.81	2008311					407.40	143.20	223.30	578799
JUL	2867.08	725.08	1697.24	4545893	2302.00	503.16	194.35	3198946					1892.40	337.00	819.57	2195144
AGO	1895.98	611.94	1001.22	2681679	2665.00	725.00	395.85	3738647					2420.00	504.00	993.64	2661365
SEP	4571.30	1161.04	2772.39	7196043	1691.54	580.00	996.75	2583588					3110.00	718.00	1278.15	3312955
OCT	2358.00	707.00	1351.74	3620504	3379.00	815.68	693.46	4535765					1438.00	418.60	710.78	1903747
NOV	3472.10	498.40	1060.77	2749511	964.16	407.60	563.32	1460126					1290.69	280.52	445.14	1153802
DIC	520.66	355.00	428.53	1147764	417.52	324.72	359.91	963986					415.52	214.60	253.23	676252
ANUAL					3379.00	157.52	686.85	2166628					3110.00	130.83	475.97	15051450
1961																
1962																
ENE	220.20	177.30	197.98	535271	202.00	157.00	179.52	440816					185.15	133.00	150.14	423554
FEB	204.20	136.60	161.67	391123	171.20	132.00	153.40	371110					148.60	123.40	135.24	327171
MAR	151.40	103.00	128.10	343198	148.50	105.50	124.30	332918					137.80	104.60	119.38	319751
ABR	124.00	93.20	108.47	281143	146.85	101.00	118.52	307216					121.00	88.60	101.45	263995
MAY	133.00	89.00	108.29	290043	170.40	104.00	133.16	356651					219.95	92.20	134.93	361386
JUN	1376.20	115.60	492.32	1276103	1071.40	138.20	277.86	720226					485.60	116.20	236.71	613561
JUL	2830.80	560.88	1359.67	3617626	1400.00	289.50	517.66	1386501					1932.00	246.05	796.92	2134479
AGO	2414.40	503.20	936.68	2776651	1563.26	308.67	715.68	1916888					2307.37	666.86	1196.19	3203884
SEP	3352.00	642.68	619.16	4196875	3686.00	932.08	2088.87	5414344					2351.25	455.00	848.21	2198566
OCT	740.48	226.00	391.01	1047287	2027.50	385.20	861.60	2307721					3100.00	420.00	878.90	2354042
NOV	1796.40	211.70	386.82	1002644	393.50	229.68	290.44	773547					608.57	238.60	339.22	879252
DIC	250.80	166.00	224.70	548255	271.64	202.32	226.89	607706					250.20	206.90	230.11	616331
ANUAL	3352.30	89.62	516.91	16361130	3686.00	101.00	474.07	14975645					3100.00	88.60	434.30	13695973
1964																
1965																
ENE	274.00	101.20	212.64	569544	978.00	.06	263.73	706374								
FEB	176.40	120.80	146.48	367814	141.00	.06	35.25	84273								
MAR	136.00	89.60	114.21	305903	159.30	10.18	125.95	337341								
ABR	150.40	63.20	95.66	244397	762.90	.06	303.78	797387								
MAY	300.80	86.20	121.92	326545	859.25	97.35	267.05	715266								
JUN	463.80	.64	107.00	270414	353.45	110.05	224.21	581146								
JUL	.12	.63	.16	162	725.05	.06	283.59	759572								
AGO	584.20	.25	235.82	631632	3144.86	353.45	508.29	4039804								
SEP	1610.00	566.70	121.77	2907621	985.28	.05	511.18	1324973								
OCT	1610.00	.10	661.54	1771871	2220.86	.04	725.47	1943094								
NOV	715.20	.18	202.35	524481	354.52	.07	255.63	662595								
DIC	928.20	.16	148.91	398828	365.08	147.50	289.64	775761								
ANUAL	610.30	.53	263.40	8320412	3144.00	.04	403.30	12718587								

Registro de la estación Eréndira

10- Conclusiones

Aunque el ciclo hidrológico es aparentemente sencillo, todos los fenómenos hidrológicos que suceden son muy complejos y es probable que pocas veces se comprendan en su totalidad, esto puede ser por diversos casos como puede ser la falta de datos de los eventos o la falta de monitoreo con precisión a los fenómenos y tener un mayor entendimiento del ciclo del agua.

La falta de datos no es un problema regional si no un problema continental, la ausencia de datos está relacionada de forma local y estatal, pero se debe a que la distribución de agua está cambiando de forma continua en continentes y estos se refleja en las cuencas locales de drenaje, Además existen otros factores que influyen en diversas fases del ciclo hidrológico pues a medida que las poblaciones progresan las actividades urbanas afectan al entorno y gradualmente al ciclo natural del agua alterando el ciclo e iniciando nuevos procesos y eventos con las nuevas condiciones.

En México hay una disponibilidad media de información topográfica, pluvial y de aforo, la complejidad de actualizar estos datos de manera constante hace que no se pueda contar con información precisa, esto implica directamente con los resultados de cálculo de escorrentía, infiltración, tránsito de avenidas, o las predicciones que se puedan hacer para determinar el estado hídrico de alguna zona como también determinar las crecientes o las sequías que se puedan sufrir en un futuro cercano.

Las nuevas tecnologías son de gran ayuda para reducir algunos procesos: cálculos, representar gráficamente mapas de ubicación del lugar, extracción de curvas de nivel, etc. Pero hace falta obtener más registros de datos para poder aprovechar el potencial de los recursos que nos pueden ofrecer las herramientas SIG.

Previo a la disponibilidad de todos estos datos de altimetría, red de drenaje, aforos de corriente, los análisis tenían que ser de forma análoga ajustándose a la precisión y disponibilidad de cartas topográficas, tablas y datos impresos, Actualmente los registros está creciendo y cada vez se harán más precisas con registros multi-temporales y datos históricos. Actualmente hay muchas herramientas SIG que ofrecen un panorama general y consulta para el estudio de la hidrología

En general el estudio de una región hidrológica, cuenca o subcuenca puede ser manejada en algún software de sistemas de información geográfica, gracias a la disponibilidad de capas DEM que ofrecen el Ráster de la altura del terreno con el cual generamos el parteaguas de cualquier zona de México, la red de drenaje que podemos obtener del portal del INEGI para tener la densidad y el orden de las redes tributarias, los datos de precipitación son obtenidos del servicio meteorológico nacional para calcular la precipitación, Los registros de aforos para escorrentía se obtuvieron en los boletines hidrológicos de la CONAGUA para los posteriores procesos del estudio hidrológico.

El estudio de la cuenca hidrología del Rio balsas el software Qgis fue de gran ayuda para obtener los parámetros físicos de la cuenca, además de crear mapas interactivos, multi-temáticos para la explicación de los procesos que se realizaban. El manejo de los datos fue más ordenado y fácil debido a la dimensión de la cuenca.

11- Bibliografía

- Campos Aranda Daniel Francisco, PROCESOS DEL CICLO HIDROLÓGICO, San Luis potosí, México, (1998)
- Springall Rolando G, HIDROLOGÍA PRIMERA PARTE, Instituto de ingeniería, UNAM, (1970)
- Francisco J Aparicio Mijares, FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL, Limusa, (1987)
- Linsley, Kohler, Paulus, HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS, Editorial McGraw-Hill, 1958
- Monsalve Sáenz Germán, HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA, Editorial Escuela Colombiana de ingeniería, (2000)
- CONAGUA (2010). Estadísticas del agua en la cuenca del río balsas, 2010.
http://centro.paot.org.mx/documentos/conagua/RIO_BALSAS_.pdf
- CONAGUA (2018). Estadísticas del agua en México, 2010.
https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf
- Diario Oficial de la Federación, 18 de junio de 1940, "DECRETO declarando constituida la Reserva Nacional de Energía Hidráulica en las aguas del Río Balsas, Estado de Guerrero"
https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5175730
- Manual de Agua potable, Alcantarillado y saneamiento, Libro 19 Drenaje pluvial y urbano, CONAGUA
- Repositorio Digital de la Facultad de Ingeniería, Calculo de avenidas de diseño, UNAM
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/388/8/A8.pdf>