

ANÁLISIS DE LOS ESCURRIMIENTOS DE LA CUENCA DEL RÍO VERDE

JULIO 2015



Análisis de los Escurrimientos de la Cuenca del Río Verde

Informe Final

CONVENIO NUM. CEA-IMTA-001/2014



Julio 2015

1.	ANTECEDENTES.....	7
2.	INTRODUCCIÓN	9
3.	OBJETIVOS.....	11
1.1.	Objetivo general	11
4.	UBICACIÓN	13
5.	ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO VERDE	17
5.1	Recopilación, validación y análisis de información climatológica e hidrológica	17
5.1.1	Climatológica	17
5.1.2	Hidrometría.....	33
5.1.3	Variables hidrológicas implícitas en la determinación o cálculo de escurrimientos	40
5.2	Clasificación y análisis del padrón de usuarios-volúmenes anuales asignados y concesionados en la cuenca.....	52
5.2.1	Depuración de la base de datos REFDA.....	53
5.2.2	Obtención del volumen anual de usos de agua	58
5.2.3	Completado de series	60
5.3	Integración de series de tiempo.....	63
5.3.1	Cuenca Propia	63
5.3.2	Aguas Arriba.....	66
5.3.3	Usos de agua y Retornos.....	68
5.3.4	Importaciones y Exportaciones.....	72
5.3.5	Evaporación	73
5.3.6	Variación de Volumen (DV)	78
5.4	Cálculo del escurrimiento disponible en la zona hidrológica del río Verde.....	79
5.4.1	Métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural	81
5.4.2	Cálculo de escurrimiento disponible hacia aguas abajo (Ab).....	83
5.5	Revisión del escurrimiento disponible de agua superficial con respecto al cambio climático.....	86
5.5.1	Análisis de registros históricos.....	86
5.5.2	Cambio Climático.....	96
5.5.3	Comparación de registros históricos contra lo proyectado de CC	102
5.5.4	Volumen por cuenca propia con escenarios de cambio climático y tendencias históricas	103
5.5.5	Escenarios de escurrimiento aguas abajo.....	103
6.	Conclusiones y Recomendaciones.....	109
7.	Referencias	115
8.	Glosario	117
	ANEXOS.....	119

1. ANTECEDENTES

La cuenca del río Verde reviste esencial importancia por contar con un “Decreto de Reserva de Aguas Superficiales para Uso Público Urbano”, publicado el 7 de abril de 1995 (Anexo 1.1), que a la letra dice:

*"ARTÍCULO 2o.- “Con base en los resultados de los estudios efectuados por el Gobierno Federal por conducto de la Comisión Nacional del Agua, en coordinación con los gobiernos de los estados de Guanajuato y Jalisco, el volumen anual máximo que se reserva será de **504'576,000** metros cúbicos de agua. Para el Estado de Guanajuato se reservará un volumen anual máximo de **119'837,000** metros cúbicos de agua y para el Estado de Jalisco un volumen anual máximo de **384'739,000** metros cúbicos de agua...”*

El 17 noviembre de 1997 fue modificado el decreto anterior porque la Comisión Nacional del Agua (Anexo 1.2) concluyó que es factible reducir a los **384'739,000** metros cúbicos de agua que tiene reservado el Estado de Jalisco, la cantidad de **12'600,000** metros cúbicos de agua, a fin que esta última pueda ser utilizada para actividades pecuarias; que a la letra dice:

*"ARTÍCULO 2o.- Con base en los resultados de los estudios efectuados por el Gobierno Federal por conducto de la Comisión Nacional del Agua, en coordinación con los gobiernos de los estados de Guanajuato y Jalisco, el volumen anual máximo que se reserva será de **491'976,000** metros cúbicos de agua. Para el Estado de Guanajuato se reservará un volumen anual máximo de **119'837,000** metros cúbicos de agua y para el Estado de Jalisco un volumen anual máximo de **372'139,000** metros cúbicos de agua.*

La zona hidrológica del río Verde se convierte en la fuente potencial de abasto para la zona conocida como Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) y también Zona Conurbada de Guadalajara (ZCG), por lo cual el gobierno del estado de Jalisco en coordinación con la Federación ha iniciado el proyecto denominado “Presa el Purgatorio” que consiste en una presa derivadora, planta de bombeo y un tanque de regulación, con el objeto de cubrir el déficit actual de abastecimiento a la ZCG y optimizar la preservación del Lago de Chapala y los mantos acuíferos de Toluquilla y Atemajac que se encuentran en situación de sobreexplotación. Aunado a lo anterior se tiene en proceso la construcción de la presa Zapotillo, que se ubica entre las cabeceras municipales de Yahualica de González Gallo y Cañadas de Obregón, del estado de Jalisco, de la que se prevé dotar de agua a la Ciudad de León Guanajuato, diversas localidades de Los Altos de Jalisco y a la AMG.



Presa Potrerillos
Fuente: Google Earth

2. INTRODUCCIÓN

México se compone de 37 regiones hidrológicas que a su vez se dividen en 731 cuencas. El escurrimiento disponible se calcula con base en la ecuación de continuidad, cuyas series históricas son extensas y complejas para almacenar, organizar y manejar la información dentro de una estructura lógica y flexible.

El componente hidrológico que determina el potencial del escurrimiento generado en una cuenca determinada es el volumen de escurrimiento natural por *cuenca propia*, se ha obtenido utilizando los dos métodos indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 (Anexo 2.1); actualizada en 2015 conforme a publicación en el DOF de fecha 27 de marzo de 2015, NOM-011-CONAGUA-2015 (Anexo 2.2); uno se denomina “método directo” y está basado en el volumen aforado tanto aguas abajo como aguas arriba. El segundo método se denomina “método indirecto”, que es el más usado. Éste se basa en la relación lluvia-escurrimiento específicamente utilizando el coeficiente de escurrimiento.

En este sentido, resulta relevante para el gobierno del estado de Jalisco la determinación del escurrimiento en la zona hidrológica del río Verde debido a que tienen en proceso las obras referidas anteriormente y se prevé lograr el aprovechamiento del agua que se tiene reservada con la construcción de más almacenamientos.

Por tal motivo es esencial determinar conforme a la NOM-011-CONAGUA-2015, el escurrimiento disponible en la zona hidrológica del río Verde, considerando el periodo de 1945- 2013, mismo que será fundamental para definir la infraestructura necesaria para lograr el aprovechamiento del total del agua reservada para Jalisco y las reglas de operación para la distribución del agua superficial de esta cuenca.

Actualmente no existe un sistema de información hidrológica en la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago con las características descritas anteriormente, por lo que resulta necesaria la revisión y actualización del escurrimiento por cuenca propia (Cp), la realización de un balance hídrico y la implementación de una base de datos geográfica utilizando una estructura estándar, como la propuesta por el modelo de datos ArcHydro, donde se concentre y organice información geográfica y numérica usada para este estudio y se obtengan parámetros hidrológicos, como áreas de aportación a ciertos puntos de interés.



Atardecer en la Presa Elías Calles
Fuente: Google Earth

3. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Evaluar la disponibilidad de los escurrimientos la zona hidrológica del río Verde conforme a la norma NOM-011-CONAGUA-2015, como base para el funcionamiento de infraestructura de almacenamiento y para la definición de la infraestructura necesaria para lograr el aprovechamiento del total del agua reservada para Jalisco y las reglas de operación para la distribución del agua superficial de esta cuenca (considerando el periodo 1945-2013).



4. UBICACIÓN

El cauce del río Verde cruza porciones territoriales de tres estados del occidente de México, nace en el estado de Zacatecas, cruza el de Aguascalientes y recorre una parte del estado de Jalisco hasta su confluencia con el Río Santiago en las inmediaciones de la llamada Barranca de Oblatos la cual delimita a la AMG en su parte nororiente, punto donde registra una longitud de más de 200 km. La cuenca del río Verde está localizada dentro de la subregión hidrológica del río Santiago con una superficie de 20,705.48 km².

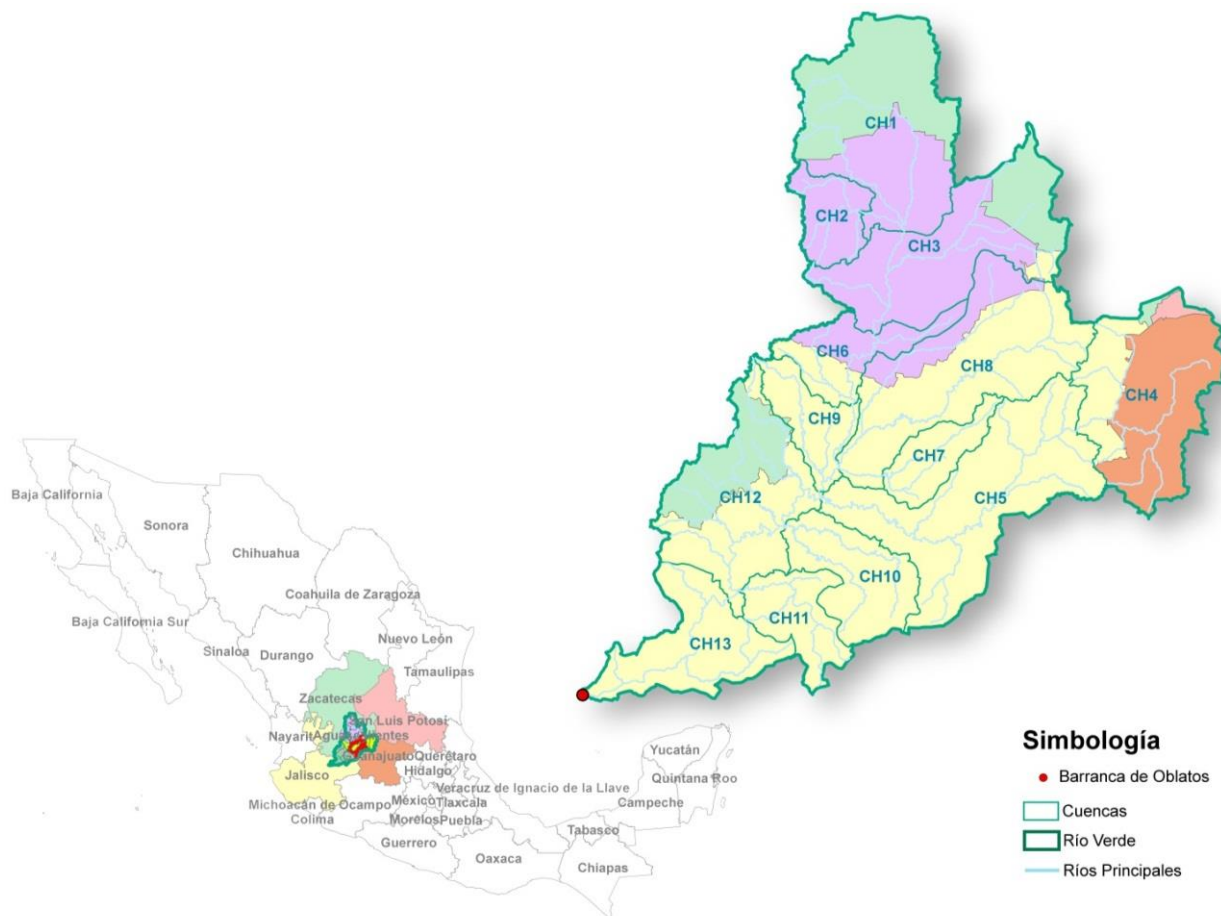


Figura 4.1. Cuencas que integran la zona hidrológica del río Verde

Esta zona hidrológica se localiza en el estado de Aguascalientes y en parte de los estados de Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí y Guanajuato.

Tabla 4.1. Superficies de los estados dentro de la zona hidrológica del río Verde

Estado	Área total del Estado	Área del estado en RV (km ²)
Zacatecas	74,479.71	3,101.75
Jalisco	77,965.89	11,617.66
Guanajuato	30,339.77	1,559.31
Aguascalientes	5,558.67	4,342.94
San Luis Potosí	60,499.96	83.83
Área total de RH12 (km²)		20,705.48

La cuenca del río Verde pertenece a la subregión hidrológica del río Santiago que se ubica en la parte central de la República Mexicana, y abarca además de los estados antes mencionados, una porción de Durango y Nayarit. Esta región colinda al Norte con la RH36 “Nazas-Aguanaval”, al Sur con la subregión de las cuencas cerradas de “Sayula” y la subregión del “Lago de Chapala”, al Este con la RH26 “Pánuco”, al Noreste con la RH37 “Salado”, al Sureste con la RH12 “Lerma-Chapala”, al Noroeste con la RH11 “Presidio San Pedro”, y al Suroeste con las regiones RH13 “Huicicila”, RH14 Ameca y RH 16 “Armería-Coahuayana” y en el Sur con la RH 18 “Balsas”.

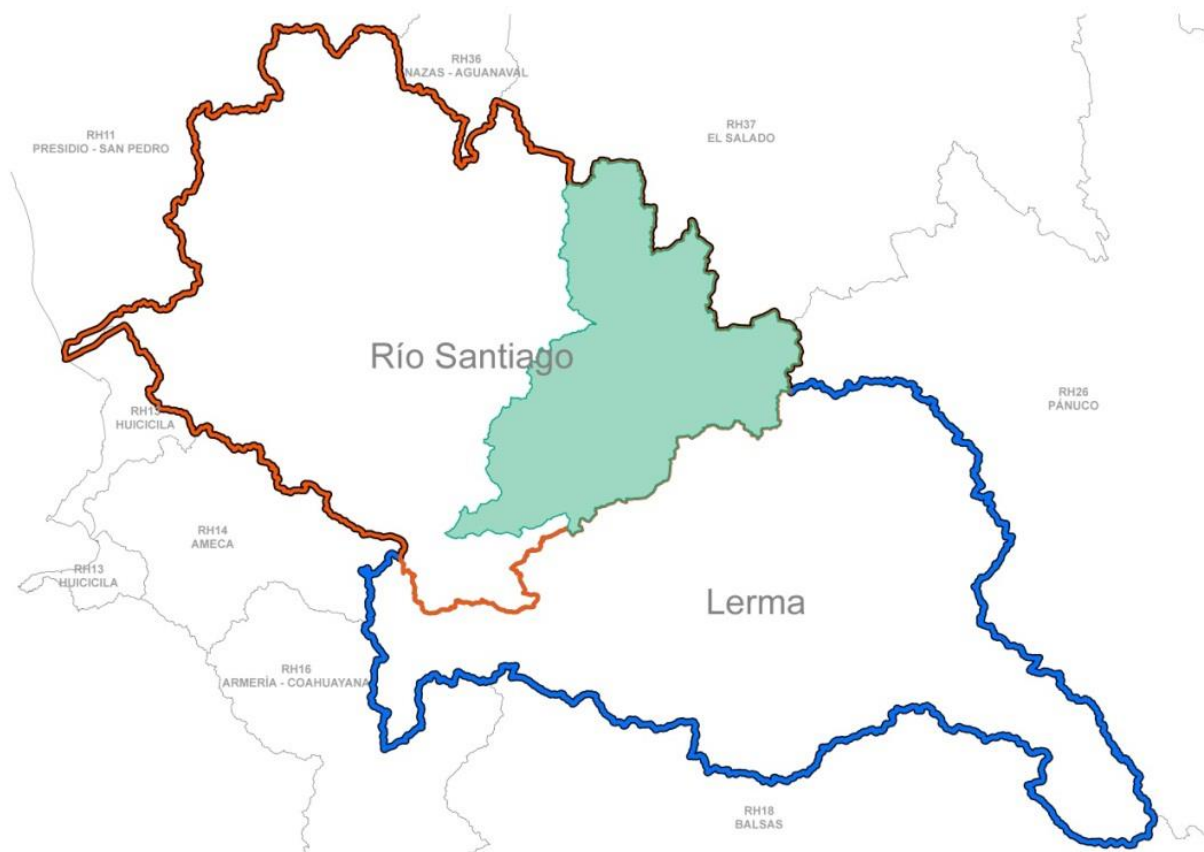


Figura 4.2. Localización de la subregión hidrológica del Río Santiago

La subregión hidrológica del río de Santiago se compone de 33 cuencas, que a su vez se integra por cinco zonas hidrológicas. Estas zonas hidrológicas son: río Verde, Río Juchipila, río Santiago, río Bolaños y río Huaynamota, siendo objetivo de este estudio la **zona hidrológica del río Verde** en la que se localizan las cuencas hidrológicas río San Pedro, presa Calles, presa El Niágara, presa El Cuarenta, río de Lagos, presa Ajojucar, río Grande, río Encarnación, río Aguascalientes, río San Miguel, río del Valle, río Verde 1 y río Verde 2.

Tabla 4.2. Superficies de las cuencas de los principales ríos de la zona hidrológica del río Verde

Zona hidrológica río Verde		
No.	Nombre de la Cuenca	Área (km ²)
1	Río San Pedro	2,669.42
2	Presa Calles	592.29
3	Presa El Niágara	2,322.86
4	Presa El Cuarenta	2,267.43
5	Río de Lagos	2,794.75
6	Presa Ajojuar	794.44
7	Río Grande	577.26
8	Río Encarnación	2,644.73
9	Río Aguascalientes	660.79
10	Río San Miguel	1,108.92
11	Río del Valle	765.77
12	Río Verde 1	2,128.68
13	Río Verde 2	1,378.15
Total		20,705.48

Como se observa en la tabla anterior, la superficie total de la zona hidrológica del río Verde es de 20,705.48 km². En la siguiente figura se muestran las 13 cuencas que integran la zona hidrológica del río Verde.

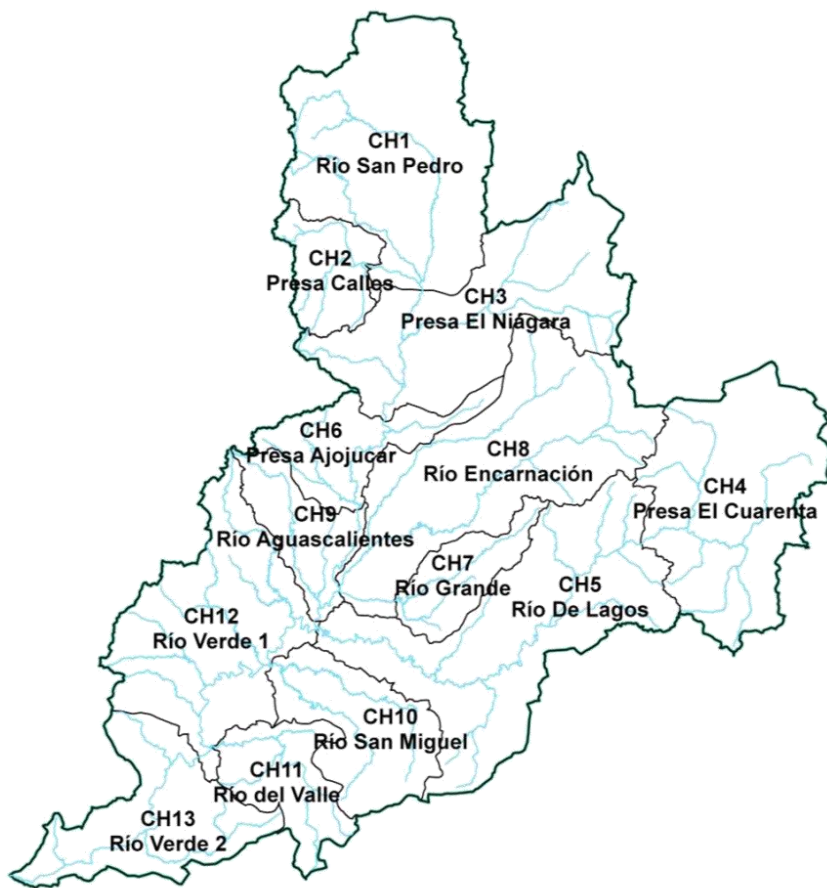


Figura 4.3. Cuencas de la zona hidrológica del Río Verde



5. ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO VERDE

El análisis de escurrimientos en la cuenca del río Verde comprende diversas acciones que van desde la recopilación, análisis de la información climatológica, hidrométrica y de usos de agua, principalmente.

5.1 Recopilación, validación y análisis de información climatológica e hidrológica

Esta actividad se realizó en el siguiente orden:

- Recopilación de información
- Identificación del periodo de análisis y validación de la información
- Análisis de la porosidad de la información
- Completado de series

5.1.1 Climatológica

Los datos climatológicos correspondientes a las variables de precipitación, evaporación y temperatura se obtuvieron de la base de datos del sistema CLimate COMputing Project (CLICOM-, 2013) que es una base de datos de estaciones climáticas superficiales de México administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), este es un sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas. Para este proyecto se tomaron los datos registrados de 1945 a 2013.

Del CLICOM (Anexo 3.1), se identificaron las estaciones dentro y cerca de la zona de estudio, tomando un área de influencia (búfer) de 30 km a partir de la línea del parteaguas de esa zona, localizando **253** estaciones climatológicas.

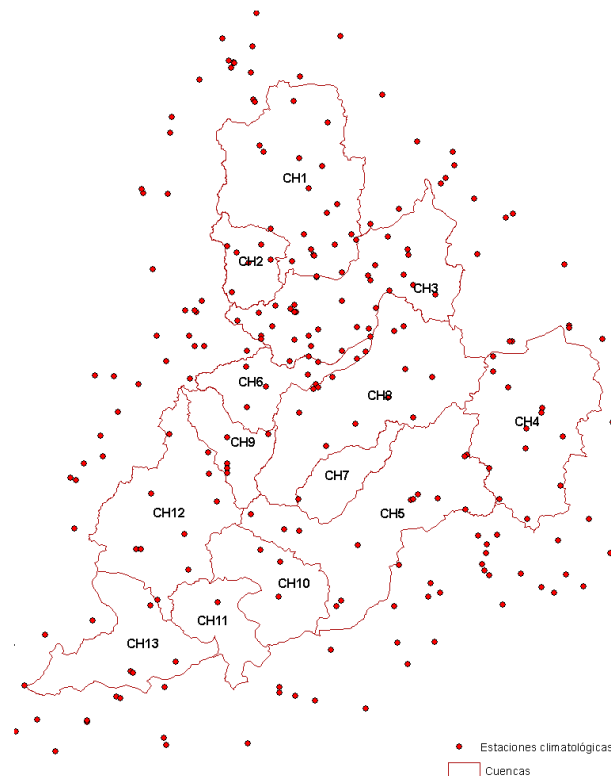


Figura 5.1. Estaciones climatológicas

5.1.1.1 Precipitación

a. Recopilación de información

La información que se obtuvo del CLICOM está dividida por estados, en archivos de texto separados por coma (de extensión CSV), la cual se procesó para colocarla en la estructura de la base de datos ArcHydro con el objeto de que cada registro corresponda a un dato diario (Anexo 3.2). La figura siguiente muestra la estructura usada por el modelo ArcHydro.

FeatureId	TSType	TSDateTir	TSValue	GroupID	Clave
1001	5	01/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	02/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	03/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	04/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	05/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	06/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	07/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	08/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	09/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	10/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	11/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	12/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	13/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	14/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	15/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	16/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	17/01/1961	0.5	CLICOM	1001
1001	5	18/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	19/01/1961	9.4	CLICOM	1001
1001	5	20/01/1961	15.2	CLICOM	1001
1001	5	21/01/1961	12	CLICOM	1001
1001	5	22/01/1961	33	CLICOM	1001
1001	5	23/01/1961	2.5	CLICOM	1001
1001	5	24/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	25/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	26/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	27/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	28/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	29/01/1961	0	CLICOM	1001
1001	5	30/01/1961	0	CLICOM	1001

Figura 5.2. Datos en formato ArcHydro

b. Identificación del periodo de análisis y validación de la información

Como parte del objetivo de este estudio es considerar periodos de abundancia y escasez y con ello, hechos históricos como lo sucedido en los periodos 1945 – 1955 y 1998 - 2003 de escasez extrema que llevó al Lago de Chapala a su peor nivel de los últimos cien años, o de abundancia como ocurrió en el periodo 1972 -1978, se consideró un periodo de análisis y validación de la información de 1945 al 2013. Con esta información se realizó un análisis de los datos diarios.

Como primer paso se clasificaron las estaciones de acuerdo con el marco geo-estadístico estatal. Como resultado de ello se obtuvo que la mayoría se localiza en los estados de Jalisco, Zacatecas y Aguascalientes. Posteriormente, se identificaron los periodos de registro para cada estación climatológica.

Este estudio busca establecer el análisis de lluvia para tiempos de abundancia y escasez como lo demuestra la historia en el contexto de lo sucedido en los periodos 1945 – 1955 de escasez extrema que llevó al lago de Chapala a su peor nivel de los últimos cien años, y definir una metodología para la obtención de la información media en ese periodo.

Dado que el objetivo de este estudio es disponer de la base estadística de escurrimiento en el periodo 1945 – 2013, se utilizó toda la información registrada en las 253 estaciones climatológicas ubicadas dentro de la zona de estudio, a efecto de asociar, correlacionar y determinar una base confiable para conocer la lluvia diaria en ese periodo en las estaciones existentes para la zona hidrológica del río Verde.

c. Análisis de la porosidad de la información

El análisis de la porosidad de la información se realizó considerando las 253 estaciones climatológicas de la zona que sirvió para determinar la cantidad de datos disponibles para el estudio (Anexo 3.2).

d. Completado de series

Cómo se mencionó en el apartado “b. Identificación del periodo de análisis” al disponer de algunas series de datos incompletas desde el año de 1945, se generaron los “raster” de precipitación diaria utilizando las herramientas del software ArcGis (versión 10.1) con las 253 estaciones localizadas en la zona de estudio.

Los archivos de tipo “raster” constan de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (como cuadrícula) en la que cada celda representa una porción de la superficie terrestre y contiene el valor promedio de una variable para esa porción del terreno, como la temperatura o la lluvia.

En un archivo “raster” se almacenan datos generados mediante fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados. Los datos almacenados en formato “raster” representan fenómenos del mundo real.

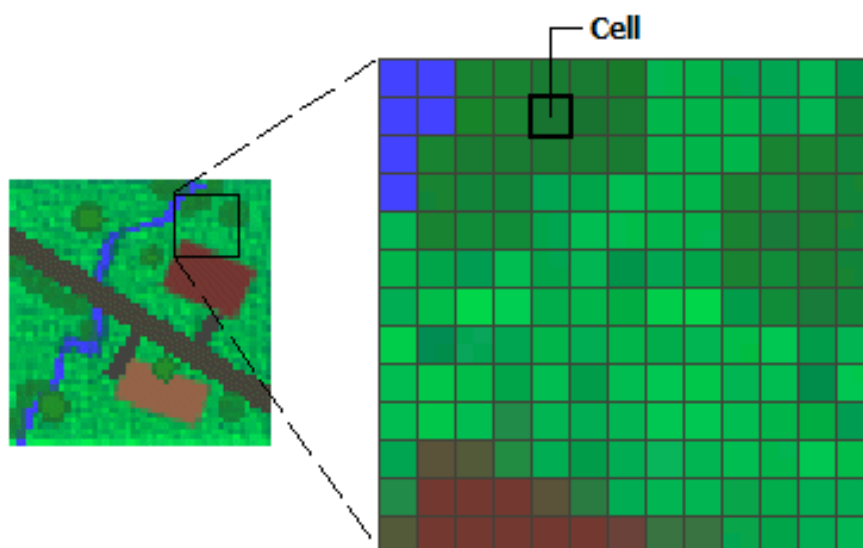


Figura 5.3. Ejemplo de representación en “raster”

Los “rasters” de precipitación para este estudio se generaron utilizando la herramienta del IDW (Inverse Distance Weighted) del ArcGis. Para ello, los datos diarios se integraron en archivos de Excel y se realizó una intersección (JOIN) con el archivo shapefile de las estaciones climatológicas, con el objeto de integrar la información del archivo de Excel en el archivo shapefile de las estaciones, acto seguido se filtraron las fechas para obtener las estaciones con datos correspondientes de cada fecha (Anexo 3.2).

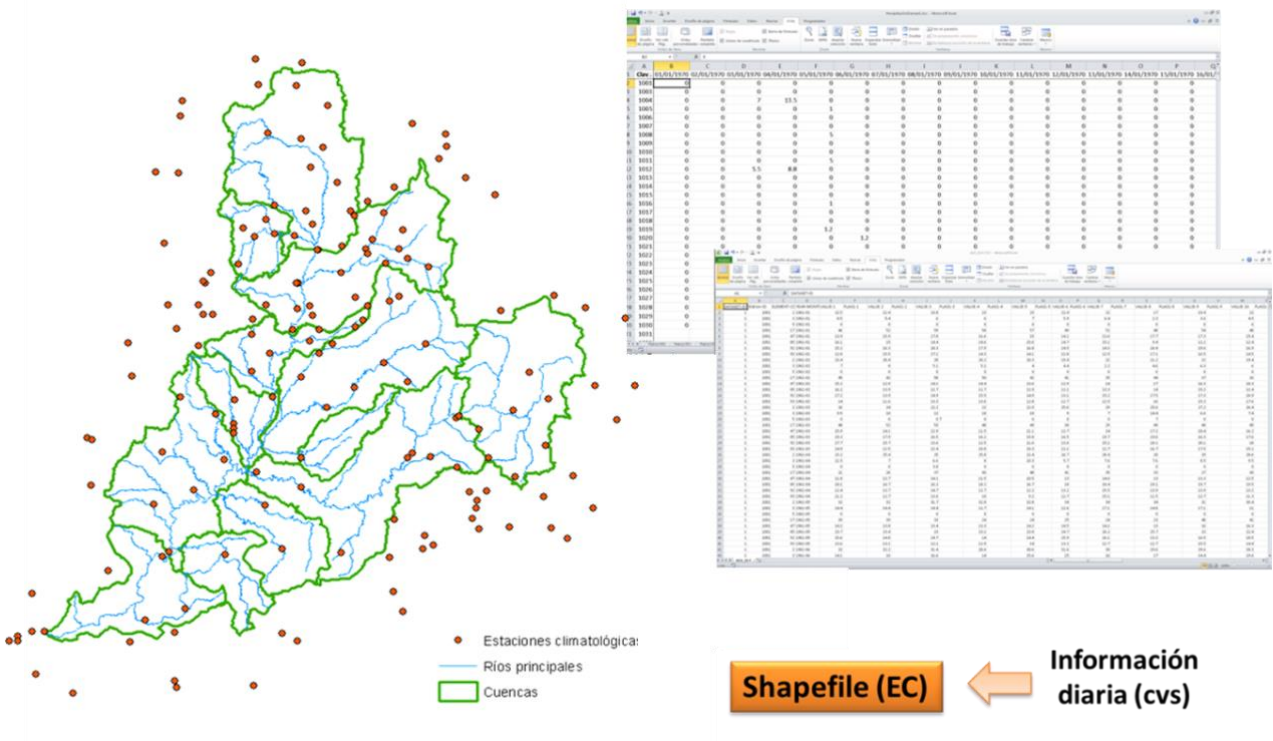


Figura 5.4. Operación de unión (JOIN) de datos diarios de precipitación con el archivo shapefile de estaciones climatológicas

Con el método de la interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) se asegura que el valor de salida para una celda se limite al rango de valores utilizados para la interpolación, es decir, no es mayor que la entrada máxima o menor que la entrada mínima y como resultado se obtiene el promedio de la distancia ponderada.

La fórmula general es:

$$\hat{z}_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} z_i \quad (1)$$

Donde \hat{z}_j es el valor estimado para el punto j ; n es el número de puntos usados en la interpolación; z_i es el valor en el punto i -ésimo y k_{ij} el peso asociado al dato i en el cálculo del nodo j . Los pesos k varían entre 0 y 1 para cada dato y la suma total de ellos es la unidad.

A continuación se describen los pasos para la obtención de los “rasters” de la precipitación diaria:

- *Selección de estaciones con registros para una fecha. A través de una sentencia SQL y la aplicación ArcMap del ArcGIS 10.1, se seleccionó del archivo shapefile conteniendo, aquellas estaciones climatológicas con valores de precipitación para cada fecha de interés.*
- *“Raster” de precipitación diaria. Para obtener el “raster” de precipitación diaria se utilizó la herramienta de interpolación IDW (localizada en la caja de herramientas Interpolation en Spatial Analyst Tools), en donde se especificó como dato de entrada el archivo shapefile de estaciones seleccionadas con el procedimiento indicado en el paso anterior y se obtuvo el “raster” de precipitación.*

Con la herramienta *Clip del ArcToolbox* se extrajo del archivo “raster” la porción correspondiente al área de estudio, en la siguiente figura se muestra este proceso.

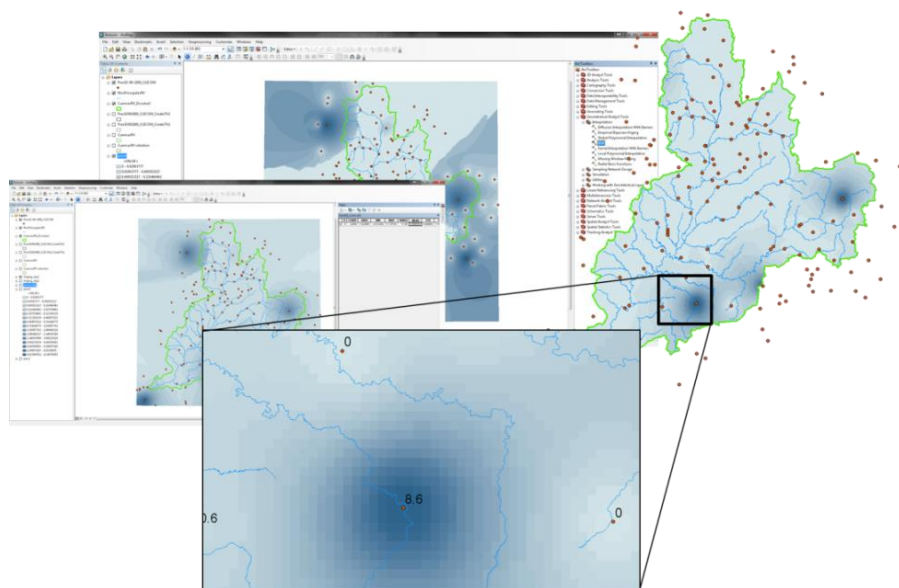


Figura 5.5. “Raster” de precipitación diaria y extracción del área de estudio (mapa)

- *Precipitación media por cuenca.*

Para el cálculo de la precipitación media por cuenca fue necesario crear Isoyetas en la zona de estudio, por lo que, utilizando la herramienta “*raster calculator*” se sumaron los “raster” de precipitación diaria con el objeto de obtener los “rasters” de precipitación media anual correspondientes a cada año en el periodo 1945-2012.

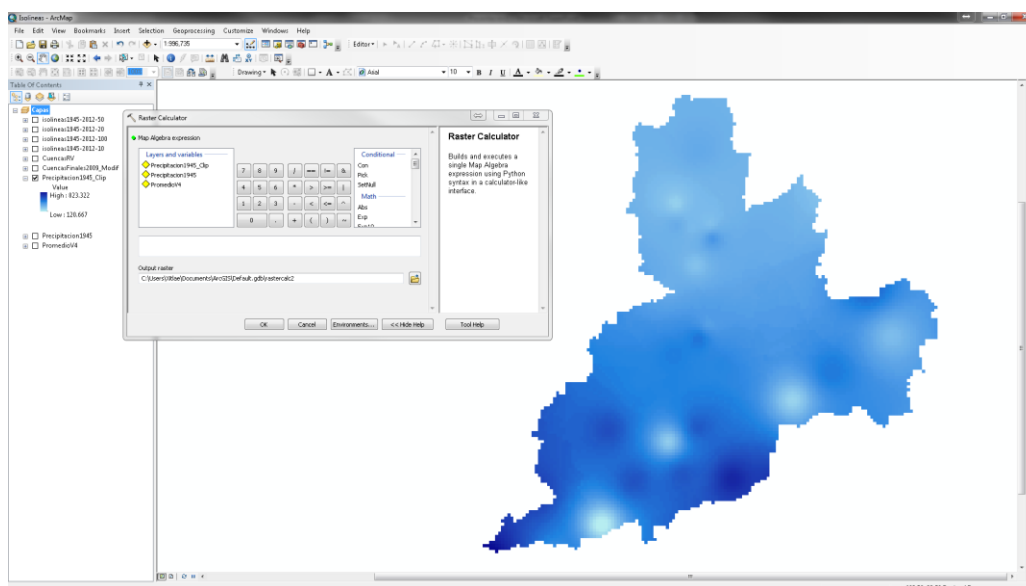


Figura 5.6. “Raster” de precipitación media anual, 1945

Con la información anterior y utilizando nuevamente la herramienta “*raster calculator*” de ArcGIS, se generó el “raster” de precipitación media anual sumando cada uno de los raster anuales y dividiendo el resultado entre el total de ellos.

En la siguiente figura se observa el “raster” obtenido, la zona más oscura representa la mayor concentración de precipitación. La precipitación en la zona hidrológica del Río Verde varía de los 387.80 hasta 851.2 milímetros (periodo de análisis de 1995 a 2012).

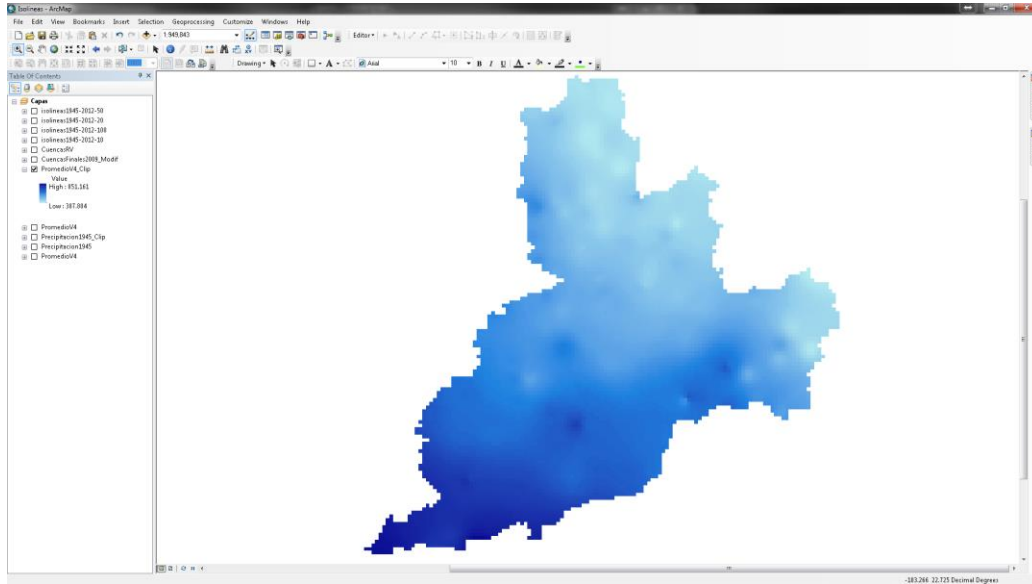


Figura 5.7. “Raster” de precipitación media anual en el periodo 1945-2012

Con el uso de la herramienta “Contour” de ArcGIS, se crearon las isolíneas a cada 10, 20, 40, 60, 80 y 100 milímetros, dicha herramienta genera curvas de nivel con base en un mapa “raster”. Una curva de nivel es una línea que conecta puntos de igual valor.

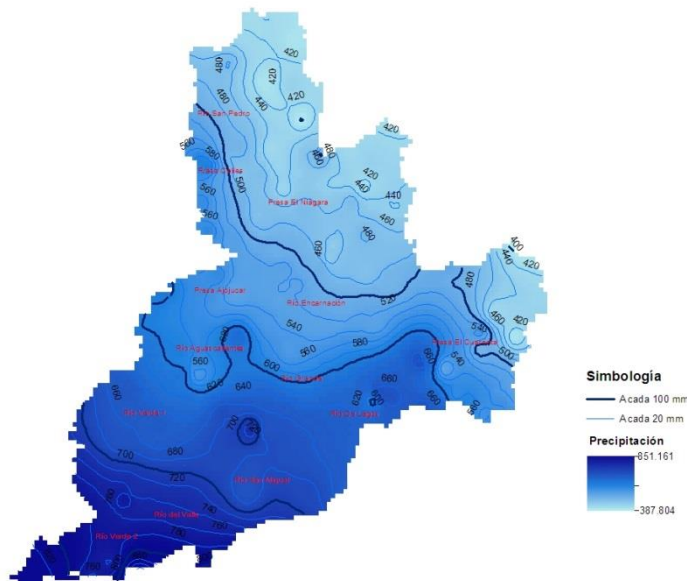


Figura 5.8. “Precipitación media anual en el periodo 1945-2012

El valor de la precipitación media anual por cuenca, se obtuvo con los polígonos formados alrededor de las isoyetas de 20 mm de cada cuenca delimitados por las isoyetas de 10 mm. Al polígono formado se le asignó valor de correspondiente a la isoyeta múltiplo de 20 mm.

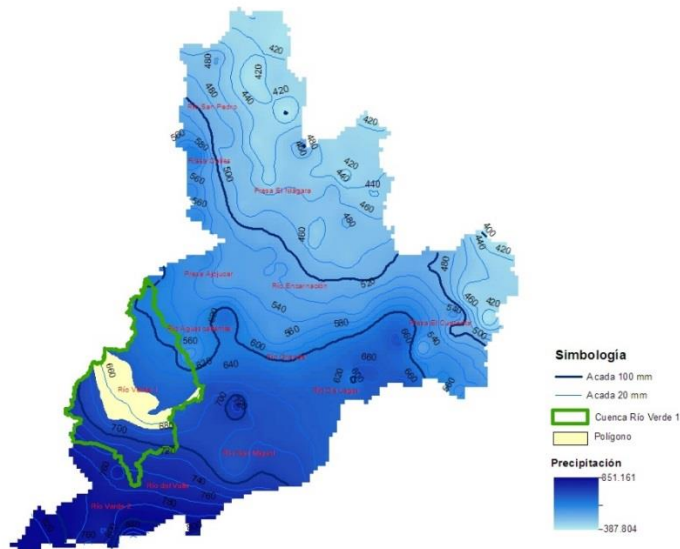


Figura 5.9. Volumen de precipitación con isoyetas

El volumen de precipitación se calculó multiplicando cada una de las áreas de los polígonos dentro de la cuenca por la altura de precipitación correspondiente.

$$\text{Volumen de la cuenca (hm}^3\text{)} = \sum_{i=1}^n A_i * Hp_i$$

donde:

A = área del polígono en metros cuadrados

Hp = valor de la precipitación en metros

Este proceso se realizó para cada una de las trece cuencas del río Verde.

A continuación se presentan los valores de precipitación media anual de este estudio y los obtenidos en estudios anteriores.

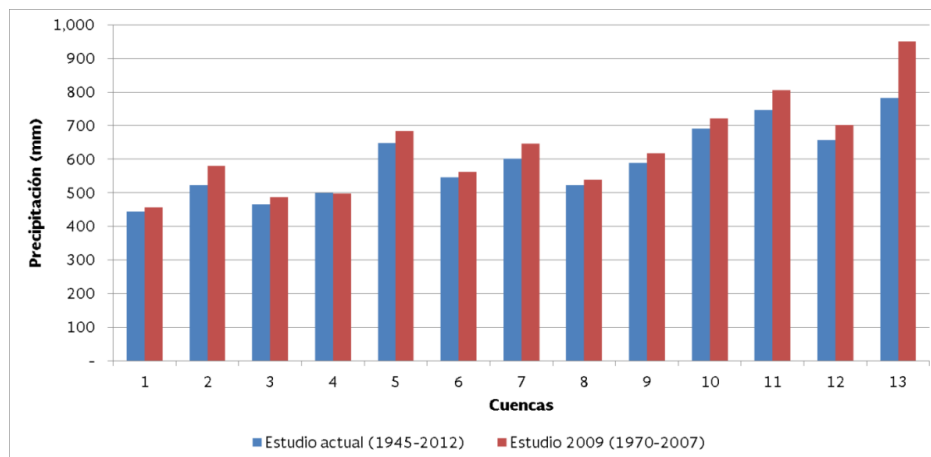


Figura 5.10. Comparativo de valores de precipitación media anual por cuenca obtenidos en este estudio y el estudio de disponibilidad (IMTA, 2009)

5.1.1.2 Evaporación

La evaporación para cada cuenca se obtuvo de:

- La base de datos de presas del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales de Conagua (BANDAS).
- Cuerpos de agua perennes y con nombre (IMTA, 2014).
- Cuerpos de agua del estudio de disponibilidad (IMTA, 2009).

El total de la evaporación de cada cuenca se obtuvo con la evaporación de los cuerpos de agua y de las presas operadas por Conagua (BANDAS) y CFE.

La evaporación de los cuerpos de agua se obtuvo tomando en cuenta la lámina de evaporación (estación climatológica más cercana), la superficie del cuerpo de agua y el coeficiente de evaporación de 0.70.

a. Recopilación de información

Evaporación de cuerpos de agua

Los datos de evaporación se recopilaron de:

- Cuencas hidrológicas y estaciones climatológicas del estudio de disponibilidad (IMTA, 2009).
- Cuerpos de agua obtenidos del análisis de imágenes de satélite realizado por el IMTA en 2014.

El procedimiento fue el siguiente:

En un proyecto de ArcGIS se colocaron las capas de información de estaciones climatológicas, cuencas hidrológicas y cuerpos de agua.

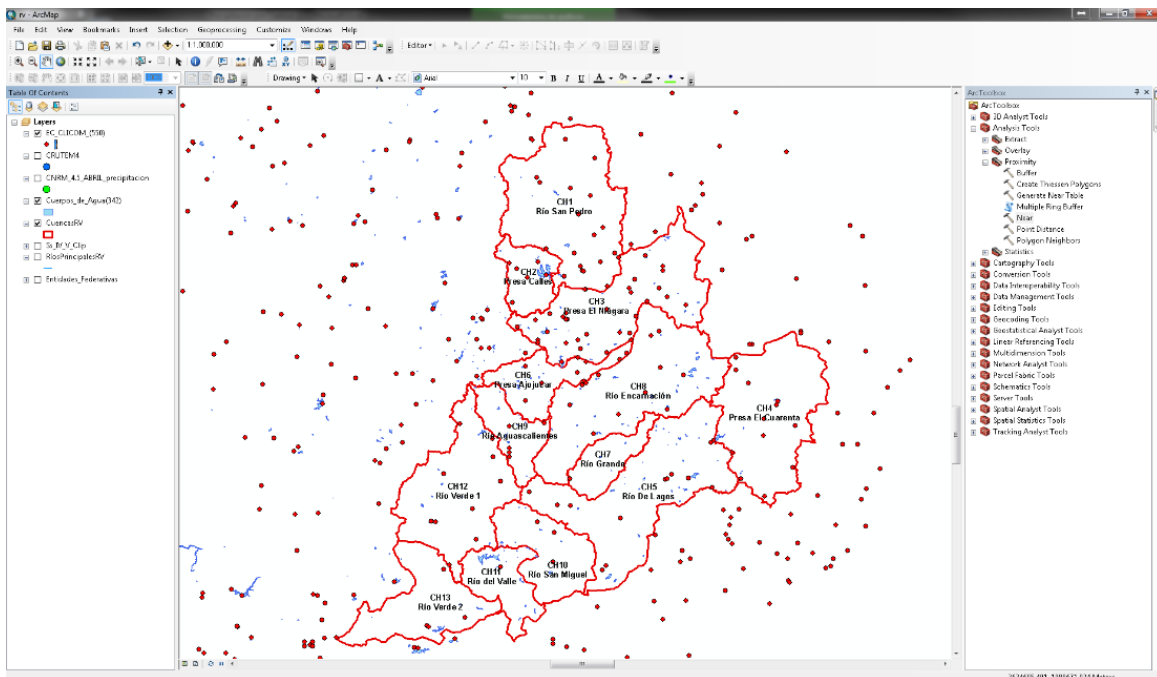


Figura 5.11. Estaciones climatológicas, cuencas y cuerpos de agua.

Con la herramienta *NEAR*, los cuerpos de agua (polígonos) y las estaciones climatológicas (puntos), se realizó una búsqueda para identificar a las estaciones más cercanas a cada cuerpo de agua, con la herramienta (*NEAR_DIST*).

Como resultado se obtuvo para cada cuerpo de agua un identificador (*NEAR_FID*).

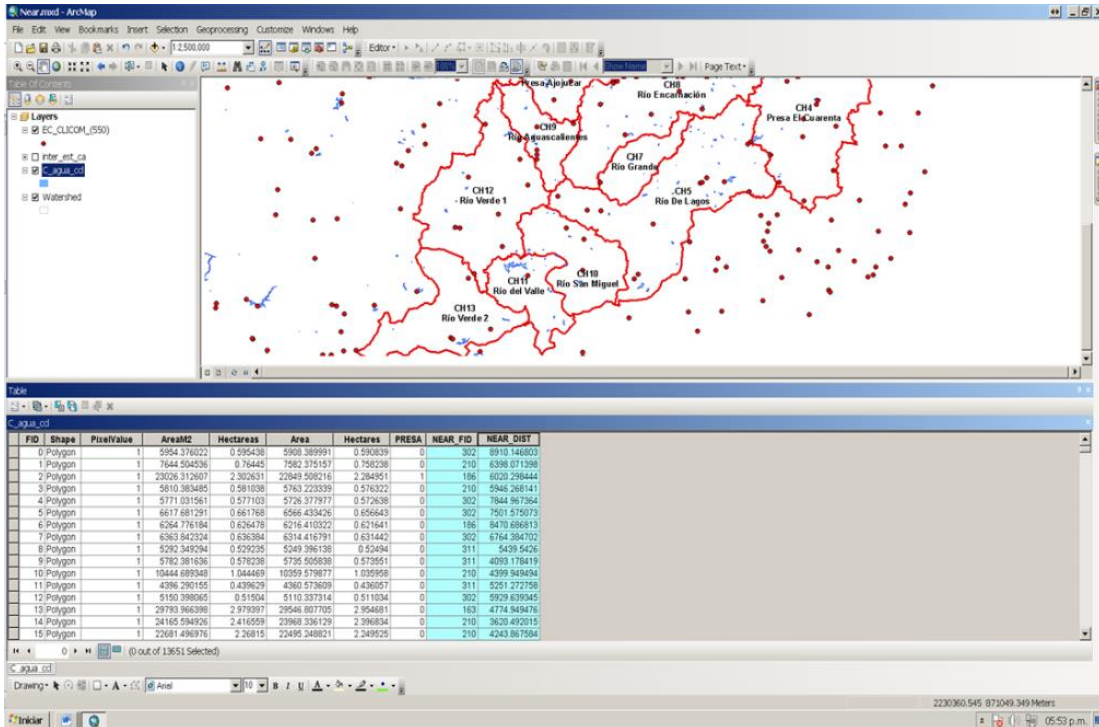


Figura 5.12. Campos agregados a cada cuerpo de agua

Con el objeto de asociarle a cada cuerpo la cuenca hidrológica correspondiente, se hizo la intersección entre la capa de cuerpos de agua y las cuencas hidrológicas.

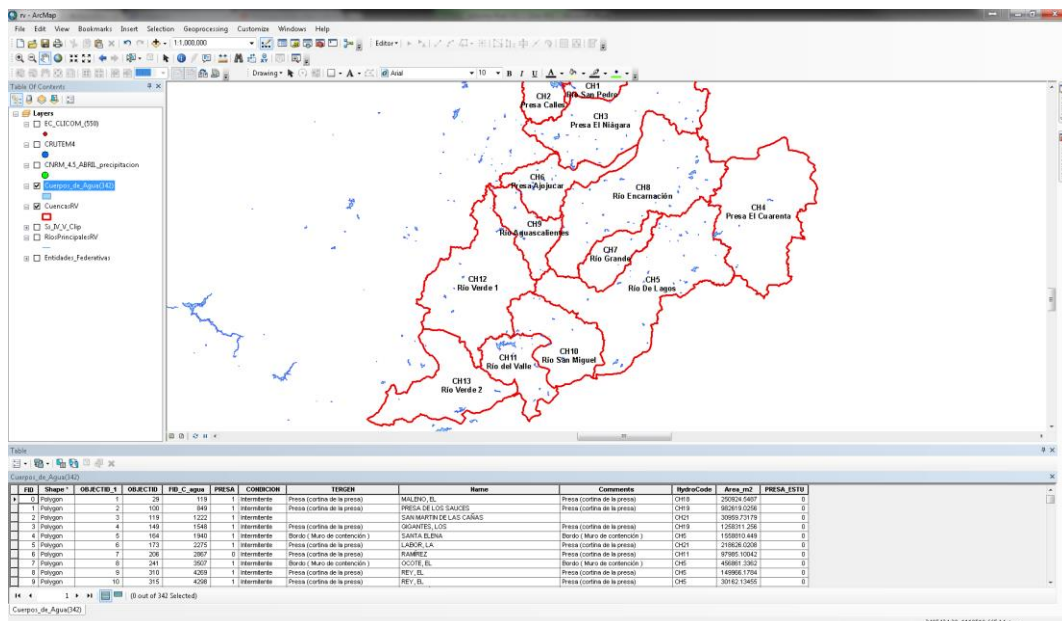


Figura 5.13. Intersección entre cuerpos de agua y cuencas hidrológicas

Finalmente se vincularon, a través del identificador de cada cuerpo de agua (NEAR_FID) los datos de cada estación (FID) al cuerpo de agua correspondiente y se les asoció la cuenca hidrológica respectiva.

Con la información generada en el proceso anterior se integró en una hoja de Excel los datos de evaporación de las estaciones climatológicas (Datos-Evap) extraída de CLICOM (Anexo 3.1).

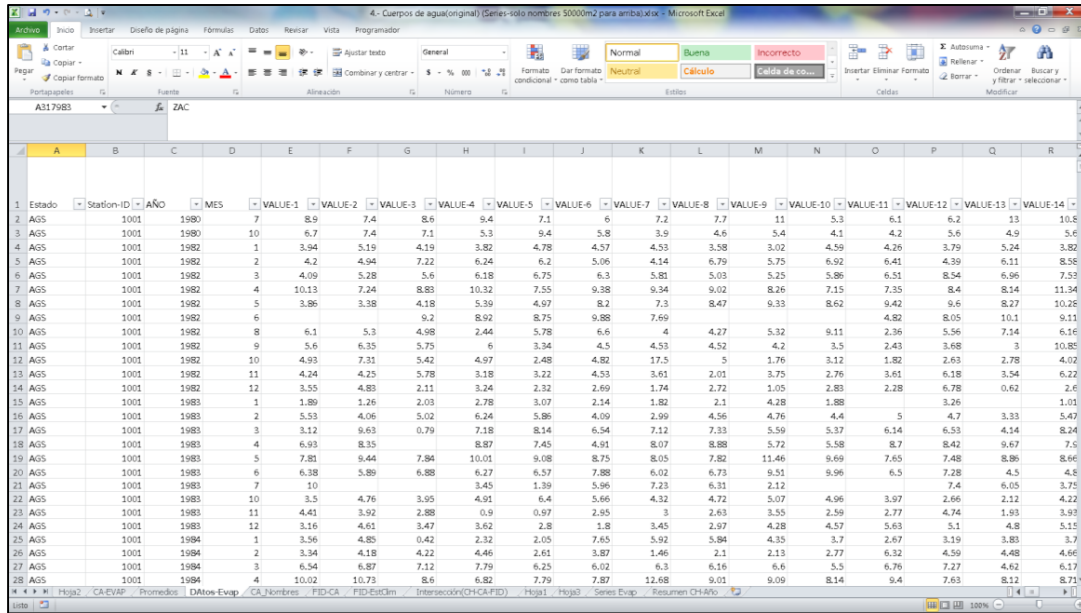


Figura 5.14. Información de evaporación.

Estos datos de evaporación obtenidos por estado (formato CSV) se cambiaron a la estructura de datos ArcHydro para que a cada registro le correspondiera un dato diario (Anexo 3.3).

FeatureID	TSTypeID	TSDateTime	TSValue	GroupID	Clave
1001	18	01/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	02/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	03/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	04/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	05/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	06/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	07/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	08/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	09/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	10/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	11/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	12/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	13/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	14/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	15/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	16/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	17/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	18/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	19/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	20/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	21/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	22/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	23/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	24/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	25/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	26/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	27/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	28/01/1945		CLICOM	1001
1001	18	29/01/1945		CLICOM	1001

Figura 5.15. Datos de evaporación en formato ArcHydro

Evaporación de presas

Por otro lado, se extrajeron los datos de evaporación de 7 presas de la base de datos BANDAS que integra la red hidrométrica nacional. En esta red se registra además el nivel de agua (escalas) y la cantidad de agua que pasa cada hora (aforos) en los principales ríos de la República Mexicana.

Adicionalmente, la Comisión Estatal del Agua de Jalisco proporcionó información de evaporación y del estudio de disponibilidad (IMTA, 2009) se tomaron datos.

Tabla 5.1. Presas

No.	Clave	Nombre de la presa	CH
1	552JCO	El Jocoquí	1
2	062CTA	Cincuenta Aniversario	2
3	055CLL	Elías Calles	2
4	006ABR	Abelardo Rodríguez	3
5	110NIA	El Niágara	3
6	080CRT	El Cuarenta	4
7	102EST	El Estribón	12

Con el uso de SIG y en coordinación con la Conagua, se identificaron las presas correspondientes a cada una de las cuencas de la región.

La información recopilada está reagrupada por cuenca (anexo 3.3), La figura siguiente muestra un ejemplo de los registros de evaporación recopilados.

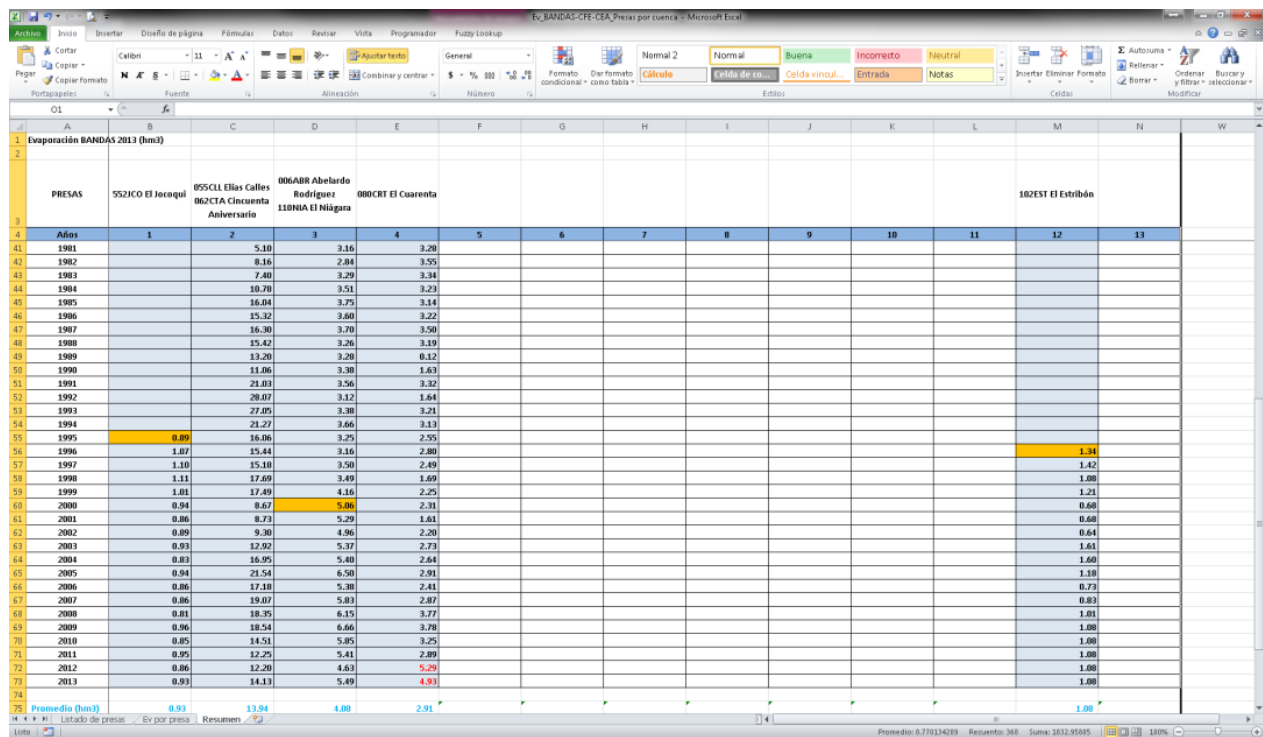


Figura 5.16. Registros históricos de evaporación en presas.

b. Identificación del periodo de análisis y validación de la información

Evaporación de cuerpos de agua

De las 253 estaciones climatológicas ubicadas en la zona de estudio se revisaron e identificaron las estaciones con información dentro de la zona de estudio.

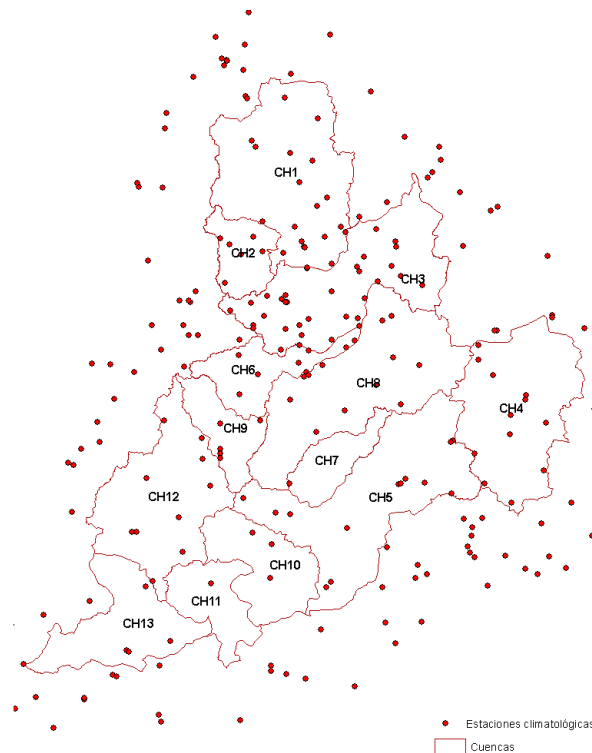


Figura 5.17. Estaciones climatológicas con datos de evaporación

Evaporación de presas

Para las presas, se tomaron los registros de evaporación comprendidos desde su inicio de operación hasta 2013, completando los datos faltantes con las estaciones climatológicas cercanas a la presa.

c. Análisis de la porosidad de la información

Evaporación de cuerpos de agua

El análisis de la información se realizó considerando las 253 estaciones climatológicas de la zona, este análisis sirvió para determinar la cantidad de datos disponibles para el estudio. La información puede consultarse en el Anexo 3.3.

Evaporación de presas

En la siguiente tabla se muestran los años de evaporación de las presas. El completado de la información se realizó con los datos de estaciones climatológicas y el área del vaso y el coeficiente de evaporación y a falta de información se completó la serie con promedios.

Tabla 5.2. Registros de evaporación de presas

CH	Clave	Nombre de la presa	Año inicial	Año final (estudio)	Años en el periodo	Años con información	%
1	552JCO	El Jocoqui	1995	2013	19	16	84
2	055CLL	Elías Calles	1932	2013	82	71	87
2	062CTA	Cincuenta Aniversario	1976	2013	38	19	50
3	110NIA	El Niágara	1963	2013	51	49	96
3	006ABR	Abelardo Rodríguez	2000	2013	14	12	86
4	080CRT	El Cuarenta	1949	2013	65	51	78
12	102EST	El Estribón	1996	2013	18	10	56

Fuente: Conagua. Base de datos BANDAS, 2013, Estudio de disponibilidad (IMTA, 2009)

d. Completado de series

Evaporación de cuerpos de agua

El completado de las series de tiempo de los cuerpos de agua se hizo utilizando los datos registrados en las estaciones climatológicas cercanas al cuerpo de agua. El proceso consistió en sacar el promedio anual de evaporación por año, tomando como base los datos diarios que son leídos de la hoja de “Datos-Evap” (Anexo 3.3).

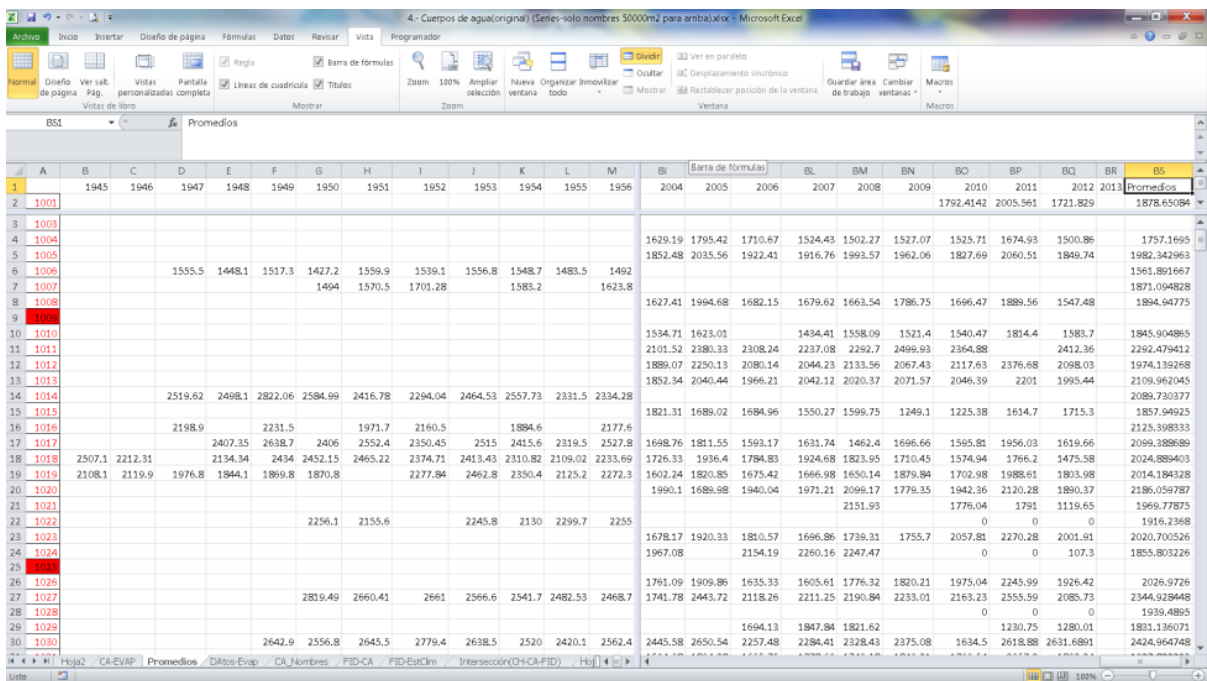


Figura 5.18. Información con promedios anuales de la evaporación.

En una tabla se colocó la información anterior y los encabezados “CH”, “ID”, “Nombre CA”, “Área m²”, “Estación Climatológica mediante FID”, “Evaporación mm”, “Evaporación m”, “Volumen (hm³)” del cuerpo de agua.

La estación asociada a cada cuerpo de agua se obtuvo mediante el identificador FID mencionado anteriormente, el dato de evaporación (mm) se obtuvo buscando la estación en la pestaña de promedios.

La evaporación del cuerpo de agua se calculó con la fórmula:

$$Ev_{Cp} = A Ev Ce \quad (2)$$

donde:

Ev_{Cp} es la evaporación del cuerpo de agua

A es el área del cuerpo de agua en m^2

Ev es la evaporación medida en la estación climatológica en mm

Ce es el coeficiente de evaporación que para este caso se consideró de 0.7

Figura 5.19. Volumen de evaporación por cuerpo de agua.

El volumen de evaporación por cuenca y por año, se obtuvo con la suma de todos los volúmenes de los cuerpos de agua de cada cuenca y en los años faltantes se aplicaron los promedios con el propósito de completar la serie histórica (Anexo 3.3). La figura mostrada a continuación presenta la imagen de los volúmenes por cuenca y por año que aparece en el anexo antes mencionado.

Figura 5.20. Volumen de evaporación por cuenca y por año

Evaporación de presas

Como se observó en el apartado anterior dentro del periodo de operación de las presas existía carencia de información, por lo que se complementó la misma de tres formas:

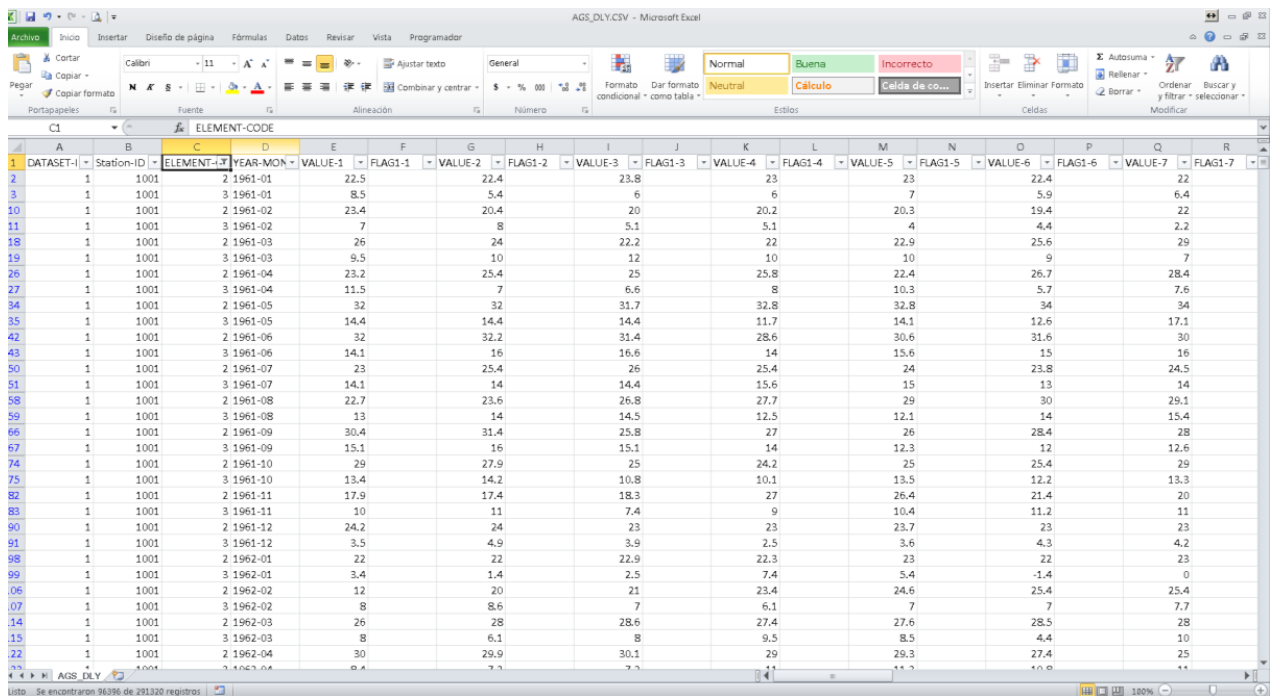
- En primera instancia se utilizaron los datos proporcionados por la CEA de Jalisco y los del estudio de disponibilidad (IMTA, 2009).
- Agotado el recurso anterior, se calculó la evaporación igual que en los cuerpos de agua, utilizando el valor de la estación climatológica más cercana y aplicándole la fórmula (2).
- Para el resto de los datos faltantes se aplicaron los promedios.

En el Anexo 3.3 está la información de evaporación de presas.

5.1.1.3 Temperatura

a. Recopilación de la información histórica

Para la obtención de la información histórica correspondiente a la temperatura mínima, máxima y ambiente, se utilizó la base de datos CLICOM 2013 (Anexo 3.1), en la que se identificaron 253 estaciones ubicadas en la zona y en un buffer de 30 km.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	DATASET	Station-ID	ELEMENT	YEAR-MON	VALUE-1	FLAG1-1	VALUE-2	FLAG1-2	VALUE-3	FLAG1-3	VALUE-4	FLAG1-4	VALUE-5	FLAG1-5	VALUE-6	FLAG1-6	VALUE-7	FLAG1-7
1																		
2	1	1001	2	1961-01	22.5		22.4		23.8		23		23		22.4		22	
3	1	1001	3	1961-01	8.5		5.4		6		6		7		5.9		6.4	
10	1	1001	2	1961-02	23.4		20.4		20		20.2		20.3		19.4		22	
11	1	1001	3	1961-02	7		8		5.1		5.1		4		4.4		2.2	
18	1	1001	2	1961-03	26		24		22.2		22		22.9		25.6		29	
19	1	1001	3	1961-03	9.5		10		12		10		10		9		7	
26	1	1001	2	1961-04	23.2		25.4		25		25.8		22.4		26.7		28.4	
27	1	1001	3	1961-04	11.5		7		6.6		8		10.3		5.7		7.6	
34	1	1001	2	1961-05	32		32		31.7		32.8		32.8		34		34	
35	1	1001	3	1961-05	14.4		14.4		14.4		11.7		14.1		12.6		17.1	
42	1	1001	2	1961-06	32		32.2		31.4		28.6		30.6		31.6		30	
43	1	1001	3	1961-06	14.1		16		16.6		14		15.6		15		16	
50	1	1001	2	1961-07	23		25.4		26		25.4		24		23.8		24.5	
51	1	1001	3	1961-07	14.1		14		14.4		15.6		15		13		14	
58	1	1001	2	1961-08	22.7		23.6		26.8		27.7		29		30		29.1	
59	1	1001	3	1961-08	13		14		14.5		12.5		12.1		14		15.4	
66	1	1001	2	1961-09	30.4		31.4		25.8		27		26		28.4		28	
67	1	1001	3	1961-09	15.1		16		15.1		14		12.3		12		12.6	
74	1	1001	2	1961-10	29		27.9		25		24.2		25		25.4		29	
75	1	1001	3	1961-10	13.4		14.2		10.8		10.1		13.5		12.2		13.3	
82	1	1001	2	1961-11	17.9		17.4		18.3		27		26.4		21.4		20	
83	1	1001	3	1961-11	10		11		7.4		9		10.4		11.2		11	
90	1	1001	2	1961-12	24.2		24		23		23		23.7		23		23	
91	1	1001	3	1961-12	3.5		4.9		3.9		2.5		3.6		4.3		4.2	
98	1	1001	2	1962-01	22		22		22.9		22.3		23		22		23	
99	1	1001	3	1962-01	3.4		1.4		2.5		7.4		5.4		-1.4		0	
06	1	1001	2	1962-02	12		20		21		23.4		24.6		25.4		25.4	
07	1	1001	3	1962-02	8		8.6		7		6.1		7		7		7.7	
14	1	1001	2	1962-03	26		28		28.6		27.4		27.6		28.5		28	
15	1	1001	3	1962-03	8		6.1		8		9.5		8.5		4.4		10	
22	1	1001	2	1962-04	30		29.9		30.1		29		29.3		27.4		25	

Figura 5.21. Ejemplo de información contenida en el archivo CLICOM

Se procesaron los datos para cambiarlos del formato original al formato de la base de datos ArcHydro, como se muestra en la siguiente figura (Anexos 3.4).

Tabla 5.3. Datos de evaporación diaria en formato ArcHydro

FeatureID	TSTypeID	TSDatetime	TSValue	GroupID	Clave
1001	2	01/01/1945		CLICOM	1001
1001	2	02/01/1945		CLICOM	1001
1001	2	03/01/1945		CLICOM	1001
1001	2	04/01/1945		CLICOM	1001
1001	2	05/01/1945		CLICOM	1001
1001	2	06/01/1945		CLICOM	1001
1001	2	07/01/1945		CLICOM	1001
1001	2	08/01/1945		CLICOM	1001
1001	2	09/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	01/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	02/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	03/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	04/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	05/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	06/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	07/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	08/01/1945		CLICOM	1001
1001	3	09/01/1945		CLICOM	1001

Adicionalmente se le realizó un análisis de porosidad para conocer la cantidad de datos de evaporación. (Anexos 3.4).

b. Análisis de la porosidad de la información

Se realizó el análisis de la porosidad de la información para las **253** estaciones climatológicas de la zona, este análisis permitió determinar la cantidad de datos disponibles para el estudio. En la figura siguiente se muestran los años para los cuales existen datos en cada estación. Los detalles del análisis se pueden consultar en el Anexo 3.4.

c. Procesamiento de la información

Debido a la falta de datos de temperatura fue necesario realizar interpolaciones por día, Para ello se utilizaron diferentes herramientas del software ArcGIS para la obtención de archivos “raster” de temperatura diaria usando el método IDW, que interpola y genera un archivo “raster” a partir de puntos utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (IDW), con este método se evita crear crestas o valles cuando los extremos no se han muestreado.

Para esta zona se realizó la interpolación utilizando como mínimo la información de dos estaciones y una distancia máxima de 20 kilómetros.

Para cada día se seleccionaron las estaciones con información registrada.

Utilizando la herramienta IDW de ArcGIS se generó el “raster” correspondiente de temperatura diaria. Finalmente, tomando el promedio de las celdas ubicadas dentro de cada cuenca se obtuvo el valor de la variable correspondiente para cada una de ellas (Anexo 3.4).

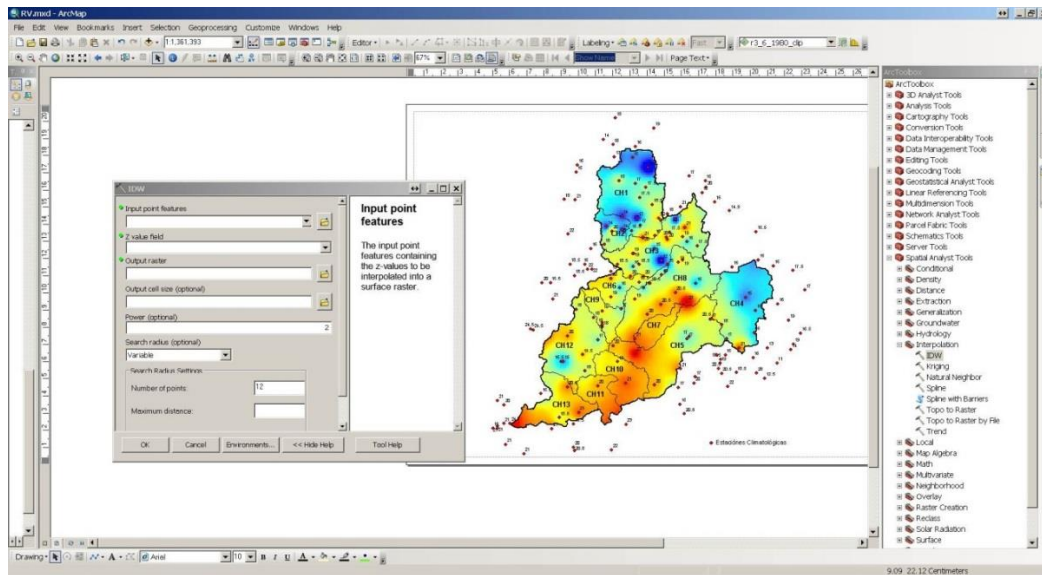


Figura 5.22. Uso de la herramienta de interpolación IDW para la generación del “raster” de temperatura diaria

El proceso descrito anteriormente se realizó para los 69 años del periodo de estudio (1945–2013)

5.1.2 Hidrometría

5.1.2.1 Recopilación y análisis de información

Los datos hidrométricos se obtuvieron del BANDAS 2013 del sitio web de Conagua, esta base de datos concentra la información de las estaciones hidrométricas que contienen los gastos y volúmenes aforados de los principales ríos del país. Se tomaron los gastos medios mensuales registrados hasta diciembre del 2011.

La información está organizada por estación y almacenada en tablas dentro de bases de datos de Access (archivos con extensión mdb) (Anexo 3.5).

Sólo en algunas estaciones se logró obtener la información de Conagua para los años 2012 y 2013.

Nombre	Estación	Fecha de modificación
01002.mdb	302 SB	200412 11:53:00
01007.mdb	402 SB	200412 11:53:00
01022.mdb	216 SB	200412 14:04:00
01023.mdb	37 SB	200412 14:04:00
01024.mdb	419 SB	200412 12:10:00
01025.mdb	412 SB	140812 01:07:00
01026.mdb	47 SB	140812 02:00:00
01027.mdb	1044 SB	140812 02:00:00
01028.mdb	712 SB	140812 02:00:00
01029.mdb	484 SB	200412 12:29:00
01031.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01034.mdb	876 SB	140812 02:00:00
01036.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01038.mdb	400 SB	140812 02:00:00
01039.mdb	420 SB	200412 12:29:00
01040.mdb	400 SB	200412 12:29:00
01041.mdb	376 SB	200412 12:29:00
01042.mdb	400 SB	140812 02:00:00
01043.mdb	344 SB	140812 02:00:00
01044.mdb	712 SB	140812 02:00:00
01051.mdb	318 SB	140812 02:00:00
01052.mdb	318 SB	140812 02:00:00
01053.mdb	318 SB	140812 02:00:00
01054.mdb	318 SB	140812 02:00:00
01055.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01056.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01057.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01058.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01059.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01060.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01061.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01062.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01063.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01064.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01065.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01066.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01067.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01068.mdb	300 SB	140812 02:00:00
01069.mdb	300 SB	140812 02:00:00

Figura 5.23. Sitio web del sistema BANDAS

Con el uso de la aplicación de ArcGIS se identificaron 35 estaciones hidrométricas ubicadas dentro de la zona de estudio.

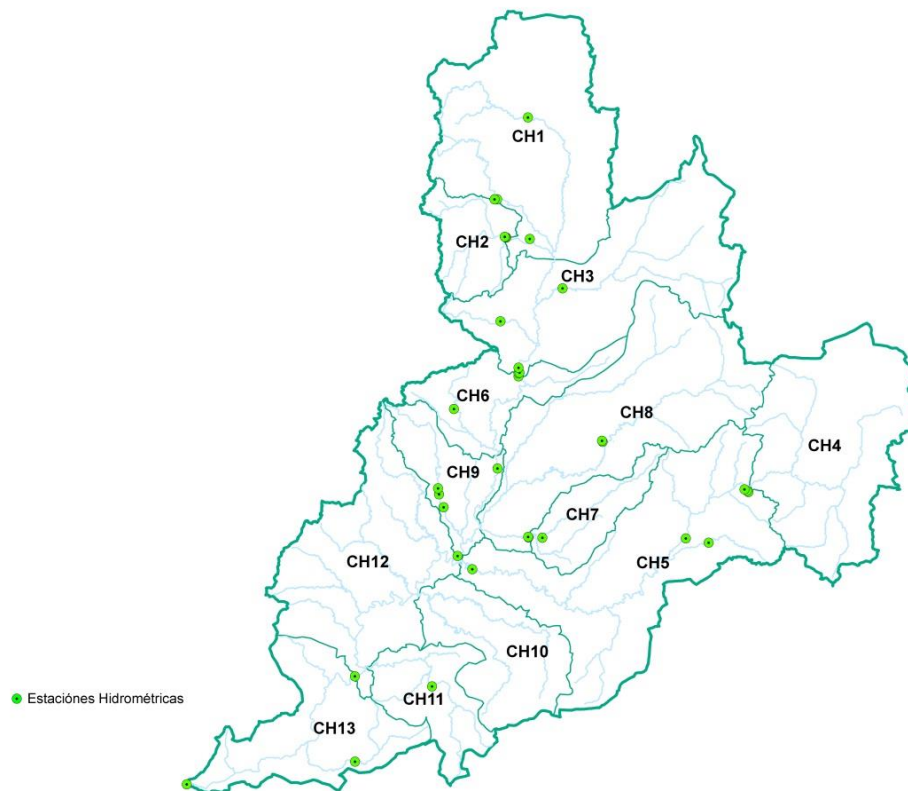


Figura 5.24. Estaciones hidrométricas ubicadas en el área de estudio

Se colocaron los volúmenes de escurrimiento mensual (en miles de metros cúbicos) de 35 estaciones hidrométricas en la tabla DMClaveEstación. Esta información se integró en un archivo de Excel siguiendo la estructura de ArcHydro (Anexo 3.6).

ID	Estación	Año	Mes	Día	Dato (mle)	Fuente	Variable
13003	1242B BOLAÑOS	1997	4	30	3385.04	BANDAS	
13006	1242B BOLAÑOS	1997	5	31	2438.25	BANDAS	
13007	1242B BOLAÑOS	1997	6	30	21512.42	BANDAS	
13008	1242B BOLAÑOS	1997	7	31	55232.02	BANDAS	
13009	1242B BOLAÑOS	1997	8	31	38053.53	BANDAS	
13010	1242B BOLAÑOS	1997	9	30	48911.98	BANDAS	
13011	1242B BOLAÑOS	1997	10	31	13894.49	BANDAS	
13012	1242B BOLAÑOS	1997	11	30	10544.14	BANDAS	
13013	1242B BOLAÑOS	1997	12	31	6302.32	BANDAS	
13738	1243B LA YESCA	1997	1	31	64967.16	BANDAS	
13739	1243B LA YESCA	1997	2	28	59034.21	BANDAS	
13740	1243B LA YESCA	1997	3	31	90354.01	BANDAS	
13741	1243B LA YESCA	1997	4	30	116060.44	BANDAS	
13742	1243B LA YESCA	1997	5	31	93419.31	BANDAS	
13743	1243B LA YESCA	1997	6	30	125497.84	BANDAS	
13744	1243B LA YESCA	1997	7	31	231220.14	BANDAS	
13745	1243B LA YESCA	1997	8	31	152538.16	BANDAS	
13746	1243B LA YESCA	1997	9	30	124516.9	BANDAS	
13747	1243B LA YESCA	1997	10	31	74539.79	BANDAS	
13748	1243B LA YESCA	1997	11	30	75719.92	BANDAS	
13749	1243B LA YESCA	1997	12	31	78427.22	BANDAS	
14463	12441 LA BOQUILL	1997	1	31	2848.26	BANDAS	
14464	12441 LA BOQUILL	1997	2	28	2644.54	BANDAS	
14465	12441 LA BOQUILL	1997	3	31	3096.16	BANDAS	
14466	12441 LA BOQUILL	1997	4	30	2887.15	BANDAS	
14467	12441 LA BOQUILL	1997	5	31	2097.48	BANDAS	
14468	12441 LA BOQUILL	1997	6	30	8669.01	BANDAS	
14469	12441 LA BOQUILL	1997	7	31	19424.71	BANDAS	
14470	12441 LA BOQUILL	1997	8	31	13993.93	BANDAS	
14471	12441 LA BOQUILL	1997	9	30	16640.98	BANDAS	
14472	12441 LA BOQUILL	1997	10	31	6148.85	BANDAS	
14473	12441 LA BOQUILL	1997	11	30	3310.62	BANDAS	
14474	12441 LA BOQUILL	1997	12	31	3400.27	BANDAS	

Figura 5.25. Datos de hidrometría

Con ayuda de los boletines hidrológicos, el GoogleEarth y el ArcGIS se identificaron las estaciones que se utilizaron como controles en la salida de las cuencas.

En algunos casos la ubicación de las estaciones hidrométricas estaba mal georeferenciada y para corregirla se utilizaron los boletines hidrológicos.

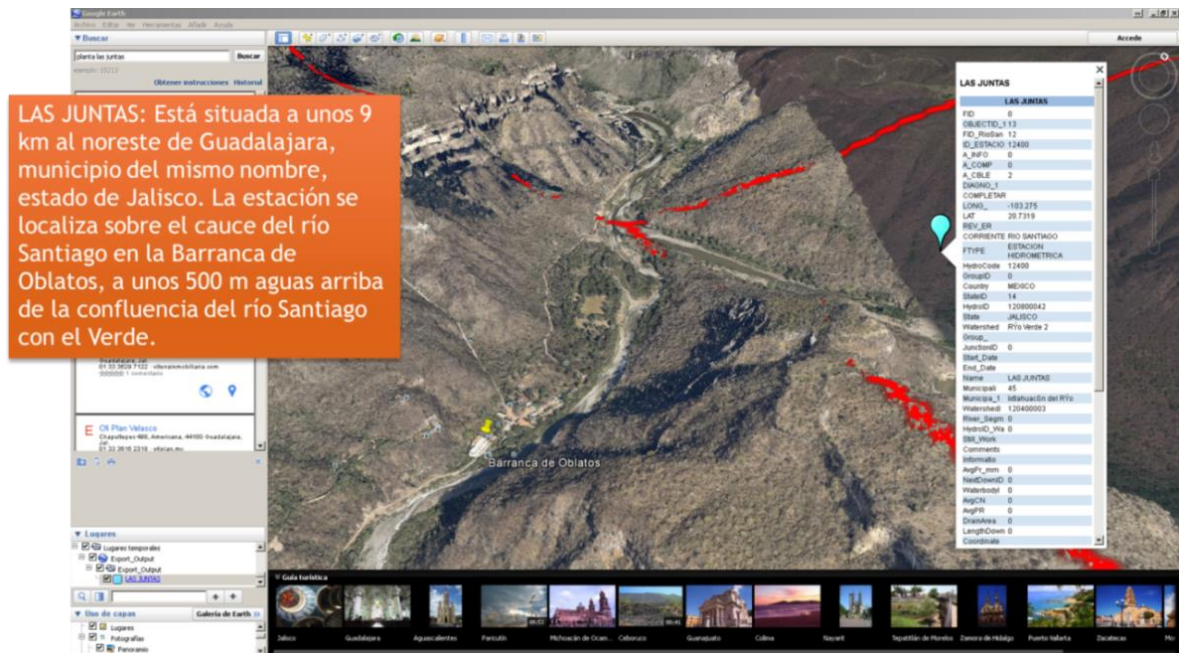


Figura 5.26. Ejemplo de la ubicación de una estación hidrométrica de acuerdo al boletín hidrológico

5.1.2.2 Identificación del periodo de análisis y validación de la información

Como se ha mencionado en este estudio, el periodo de análisis para las 35 estaciones hidrométricas es de 69 años (1945-2013), sin embargo, sólo 5 cuenta con más del 85% de información y la mayoría de ellas se ubican lejos de la salida de la cuenca.

Tomando en cuenta lo anterior y el estudio de disponibilidad (IMTA, 2009), se identificaron las estaciones hidrométricas que se ubican a la salida de las cuencas y las estaciones auxiliares que servirán para complementar datos faltantes.

Adicionalmente en las cuencas 2, 3 y 4 se utilizaron los datos de la estación para complementar los registros de la presa. Las estaciones hidrométricas de cada cuenca se muestran en la tabla y figura siguientes:

Tabla 5.4. Cuencas hidrológicas con estación hidrométrica a la salida

CH	Cuenca	EH	Nombre
2	Presa Calles	12378	Presa Calles
3	Presa El Niágara	12545 y 12656	El Niágara III y El Niágara
4	Presa El Cuarenta	12422 y 12476	Cuarenta II y KM. 0+340
5	Río de los Lagos	12370	San Gaspar
6	Río Ajojuar	12358 y 12425	Ajojuar y Ajojuar
12	Río Verde 1	12504	La Cuña

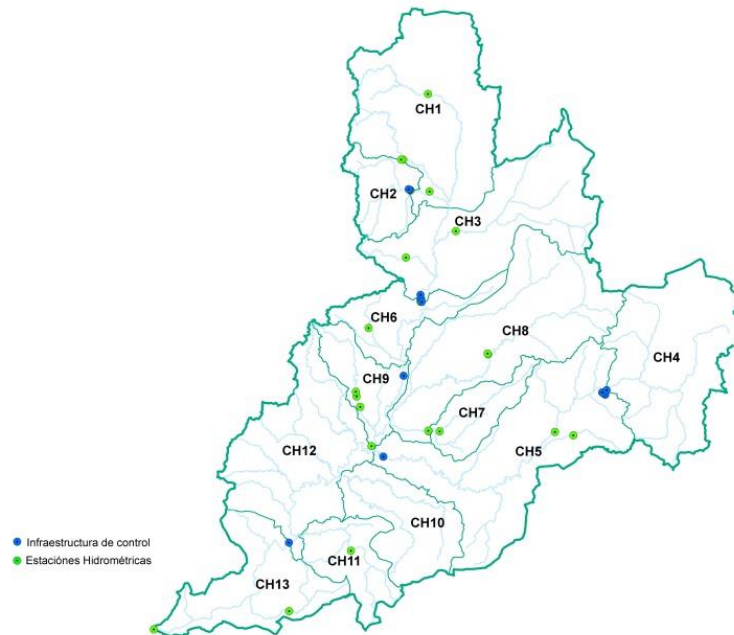


Figura 5.27 Ubicación de estaciones hidrométricas en la zona de estudio y puntos de control

Los criterios de selección de estaciones hidrométricas utilizadas como puntos de control fueron los siguientes:

- ✓ Ubicación a la salida de la cuenca o cerca de ella
- ✓ Registros de información de años completos (más del 80% de información)
- ✓ Estaciones auxiliares localizadas cerca de los puntos de control.

A continuación se describen las estaciones utilizadas.

- **12378 Presa Calles.** Está situada sobre el río Santiago a 350 m aguas abajo de la cortina de la presa Calles, a 1 km al SSW de San José de Gracia, municipio del mismo nombre, estado de Aguascalientes, su objetivo es registrar las extracciones y filtraciones de la presa Calles. Esta estación pertenece al distrito de riego de Pabellón donde esporádicamente se hacen aforos sobre el puente o en una sección de vadeo. La estación tiene un banco de nivel representado por una varilla empotrada en el parámetro de la cortina, a 8 m de la margen izquierda de la presa, a una elevación de 2020.00 msnm.
- **12545 El Niágara III.** Se localiza sobre el río Aguascalientes y a 1.5 km aguas abajo de la cortina de la presa El Niágara, a unos 15 km al suroeste de la ciudad de Aguascalientes, en el estado y municipio del mismo nombre. Su objetivo es medir las excedencias de la presa, que comprenden extracciones y filtraciones. Esta estación es continuación de las suspendidas Niágara I y II, que quedaron dentro del vaso de almacenamiento de la presa El Niágara. El banco de nivel de la estación está representado por una grapa en un tronco de Sabino en la margen izquierda a una elevación de 1807.461 msnm.
- **12656 El Niágara.** Está ubicada en el km 0 + 255 del canal principal de la presa El Niágara, situada a 13 km al suroeste de la ciudad de Aguascalientes, municipio y estado del mismo nombre. Su objetivo es medir las extracciones de la obra de toma al canal para riego de la zona. Actualmente la estación está suspendida.

-
- **12422 Cuarenta II.** Se localiza sobre el cauce del río Lagos a 1 600 m aguas abajo de la cortina de la presa Cuarenta, en el puente de la carretera Guadalajara-San Luis Potosí (Km 615+500), a 23.2 km al noreste de Lagos de Moreno y a unos 500 m al sur del poblado de Cuarenta. Su objetivo es registrar las filtraciones y derrames de la presa El Cuarenta.
 - **12476 KM. 0+340.** Está situada a 23.7 km al noroeste de Lagos de Moreno, municipio del mismo nombre, dentro del estado de Jalisco. Se localiza en el km 0+340 del canal principal que sale de la presa El Cuarenta por la margen izquierda del río de Lagos y a unos 1800 m al sureste de la población Cuarenta. El objetivo es medir los volúmenes que se derivan del canal para riego del distrito de riego No 13.
 - **12370 San Gaspar.** Está ubicada en el río de Lagos, a 1 km al sursureste de San Gaspar de los Reyes, en el municipio de Jalostotitlán, estado de Jalisco, a unos 13 km al nornoreste de Jalostotitlán y a 18 km al noroeste de San Juan de los Lagos. El objetivo de su instalación es determinar el régimen del río de Lagos en el tramo antes de su confluencia con el río Verde unos 10 km aguas abajo de la estación. Se construyó otra caseta para alojar el limnógrafo atrás de la original, por encontrarse ésta muy abajo y cercana a la corriente y en ocasiones insuficientes para funcionar satisfactoriamente.
 - **12358 Ajojúcar.** Está ubicada sobre el río Aguascalientes, a 1.5 km aguas abajo de la presa derivadora Ajojúcar, en el municipio de Teocaltiche, estado de Jalisco, estando a unos 2 km al nornoreste de Belén del Refugio, a unos 22 km al sureste de Villa Hidalgo, Jal. y a unos 41 km al SSW de la ciudad de Aguascalientes. Su objetivo es registrar el régimen del río (escurrimientos no derivados) para el proyecto de sobreelevación de la presa Ajojúcar, localizada aguas arriba.
 - **12425 Ajojúcar.** Está ubicada en el km 1 + 400 del canal principal; 2.4 km al N-NE de Belén del Refugio, a 22 km al sureste de Villa Hidalgo, Jal., y a 41 km al sursuroeste de la ciudad de Aguascalientes, dentro del municipio de Teocaltiche, estado de Jalisco. El objetivo de su instalación es medir los volúmenes derivados al canal para riego de la unidad de Belén del Refugio del Distrito de Riego No. 13.
 - **12504 La Cuña.** Está situada sobre el puente de la carretera de Tepatitlán de Morelos-Yahualica, que cruza el río Verde, a 21.5 km al SE aproximadamente de la última población, dentro del municipio de Tepatitlán, Jal. Su objetivo es registrar el régimen del río Verde para aprovechamientos futuros.

5.1.2.3 Análisis de la porosidad de la información

Se analizaron 35 estaciones hidrométricas para conocer el periodo de registros de cada una de ellas, lo que facilitó la selección de las estaciones que se tomaron como puntos de control y las que utilizaron para complementar datos faltantes, el detalle del análisis puede visualizarse en el Anexo 3.6.

En la siguiente tabla se muestran los años con información hidrométrica.

Tabla 5.5. Estaciones hidrométricas

Clave EH	Estación	Inicio de registros	Fin de registro	Años con información	Años sin información	% con información con respecto al periodo 1945-2013
12378	Presa Calles	1942	2011	48	21	70%
12370	San Gaspar	1941	2010	66	3	96%
12422	Cuarenta II	1965	2011	29	40	42%
12476	Km. 0 +340	1951	2009	57	12	83%
12358	Ajojucar	1939	2011	63	6	91%
12425	Ajojucar	1943	2011	64	5	93%
12504	La Cuña	1947	2011	60	9	87%
12472	Arcediano	1951	2007	53	16	77%
12400	Las juntas	1951	1999	39	30	57%
12128	Corona	1926	2011	63	6	91%
12288	Zapotlanejo	1933	2011	59	8	88%
12730,12749	Atequiza I y II	1933	2006	2	51	74%

Fuente: BANDAS 2013

5.1.2.4 Completado de datos

Debido a la importancia de utilizar el mayor número posible de datos medidos para el cálculo del escurrimiento aguas abajo, el completado de datos se hizo bajo los siguientes criterios:

- 1) Utilizando información hidrométrica de estaciones aledañas. Ejemplo:

En la cuenca hidrológica 2 “Presa Calles”, se localiza la presa del mismo nombre y las estaciones hidrométricas 12378 Presa Calles, 12271 Palmitos y 12218 El Águila a la salida de la cuenca. Para este ejemplo se usó la presa como punto de control, sin embargo el periodo de registros reportado está incompleto por lo que fue necesario tomar los datos de la estación 12378 Presa Calles. Las otras dos estaciones se descartaron debido a que sus registros eran de años anteriores a 1945.

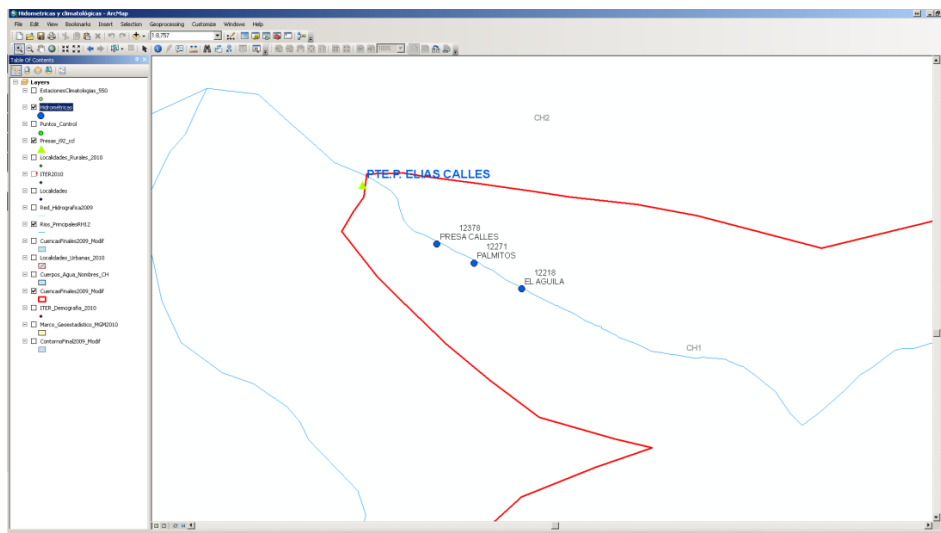


Figura 5.28. Ejemplo de Estaciones Hidrométricas auxiliares para completar datos

2) Aplicando la ecuación de continuidad.

En una cuenca hidrológica, son considerados como puntos de control, los sitios en donde la red hidrográfica puede aforarse y dar paso al cálculo de escurrimiento anual, como los vasos de almacenamiento (se afora el caudal de salida), esta información se denomina hidrometría, y con ella se establecen las salidas o las entradas a cada cuenca de estudio dependiendo de la ubicación de la estación hidrométrica.

Al definir la extensión de las cuencas no siempre se tiene un punto de control o de aforo en los extremos de las mismas, por tal motivo se tienen que estimar los escurrimientos de entrada o de salida, tal como si fueran estaciones de aforo, como ya se describió anteriormente, esto se hace aplicando la ecuación de continuidad:

$$Ab = (Cp + Ar + R + Im) - (Ev + Ex + U) - DV \quad (3)$$

C_p.- aportación por cuenca propia

A_r.- aportación por cuenca tributaria o escurrimiento desde aguas arriba de la cuenca

R.- retornos al sistema en función de diferentes usos

Im.-Importación desde otras cuencas adyacentes que no necesariamente escurre por gravedad.

E_v.- evaporación de los cuerpos de agua

Ab.- volumen de salida hacia aguas abajo

U.- este volumen de salida es el que toman los diferentes usuarios para el consumo correspondiente.

Ex.- exportación artificial del recurso hacia otras cuencas adyacentes.

En la siguiente tabla se muestran los datos de los volúmenes de escurrimiento anual de la cuenca 2 Presa Calles.

Tabla 5.6. Volúmenes de escurrimiento anual de la cuenca 2 Presa Calles.

Año	Volumen (hm ³)	Año	Volumen (hm ³)
1945	31.04	1968	46.85
1946	22.65	1969	80.19
1947	4.99	1970	34.03
1948	31.79	1971	45.18
1949	33.01	1972	71.91
1950	14.82	1973	75.69
1951	15.51	1974	77.39
1952	24.25	1975	72.82
1953	6.67	1976	72.84
1954	14.09	1977	82.62
1955	10.76	1978	79.69
1956	51.68	1979	77.41
1957	41.18	1980	57.60
1958	7.42	1981	5.73
1959	40.73	1982	3.84
1960	48.60	1983	0.57
1961	26.67	1984	16.15
1962	16.02	1985	58.75
1963	19.52	1986	51.01
1964	25.27	1987	66.05
1965	8.93	1988	42.05
1966	25.54	1989	54.70
1967	40.62	1990	2.94

Año	Volumen (hm ³)
1991	35.36
1992	70.88
1993	59.66
1994	69.46
1995	42.08
1996	70.16
1997	64.49
1998	32.35
1999	26.88
2000	4.48
2001	16.91
2002	14.77
2003	17.56

Año	Volumen (hm ³)
2004	31.78
2005	40.62
2006	27.71
2007	35.77
2008	25.19
2009	42.97
2010	30.98
2011	39.33
2012	22.08
2013	30.69

Registros de la Presa. BANDAS 2013

Registros de la estación 12378 BANDAS 2013

Dato calculado por ecuación la ecuación de continuidad

Las series completas (1945-2013) de escurrimiento anual se muestran en el Anexo 3.6.

5.1.3 Variables hidrológicas implícitas en la determinación o cálculo de escurrimientos

Las variables hidrológicas implícitas en la determinación o cálculo de escurrimiento son:

ENTRADAS – SALIDAS = VARIACIÓN DE ALMACENAMIENTO

$$(C_p + A_r + R + I_m) - (A_b + U + E_v + E_x) = DV \quad (4)$$

Por consiguiente el escurrimiento virgen se obtiene con la ecuación:

$$C_p = A_b + E_x + E_v + U - A_r - I_m - R - DV \quad (5)$$

Donde: Δv es la variación del volumen en un intervalo de tiempo

C_p .- aportación por cuenca propia

A_r .- aportación por cuenca tributaria o escurrimiento desde aguas arriba de la cuenca

R .- retornos al sistema en función de diferentes usos

I_m .- Importación desde otras cuencas adyacentes que no necesariamente escurre por gravedad.

E_v .- evaporación de los cuerpos de agua (esta variable es despreciable cuando la cuenca no tiene cuerpos de agua).

A_b .- volumen de salida hacia aguas abajo

U .- este volumen de salida es el que toman los diferentes usuarios para el consumo correspondiente.

E_x .- exportación artificial del recurso hacia otras cuencas adyacentes.

A continuación se describe la metodología de recopilación y completado de datos de algunas de ellas.

5.1.3.1 Variación de volumen (DV)

La variación de volumen es la diferencia entre los registros del volumen de almacenamiento del año consecutivo y el inmediato anterior. Estos volúmenes (en millones de metros cúbicos o hectómetros cúbicos) se obtuvieron de la base de datos del Banco Nacional de datos de Aguas Superficiales (BANDAS 2013) que publica la Conagua.

La metodología para integrar la serie de tiempo de variación de volumen consistió en:

- Identificar las presas por cuenca y recopilación de información.
- Extracción de los datos de volumen almacenado con fecha del primero de enero de cada año
- Análisis de la porosidad de la información
- Completado de series.
- Integración de la serie histórica de variación de volumen

Identificación de las presas por cuenca y recopilación de información.

De acuerdo con la tabla siguiente, en las 13 cuencas existen 7 presas con registros de volumen de almacenamiento en la base de datos de BANDAS, 2014.

Tabla 5.7. Presas identificadas con registros de volumen

No.	CH	Nombre Presa	Clave	Estado
1	1	El Jocoqui	552JCO	Aguascalientes
2	2	Cincuenta Aniversario	062CTA	Aguascalientes
3	2	Elías Calles	055CLL	Aguascalientes
4	3	Abelardo Rodríguez	006ABR	Aguascalientes
5	3	El Niágara	110NIA	Aguascalientes
6	4	El Cuarenta	080CRT	Jalisco
7	12	El Estribón	102EST	Jalisco

Extracción de los datos de volumen almacenado con fecha del primero de enero de cada año.

Los datos de los volúmenes de almacenamiento se obtuvieron de las presas identificadas para cada cuenca del primero de enero de cada año. La información se organizó mediante un archivo en Excel en donde se colocó en cada pestaña el valor de cada presa (identificada por su clave). Tomando en cuenta la información del apartado anterior, se integró la información por cuenca (Anexo 3.7). En la figura siguiente se muestra cómo se visualiza el concentrado de los datos para las cuencas.

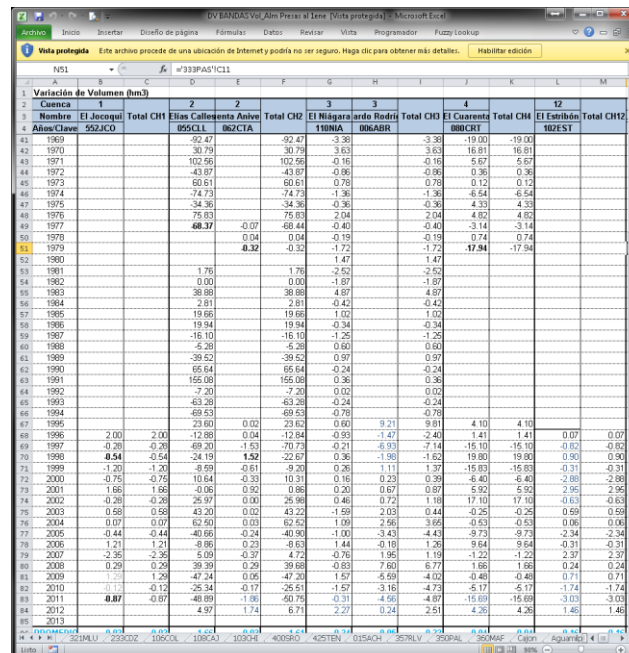


Figura 5.29. Concentrado de información de cuencas

Análisis de la porosidad de la información

En la tabla siguiente se observa un ejemplo de datos discontinuos (señalados en amarillo) en una de las presas ubicadas en la cuenca 2, los registros de almacenamiento de la Presa Cincuenta Aniversario muestran discontinuidad en los años 1980 y 1995. En el Anexo 3.7 están las tablas de los valores del volumen de almacenamiento de agua para cada cuenca.

Tabla 5.8. 062CTA Presa Cincuenta Aniversario

Año	Volumen almacenado al 1° de enero (hm ³)
1977	4.10
1978	4.04
1979	4.08
1980	3.76
1995	4.02
1996	4.04
1997	4.07
1998	2.54
1999	4.07
2000	3.46
2001	3.12
2002	4.04
2003	4.05
2004	4.07
2005	4.09
2006	3.85
2007	4.08
2008	3.71
2009	4.00
2010	4.05
2011	3.88
2012	
2013	

BANDAS 2013
Conagua. GASIR 2013

Los datos marcados con amarillo indican años discontinuos, y los valores remarcados en negro son valores correspondientes al 31 de diciembre.

Completado de series

Para completar los años en donde no se encontró el volumen almacenado con fecha del 1 de enero, se asignó el dato del 31 de diciembre del año inmediato anterior y en última instancia se completó la información con el promedio.

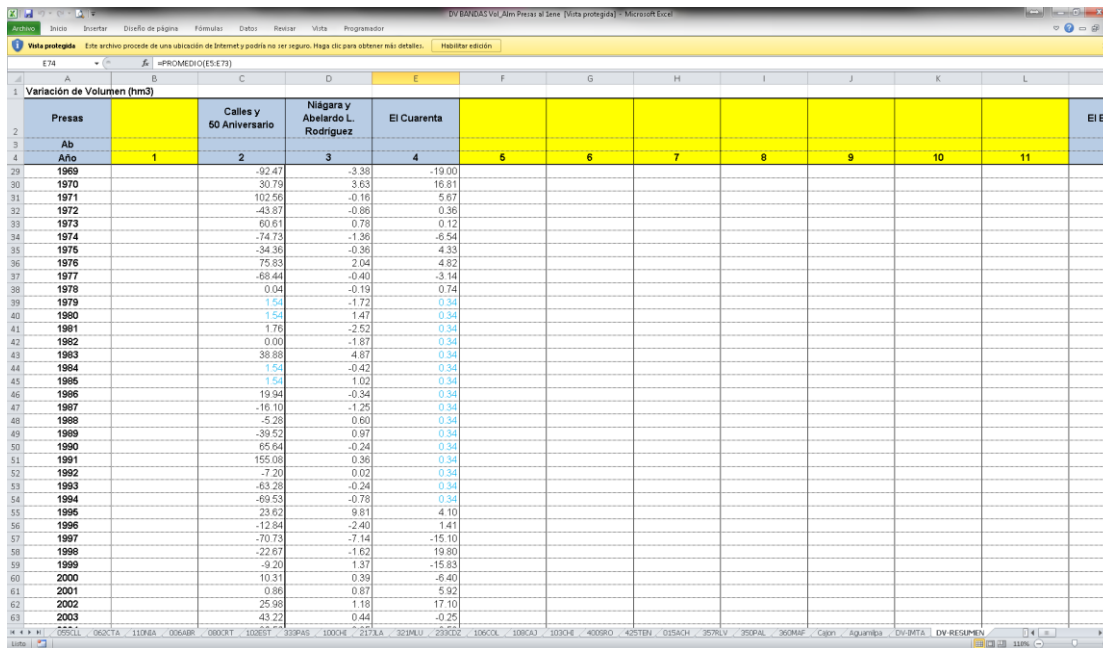


Figura 5.30. Variación de volumen (completado con promedio)

Serie histórica de variación de volumen

La variación de volumen se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Variación de volumen para el año } X = (\text{Dato en el año siguiente}) - (\text{Dato en el año } X) \quad (6)$$

La variación de volumen por cuenca es el promedio del periodo 1945 – 2013 (Anexo 3.7).

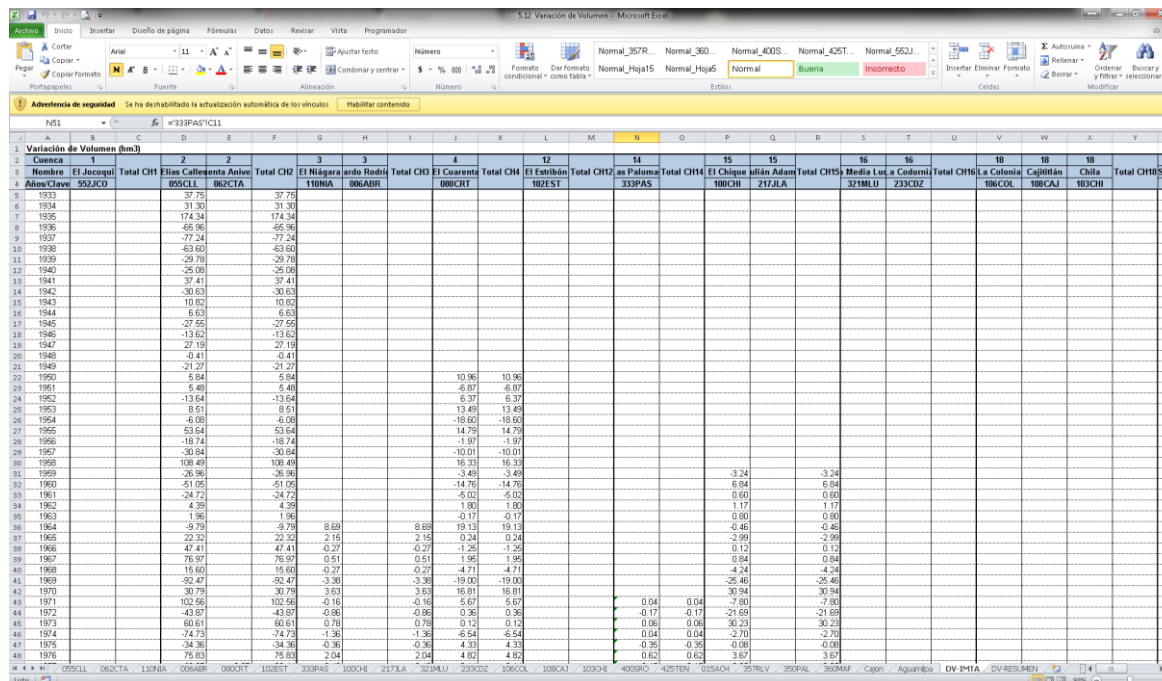


Figura 5.31. Variación de volumen

5.1.3.2 Importaciones (Im) y exportaciones (Ex)

Los volúmenes de importaciones y exportaciones entre cuencas ocurren, cuando existe una transferencia artificial de agua de una cuenca a otra. Estas transferencias se hacen mediante canales, acueductos a superficie libre o a presión y en todos los casos se tiene una certidumbre de la magnitud del volumen de transferencia.

De acuerdo con el “Decreto de Reserva de Aguas Superficiales para uso público urbano” modificado el 17 noviembre de 1997 la Comisión Nacional del Agua (Anexo 1.2) se establece la reserva de un volumen de 119.84 hm³ de agua para la ciudad de León, Guanajuato. Esta reserva queda identificada como exportación de la cuenca 12 (del río Verde) hacia la cuenca Lerma, misma donde se ubica la ciudad de León, Gto.

Otra importación es el volumen de aguas arriba procedentes del Lago de Chapala, que para efectos del cálculo de volúmenes restituidos se tomará como parte de las importaciones de la cuenca 18.

Identificación y recopilación de información.

De acuerdo con el Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico, la cuenca 1 “Río San Pedro” exporta a la cuenca 2 “Presa Calles” a través de la presa derivadora “Potrerillos”.

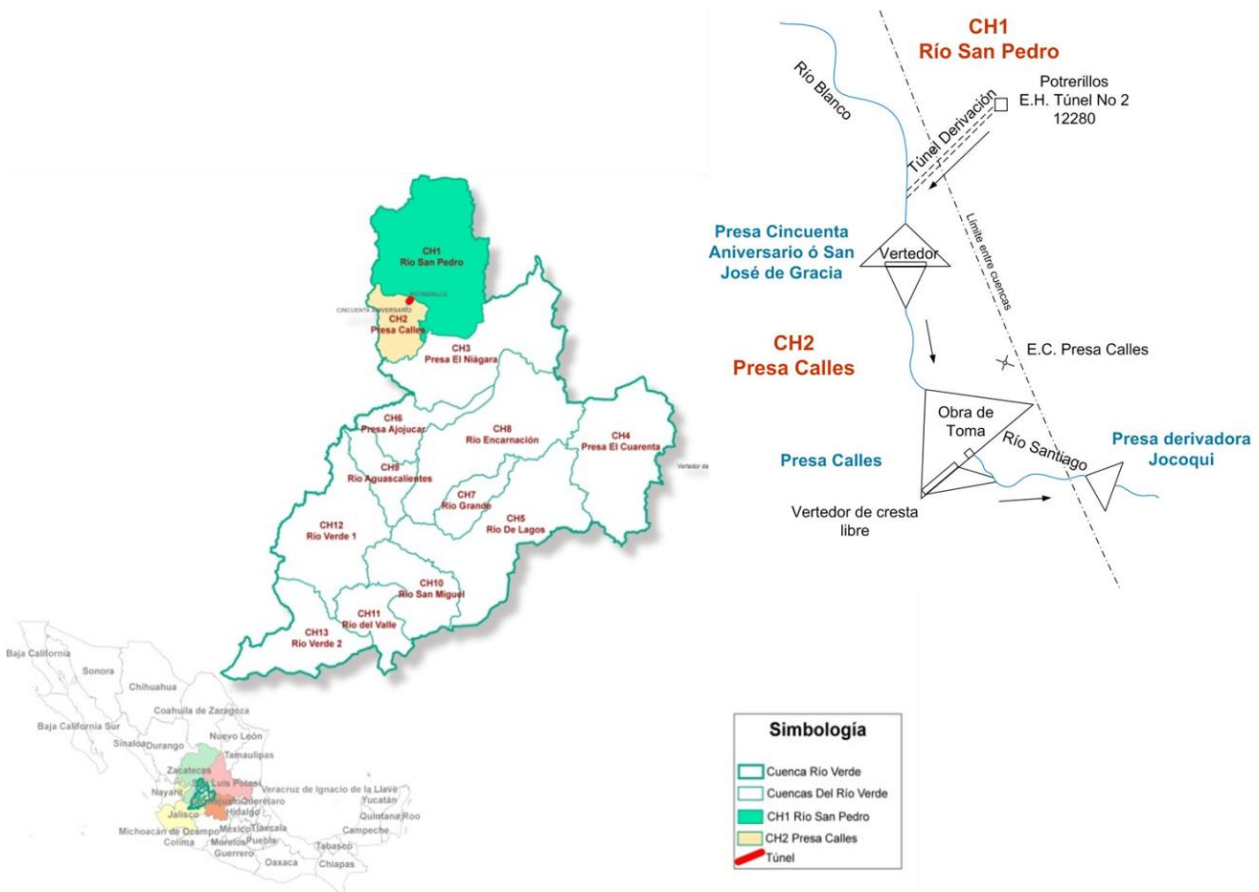


Figura 5.32. Esquema de conexión de la presa Potrerillos y Cincuenta Aniversario

De la base de datos BANDAS se obtuvo la información de la estación hidrométrica 12280 (Túnel 2) que mide la salida del túnel de la presa derivadora Potrerillos.

Para el cálculo de los escurrimientos y completado de datos fue necesario considerar las importaciones de agua proveniente del Lago de Chapala, que entran a la cuenca 18 y es aforado por las estaciones Corona, Zapotlanejo y Atequiza, siendo el Río Santiago la parte más baja de la RH 12 LERMA-SANTIAGO.

De acuerdo con el boletín hidrológico de la Conagua, la estación hidrométrica “Corona” se instaló con el propósito de conocer el régimen de la corriente. La suma de los volúmenes que pasan en esta estación más los que pasan por las estaciones de Zapotlanejo y Atequiza, instaladas sobre los canales de igual nombre, equivalen, prácticamente, a las extracciones del lago de Chapala efectuadas en la cortina.

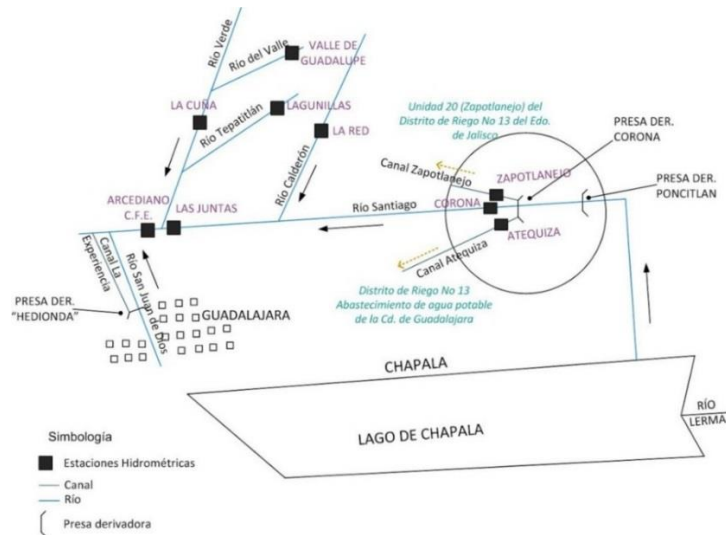


Figura 5.33. Diagrama de ubicación de estaciones en la CH 18 “Río Santiago”

Completado de series

Para la cuenca 2, la información faltante se completó utilizando el promedio de los registros (Anexo 3.8).

Año/Cuenca	Cp	Ar	Ma	B	Total	Ev	AN	Ex	U	Total	DV	DV-estación salida	Cp
1970	3.46	0.00	30.81	0.45	34.72	23.50	80.10	0.00	3.00	107.19	-72.42	-2.47	3.46
1971	17.05	0.00	27.02	0.45	44.52	14.98	14.03	0.00	3.12	34.13	36.79	30.79	53.23
1972	114.83	0.00	16.21	0.46	131.50	20.41	40.08	0.00	3.14	63.73	102.36	100.56	114.63
1973	17.72	0.00	38.82	0.46	57.00	25.80	71.51	0.00	3.16	100.47	-42.07	-43.07	37.72
1974	122.77	0.00	46.35	0.46	169.58	25.61	75.83	0.00	3.18	104.63	69.61	69.61	122.77
1975	29.70	0.00	8.00	0.46	38.66	27.00	77.00	0.00	3.20	107.61	-76.71	-76.71	29.70
1976	44.10	0.00	38.84	0.46	83.40	21.80	72.82	0.00	3.22	97.84	-24.35	-24.35	44.10
1977	106.02	0.00	29.70	0.47	136.19	34.91	72.88	0.00	3.24	111.05	79.83	79.83	106.02
1978	11.00	0.00	28.70	0.47	41.19	23.75	80.62	0.00	3.26	108.63	-68.44	-68.44	11.00
1979	73.22	0.00	26.95	0.47	100.64	14.53	79.69	0.00	3.27	99.49	0.04	0.04	73.22
1980	77.62	0.00	9.00	0.47	87.09	14.65	77.40	0.00	3.29	97.37	1.54	1.54	77.62
1981	48.52	0.00	29.73	0.47	78.72	14.26	77.60	0.00	3.31	77.18	1.54	1.54	48.52
1982	137.76	0.00	13.84	0.48	152.08	5.20	87.50	0.00	3.33	114.03	1.54	1.54	137.76
1983	142.76	0.00	10.70	0.48	153.92	8.33	8.84	0.00	3.35	157.52	0.00	0.00	142.76
1984	23.17	0.00	28.20	0.48	51.85	7.95	6.77	0.00	3.37	11.49	36.89	36.89	23.17
1985	14.93	0.00	1.91	0.48	17.32	10.92	16.10	0.00	3.39	36.46	1.54	1.54	14.93
1986	55.71	0.00	21.69	0.48	77.89	14.18	58.75	0.00	3.40	76.16	1.54	1.54	55.71
1987	78.40	0.00	27.01	0.48	105.89	15.40	61.61	0.00	3.42	89.63	19.84	19.84	78.40
1988	39.66	0.00	28.70	0.49	69.87	14.47	64.05	0.00	3.44	85.97	-14.10	-14.10	39.66
1989	36.36	0.00	26.00	0.49	62.71	15.58	42.05	0.00	3.45	63.56	-14.10	-14.10	36.36
1990	1.70	0.00	28.00	0.49	30.19	13.91	14.70	0.00	3.47	33.00	-10.73	-10.73	1.70
1991	27.11	0.00	37.96	0.49	65.56	13.20	2.94	0.00	3.42	17.56	40.00	40.00	27.11
1992	9.63	0.00	28.00	0.49	38.12	21.20	35.66	0.00	3.48	56.86	150.00	150.00	9.63
1993	77.92	0.00	11.01	0.50	89.31	28.20	70.80	0.00	3.42	102.50	-7.20	-7.20	77.92
1994	4.54	0.00	28.70	0.50	33.74	21.42	35.66	0.00	3.42	56.27	42.20	42.20	4.54
1995	4.54	0.00	28.70	0.50	33.74	21.42	35.66	0.00	3.42	56.27	42.20	42.20	4.54
1996	17.90	0.00	11.01	0.50	29.34	14.23	42.00	0.00	3.42	66.73	23.62	23.62	17.90
1997	46.90	0.00	28.70	0.49	76.19	15.90	70.14	0.00	3.39	89.61	-12.64	-12.64	46.90
1998	9.00	0.00	11.01	0.49	20.41	15.33	14.40	0.00	3.39	30.14	-40.73	-40.73	9.00
1999	18.62	0.00	11.01	0.51	30.63	17.83	10.20	0.00	3.48	53.66	-22.67	-22.67	18.62
2000	15.55	0.00	11.01	0.52	27.56	17.42	24.80	0.00	3.45	49.34	-3.10	-3.10	15.55
2001	23.91	0.00	0.70	0.51	24.79	8.83	4.40	0.00	3.45	16.92	10.35	10.35	23.91
2002	22.48	0.00	7.91	0.51	30.77	8.89	14.70	0.00	3.45	29.40	0.00	0.00	22.48
2003	36.30	0.00	11.01	0.51	53.79	9.43	14.77	0.00	3.45	27.67	20.30	20.30	36.30
2004	18.46	0.00	10.26	0.52	29.44	13.89	17.96	0.00	3.43	34.27	40.12	40.12	18.46
2005	89.91	0.00	28.00	0.52	115.81	17.08	11.70	0.00	3.43	52.49	63.52	63.52	89.91
2006	20.44	0.00	1.86	0.51	23.80	14.43	40.62	0.00	3.43	65.49	-40.10	-40.10	20.44
2007	15.51	0.00	1.86	0.51	18.82	17.51	27.73	0.00	3.43	46.65	-4.61	-4.61	15.51

Figura 5.34. Ejemplo de archivo para análisis

La importación a la CH18 es la suma de las estaciones: Corona, Zapotlanejo y Atequiza. Sin embargo, los datos registrados en el Río Zula sirvieron para completar la serie cuando la suma de las estaciones anteriores era menor a ésta. Es importante mencionar que se tomó el dato de la estación Zula, debido a que el lago de Chapala eventualmente no registra ninguna extracción.

Tabla 5.9. Volúmenes considerados como importación en la cuenca 18

Año/Estación	12128 Corona	12288 Zapotlanejo	12730 - 12749 Atequiza	12937 Zula	Im
1945	776.09	33.02	208.14		1017.24
1946	545.30	30.09	206.34		781.74
1947	479.57	16.39	153.25		649.21
1948	454.85	16.00	202.66		673.51
1949	441.04	14.18	203.99		659.21
1950	288.30	13.78	159.76		461.84
1951	187.56	14.44	148.73		350.73
1952	257.32	14.61	158.16		430.09
1953	416.13	35.04	190.93		642.09
1954	433.85	30.20	199.98		664.03
1955	345.35	18.56	149.58		513.50
1956	411.50	15.92	156.67		584.09
1957	424.95	15.20	211.09		651.24
1958	340.97	9.20	198.71		548.88
1959	1612.00	8.98	200.82		1821.80
1960	493.73	12.00	212.20		717.92
1961	433.96	11.06	191.19		636.21
1962	465.72	10.96	132.29		608.98
1963	315.03	12.76	186.59		514.37
1964	344.38	9.22	199.71		553.32
1965	1028.92	8.17	220.25		1257.34
1966	1587.51	9.92	218.14		1815.57
1967	3814.75	8.09	226.53		4049.37
1968	2323.41	8.57	194.50		2526.48
1969	581.52	7.20	172.36		761.08
1970	475.07	10.45	186.78		672.30
1971	2436.14	16.83	177.06		2630.03
1972	1041.89	17.22			1059.11
1973	2229.26	14.17			2243.43
1974	1260.29	18.97			1279.26
1975	912.74	19.16	14.68		946.58
1976	2867.33	14.51	16.01		2897.84
1977	1239.62	11.12	103.82		1354.57
1978	729.10	14.64	254.25		997.99
1979	564.13	22.27	237.25		823.65
1980	282.56	18.22	213.88		514.66
1981	75.76	11.83	239.50		327.09
1982	53.12	16.18	240.19		309.49
1983	35.10	11.86			46.96
1984	18.67	9.77			28.44
1985	12.26	17.48			29.74
1986	11.16	15.16	266.27		292.59
1987	16.60	15.12	297.87		329.60
1988	27.47	14.58	295.07		337.12
1989	10.90	15.04	290.82		316.76
1990	5.64	0.23	241.58		247.45
1991	47.56	6.76	121.71		176.03
1992	31.57	3.60	69.02	162.09	162.09
1993	23.41	9.75	149.31	40.84	182.47

Año/Estación	12128 Corona	12288 Zapotlanejo	12730 - 12749 Atequiza	12937 Zula	Im
1994	16.22	8.92	104.19	133.33	133.33
1995	29.77	12.98	39.30	168.71	168.71
1996	32.81	10.95	51.86	25.42	95.61
1997	25.95	9.73	64.60	35.14	100.28
1998	19.82	11.45	59.45	153.36	153.36
1999	14.58	7.15	52.12	72.23	73.85
2000	6.12	2.50	23.89	29.11	32.52
2001	8.00		11.15	89.65	89.65
2002	11.17		16.64	168.82	168.82
2003	20.78			528.13	528.13
2004	43.92	10.07			53.99
2005	20.08	13.55		114.60	114.60
2006	17.78	6.52		113.83	113.83
2007	45.45	5.35		169.95	169.95
2008				336.39	336.39
2009				119.74	119.74
2010	30.00			203.13	203.13
2011	88.52	8.77		81.00	97.29

Fuente: BANDAS 2013. Los datos en rojo corresponden a la estación Zula.

5.1.3.3 Cuenca propia (Cp)

El Volumen de escurrimiento virgen o aportación por cuenca propia (Cp) es el que se produce de manera natural en la cuenca, en el caso hipotético que no tuviera ningún tipo de explotación o extracción de agua. Si la cuenca fuera aforada en ese caso hipotético de cero usos o extracciones y cero mano del hombre sin almacenamientos artificiales y control del agua, sería el escurrimiento virgen el que se mediría al final de la cuenca, en esas condiciones, el valor del escurrimiento por cuenca propia resultaría igual a la variable Ab, que es el escurrimiento hacia aguas abajo de la cuenca en estudio. Si no es el caso, se necesita restituir el escurrimiento virgen a partir de sumar al aforo (Ab) o registro en el punto de control de la salida de la cuenca en estudio, los usos o extracciones que en la cuenca se registren en apego a la NOM – 011 – CONAGUA – 2015. Con la hidrometría se obtiene el volumen de escurrimiento Ab que se utilizaría para aplicar el denominado método directo para estimación del escurrimiento disponible de las cuencas en estudio.

Prácticamente todas las cuencas tienen algún tipo de explotación, extracción, almacenamiento y/o transferencia de agua. En todos esos casos en los que es posible cuantificar todas las variables que intervienen en el balance hídrico, se podría obtener el escurrimiento virgen con el método directo en donde la variable principal, es la hidrometría.

Cuando no se cuenta con información hidrométrica, entonces es necesario estimar el escurrimiento virgen de manera indirecta mediante algún método o modelo de análisis del proceso lluvia – escurrimiento, conocidos como métodos indirectos. El método del coeficiente de escurrimiento es un método indirecto, recomendado en la norma NOM -011-CONAGUA-2015. En los métodos indirectos se estima el volumen de agua que escurre al final de la cuenca, para ello es necesario contar con información de precipitación, características fisiográficas, cobertura vegetal, del tipo y uso del suelo. De manera resumida, en el método del coeficiente de escurrimiento se aplica un coeficiente de escurrimiento al volumen total de lluvia para estimar el volumen total de escurrimiento; este coeficiente representa las pérdidas de agua que ocurren por infiltración y otros factores.

El escurrimiento virgen C_p se calculó utilizando los métodos directo e indirecto. Se aplicó el método indirecto utilizando el coeficiente de escurrimiento para las 13 cuencas en los 69 años de registro (Anexo 3.9), es decir, mediante el “Coeficiente de Escurrimiento” y utilizando hidrometría.

Método indirecto

a) Recopilación de información.

De la página de INEGI se descargó la información correspondiente a los usos del suelo nacional (Serie V). Con el uso del software ArcGIS se recortó al contorno de la zona de estudio y ésta se intersectó con las cuencas de interés. Posteriormente, utilizando la herramienta para el cálculo de área, de la aplicación ArcGIS, se obtuvo el área correspondiente a cada uso de suelo en cada una de las cuencas (Anexo 3.9).

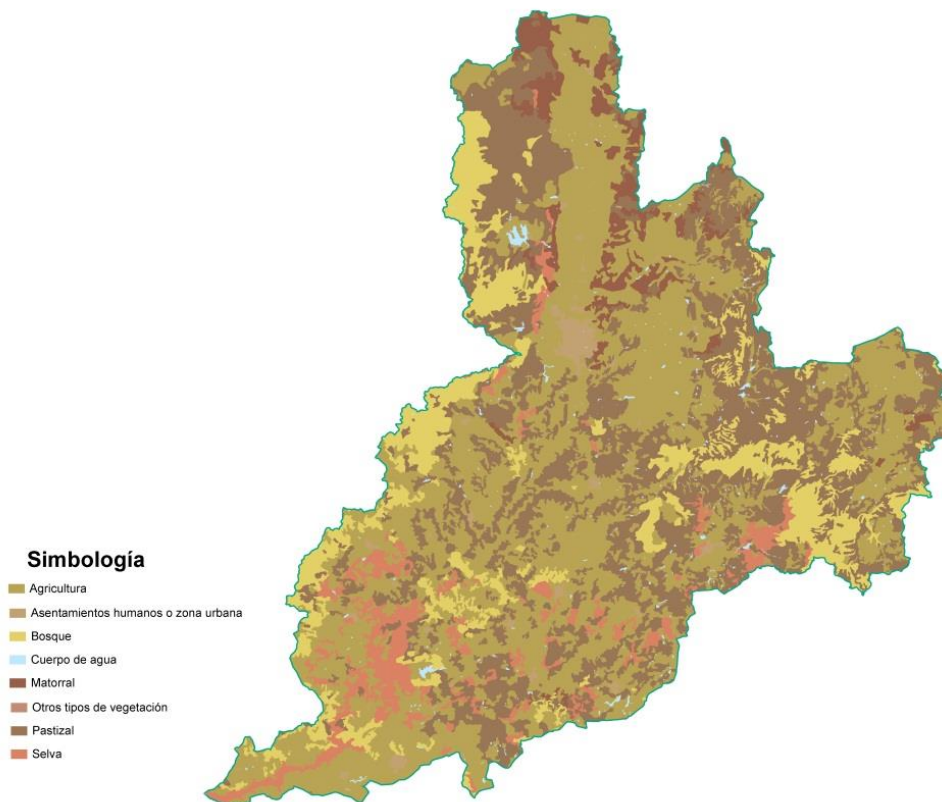


Figura 5.35. Mapa de usos de suelo

La información generada se colocó en una hoja de Excel con información de:

- Clave de la cuenca,
- Nombre de la cuenca hidrológica
- Uso de suelo
- Área total
- Área por uso en km^2

Cuenca	Uso	Total Area (Km2)	Area por uso (Km2)	Area por uso (m2)
Rio San Pedro	AGRICULTURA	2,669.42	1,150.70	1,150,699,146.35
Rio San Pedro	PASTIZAL	2,669.42	795.29	795,228,232.53
Rio San Pedro	BOSQUE	2,669.42	193.03	193,031,724.14
Rio San Pedro	ASENTAMIENTOS HUMANOS O ZONA URBANA	2,669.42	27.43	27,432,880.71
Rio San Pedro	CUERPO DE AGUA	2,669.42	5.29	5,290,266.54
Rio San Pedro	MATORRAL	2,669.42	474.44	474,436,842.63
Rio San Pedro	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	2,669.42	0.61	613,293.98
Rio San Pedro	SELVA	2,669.42	22.69	22,687,487.04
Rio San Pedro	VEGETACIÓN HIDROFILA	2,669.42	-	-
Presa Calles	AGRICULTURA	592.29	90.02	90,020,281.73
Presa Calles	PASTIZAL	592.29	212.14	212,139,123.96
Presa Calles	BOSQUE	592.29	257.92	257,918,389.90
Presa Calles	ASENTAMIENTOS HUMANOS O ZONA URBANA	592.29	1.58	1,580,494.18
Presa Calles	CUERPO DE AGUA	592.29	20.51	20,306,937.92
Presa Calles	MATORRAL	592.29	10.32	10,348,629.85
Presa Calles	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	592.29	-	-
Presa Calles	SELVA	592.29	0.00	4,086.20
Presa Calles	VEGETACIÓN HIDROFILA	592.29	-	-
Presa El Niágara	AGRICULTURA	3,322.86	1,096.71	1,096,713,449.62
Presa El Niágara	PASTIZAL	3,322.86	649.72	649,724,738.43
Presa El Niágara	BOSQUE	3,322.86	199.33	199,333,676.30
Presa El Niágara	ASENTAMIENTOS HUMANOS O ZONA URBANA	3,322.86	144.94	144,936,499.43
Presa El Niágara	CUERPO DE AGUA	3,322.86	14.36	14,365,243.90
Presa El Niágara	MATORRAL	3,322.86	273.75	273,751,117.89
Presa El Niágara	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	3,322.86	-	-
Presa El Niágara	SELVA	3,322.86	44.02	44,020,339.55
Presa El Niágara	VEGETACIÓN HIDROFILA	3,322.86	-	-
Presa El Cuarenta	AGRICULTURA	2,267.43	879.42	879,415,684.88
Presa El Cuarenta	PASTIZAL	2,267.43	915.10	915,104,072.17
Presa El Cuarenta	BOSQUE	2,267.43	423.96	423,966,314.90
Presa El Cuarenta	ASENTAMIENTOS HUMANOS O ZONA URBANA	2,267.43	7.60	7,596,479.69
Presa El Cuarenta	CUERPO DE AGUA	2,267.43	11.28	11,275,410.27
Presa El Cuarenta	MATORRAL	2,267.43	29.72	29,724,366.57
Presa El Cuarenta	OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN	2,267.43	-	-
Presa El Cuarenta	SELVA	2,267.43	0.35	346,134.47
Presa El Cuarenta	VEGETACIÓN HIDROFILA	2,267.43	-	-
Rio De Lagos	AGRICULTURA	2,794.75	1,073.59	1,073,597,188.49
Rio De Lagos	PASTIZAL	2,794.75	1,078.65	1,078,645,318.57
Rio De Lagos	BOSQUE	2,794.75	311.52	311,531,179.92
Rio De Lagos	ASENTAMIENTOS HUMANOS O ZONA URBANA	2,794.75	89.84	89,841,613.74

Figura 5.36. Información utilizada para el cálculo de la variable Cp por el método indirecto

b) Completado de serie

Como ya se mencionó, para la obtención del escurrimiento por cuenca propia se utilizó el método del *Coficiente de Escurrimiento*, mismo que se describe a continuación.

Coficiente de Escurrimiento

El volumen total de ingreso por cuenca propia, es la parte del volumen de lluvia que escurre y se denomina escurrimiento directo. La forma más sencilla de relacionar ambos volúmenes es con la expresión:

$$Ce = \frac{V_{ED}}{V_{LL}} \quad \text{ó} \quad V_{ED} = Ce * V_{LL} \quad (7)$$

Donde:

- VLL volumen de lluvia
- VED volumen de escurrimiento directo
- Ce coeficiente de escurrimiento

Es un método sencillo de aplicar que requiere de datos de precipitación acumulada anual de las estaciones que tienen influencia en la cuenca de estudio y un coeficiente de escurrimiento (Ce) que está en función de un coeficiente K que a su vez depende del tipo y uso del suelo. En este método se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Si K resulta menor o igual que 0.15 entonces:

$$Ce = K (P-250)/2000 \quad (8)$$

Pero si K es mayor que 0.15 entonces

$$Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0.15) / 1.5 \quad (9)$$

El valor del coeficiente k se tomó de la información reportada en el estudio realizado en el estudio de disponibilidad (IMTA, 2009). La tabla mostrada a continuación muestra los valores de **K** para diferentes usos del suelo.

Tabla 5.10. Valor de k para diferentes usos del suelo

Uso	K
Agricultura	0.26
Otros tipos de vegetación	0.27
Pastizal	0.23
Pradera	
matorral	0.28
Bosque	0.26
Selva	0.19
Vegetación hidrófila	0.30
Asentamientos humanos o zona urbana	0.30
Casas pequeñas	0.29
Cuerpo de agua	0.33

Fuente: Estudio de disponibilidad (IMTA, 2009)

Toda la información recopilada se colocó en un archivo de Excel y se aplicó la fórmula del coeficiente de escurrimiento en cada cuenca para cada uso de suelo identificado en el periodo de 1945 a 2013 (Anexo 3.9). A continuación muestra un ejemplo del archivo en Excel con los datos para el cálculo del escurrimiento por cuenca propia.

CH	Cuenca	Tipo de Suelo	Año	P (mm)	Coef. K	Ce mmol	Volumen
1	Río San Pedro	AGRICULTURA	1945	310.99	0.26	0.05	29.06
2	Río San Pedro	AGRICULTURA	1946	457.22	0.26	0.10	52.76
3	Río San Pedro	AGRICULTURA	1947	432.73	0.26	0.10	48.34
4	Río San Pedro	AGRICULTURA	1948	501.86	0.26	0.11	61.26
5	Río San Pedro	AGRICULTURA	1949	321.52	0.26	0.08	30.57
6	Río San Pedro	AGRICULTURA	1950	303.54	0.26	0.08	28.04
7	Río San Pedro	AGRICULTURA	1951	524.90	0.26	0.11	65.88
8	Río San Pedro	AGRICULTURA	1952	347.96	0.26	0.09	34.46
9	Río San Pedro	AGRICULTURA	1953	472.67	0.26	0.10	55.63
10	Río San Pedro	AGRICULTURA	1954	311.84	0.26	0.08	29.20
11	Río San Pedro	AGRICULTURA	1955	449.69	0.26	0.10	51.38
12	Río San Pedro	AGRICULTURA	1956	426.05	0.26	0.10	47.17
13	Río San Pedro	AGRICULTURA	1957	321.22	0.26	0.08	30.53
14	Río San Pedro	AGRICULTURA	1958	688.11	0.26	0.13	103.16
15	Río San Pedro	AGRICULTURA	1959	503.91	0.26	0.11	61.66
16	Río San Pedro	AGRICULTURA	1960	290.65	0.26	0.08	26.29
17	Río San Pedro	AGRICULTURA	1961	304.85	0.26	0.08	28.23
18	Río San Pedro	AGRICULTURA	1962	455.35	0.26	0.10	52.41
19	Río San Pedro	AGRICULTURA	1963	416.00	0.26	0.09	45.43
20	Río San Pedro	AGRICULTURA	1964	535.13	0.26	0.11	67.98
21	Río San Pedro	AGRICULTURA	1965	545.39	0.26	0.11	70.12
22	Río San Pedro	AGRICULTURA	1966	596.04	0.26	0.12	81.15
23	Río San Pedro	AGRICULTURA	1967	644.97	0.26	0.12	92.53
24	Río San Pedro	AGRICULTURA	1968	559.81	0.26	0.11	73.18
25	Río San Pedro	AGRICULTURA	1969	231.87	0.26	0.07	18.94
26	Río San Pedro	AGRICULTURA	1970	522.82	0.26	0.11	65.45
27	Río San Pedro	AGRICULTURA	1971	629.65	0.26	0.12	88.89
28	Río San Pedro	AGRICULTURA	1972	404.12	0.26	0.09	43.42
29	Río San Pedro	AGRICULTURA	1973	582.30	0.26	0.12	78.08
30	Río San Pedro	AGRICULTURA	1974	370.64	0.26	0.09	37.97
31	Río San Pedro	AGRICULTURA	1975	402.28	0.26	0.09	43.11
32	Río San Pedro	AGRICULTURA	1976	585.53	0.26	0.12	78.90
33	Río San Pedro	AGRICULTURA	1977	349.72	0.26	0.09	34.73
34	Río San Pedro	AGRICULTURA	1978	424.25	0.26	0.10	46.86
35	Río San Pedro	AGRICULTURA	1979	227.80	0.26	0.07	18.47
36	Río San Pedro	AGRICULTURA	1980	283.42	0.26	0.08	25.33
37	Río San Pedro	AGRICULTURA	1981	350.26	0.26	0.09	34.81

Figura 5.37. Archivo con datos para el cálculo de cuenca propia por el método de Ce

Método directo

El método directo se aplicó en las cuencas con información hidrométrica. Este método se utilizó para completar información en cuencas agrupadas. El método consistió en identificar un sistema de cuencas agrupadas con registros aguas arriba y aguas abajo. Mediante la ecuación de continuidad se distribuyó el escurrimiento virgen de cada cuenca. Esto se hizo según el porcentaje obtenido de cuenca propia

(obtenido por el método indirecto). Con ese porcentaje se distribuyó el volumen estimado por el método directo entre las cuencas del grupo.

En el siguiente ejemplo se describe el método antes descrito. Se desea conocer la Cp de las cuencas 7, 8, 9, 10 y 11 del año de 1965, para ese año es necesario agrupar las cuencas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 incluyendo la cuenca 12 (por contar con hidrometría en ese año).

En la siguiente figura se muestra el esquema de interconexión de las cuencas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

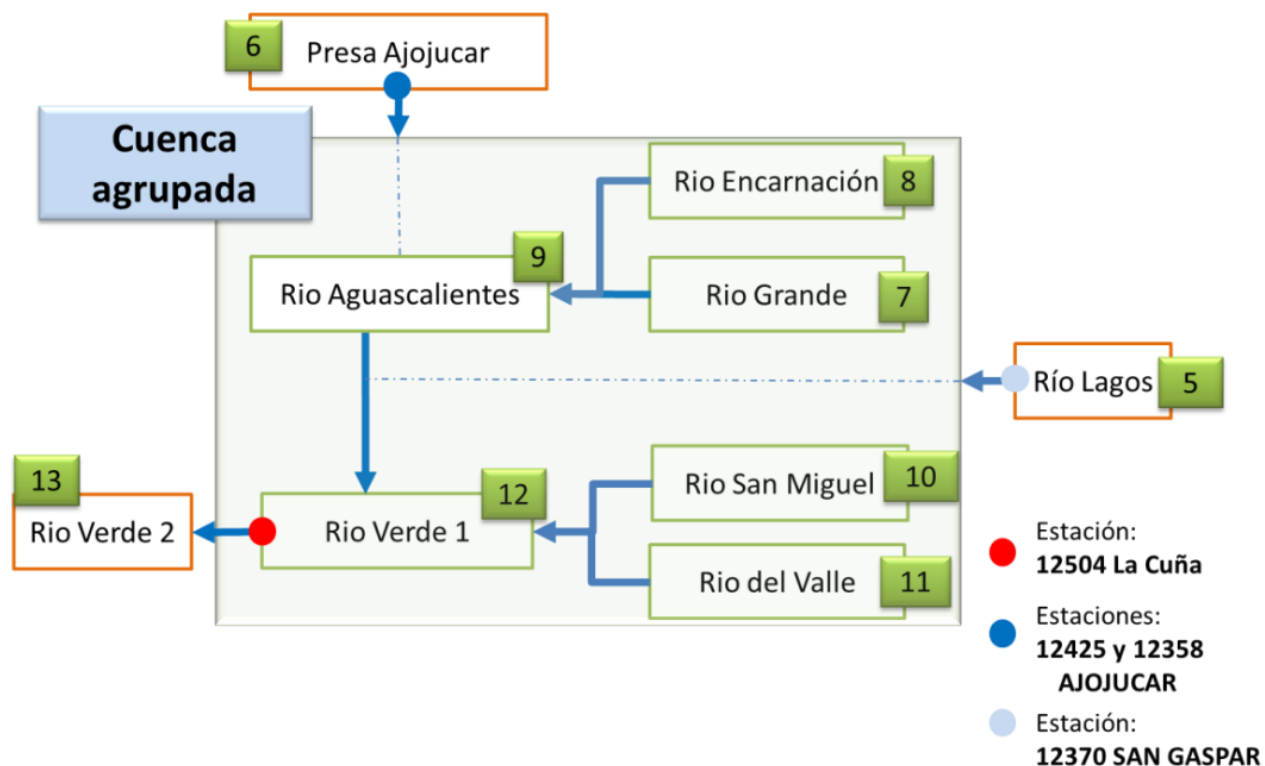


Figura 5.38. Ejemplo de agrupación de cuencas

- ✓ Los volúmenes de datos aguas arriba se tomaron de las estaciones Ajojucar y San Gaspar.
- ✓ Los volúmenes de datos aguas abajo se tomaron de la estación La Cuña.

Para conocer la proporción o peso con la que se repartirá el volumen de agua medido hacia aguas arriba de la estación la Cuña, fue necesario tomar como parámetro la lluvia y el área de las cuencas. Por tal motivo se realizó el cálculo del escurrimiento virgen por el método del coeficiente de escurrimiento (método indirecto), de todas las cuencas involucradas. La tabla mostrada a continuación presenta los resultados de este cálculo.

Tabla 5.11. Volumen por cuenca propia calculado con el método del coeficiente de escurrimiento

CH	7	8	9	10	11	12	Total
Volumen de escurrimiento (hm ³)	53.7	127.42	51.79	149.89	107.32	199.7	689.82
porcentaje	0.08	0.18	0.08	0.22	0.16	0.29	1.00

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2015, “Conservación del recurso Agua”, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas superficiales nacionales, y que utiliza la ecuación de continuidad para el cálculo de Cp, tomando los datos medidos de estaciones hidrométricas, esta ecuación se transforma en la siguiente expresión:

$$Cp^* = (Ev^* + Ab_{12} + U^* + Ex^*) - ((Ab_5 + Ab_6) + (R^* + Im^*) + DV^* \quad (10)$$

*_{7, 8, 9, 10, 11 y 12}

Los valores correspondientes a cada una de las variables de la ecuación anterior se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.12. Cálculo del volumen de la variable Cp para el conjunto de cuencas agrupadas

Año	Cuenca	Ab	Ar	Im	R	U	Ev	Ex	DV	Cp
1965	7, 8, 9, 10, 11 y 12	1,241.03	473.71	0.00	0.98	10.39	37.10	0.00	0.00	813.83

Finalmente se aplica el porcentaje de peso correspondiente al volumen de la variable Cp obtenido por la agrupación.

Tabla 5.13. Resultados de la variable Cp

CH	7	8	9	10	11	12	Total
Vol. Esc. (hm ³) por Ce	53.7	127.42	51.79	149.89	107.32	199.7	689.82
porcentaje	0.078	0.185	0.075	0.217	0.156	0.290	1.00
Vol. Esc. (hm³) –cuencas agrupadas	63.35	150.33	61.10	176.83	126.61	235.60	813.83

5.2 Clasificación y análisis del padrón de usuarios-volúmenes anuales asignados y concesionados en la cuenca

Actualmente la Conagua cuenta con el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), que surgió con la creación y la publicación de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en el Diario Oficial de la Federación el 10 de diciembre de 1992 y su Reglamento del 12 de enero de 1994.

El REPDA tiene como objeto inscribir los títulos de concesión y de asignación de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, y de los permisos, así como diversos actos a que se refiere la Ley, constituyéndose en un instrumento de apoyo dentro del marco de la modernización, planeación y programación de la administración del agua y del uso eficiente y racional de los recursos naturales.

El REPDA tiene como misión otorgar seguridad jurídica a los usuarios de Aguas Nacionales a través de la inscripción oportuna y confiable de las concesiones, emitiendo la información estadística y permitir la consulta pública.

Dicho padrón de usuarios cuenta con información relacionada con los diferentes usos del agua que son clasificados según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.14. Clasificación de usos de agua REPDA

CLAVE	USO
A	Agrícola
B	Agroindustrial
C	Doméstico
D	Acuacultura
E	Servicio
F	Industrial
G	Pecuario
H	Público urbano
I	Múltiples
J	Electricidad o hidroeléctricas
K	Comercio
L	Otros

Cabe mencionar que un registro del REPDA puede tener hasta 3 usos diferentes, por lo que fue necesario obtener el volumen correspondiente de cada uno de ellos por separado, esto con el fin de aplicar el porcentaje de retorno correspondiente.

5.2.1 Depuración de la base de datos REPDA

Debido a que los registros del REPDA reportan algunas inconsistencias en la ubicación geográfica, se tomaron todos los datos de la base nacional como insumo para seleccionar aquellos que se reportaron en la zona de estudio. Esto se logró utilizando la información de localidades, municipios, ríos y presas (Conagua e INEGI 2010).

Además con el software ArcGIS 10.1, específicamente la aplicación ArcMap, se visualizó el mapa digital de registros del REPDA generándose un archivo shapefile a nivel nacional. Los datos contenidos en el REPDA son los siguientes:

- LONDEC. Longitud en grados decimales
- LATDEC. Latitud en grados decimales
- FECHA. Día, mes y año de alta del registro
- CVE_USO. Clave de uso
- CVEEDOMPIO. Clave de municipio
- NOMMUPIO. Nombre del municipio
- NOM_LOCAL. Nombre de la localidad
- FOLIOREG. Folio único de registro
- NOMFUENTE. Nombre de la fuente
- AFLUENTE. Nombre del afluente
- VOLEXTANUA. Volumen extraído anual

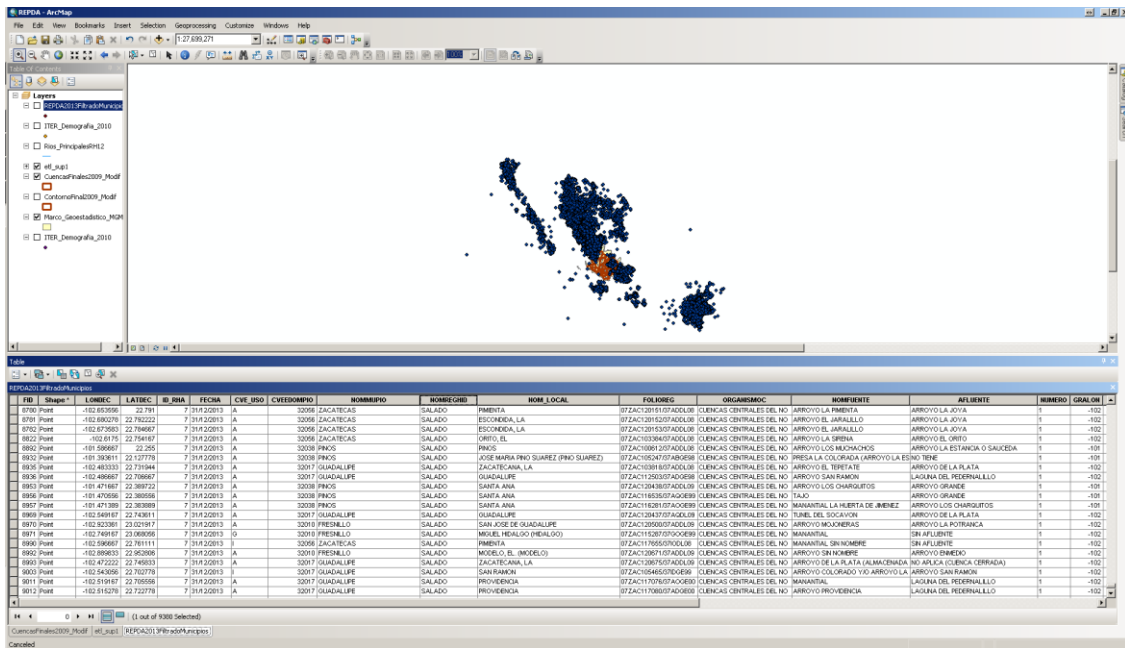


Figura 5.39. Información del REPDA visualizada en ArcGIS

Cabe mencionar que el REPDA no cuenta con clave de localidad sólo el nombre, sin embargo, tiene la clave del municipio que es la misma del INEGI. La selección de los registros se hizo de la siguiente forma:

1. Se aplicó el filtro para seleccionar los registros dados de alta en los municipios ubicados dentro de la subregión hidrológica del Río Santiago. Con este filtro se obtuvieron 4,169 registros.

Como resultado se obtuvieron los registros REPDA localizados en cada municipio identificado dentro de la zona de estudio.

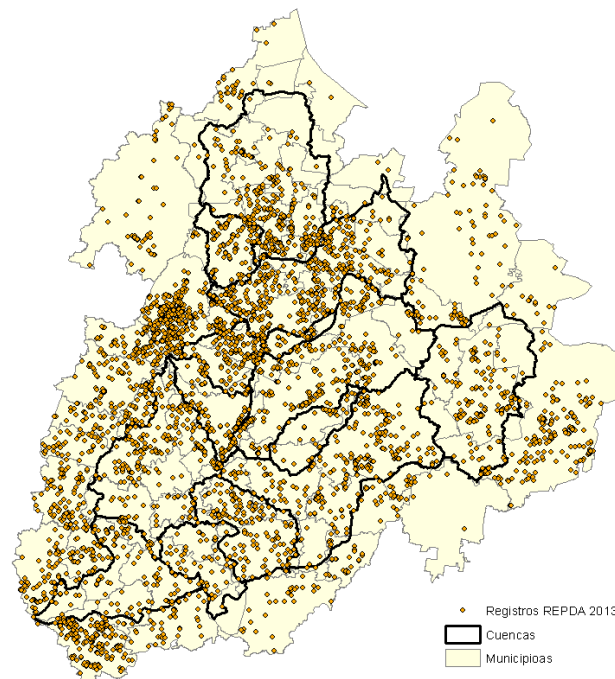


Figura 5.40. Registros REPDA identificados en los municipios de la cuenca del río Verde

Como puede observarse en la figura, existen muchos registros ubicados fuera del municipio en el que se dieron de alta dentro de la subregión hidrológica, por otro lado, algunos municipios tienen sólo una parte en la zona de estudio. Por esta razón se realizaron otros procesos para la ubicación correcta de los mismos.

- El segundo filtro, consistió en revisar aquellos registros que estaban en el municipio pero que no se sabía con certidumbre si se ubicaban dentro de la zona de estudio o no, para ello fue necesario ubicarlos por su localidad.

Para este segundo criterio de selección se utilizó el ArcGIS y el shapefile de localidades del Sistema de Información Territorial, ITER (INEGI, 2010).

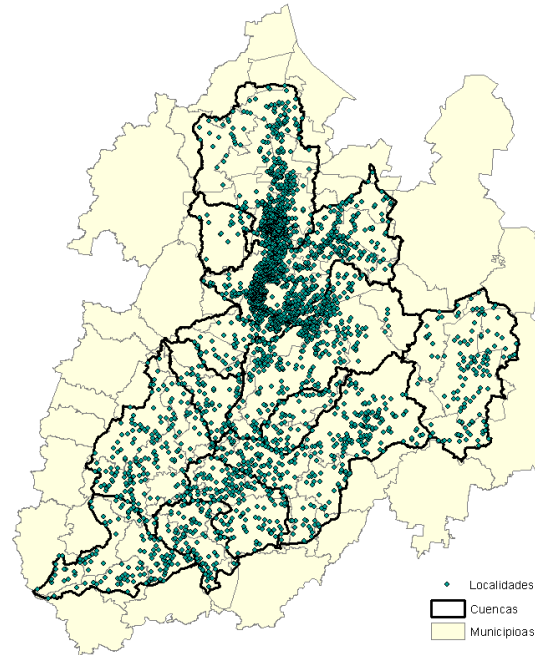


Figura 5.41. Localidades ubicadas dentro de la subregión hidrológica del Río Santiago

- Una vez reducida la información de localidades se realizó una intersección con la capa de cuencas con el objeto de determinar la cuenca a la que pertenecía cada localidad.

ID_ITER	ENTDA	ROM_ENT	MUN	ROM_MUN	CVE_ENTMUN	LOC	ROM_LOC	CVE_ENTMU	LONG_C	LAT	HA	HB
1	5303	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	312	140660002	-102.9298444440	20.3372222220	CHER	1237
2	4270	14	Jalisco	50	Jocotepec	54050	109	140660009	-102.9291666670	20.3186111110	CHER	1237
3	5272	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	82	140500082	-103.3972222220	20.3325000000	CHER	1237
4	4147	14	Jalisco	50	Jocotepec	54050	22	140660022	-102.8064444440	20.3366666670	CHER	1237
5	4246	14	Jalisco	50	Jocotepec	54050	16	140500016	-103.3291666670	20.3338888880	CHER	1237
6	5269	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	7	140500007	-103.3761111100	20.3381111110	CHER	1237
7	4149	14	Jalisco	50	Jocotepec	54050	11	140660011	-102.7938888890	20.3427777780	CHER	1237
8	5290	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	66	140500066	-103.3475000000	20.3462777780	CHER	1237
9	5295	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	71	140660071	-102.7910255900	20.3481111110	CHER	1237
10	5288	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	79	140660079	-102.8222222200	20.3475000000	CHER	1237
11	5282	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	52	140660052	-102.9298444440	20.3464444440	CHER	1237
12	5288	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	42	140660042	-102.7963888890	20.3356666670	CHER	1237
13	5288	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	7	140660007	-102.7938888890	20.3355555560	CHER	1237
14	5282	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	47	140660047	-102.7961111100	20.3344444440	CHER	1237
15	5273	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	24	140660024	-102.8118888890	20.3372222220	CHER	1237
16	5282	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	58	140660058	-102.8064444440	20.3375000000	CHER	1237
17	4148	14	Jalisco	50	Jocotepec	54050	39	140500039	-103.3355555960	20.3347222220	CHER	1237
18	5204	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	78	140660078	-102.8258333330	20.3427777780	CHER	1237
19	3750	14	Jalisco	44	Ixtlahuacán de los Membrillos	54044	41	140460041	-103.2320777780	20.3655555560	CHER	1237
20	3738	14	Jalisco	44	Ixtlahuacán de los Membrillos	54044	41	140460041	-103.2350000000	20.3628333330	CHER	1237
21	3739	14	Jalisco	44	Ixtlahuacán de los Membrillos	54044	42	140460042	-103.2372222200	20.3628333330	CHER	1237
22	5297	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	114	140660114	-102.8747222200	20.3644444440	CHER	1237
23	5296	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	48	140660048	-102.8707777780	20.3647222220	CHER	1237
24	5296	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	96	140660096	-102.8611111100	20.3650000000	CHER	1237
25	5296	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	122	140660122	-102.8644444440	20.3652777780	CHER	1237
26	3774	14	Jalisco	44	Ixtlahuacán de los Membrillos	54044	110	140460110	-103.1752777780	20.3633333330	CHER	1237
27	5278	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	64	140660064	-102.8611111100	20.3650000000	CHER	1237
28	3776	14	Jalisco	44	Ixtlahuacán de los Membrillos	54044	114	140460114	-103.1266666670	20.3645555560	CHER	1237
29	5271	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	20	140660020	-102.8075000000	20.3644444440	CHER	1237
30	5297	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	85	140660085	-102.8247222200	20.3644444440	CHER	1237
31	5300	14	Jalisco	66	Poncitlán	54066	83	140660083	-102.8033333300	20.3644444440	CHER	1237
32	3543	14	Jalisco	30	Chapala	54030	85	140300085	-103.1111111100	20.3646666670	CHER	1237
33	3767	14	Jalisco	44	Ixtlahuacán de los Membrillos	54044	83	140460083	-103.1803333300	20.3641111110	CHER	1237

Figura 5.42. Identificación de cuencas

Por otro lado, utilizando el dato de “nombre de la localidad” se realizaron búsquedas con los siguientes criterios:

- Nombre exacto
- Por ejido o rancho
- Similares pertenecientes al mismo municipio

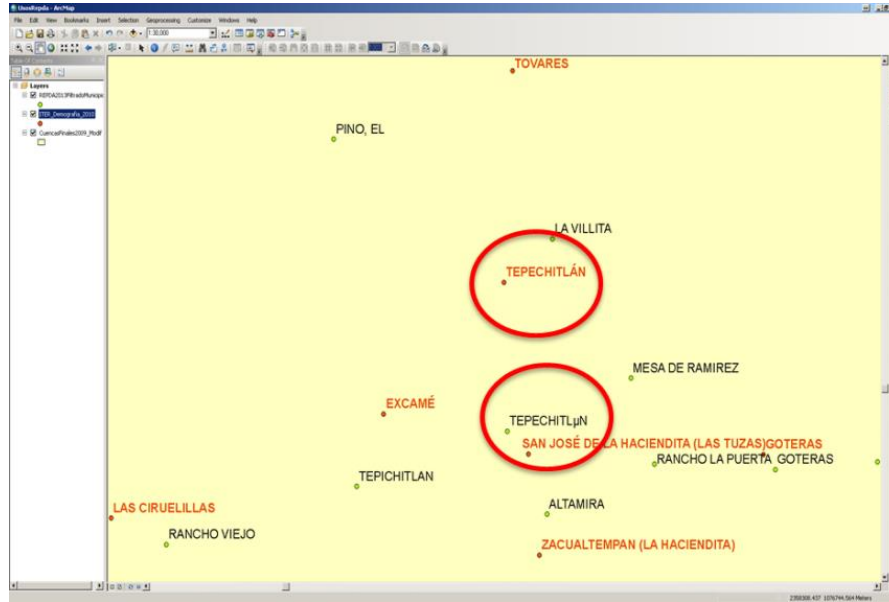


Figura 5.43. Identificación registros del REPDA en ArcGIS

Los puntos verdes corresponden a los registros del REPDA y los rojos a las localidades de INEGI. Los nombres señalados en los círculos rojos tienen información parecida.

ID	X	Y	Municipio	Localidad	REPDA
10	21.73688889	18.34220911	2009 TEPECAL	RANCHO ARRIOCHO HONDIO	SI
11	21.91722222	18.34220911	2009 CALVILO	COMUNIDAD LA TERESA	SI
12	21.16588889	18.34220911	2009 SAN JOSÉ DE GRACIA	CERRONA LA	SI
13	21.33666667	18.34220911	2009 SANTA ELENA DE LA CRUZ	SANTA ELENA DE LA CRUZ	SI
14	21.20388889	18.34220911	2009 SAN JOSÉ DE GRACIA	SANTA ELENA DE LA CRUZ	SI
15	21.39666667	18.34220911	2009 SAN JOSÉ DE GRACIA	SANTA ELENA DE LA CRUZ	SI
16	21.87888889	18.34220911	2009 CALVILO	TERRENO DE LA PRESA, EL DEL TERRENO	SI
17	21.60555556	18.34220911	2009 TEPECAL	PORLADO CALDERA	SI
18	21.87211111	18.34220911	2009 CALVILO	LOS RINCONES	SI
19	21.84944444	18.34220911	2009 CALVILO	SAN NICOLÁS	SI
20	21.32200000	18.34220911	2009 AHOTON	COL. ADOLFO LOPEZ MATEOS	SI
21	21.87888889	18.34220911	2009 CALVILO	QUITA SUEÑO	SI
22	21.92222222	18.34220911	2009 CALVILO	PREDIO PLAN DE LOS TERRES	SI
23	21.92222222	18.34220911	2009 CALVILO	PREDIO EL TOMATAL	SI
24	21.92988889	18.34220911	2009 CALVILO	PREDIO LA TERESA	SI
25	21.84888889	18.34220911	2009 CALVILO	PRESA LAS PASTILLAS	SI
26	21.79833333	18.34220911	2009 AGUASCALIENTES	RANCHO EL NIAGARA	SI
27	21.83866667	18.34220911	SI	SI	SI
28	21.85944444	18.34220911	SI	SI	SI
29	21.84611111	18.34220911	SI	SI	SI
30	21.60000000	18.34220911	SI	SI	SI
31	21.81888889	18.34220911	SI	SI	SI
32	21.91388889	18.34220911	SI	SI	SI
33	21.91388889	18.34220911	SI	SI	SI
34	21.81700000	18.34220911	SI	SI	SI
35	21.80833333	18.34220911	SI	SI	SI
36	21.79833333	18.34220911	SI	SI	SI
37	21.72988889	18.34220911	SI	SI	SI
38	21.84611111	18.34220911	SI	SI	SI
39	21.85000000	18.34220911	SI	SI	SI
40	21.89388889	18.34220911	SI	SI	SI
41	21.87777778	18.34220911	SI	SI	SI
42	21.87888889	18.34220911	SI	SI	SI
43	21.79277778	18.34220911	SI	SI	SI
44	21.87888889	18.34220911	SI	SI	SI
45	21.80211111	18.34220911	SI	SI	SI
46	21.80277778	18.34220911	SI	SI	SI
47	21.83866667	18.34220911	SI	SI	SI
48	21.84833333	18.34220911	SI	SI	SI
49	21.79566667	18.34220911	SI	SI	SI
50	21.84844444	18.34220911	SI	SI	SI
51	21.87833333	18.34220911	SI	SI	SI
52	21.82833333	18.34220911	SI	SI	SI
53	21.81888889	18.34220911	SI	SI	SI
54	21.82222222	18.34220911	SI	SI	SI
55	21.80833333	18.34220911	SI	SI	SI
56	21.84844444	18.34220911	SI	SI	SI
57	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
58	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
59	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
60	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
61	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
62	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
63	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
64	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
65	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
66	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
67	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
68	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
69	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
70	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
71	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
72	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
73	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
74	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
75	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
76	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
77	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
78	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
79	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
80	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
81	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
82	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
83	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
84	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
85	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
86	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
87	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
88	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
89	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
90	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
91	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
92	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
93	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
94	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
95	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
96	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
97	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
98	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
99	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI
100	21.80333333	18.34220911	SI	SI	SI

Figura 5.44. Identificación registros del REPDA en Excel

Las búsquedas se realizaron con las herramientas de Excel, utilizando filtros y fórmulas para identificar los registros correspondientes. A cada registro localizado se le asignó una clave formada por el estado, municipio y localidad correspondiente.

Cuenta	Clave Cuenc	Clave C	Clave UF	USO	NOM MUNIPIO	NOM COMD	NOM LOCAL	FOUNTE	Año	Admstric	ORGANISMO
1601	Río San Pedro	1 OH	10060081 A	Agrícola	1006 PABELLÓN DE ARTEAGA	LERMA-SANTIAGO	PABELLÓN DE ARTEAGA	08405189178/12A0DL09	09	09	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1602	Río San Pedro	1 OH	10060341 I	Múltiples	1006 PABELLÓN DE ARTEAGA	LERMA-SANTIAGO	EL MILAGRO	08405181129/1210DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1603	Río San Pedro	1 OH	10060915 C	Doméstico	1006 SAN JOSÉ DE GRACIA	LERMA-SANTIAGO	PRESA EL JOCOQUE	08405189229/1210DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1604	Presas Calles	2 OH	100611 I	Múltiples	1006 SAN JOSÉ DE GRACIA	LERMA-SANTIAGO	TINAJA LA	08405189269/1210DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1605	Presas El Nágara	3 OH	10030001 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	AGUASCALIENTES	08405180552/12A0DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1606	Presas Calles	2 OH	100610 G	Pecuario	1006 SAN JOSÉ DE GRACIA	LERMA-SANTIAGO	TINAJA LA	08405189211/1210DL09	09	09	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1607	Presas El Nágara	3 OH	10100080 I	Múltiples	1010 EL LLANO	LERMA-SANTIAGO	SAN MIGUEL DE SANDOVALES	08405182867/1210DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1608	Presas El Nágara	3 OH	10100080 I	Múltiples	1010 EL LLANO	LERMA-SANTIAGO	SAN MIGUEL DE SANDOVALES	08405182867/1210DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1609	Presas El Nágara	3 OH	10100080 I	Múltiples	1010 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	PRESA PARSA	08405189180/1210DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1610	Río San Pedro	1 OH	10060915 C	Doméstico	1006 SAN JOSÉ DE GRACIA	LERMA-SANTIAGO	PRESA EL JOCOQUE	08405189580/1210DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1611	Presas El Nágara	3 OH	10050043 A	Agrícola	1005 JESUS MARIA	LERMA-SANTIAGO	LOMA DE VALLEACUO	08405186309/12A0DL11	11	11	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1612	Presas El Nágara	3 OH	10010556 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	CUVA DE LOS PERROS	08405180514/12A0DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1613	Río San Pedro	1 OH	10060915 C	Doméstico	1006 SAN JOSÉ DE GRACIA	LERMA-SANTIAGO	PRESA EL JOCOQUE	08405189178/1210DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1614	Presas El Nágara	3 OH	10030293 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	PRESA EL NÁGARA	08405184218/12A0DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1615	Río San Pedro	1 OH	10070001 A	Agrícola	1007 RINCÓN DE ROMOS	LERMA-SANTIAGO	EJIDO RINCÓN DE ROMOS	08405184762/12A0DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1616	Presas El Nágara	3 OH	10021232 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	LA SALADA	08405181862/12A0DL10	10	10	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1617	Presas Calles	2 OH	10060921 I	Múltiples	1006 SAN JOSÉ DE GRACIA	LERMA-SANTIAGO	POTERO DE LOS LOPEZ	08405182555/1210DL09	09	09	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1618	Presas El Nágara	3 OH	10030293 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	EL NÁGARA	08405180294/12A0DL09	09	09	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1619	Río San Pedro	1 OH	10060007 A	Agrícola	1006 PABELLÓN DE ARTEAGA	LERMA-SANTIAGO	EMILIANO ZAPATA	08405181442/12A0DL09	09	09	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1620	Río San Pedro	1 OH	100511 A	Agrícola	1005 TEPEZALÁ	LERMA-SANTIAGO	EJIDO CALDERA	08405183119/12A0DL09	09	09	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1621	Presas El Nágara	3 OH	100111 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	GRANJAS FLORES	08405186722/12A0DL11	11	11	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1622	Presas El Nágara	3 OH	10010051 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	AGUASCALIENTES	08405186702/12A0DL11	11	11	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1623	Presas El Nágara	3 OH	10010423 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	SANTA MARIA DE GALLARDO	08405181864/12A0DL11	11	11	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1624	Presas El Nágara	3 OH	10050248 A	Agrícola	1005 JESUS MARIA	LERMA-SANTIAGO	EJIDO MULLIPAS DE ABAJO	08405182868/12A0DL11	11	11	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1625	Presas El Nágara	3 OH	10050033 I	Múltiples	1005 JESUS MARIA	LERMA-SANTIAGO	ERANJON IGNADO ZARAGOZA	08405182942/1210DL11	11	11	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1626	Presas El Nágara	3 OH	10050033 I	Múltiples	1005 JESUS MARIA	LERMA-SANTIAGO	EL PEDERNELO	08405181119/1210DL11	11	11	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1627	Presas Calles	2 OH	100610 G	Pecuario	1006 SAN JOSÉ DE GRACIA	LERMA-SANTIAGO	BIENES COMUNALES	08405183905/1210DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1628	Presas Calles	2 OH	100610 G	Pecuario	1006 SAN JOSÉ DE GRACIA	LERMA-SANTIAGO	BIENES COMUNALES	08405183905/1210DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1629	Río San Pedro	1 OH	10070229 A	Agrícola	1007 RINCÓN DE ROMOS	LERMA-SANTIAGO	SAN RAFAEL I	08405189346/12A0DL11	11	11	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1630	Río San Pedro	1 OH	10070001 A	Agrícola	1007 RINCÓN DE ROMOS	LERMA-SANTIAGO	RINCÓN DE ROMOS	08405184762/12A0DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1631	Río San Pedro	1 OH	10070001 A	Agrícola	1007 RINCÓN DE ROMOS	LERMA-SANTIAGO	EJIDO RINCÓN DE ROMOS	08405185498/12A0DL02	02	02	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1632	Presas El Nágara	3 OH	10011025 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	EJIDO POOTOS	08405180052/12A0DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1633	Río San Pedro	1 OH	10070112 A	Agrícola	1007 RINCÓN DE ROMOS	LERMA-SANTIAGO	EL SALTILLO	08405183012/12A0DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1634	Río San Pedro	1 OH	10060001 A	Agrícola	1006 PABELLÓN DE ARTEAGA	LERMA-SANTIAGO	PABELLÓN DE ARTEAGA	08405182014/12A0DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1635	Presas El Nágara	3 OH	10050087 I	Múltiples	1005 JESUS MARIA	LERMA-SANTIAGO	SAN ISIDRO	08405182911/1210DL13	13	13	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1636	Río San Pedro	1 OH	10060402 A	Agrícola	1006 PABELLÓN DE ARTEAGA	LERMA-SANTIAGO	EJIDO EMILIANO ZAPATA	08405189511/12A0DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1637	Presas El Nágara	3 OH	10110073 A	Agrícola	1011 SAN FRANCISCO DE LOS RIOS	LERMA-SANTIAGO	EJIDO EL TEPALATE	08405189580/12A0DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1638	Presas El Nágara	3 OH	10011862 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	RANCHO SAN CARLOS	08405185819/12A0DL13	13	13	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1639	Río San Pedro	1 OH	10070480 A	Agrícola	1007 RINCÓN DE ROMOS	LERMA-SANTIAGO	EJIDO SAN JACINTO	08405186741/12A0DL13	13	13	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1640	Río San Pedro	1 OH	10060268 A	Agrícola	1006 PABELLÓN DE ARTEAGA	LERMA-SANTIAGO	PRESA LOS CANALES	08405181629/12A0DL12	12	12	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1641	Presas El Nágara	3 OH	10030001 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	AGUASCALIENTES	3A05182402/12A0GE06	06	06	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1642	Presas El Nágara	3 OH	10011807 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	MOLINO EL	08405181120/12A0DL13	13	13	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1643	Presas El Nágara	3 OH	10050034 A	Agrícola	1005 JESUS MARIA	LERMA-SANTIAGO	EJIDO GRACIAS A DIOS	08405181864/12A0DL13	13	13	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1644	Río San Pedro	1 OH	10070480 A	Agrícola	1007 RINCÓN DE ROMOS	LERMA-SANTIAGO	SAN JACINTO	08405182808/12A0DL13	13	13	LERMA-SANTIAGO PACIFICO
1645	Presas El Nágara	3 OH	10012429 A	Agrícola	1001 AGUASCALIENTES	LERMA-SANTIAGO	BAJO EL	08405189629/12A0GE08	08	08	LERMA-SANTIAGO PACIFICO

Figura 5.45. Identificación de la cuenca de cada registro

4. Finalmente los registros que no se lograron ubicar con los criterios antes expuestos, se ubicaron con la información del campo de *fuentes* y *afluentes*. Para ello fue necesario utilizar la capa de presas, lagos y ríos que sirvió para asignarle la clave de la cuenca correspondiente.

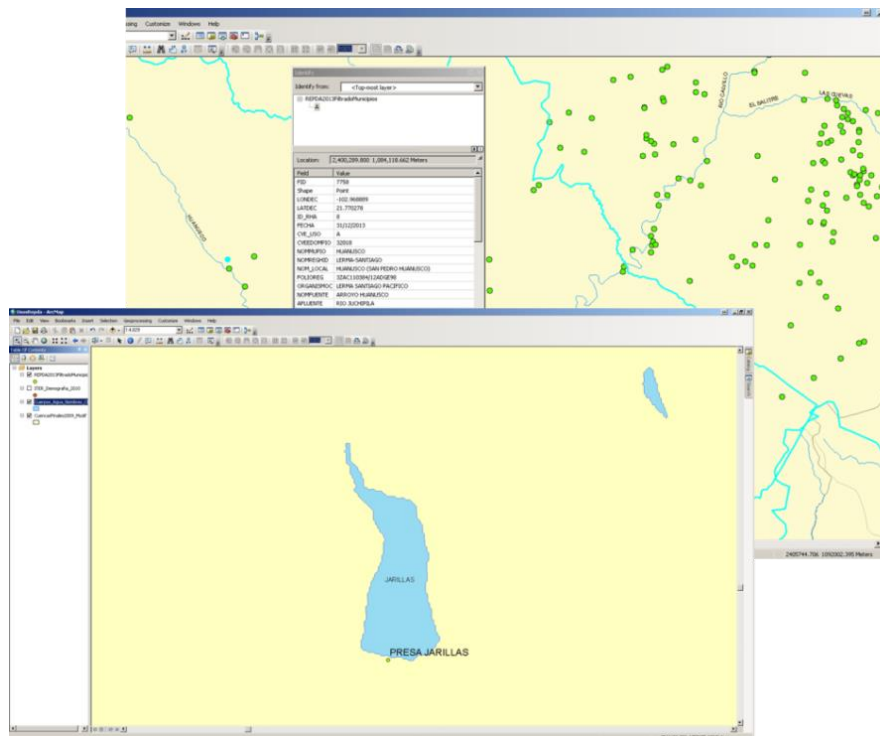


Figura 5.46. Identificación de la cuenca utilizando el Afluente y la fuente del registro REPDA

Adicionalmente se revisaron con el personal del Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico y de la CEA algunos registros puntuales con un volumen de información representativo.

El proceso de depuración se realizó para las localidades identificadas dentro de los municipios de la zona.

Finalmente, Oficinas Centrales de la Conagua a través de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR), proporcionó información actualizada de registros REPDA, que fue considerada para la depuración y actualización de la base de datos anual.

El resultado final del proceso fue la obtención de registros con un volumen de **298.51 hm³** que están ubicados en la zona hidrológica del río Verde.

5.2.2 Obtención del volumen anual de usos de agua

En el cálculo de escurrimiento disponible ***fue necesario completar las series de usos de agua, es decir, conocer el valor histórico anual de los usos***, por lo que se obtuvieron los últimos dos dígitos del folio de registro (FOLIOREG). Este folio indica el año en el que se dio de alta el uso. Con estos dígitos se identifican los volúmenes acumulados por cada año desde ***1994 a 2013***, y se clasificaron por el uso. Este proceso se hizo mediante una tabla dinámica de Excel para agrupar la información agrupada.

Figura 5.47. Tabla dinámica para la extracción del volumen por usos

Como se mencionó en el apartado anterior, cada registro puede tener hasta tres diferentes usos, los cuales pueden visualizarse en los campos:

- USO1 – VOLEXTANUA
- USO2 – VOLEXTANU2
- USO3 – VOLEXTANU3

Bajo este esquema, se realizaron tres tablas dinámicas que indican el año de registro y el volumen correspondiente a cada año del total de los registros por cuenca para cada uso.

Figura 5.48. Tabla dinámica para la extracción usos

Los volúmenes de uso de agua registrados en el REPDA se pueden consultar en el Anexo 3.10. La siguiente tabla muestra el resumen de la distribución de volúmenes de agua, por uso, en la zona hidrológica del río Verde.

Tabla 5.15. Distribución del volumen de agua para la porción de la zona hidrológica del río Verde (hm³)

CH	Usos de agua (hm ³)								
	Acua-cultura	Agrícola	Doméstico	Industrial	Múltiples	Pecuario	Público urbano	Servicio	Total
1	0.010	60.73	0.07		0.07	1.12	0.04	0.01	62.06
2		3.06	0.01		0.10	0.37	0.20	0.00	3.74
3		47.84	0.01		0.38	3.30	0.01	1.89	53.43
4		24.80	0.02		0.05	0.88	0.19	0.00	25.94
5		27.81	0.00			0.28	0.67		28.76
6		13.25	0.03		0.12	0.89	0.04		14.34
7		1.17	0.02			0.04	0.03		1.26
8		25.57	0.00		0.19	0.97	0.20	0.00	26.93
9		14.96			0.30	0.05	1.20	0.27	16.78
10		3.80			0.01	0.04	0.42		4.26
11		0.64				0.06	12.15		12.85
12		23.53	0.00			0.05	0.91	0.17	24.66
13		17.89	0.01	0.03	0.03	0.13	5.42		23.50
Total	0.01	265.04	0.18	0.03	1.25	8.18	21.48	2.35	298.51

Fuente: Conagua REPDA 2013

Finalmente se obtuvo para cada cuenca el volumen anual del periodo 1994-2013 para cada una de las cuencas (Anexo 3.10).

Tabla 5.16. Volumen anual de usos REPDA (hm³)

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1994	0.64		0.35	1.61		0.67	0.05	0.15		0.03		3.14	4.68
1995	9.38	2.80	9.34	1.97	1.72	9.36	0.10	0.17	3.13	0.18	0.55	13.59	5.12
1996	9.99	3.28	12.17	2.18	5.86	9.69	0.10	1.11	3.86	0.36	0.55	13.62	5.20
1997	10.41	3.35	13.08	2.21	6.04	10.25	0.10	2.50	5.02	0.36	0.55	13.98	5.46
1998	11.86	3.48	17.46	4.08	7.56	10.96	0.15	3.97	6.46	0.44	0.58	14.86	5.82
1999	56.22	3.61	25.58	11.18	26.89	11.78	0.98	19.21	9.39	2.02	0.86	16.99	23.33
2000	57.01	3.61	43.88	24.82	27.74	11.82	1.05	20.63	14.80	3.97	0.86	19.39	23.45
2001	57.02	3.61	43.88	25.19	27.80	11.94	1.05	20.77	15.01	4.01	0.86	19.56	23.50
2002	57.08	3.61	43.92	25.22	27.94	11.94	1.05	20.77	15.19	4.01	0.86	19.59	23.50
2003	57.43	3.61	44.01	25.22	28.13	12.24	1.20	21.65	15.19	4.07	0.86	19.59	23.50
2004	57.50	3.62	44.04	25.22	28.34	12.44	1.20	24.84	16.39	4.16	0.86	19.59	23.50
2005	57.51	3.62	44.05	25.22	28.56	12.58	1.20	24.84	16.39	4.16	0.86	19.59	23.50
2006	57.76	3.62	44.98	25.22	28.66	12.58	1.20	25.29	16.39	4.16	0.86	19.59	23.50
2007	57.98	3.62	45.00	25.22	28.66	12.67	1.20	25.50	16.51	4.26	0.86	19.59	23.50
2008	58.84	3.62	46.29	25.22	28.76	13.06	1.20	25.57	16.51	4.26	0.86	24.33	23.50
2009	59.21	3.67	47.91	25.22	28.76	13.31	1.20	25.74	16.54	4.26	0.86	24.33	23.50
2010	59.26	3.70	49.24	25.29	28.76	13.39	1.20	26.14	16.63	4.26	0.86	24.33	23.50
2011	59.35	3.71	51.84	25.29	28.76	13.62	1.20	26.26	16.69	4.26	12.85	24.33	23.50
2012	59.45	3.74	52.12	25.31	28.76	13.71	1.26	26.55	16.78	4.26	12.85	24.42	23.50
2013	62.06	3.74	53.43	25.94	28.76	14.34	1.26	26.93	16.78	4.26	12.85	24.66	23.50

* Los valores rojos indican datos estimados

Cabe mencionar que los volúmenes registrado de 1994 a 1999 fueron muy pequeños con respecto al promedio del periodo, estos se eliminaron bajo la justificación de que en los primeros años cuando inició el REPDA no estaban todos los usuarios dados de alta.

5.2.3 Completado de series

Para completar la información, se solicitó a los distritos de riego 0013 y 0001 la información correspondiente a volúmenes para uso agrícola. Sin embargo, en algunos de los datos se detectó que el volumen reportado era mayor que el registrado por el REPDA, por lo que se acordó, adecuarlos utilizando tendencias por regresión lineal, el detalle de cálculo se puede ver en el Anexo 3.10. En la siguiente figura se muestra un ejemplo del concentrado de estos datos.

Figura 5.49. Concentrado de usos de los distritos de riego

Aprovechando la flexibilidad del Excel, se obtuvieron los retornos correspondientes para cada uno de los usos en el periodo utilizando la tabla indicada en la NOM-011-CNA-20015, que se muestra a continuación.

Tabla 5.17. Porcentajes recomendados de retornos con relación al rango de diferentes usos

Uso	% de Retorno utilizado	Rango (%)
Público Urbano	75	70 – 80
Agrícola	10*	10 – 30
Industrial	55	50 – 60
Pecuario	10*	10 – 30
Acuícola	100	95 – 100
Servicios	75	70 – 80
Generación de E. E.	100	95 – 100
Otros	30*	30
Doméstico	80	70 – 80

Fuente: DOF NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015

*definido por la CEA Jalisco

Tomando en cuenta el volumen anual de los usos registrados en el REPDA y el tipo de uso, se aplicó el porcentaje correspondiente de acuerdo a la tabla anterior. Como resultado se obtuvo el volumen acumulado para extraer la serie histórica en el periodo de 1994-2013.

Tabla 5.18. Retornos históricos correspondientes a los usos registrados en el REPDA (hm³)

Año/Clave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1994	0.06		0.03	0.17		0.08	0.00	0.01		0.00		0.42	3.39
1995	0.94	0.28	0.93	0.20	0.17	0.95	0.02	0.02	1.02	0.02	0.06	1.49	3.44
1996	1.01	0.49	1.30	0.23	0.59	0.99	0.02	0.11	1.27	0.04	0.06	1.49	3.46
1997	1.08	0.49	1.39	0.24	0.60	1.07	0.02	0.29	1.39	0.04	0.06	1.67	3.49
1998	1.24	0.51	3.06	0.50	1.02	1.15	0.04	0.50	1.64	0.05	0.06	1.88	3.73
1999	5.69	0.52	3.87	1.26	3.13	1.25	0.13	2.09	1.96	0.48	0.19	2.37	5.88
2000	5.76	0.52	5.70	2.63	3.21	1.26	0.14	2.23	2.50	0.67	0.19	2.61	5.89
2001	5.77	0.52	5.70	2.67	3.22	1.27	0.14	2.24	2.52	0.68	0.19	2.63	5.89
2002	5.77	0.52	5.70	2.67	3.23	1.27	0.14	2.24	2.54	0.68	0.19	2.63	5.89
2003	5.81	0.52	5.71	2.67	3.25	1.30	0.15	2.33	2.54	0.68	0.19	2.63	5.89
2004	5.81	0.52	5.72	2.67	3.27	1.32	0.15	2.65	2.66	0.69	0.19	2.63	5.89
2005	5.81	0.52	5.72	2.67	3.29	1.33	0.15	2.65	2.66	0.69	0.19	2.63	5.89
2006	5.85	0.52	5.81	2.67	3.30	1.33	0.15	2.70	2.66	0.69	0.19	2.63	5.89
2007	5.89	0.52	5.81	2.67	3.30	1.34	0.15	2.72	2.67	0.70	0.19	2.63	5.89
2008	5.98	0.52	5.95	2.67	3.31	1.38	0.15	2.72	2.67	0.70	0.19	3.13	5.89
2009	6.02	0.53	6.11	2.67	3.31	1.41	0.15	2.74	2.67	0.70	0.19	3.13	5.89
2010	6.03	0.53	6.24	2.68	3.31	1.41	0.15	2.78	2.68	0.70	0.19	3.13	5.89
2011	6.04	0.53	6.50	2.68	3.31	1.44	0.15	2.79	2.68	0.70	9.18	3.13	5.89
2012	6.05	0.53	6.53	2.68	3.31	1.45	0.16	2.82	2.69	0.70	9.18	3.14	5.89
2013	6.32	0.53	6.66	2.75	3.31	1.51	0.16	2.86	2.69	0.70	9.18	3.17	5.89

Los datos de usos de agua proporcionados por los Distritos de Riego se les aplicó el 10 % por corresponder al uso agrícola

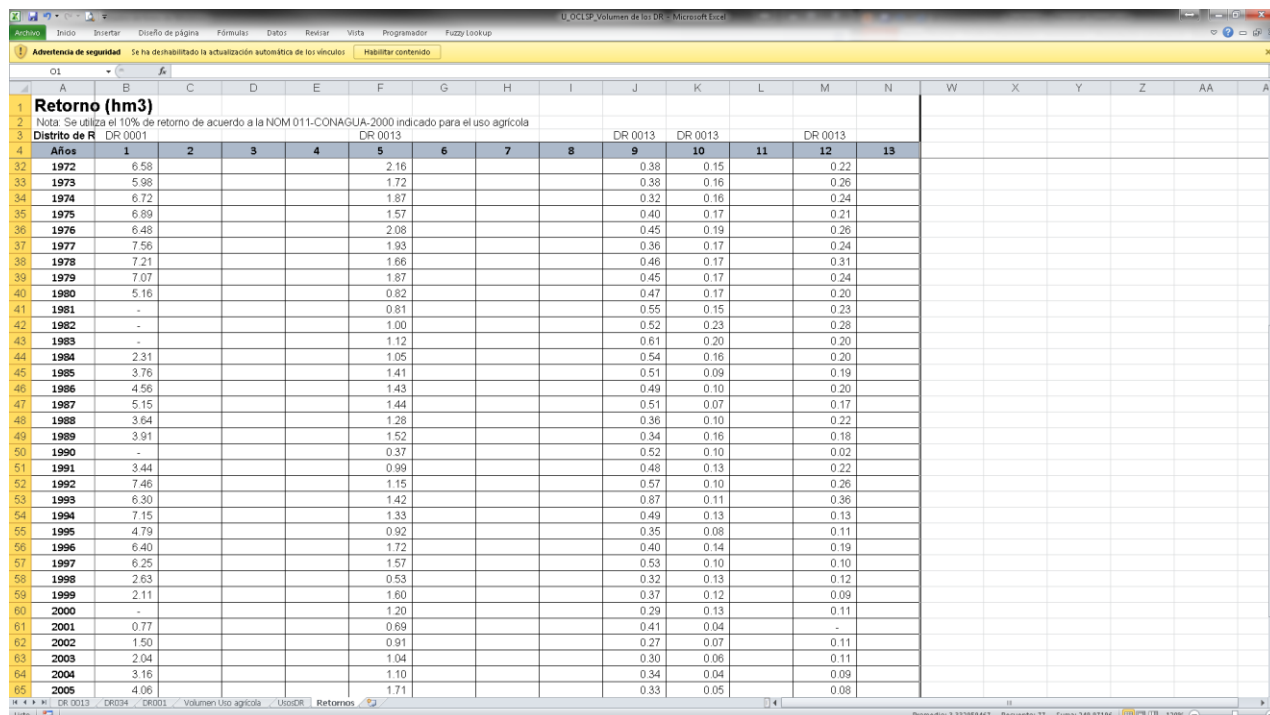


Figura 5.50. Concentrado de retornos de los distritos de riego

De igual forma que los usos del REPDA, se realizó una tendencia lineal para complementar el periodo de datos faltantes tanto de usos como retornos. Cabe mencionar que cada tendencia se generó de acuerdo a los datos registrados en el REPDA y en su caso a los medidos en los Distritos de Riego (Anexo 3.10). La figura siguiente muestra un ejemplo en Excel de los datos complementados.

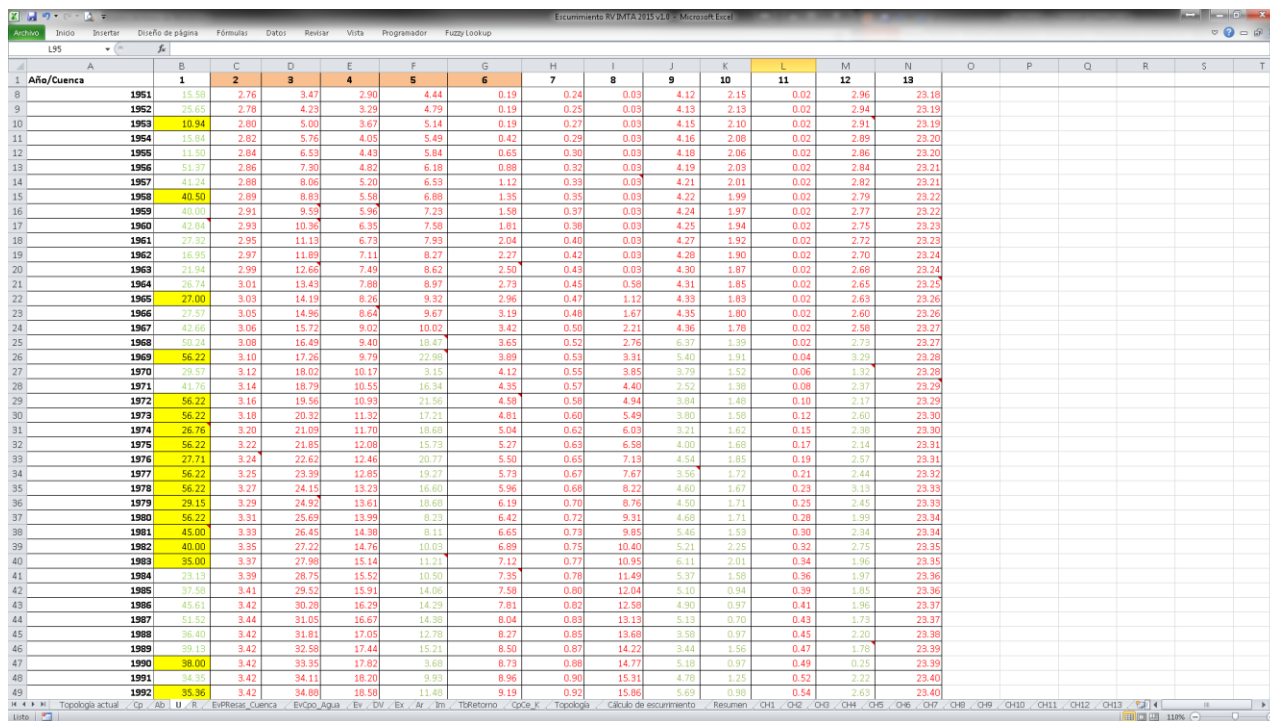


Figura 5.51. Completado de usos en el periodo 1945-2013

5.3 Integración de series de tiempo

En este apartado se muestran las series de tiempo integradas para cada una de las variables utilizadas en el cálculo de la disponibilidad de agua superficial.

5.3.1 Cuenca Propia

Como se mencionó en apartados anteriores, la obtención de los valores de la variable C_p se realizó utilizando hidrometría, en agrupación de cuencas y por el método indirecto (coeficiente de escurrimiento). En la tabla siguiente se muestra parcialmente los datos obtenidos para esta variable.

El detalle del cálculo se puede ver en el Anexo 3.9.

Tabla 5.19. Volumen de Cuenca Propia para la zona hidrológica del río Verde (hm³)

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1945	39.10	14.79	37.25	14.54	64.17	16.68	25.03	92.97	29.01	54.27	37.84	109.60	65.27
1946	30.15	14.45	30.90	17.32	58.27	11.52	32.14	139.54	45.89	78.96	72.50	165.35	93.52
1947	51.48	28.82	41.88	34.46	106.68	15.83	30.00	123.23	29.35	62.53	54.47	101.73	98.94
1948	56.42	26.68	45.71	31.65	143.98	18.28	34.95	130.20	37.95	101.52	75.37	165.12	162.86
1949	33.62	18.48	36.35	8.85	71.88	9.80	17.96	72.08	18.52	76.19	49.55	67.85	159.41
1950	34.21	21.42	33.28	24.98	73.12	11.87	25.80	82.62	22.80	66.08	35.62	100.39	119.42
1951	45.07	16.39	34.57	14.14	65.23	15.65	25.30	88.00	29.54	64.32	42.94	103.30	164.97
1952	28.12	15.07	29.24	22.87	105.55	14.91	31.72	106.13	38.08	94.59	64.94	109.66	226.77
1953	49.05	11.83	39.82	37.72	121.19	16.21	23.33	77.46	26.53	91.11	49.67	99.17	240.46
1954	34.15	12.90	40.47	11.38	42.66	16.23	19.58	68.10	19.42	44.47	35.22	39.36	198.73
1955	64.94	42.10	73.80	74.30	193.07	25.14	47.63	158.56	47.35	131.13	103.24	186.49	450.79
1956	53.21	30.30	45.86	29.99	80.32	18.18	22.65	89.05	23.22	63.04	58.83	106.84	334.76
1957	35.00	16.73	34.79	20.45	25.19	16.45	17.28	62.22	26.80	33.75	25.79	59.64	125.21
1958	113.01	88.41	116.45	118.96	420.44	36.96	72.99	263.53	50.93	175.91	134.59	235.17	472.40
1959	36.04	23.04	32.52	49.49	93.98	22.84	28.33	111.52	54.29	62.25	44.36	81.39	370.85
1960	28.35	3.74	28.70	18.53	37.18	30.71	22.75	79.97	52.26	32.61	27.12	51.61	146.10
1961	25.49	11.90	27.87	17.56	43.82	9.94	22.01	65.37	22.36	49.35	52.99	110.75	202.12
1962	45.27	22.99	32.08	17.70	101.66	12.70	38.34	85.05	13.91	53.62	49.92	92.85	150.54
1963	34.77	22.98	31.26	19.27	138.09	16.83	59.06	154.39	44.15	128.55	117.02	283.24	200.69
1964	63.87	17.85	55.82	40.63	100.45	18.76	19.88	69.67	19.18	52.79	34.86	69.89	165.14
1965	44.74	18.25	48.48	94.76	335.68	44.82	63.35	150.33	61.10	176.83	126.61	235.60	349.69
1966	49.26	60.08	44.90	81.80	108.07	41.06	29.82	110.54	34.15	57.71	53.77	116.70	198.48
1967	85.28	95.11	95.33	159.07	292.66	93.62	79.02	315.93	137.52	200.16	178.01	408.23	478.82
1968	39.48	60.51	30.13	27.86	89.90	54.91	34.31	103.79	39.09	90.39	81.50	138.35	268.40
1969	13.28	3.46	14.89	16.04	36.21	88.70	15.69	34.11	10.11	21.41	18.76	36.95	145.96
1970	48.40	57.15	48.93	33.24	202.77	8.79	58.83	177.94	55.77	102.12	79.46	204.22	174.35
1971	95.95	114.63	73.34	169.19	394.27	95.30	57.46	180.44	62.84	118.67	84.52	208.82	216.76
1972	44.92	37.72	51.02	38.94	55.66	26.14	12.91	53.71	13.97	30.82	23.29	51.65	145.11
1973	64.61	122.77	79.78	261.27	257.34	118.45	106.43	364.31	96.52	218.43	173.44	375.22	490.97
1974	40.35	23.75	35.95	29.25	80.47	16.02	20.71	57.48	16.08	38.27	31.82	73.14	181.30
1975	30.26	44.18	27.31	98.10	156.27	67.44	50.78	157.17	47.42	99.22	86.44	171.25	291.52
1976	105.83	140.62	86.58	232.40	369.92	72.90	51.29	152.95	61.75	140.19	100.72	194.01	339.12
1977	18.50	11.00	19.27	32.98	116.04	78.91	30.47	90.36	32.78	87.10	65.78	123.37	267.32
1978	44.05	72.12	48.00	37.51	91.95	43.24	22.75	84.22	26.08	51.68	44.06	100.77	202.07
1979	30.89	97.97	32.35	34.46	45.14	10.86	9.82	37.10	10.36	28.39	19.41	45.95	97.71
1980	29.18	48.87	38.55	24.24	42.37	42.53	19.64	64.89	17.94	47.27	40.69	73.78	114.86
1981	45.24	12.76	37.19	24.02	48.66	19.38	19.12	60.60	21.99	40.54	41.65	78.29	190.55

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1982	39.14	14.26	39.41	25.49	26.43	33.26	18.61	61.12	24.66	40.53	28.98	79.63	82.83
1983	73.59	20.17	67.19	22.21	110.15	42.03	48.66	156.60	67.72	143.81	116.21	269.73	221.15
1984	39.18	24.86	35.92	40.63	71.00	36.79	45.62	159.13	57.83	140.10	138.46	235.91	218.75
1985	39.10	56.06	34.53	54.32	46.22	20.15	49.77	174.89	54.10	111.37	94.47	189.23	189.74
1986	48.92	72.48	56.70	79.38	54.48	47.31	51.39	159.09	57.19	119.21	87.44	202.58	104.03
1987	43.82	39.66	31.63	37.06	11.22	38.89	25.65	73.30	18.06	37.11	27.03	63.49	129.55
1988	51.09	38.39	49.13	60.53	173.51	38.76	29.88	128.41	45.62	107.23	32.19	139.44	203.10
1989	45.30	1.75	36.08	16.79	74.67	11.20	46.89	138.31	40.55	112.02	78.32	166.36	98.19
1990	93.24	27.11	93.98	33.34	198.28	9.06	28.55	117.45	58.51	102.66	76.37	197.16	187.66
1991	199.49	197.67	180.67	175.29	447.93	8.99	55.44	261.46	91.48	149.06	98.39	220.02	359.06
1992	54.67	77.92	59.01	36.63	179.77	35.49	52.20	214.51	72.38	59.06	69.36	231.04	248.43
1993	50.71	9.61	39.01	39.56	95.44	17.93	15.85	54.27	24.32	44.94	32.44	76.90	219.89
1994	57.78	4.54	38.98	38.29	63.24	9.57	15.79	51.46	18.19	31.66	25.93	55.91	177.66
1995	61.18	67.95	52.52	35.91	89.64	36.83	23.21	88.61	33.31	60.84	48.38	123.73	75.75
1996	47.90	45.98	42.51	39.95	65.27	20.66	20.35	75.49	26.38	59.43	42.68	95.93	105.76
1997	39.95	5.05	42.50	20.67	33.71	9.01	14.93	54.29	17.85	39.49	29.05	82.85	66.13
1998	47.02	13.62	45.34	80.77	153.50	7.53	13.74	50.91	13.60	39.09	31.17	59.77	137.22
1999	55.88	21.55	62.82	7.50	50.61	30.61	13.97	55.56	20.41	51.38	35.71	84.88	118.50
2000	70.63	25.93	54.02	42.40	30.78	24.74	11.12	39.98	11.99	26.76	20.34	40.66	98.03
2001	52.50	22.24	75.69	44.52	84.94	100.90	12.87	47.98	22.51	32.26	20.13	100.99	88.49
2002	79.54	36.38	62.24	135.94	137.09	105.34	22.51	103.17	28.06	33.04	36.25	111.81	104.76
2003	82.91	58.66	72.78	173.65	385.83	42.68	43.56	158.72	37.64	58.97	59.17	148.32	196.43
2004	85.55	85.91	59.49	127.18	358.97	45.68	54.60	144.16	37.21	118.19	62.88	142.72	268.41
2005	41.27	20.64	41.41	55.55	38.43	17.69	18.19	54.82	17.23	43.86	33.11	65.41	126.45
2006	66.21	32.51	68.64	48.48	80.43	42.00	17.07	75.75	15.72	39.32	26.78	48.73	104.20
2007	70.08	51.01	72.75	79.58	129.16	67.84	33.22	136.94	36.21	77.14	50.29	134.74	161.98
2008	83.59	68.05	82.33	134.30	491.26	269.38	25.89	208.15	49.99	49.07	38.43	189.59	208.03
2009	53.09	16.74	52.12	47.80	70.94	56.11	10.69	45.60	10.20	27.52	23.32	61.75	115.55
2010	65.91	15.70	72.67	61.46	68.90	67.57	31.30	119.08	35.52	65.83	54.03	144.61	146.86
2011	49.26	3.78	55.72	25.79	152.57	11.09	24.24	123.24	28.85	41.18	38.07	132.78	41.88
2012	87.71	27.43	85.25	88.29	59.66	28.12	9.69	56.15	12.95	22.45	20.75	56.01	20.76
2013	116.70	33.15	109.75	113.99	207.30	45.97	40.11	140.29	45.23	93.82	72.22	162.07	147.50
Promedio (hm ³)	55.43	39.40	52.66	58.60	131.18	38.51	32.24	113.69	36.64	76.01	58.91	131.75	189.49

Método indirecto (coeficiente de escurrimiento), Calculado con le ecuación de continuidad (agrupación de cuencas)

5.3.2 Aguas Arriba

El escurrimiento aguas arriba: es el volumen medio anual de agua que en forma natural proviene de una cuenca hidrológica ubicada aguas arriba de la cuenca o subcuenca en análisis.

En general, para la determinación del escurrimiento disponible, se pueden definir tres tipos de cuencas: las primeras están ubicadas en el extremo aguas arriba, a veces son conocidas como cuencas de cabecera; el segundo tipo de cuencas corresponde a las que se localizan en zonas intermedias que reciben un volumen de aportación desde la parte alta y transfieren otro volumen hacia aguas abajo; el tercer tipo corresponde a las cuencas ubicadas en el extremo aguas abajo que vierten directamente al mar.

En función de lo anterior, se puede señalar que las cuencas altas no tienen ingreso desde aguas arriba (Ar), es decir el valor de Ar en el balance es cero. En los demás casos, pueden existir aportaciones por una o más cuencas que confluyen hacia otra y la suma de sus escurrimientos aguas abajo (Ab) de las cuencas aportadoras resulta el escurrimiento aguas arriba (Ar) de la cuenca en estudio. La figura presentada a continuación muestra un diagrama de interconexión de cuencas en donde se pueden distinguir los tres tipos de cuencas descritos.

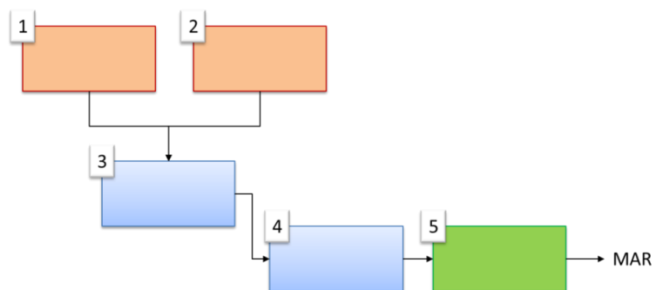


Figura 5.52. Interconexión de cuencas

Los cuadros anaranjados representan las cuencas cabecera, los azules las cuencas intermedias y la verde la cuenca que vierte al mar. En este ejemplo, las cuencas 1 y 2 al ser cuencas altas no tienen ingreso desde aguas arriba, por lo que el volumen es igual a cero. Para el caso de la cuenca 3, el volumen de aguas arriba es el equivalente al que escurre de la cuenca 1 y 2.

La siguiente tabla muestra los volúmenes aguas arriba de cada una de las cuencas que componen la zona hidrológica del río Verde, obtenidos considerando lo antes descrito.

Tabla 5.20. Volumen de aguas arriba para la porción de la zona hidrológica del río Verde (hm³)

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1945	31.04		37.21		13.21	70.98			187.10			348.53	451.95
1946	22.65		27.20		15.66	54.79			219.79			451.76	610.87
1947	4.99		20.85		32.41	59.99			210.58			459.10	554.44
1948	31.79		41.64		29.29	84.19			249.67			598.83	757.54
1949	33.01		29.43		5.11	61.37			142.06			326.31	388.01
1950	14.82		29.24		7.93	57.88			157.37			319.72	413.24
1951	15.51		30.60		13.77	59.67			167.71			340.96	437.66
1952	24.25		23.08		9.13	45.97			177.77			445.91	548.99
1953	6.67		33.99		16.75	66.64			163.25			425.88	518.66
1954	14.09		28.13		21.96	61.10			146.25			269.35	302.67
1955	10.76		31.44		52.08	96.88			308.56			792.53	973.12

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1956	51.68		38.04		23.02	75.00			185.39			391.52	492.60
1957	41.18		31.87		21.22	56.83			131.11			218.32	271.58
1958	7.42		43.43		94.23	148.84			503.82			1341.10	1570.24
1959	40.73		25.02		43.62	45.79			190.61			451.84	527.71
1960	48.60		21.93		23.59	37.53			150.06			279.91	325.35
1961	26.67		21.85		13.53	36.36			114.36			253.82	358.30
1962	16.02		37.46		6.88	55.05			169.67			350.53	437.50
1963	19.52		24.07		10.14	39.71			249.45			644.81	922.08
1964	25.27		56.06		11.32	85.53			171.96			346.67	410.20
1965	8.93		5.59		82.92	32.36			270.46			1011.12	1241.03
1966	25.54		21.97		71.21	47.06			207.97			491.50	602.29
1967	40.62		45.20		145.11	119.05			586.65			1496.84	1899.26
1968	46.85		12.40		20.34	21.33			192.40			460.52	593.08
1969	80.19		9.09		22.81	3.99			118.00			165.71	195.76
1970	34.03		25.87		4.49	48.12			268.83			673.68	872.97
1971	45.18		44.75		150.32	94.11			401.55			1163.04	1366.08
1972	71.91		44.88		24.68	72.01			137.13			228.75	274.67
1973	75.69		45.13		246.80	98.40			660.48			1600.85	1969.91
1974	77.39		82.21		21.33	93.49			159.92			297.12	364.51
1975	72.82		30.90		79.23	31.95			279.62			699.03	864.46
1976	72.84		121.37		212.76	179.14			428.62			1260.32	1448.45
1977	82.62		18.32		20.97	10.48			181.68			452.31	570.02
1978	79.69		43.36		21.08	63.64			183.79			367.71	462.14
1979	77.41		78.25		18.23	83.52			109.10			176.92	216.73
1980	57.60		3.58		7.20	11.22			105.70			217.22	285.57
1981	5.73		4.92		6.90	14.78			81.80			197.96	270.89
1982	3.84		3.15		7.65	13.92			92.06			170.36	243.92
1983	0.57		10.55		4.17	41.60			254.81			647.96	912.58
1984	16.15		25.25		22.46	29.75			236.95			620.77	851.78
1985	58.75		38.05		35.88	38.53			249.15			542.99	727.35
1986	51.01		39.48		60.54	63.22			286.68			617.06	814.68
1987	66.05		31.22		17.54	29.68			132.81			193.33	251.97
1988	42.05		40.95		41.04	54.91			216.79			569.67	703.79
1989	54.70		32.75		0.00	32.34			191.97			445.57	606.58
1990	2.94		21.80		14.75	80.30			199.82			612.61	806.18
1991	35.36		184.80		154.62	328.33			617.61			1509.00	1723.02
1992	70.88		74.76		17.38	97.20			364.20			720.47	946.12
1993	59.66		40.46		18.36	41.57			91.16			255.46	325.68
1994	69.46		44.67		16.78	45.28			82.75			191.49	243.09
1995	42.08		32.56		10.97	35.82			145.10			346.21	454.58
1996	70.16		34.40		17.05	39.02			113.64			273.81	352.93
1997	64.49		33.68		14.23	42.40			78.51			161.17	227.96
1998	32.35		35.24		39.92	39.91			68.46			303.49	344.68
1999	26.88		11.38		10.42	29.03			81.34			188.86	254.59
2000	4.48		19.13		23.48	24.96			52.82			96.11	119.01
2001	16.91		7.59		13.68	34.73			150.03			252.64	330.23
2002	14.77		22.93		93.32	36.51			221.40			479.34	571.23
2003	17.56		27.58		147.75	52.08			250.71			870.65	996.85
2004	31.78		34.18		101.77	42.41			239.16			848.60	969.73
2005	40.62		23.47		39.03	20.37			62.33			162.03	208.49
2006	27.71		32.36		13.04	51.23			137.26			240.09	268.18

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2007	35.77		39.33		54.57	61.95			250.67			527.87	639.37
2008	25.19		34.78		105.60	59.95			513.20			1176.26	1340.77
2009	42.97		39.31		21.05	42.97			105.17			186.68	222.22
2010	30.98		33.28		40.05	57.98			225.71			412.71	533.50
2011	39.33		31.72		15.23	37.21			144.12			337.99	447.99
2012	22.08		36.67		55.28	65.19			107.12			200.79	229.77
2013	30.69		71.77		84.69	125.32			299.57			723.68	859.93
Prom. (hm ³)	37.54		35.65		42.52	59.72			212.08			505.85	627.53

5.3.3 Usos de agua y Retornos

Cómo ya se mencionó en el apartado de “Clasificación y Análisis de Padrón de Usuarios”, los usos de agua están registrados en un padrón de usuarios denominado REPDA (Registro Público de los Derechos del Agua). En este padrón se tienen registrados los usuarios y están clasificados por tipo de uso, volumen concesionado y ubicación del usuario entre otros. La serie de datos se completó con inferencia de los distritos de riego ajustados por regresión lineal.

En la siguiente figura se puede observar que los valores marcados en amarillo son datos que se ajustaron con respecto al valor del primer registro del REPDA debido a que esos valores estaban subestimados o sobreestimados cuando se realizó el balance hídrico (Anexo 3.9).

Figura 5.53. Análisis de volúmenes de usos y retornos

Los retornos se calcularon tomando los valores de la tabla 5.17. Las tablas mostradas a continuación presentan los volúmenes anuales de usos y retornos de cada una de las cuencas que componen la zona hidrológica del río Verde.

Tabla 5.21. Volumen anual de usos en la porción de la zona hidrológica del río Verde (hm³)

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1945	31.71	2.65	0.40	0.61	2.35	0.19	0.14	0.03	4.02	2.29	0.02	3.10	23.15
1946	24.58	2.67	0.40	0.99	2.70	0.19	0.15	0.03	4.04	2.26	0.02	3.08	23.15
1947	25.00	2.69	0.40	1.37	3.05	0.19	0.17	0.03	4.05	2.24	0.02	3.05	23.16
1948	30.96	2.71	1.17	1.76	3.40	0.19	0.19	0.03	4.07	2.22	0.02	3.03	23.16
1949	34.43	2.72	1.93	2.14	3.75	0.19	0.20	0.03	4.09	2.20	0.02	3.01	23.17
1950	11.46	2.74	2.70	2.52	4.09	0.19	0.22	0.03	4.10	2.17	0.02	2.98	23.17
1951	15.58	2.76	3.47	2.90	4.44	0.19	0.24	0.03	4.12	2.15	0.02	2.96	23.18
1952	25.65	2.78	4.23	3.29	4.79	0.19	0.25	0.03	4.13	2.13	0.02	2.94	23.19
1953	10.94	2.80	5.00	3.67	5.14	0.19	0.27	0.03	4.15	2.10	0.02	2.91	23.19
1954	15.84	2.82	5.76	4.05	5.49	0.42	0.29	0.03	4.16	2.08	0.02	2.89	23.20
1955	11.50	2.84	6.53	4.43	5.84	0.65	0.30	0.03	4.18	2.06	0.02	2.86	23.20
1956	51.37	2.86	7.30	4.82	6.18	0.88	0.32	0.03	4.19	2.03	0.02	2.84	23.21
1957	41.24	2.88	8.06	5.20	6.53	1.12	0.33	0.03	4.21	2.01	0.02	2.82	23.21
1958	40.50	2.89	8.83	5.58	6.88	1.35	0.35	0.03	4.22	1.99	0.02	2.79	23.22
1959	40.00	2.91	9.59	5.96	7.23	1.58	0.37	0.03	4.24	1.97	0.02	2.77	23.22
1960	42.84	2.93	10.36	6.35	7.58	1.81	0.38	0.03	4.25	1.94	0.02	2.75	23.23
1961	27.32	2.95	11.13	6.73	7.93	2.04	0.40	0.03	4.27	1.92	0.02	2.72	23.23
1962	16.95	2.97	11.89	7.11	8.27	2.27	0.42	0.03	4.28	1.90	0.02	2.70	23.24
1963	21.94	2.99	12.66	7.49	8.62	2.50	0.43	0.03	4.30	1.87	0.02	2.68	23.24
1964	26.74	3.01	13.43	7.88	8.97	2.73	0.45	0.58	4.31	1.85	0.02	2.65	23.25
1965	27.00	3.03	14.19	8.26	9.32	2.96	0.47	1.12	4.33	1.83	0.02	2.63	23.26
1966	27.57	3.05	14.96	8.64	9.67	3.19	0.48	1.67	4.35	1.80	0.02	2.60	23.26
1967	42.66	3.06	15.72	9.02	10.02	3.42	0.50	2.21	4.36	1.78	0.02	2.58	23.27
1968	50.24	3.08	16.49	9.40	18.47	3.65	0.52	2.76	6.37	1.39	0.02	2.73	23.27
1969	56.22	3.10	17.26	9.79	22.98	3.89	0.53	3.31	5.40	1.91	0.04	3.29	23.28
1970	29.57	3.12	18.02	10.17	3.15	4.12	0.55	3.85	3.79	1.52	0.06	1.32	23.28
1971	41.76	3.14	18.79	10.55	16.34	4.35	0.57	4.40	2.52	1.38	0.08	2.37	23.29
1972	56.22	3.16	19.56	10.93	21.56	4.58	0.58	4.94	3.84	1.48	0.10	2.17	23.29
1973	56.22	3.18	20.32	11.32	17.21	4.81	0.60	5.49	3.80	1.58	0.12	2.60	23.30
1974	26.76	3.20	21.09	11.70	18.68	5.04	0.62	6.03	3.21	1.62	0.15	2.38	23.30
1975	56.22	3.22	21.85	12.08	15.73	5.27	0.63	6.58	4.00	1.68	0.17	2.14	23.31
1976	27.71	3.24	22.62	12.46	20.77	5.50	0.65	7.13	4.54	1.85	0.19	2.57	23.31
1977	56.22	3.25	23.39	12.85	19.27	5.73	0.67	7.67	3.56	1.72	0.21	2.44	23.32
1978	56.22	3.27	24.15	13.23	16.60	5.96	0.68	8.22	4.60	1.67	0.23	3.13	23.33
1979	29.15	3.29	24.92	13.61	18.68	6.19	0.70	8.76	4.50	1.71	0.25	2.45	23.33
1980	56.22	3.31	25.69	13.99	8.23	6.42	0.72	9.31	4.68	1.71	0.28	1.99	23.34
1981	45.00	3.33	26.45	14.38	8.11	6.65	0.73	9.85	5.46	1.53	0.30	2.34	23.34

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1982	40.00	3.35	27.22	14.76	10.03	6.89	0.75	10.40	5.21	2.25	0.32	2.75	23.35
1983	35.00	3.37	27.98	15.14	11.21	7.12	0.77	10.95	6.11	2.01	0.34	1.96	23.35
1984	23.13	3.39	28.75	15.52	10.50	7.35	0.78	11.49	5.37	1.58	0.36	1.97	23.36
1985	37.58	3.41	29.52	15.91	14.06	7.58	0.80	12.04	5.10	0.94	0.39	1.85	23.36
1986	45.61	3.42	30.28	16.29	14.29	7.81	0.82	12.58	4.90	0.97	0.41	1.96	23.37
1987	51.52	3.44	31.05	16.67	14.38	8.04	0.83	13.13	5.13	0.70	0.43	1.73	23.37
1988	36.40	3.42	31.81	17.05	12.78	8.27	0.85	13.68	3.58	0.97	0.45	2.20	23.38
1989	39.13	3.42	32.58	17.44	15.21	8.50	0.87	14.22	3.44	1.56	0.47	1.78	23.39
1990	38.00	3.42	33.35	17.82	3.68	8.73	0.88	14.77	5.18	0.97	0.49	0.25	23.39
1991	34.35	3.42	34.11	18.20	9.93	8.96	0.90	15.31	4.78	1.25	0.52	2.22	23.40
1992	35.36	3.42	34.88	18.58	11.48	9.19	0.92	15.86	5.69	0.98	0.54	2.63	23.40
1993	56.22	3.42	35.65	18.96	14.16	9.42	0.93	16.40	8.72	1.08	0.56	3.63	23.41
1994	56.22	3.42	36.41	19.35	13.30	9.66	0.95	16.95	4.88	1.28	0.58	1.28	23.41
1995	56.22	3.42	37.18	19.73	9.24	9.36	0.97	17.50	3.51	0.77	0.55	13.59	23.42
1996	56.22	3.28	37.94	20.11	17.19	9.69	0.98	18.04	4.04	1.39	0.55	13.62	23.42
1997	56.22	3.35	38.71	20.49	15.68	10.25	1.00	18.59	5.26	1.00	0.55	13.98	23.43
1998	26.34	3.48	39.48	20.88	5.28	10.96	1.02	18.75	3.25	1.26	0.58	14.86	23.43
1999	56.22	3.61	40.24	11.18	26.89	11.78	0.98	19.21	3.70	1.15	0.86	16.99	23.33
2000	57.01	3.61	43.88	24.82	27.74	11.82	1.05	20.63	14.80	3.97	0.86	19.39	23.45
2001	57.02	3.61	43.88	25.19	27.80	11.94	1.05	20.77	15.01	4.01	0.86	19.56	23.50
2002	57.08	3.61	43.92	25.22	27.94	11.94	1.05	20.77	15.19	4.01	0.86	19.59	23.50
2003	57.43	3.61	44.01	25.22	28.13	12.24	1.20	21.65	15.19	4.07	0.86	19.59	23.50
2004	57.50	3.62	44.04	25.22	28.34	12.44	1.20	24.84	16.39	4.16	0.86	19.59	23.50
2005	57.51	3.62	44.05	25.22	28.56	12.58	1.20	24.84	16.39	4.16	0.86	19.59	23.50
2006	57.76	3.62	44.98	25.22	28.66	12.58	1.20	25.29	16.39	4.16	0.86	19.59	23.50
2007	57.98	3.62	45.00	25.22	28.66	12.67	1.20	25.50	16.51	4.26	0.86	19.59	23.50
2008	58.84	3.62	46.29	25.22	28.76	13.06	1.20	25.57	16.51	4.26	0.86	24.33	23.50
2009	59.21	3.67	47.91	25.22	28.76	13.31	1.20	25.74	16.54	4.26	0.86	24.33	23.50
2010	59.26	3.70	49.24	25.29	28.76	13.39	1.20	26.14	16.63	4.26	0.86	24.33	23.50
2011	59.35	3.71	51.84	25.29	28.76	13.62	1.20	26.26	16.69	4.26	12.85	24.33	23.50
2012	59.45	3.74	52.12	25.31	28.76	13.71	1.26	26.55	16.78	4.26	12.85	24.42	23.50
2013	62.06	3.74	53.43	25.94	28.76	14.34	1.26	26.93	16.78	4.26	12.85	24.66	23.50
Indirectos	13.08				17.76								
Reservado											37.85		346.90
Valor actual (hm ³)	75.13	3.74	53.43	25.94	46.52	14.34	1.26	26.93	16.78	4.26	50.70	24.66	370.40

OCLSP. Información de distritos de riego, promedio, regresión lineal, valores ajustados, Datos obtenidos en el Estudio IMTA 2009

Tabla 5.22. Volumen anual de retornos en la porción de la zona hidrológica del río Verde (hm³)

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1945	3.17	0.41	1.24	0.23	4.44	0.02	0.04	0.01	0.07	0.04	0.00	0.39	5.86
1946	2.46	0.41	1.31	0.27	4.40	0.02	0.05	0.01	0.08	0.04	0.00	0.38	5.86
1947	2.50	0.41	1.39	0.30	4.36	0.02	0.05	0.01	0.08	0.04	0.00	0.38	5.86
1948	3.10	0.41	1.47	0.34	4.31	0.02	0.05	0.01	0.08	0.04	0.00	0.37	5.86
1949	3.44	0.41	1.55	0.38	4.27	0.02	0.05	0.01	0.09	0.04	0.00	0.36	5.86
1950	1.15	0.42	1.62	0.42	4.22	0.02	0.05	0.01	0.09	0.05	0.00	0.36	5.86
1951	1.56	0.42	1.70	0.46	4.18	0.02	0.06	0.01	0.10	0.05	0.00	0.35	5.86
1952	2.56	0.42	1.78	0.50	4.14	0.02	0.06	0.01	0.10	0.05	0.00	0.34	5.86
1953	1.09	0.42	1.85	0.54	4.09	0.02	0.06	0.01	0.11	0.05	0.00	0.34	5.86
1954	1.58	0.42	1.93	0.57	4.05	0.02	0.06	0.01	0.12	0.05	0.00	0.33	5.86
1955	1.15	0.43	2.01	0.61	4.00	0.04	0.06	0.01	0.12	0.05	0.00	0.33	5.86
1956	5.14	0.43	2.09	0.65	3.96	0.07	0.06	0.01	0.13	0.06	0.00	0.32	5.86
1957	4.12	0.43	2.16	0.69	3.92	0.09	0.07	0.01	0.14	0.06	0.00	0.31	5.86
1958	4.05	0.43	2.24	0.73	3.87	0.12	0.07	0.01	0.15	0.06	0.00	0.31	5.86
1959	4.00	0.43	2.32	0.77	3.83	0.14	0.07	0.01	0.15	0.06	0.00	0.30	5.87
1960	4.28	0.44	2.40	0.81	3.78	0.17	0.07	0.06	0.16	0.07	0.00	0.30	5.87
1961	2.73	0.44	2.47	0.84	3.74	0.19	0.07	0.12	0.17	0.07	0.00	0.29	5.87
1962	1.69	0.44	2.55	0.88	3.69	0.22	0.07	0.17	0.18	0.07	0.00	0.29	5.87
1963	2.19	0.44	2.63	0.92	3.65	0.25	0.08	0.22	0.19	0.07	0.00	0.28	5.87
1964	2.67	0.44	2.70	0.96	3.61	0.27	0.08	0.28	0.20	0.08	0.00	0.28	5.87
1965	2.70	0.45	2.78	1.00	3.56	0.30	0.08	0.33	0.22	0.08	0.01	0.27	5.87
1966	2.76	0.45	2.86	1.04	3.52	0.32	0.08	0.39	0.23	0.08	0.01	0.27	5.87
1967	4.27	0.45	2.94	1.08	2.06	0.35	0.08	0.44	0.24	0.09	0.01	0.26	5.87
1968	5.02	0.45	3.01	1.12	1.85	0.37	0.08	0.50	0.64	0.14	0.01	0.27	5.87
1969	5.62	0.45	3.09	1.15	2.30	0.40	0.09	0.55	0.54	0.19	0.01	0.33	5.87
1970	2.96	0.45	3.17	1.19	2.06	0.42	0.09	0.61	0.38	0.15	0.01	0.13	5.87
1971	4.18	0.46	3.25	1.23	1.63	0.45	0.09	0.66	0.25	0.14	0.01	0.24	5.87
1972	5.62	0.46	3.32	1.27	2.16	0.47	0.09	0.72	0.38	0.15	0.01	0.22	5.87
1973	5.62	0.46	3.40	1.31	1.72	0.50	0.09	0.77	0.38	0.16	0.01	0.26	5.87
1974	2.68	0.46	3.48	1.35	1.87	0.52	0.09	0.82	0.32	0.16	0.01	0.24	5.87
1975	5.62	0.46	3.55	1.39	1.57	0.55	0.10	0.88	0.40	0.17	0.01	0.21	5.87
1976	2.77	0.47	3.63	1.42	2.08	0.58	0.10	0.93	0.45	0.19	0.01	0.26	5.88
1977	5.62	0.47	3.71	1.46	1.93	0.60	0.10	0.99	0.36	0.17	0.01	0.24	5.88
1978	5.62	0.47	3.79	1.50	1.66	0.63	0.10	1.04	0.46	0.17	0.02	0.31	5.88
1979	2.91	0.47	3.86	1.54	1.87	0.65	0.10	1.10	0.45	0.17	0.02	0.24	5.88
1980	5.62	0.47	3.94	1.58	0.82	0.68	0.10	1.15	0.47	0.17	0.02	0.20	5.88
1981	4.50	0.48	4.02	1.62	0.81	0.70	0.11	1.21	0.55	0.15	0.02	0.23	5.88
1982	4.00	0.48	4.10	1.66	1.00	0.73	0.11	1.26	0.52	0.23	0.02	0.28	5.88
1983	3.50	0.48	4.17	1.69	1.12	0.75	0.11	1.32	0.61	0.20	0.03	0.20	5.88
1984	2.31	0.48	4.25	1.73	1.05	0.78	0.11	1.37	0.54	0.16	0.03	0.20	5.88
1985	3.76	0.48	4.33	1.77	1.41	0.80	0.11	1.43	0.51	0.09	0.03	0.19	5.88
1986	4.56	0.49	4.41	1.81	1.43	0.83	0.11	1.48	0.49	0.10	0.03	0.20	5.88
1987	5.15	0.49	4.48	1.85	1.44	0.86	0.12	1.53	0.51	0.07	0.04	0.17	5.88
1988	3.64	0.49	4.56	1.89	1.28	0.88	0.12	1.59	0.36	0.10	0.04	0.22	5.88
1989	3.91	0.49	4.64	1.93	1.52	0.91	0.12	1.64	0.34	0.16	0.04	0.18	5.88
1990	3.80	0.49	4.71	1.96	0.37	0.93	0.12	1.70	0.52	0.10	0.05	0.02	5.88
1991	3.44	0.49	4.79	2.00	0.99	0.96	0.12	1.75	0.48	0.13	0.05	0.22	5.88
1992	3.54	0.50	4.87	2.04	1.15	0.98	0.12	1.81	0.57	0.10	0.06	0.26	5.88
1993	5.62	0.50	4.95	2.08	1.42	1.01	0.13	1.86	0.87	0.11	0.06	0.36	5.89
1994	5.62	0.50	5.02	2.12	1.33	1.03	0.13	1.92	0.49	0.13	0.07	0.13	5.89

Año/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1995	5.62	0.50	5.10	2.16	0.17	0.95	0.13	1.97	1.02	0.02	0.06	1.49	5.89
1996	5.62	0.49	5.18	2.20	0.59	0.99	0.13	2.03	1.27	0.04	0.06	1.49	5.89
1997	5.62	0.49	5.26	2.23	0.60	1.07	0.13	2.08	1.39	0.04	0.06	1.67	5.89
1998	2.63	0.51	5.33	2.27	1.02	1.15	0.14	2.14	1.64	0.05	0.06	1.88	5.89
1999	5.69	0.52	5.41	1.26	3.13	1.25	0.13	2.09	1.96	0.48	0.19	2.37	5.88
2000	5.76	0.52	5.70	2.63	3.21	1.26	0.14	2.23	2.50	0.67	0.19	2.61	5.89
2001	5.77	0.52	5.70	2.67	3.22	1.27	0.14	2.24	2.52	0.68	0.19	2.63	5.89
2002	5.77	0.52	5.70	2.67	3.23	1.27	0.14	2.24	2.54	0.68	0.19	2.63	5.89
2003	5.81	0.52	5.71	2.67	3.25	1.30	0.15	2.33	2.54	0.68	0.19	2.63	5.89
2004	5.81	0.52	5.72	2.67	3.27	1.32	0.15	2.65	2.66	0.69	0.19	2.63	5.89
2005	5.81	0.52	5.72	2.67	3.29	1.33	0.15	2.65	2.66	0.69	0.19	2.63	5.89
2006	5.85	0.52	5.81	2.67	3.30	1.33	0.15	2.70	2.66	0.69	0.19	2.63	5.89
2007	5.89	0.52	5.81	2.67	3.30	1.34	0.15	2.72	2.67	0.70	0.19	2.63	5.89
2008	5.98	0.52	5.95	2.67	3.31	1.38	0.15	2.72	2.67	0.70	0.19	3.13	5.89
2009	6.02	0.53	6.11	2.67	3.31	1.41	0.15	2.74	2.67	0.70	0.19	3.13	5.89
2010	6.03	0.53	6.24	2.68	3.31	1.41	0.15	2.78	2.68	0.70	0.19	3.13	5.89
2011	6.04	0.53	6.50	2.68	3.31	1.44	0.15	2.79	2.68	0.70	9.18	3.13	5.89
2012	6.05	0.53	6.53	2.68	3.31	1.45	0.16	2.82	2.69	0.70	9.18	3.14	5.89
2013	6.32	0.53	6.66	2.75	3.31	1.51	0.16	2.86	2.69	0.70	9.18	3.17	5.89
Indirecto	1.31				1.78								
Valor actual(hm ³)	7.62	0.53	6.66	2.75	5.09	1.51	0.16	2.86	2.69	0.70	9.18	3.17	5.89

Retornos correspondientes a DR, retornos correspondientes a REPDA, retornos por regresión lineal. Valores ajustados Datos obtenidos en el Estudio IMTA 2009

El detalle del cálculo y las fórmulas utilizadas en la regresión lineal están en el Anexo 3.10.

5.3.4 Importaciones y Exportaciones

La cuenca 1 “Río San Pedro” exporta un volumen medio anual de 16.89 hm³ a la cuenca 2 Presa Calles a través de la presa derivadora “Potrerillos”. Por otro lado, según el decreto la cuenca 18 importa un caudal de 79.4 hm³, es decir el volumen que escurre por el río Santiago proveniente del Lago de Chapala y del río Zula, el cual está aforado por las estaciones Corona, Atequiza y Zapotlanejo. Este dato se tomó para complementar la información de Cp solo en los casos cuando se aplicó el método de agrupación de cuencas.

Tabla 5.23. Volumen anual de importaciones (hm³)

Año/Cuenca	2	18	Año/Cuenca	2	18
1945	1.16	1,017.24	1958	37.96	548.88
1946	0.36	781.74	1959	13.09	1,821.80
1947	10.04	649.21	1960	13.41	717.92
1948	15.72	673.51	1961	2.78	636.21
1949	2.95	659.21	1962	6.24	608.98
1950	6.39	461.84	1963	8.09	514.37
1951	12.73	350.73	1964	6.23	553.32
1952	3.19	430.09	1965	21.26	1,257.34
1953	8.71	642.09	1966	25.57	1,815.57
1954	2.85	664.03	1967	39.88	4,049.37
1955	30.98	513.50	1968	26.31	2,526.48
1956	17.54	584.09	1969	30.81	761.08
1957	3.96	651.24	1970	27.32	672.30

Año/Cuenca	2	18
1971	56.21	2,630.03
1972	18.82	1,059.11
1973	41.91	2,243.43
1974	8.69	1,279.26
1975	18.84	946.58
1976	29.73	2,897.84
1977	29.73	1,354.57
1978	26.95	997.99
1979	0.80	823.65
1980	29.73	514.66
1981	2.84	327.09
1982	0.78	309.49
1983	29.73	46.96
1984	7.01	28.44
1985	23.69	29.74
1986	16.89	292.59
1987	29.73	329.60
1988	16.89	337.12
1989	29.73	316.76
1990	37.96	247.45
1991	16.89	176.03
1992	16.89	162.09
1993	16.89	182.47

Año/Cuenca	2	18
1994	29.73	133.33
1995	16.89	168.71
1996	29.73	95.61
1997	16.89	100.28
1998	16.89	153.36
1999	16.89	73.85
2000	0.78	32.52
2001	7.51	89.65
2002	16.89	168.82
2003	18.26	528.13
2004	28.58	53.99
2005	3.86	114.60
2006	6.98	113.83
2007	11.78	169.95
2008	18.40	336.39
2009	0.85	119.74
2010	7.56	203.13
2011	0.38	97.29
2012	16.89	
2013	16.89	
Valor actual (hm³)	16.89	

Fuente: BANDAS 2013. Los datos en rojo corresponden a la estación Zula.

5.3.5 Evaporación

La serie de datos de evaporación se compone por la evaporación de presas y cuerpos de agua. La serie de datos de evaporación de las presas se obtuvo de los registros de las presas BANDAS 2013 y CEA 2014. En cuanto a la evaporación de los cuerpos de agua, los datos se obtuvieron primero seleccionando los cuerpos de agua perenes identificados con NOMBRE de la base de datos del INEGI y los sugeridos por la GASIR del estudio de disponibilidad (IMTA, 2009).

Presas

La serie histórica de evaporación de las presas (ver apartado 5.1), se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.24. Volumen anual de evaporación en presas (hm³)

Años	1	2	3	4	12
1945		10.01			
1946		3.34			
1947		4.24			
1948		8.54			
1949		7.16		0.99	
1950		4.62		2.87	
1951		5.58		3.62	
1952		5.10		3.42	
1953		2.78		3.26	
1954		5.16		3.58	
1955		6.09		2.59	
1956		12.28		3.79	

Años	1	2	3	4	12
1957		7.70		3.59	
1958		7.82		2.63	
1959		19.70		3.36	
1960		16.90		3.21	
1961		10.03		2.27	
1962		6.15		1.84	
1963		6.89	0.71	1.88	
1964		5.86	2.41	2.34	
1965		5.52	4.01	3.47	
1966		9.95	4.04	3.41	
1967		14.64	3.91	3.23	
1968		21.58	3.89	3.22	
1969		23.71	4.36	2.65	
1970		16.81	3.98	2.07	
1971		20.25	4.32	3.01	
1972		25.63	4.21	3.33	
1973		25.49	4.47	3.44	
1974		26.87	3.87	3.21	
1975		21.63	3.90	3.05	
1976		18.75	3.59	3.01	
1977		23.59	3.58	3.03	
1978		16.37	3.44	3.01	
1979		16.49	3.31	2.89	
1980		16.10	3.24	3.33	
1981		5.10	3.16	3.28	
1982		8.16	2.84	3.55	
1983		7.40	3.29	3.34	
1984		10.78	3.51	3.23	
1985		16.04	3.75	3.14	
1986		15.32	3.60	3.22	
1987		16.30	3.70	3.50	
1988		15.42	3.26	3.19	
1989		13.20	3.28	0.12	
1990		11.06	3.38	1.63	
1991		21.03	3.56	3.32	
1992		28.07	3.12	1.64	
1993		27.05	3.38	3.21	
1994		21.27	3.66	3.13	
1995	0.89	16.06	3.25	2.55	
1996	1.07	15.44	3.16	2.80	1.34
1997	1.10	15.18	3.50	2.49	1.42
1998	1.11	17.69	3.49	1.69	1.08
1999	1.01	17.49	4.16	2.25	1.21
2000	0.94	8.67	5.06	2.31	0.68
2001	0.86	8.73	5.29	1.61	0.68
2002	0.89	9.30	4.96	2.20	0.64
2003	0.93	12.92	5.37	2.73	1.61
2004	0.83	16.95	5.40	2.64	1.60
2005	0.94	21.54	6.50	2.91	1.18
2006	0.86	17.18	5.38	2.41	0.73
2007	0.86	19.07	5.83	2.87	0.83
2008	0.81	18.35	6.15	3.77	1.01

Años	1	2	3	4	12
2009	0.96	18.54	6.66	3.78	1.08
2010	0.85	14.51	5.85	3.25	1.08
2011	0.95	12.25	5.41	2.89	1.08
2012	0.86	12.20	4.63	5.29	1.08
2013	0.93	14.13	5.48	4.93	1.08
Promedio(hm ³)	0.93	13.94	4.08	2.91	1.08

*Promedio, BANDAS 2013, CEA Jalisco 2014

Los valores marcados en rojo fueron proporcionados por la Comisión Estatal del Agua de Jalisco.

El valor medio de evaporación de las presas en la zona hidrológica del río Verde de las presas es de 22.94 hm³.

Cuerpos de agua

La evaporación de los 190 cuerpos de agua de la zona hidrológica del río Verde representa una evaporación media de 64.3 hm³, en la tabla siguiente se muestra los valores de evaporación media anual para cada cuenca.

Tabla 5.25. Volumen anual de evaporación en presas (hm³)

Año/Cuenca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1945	3.23	0.20	4.32	0.95	13.07	2.29	0.54	15.42	2.33	2.28	15.29	3.46	4.58
1946	3.11	0.18	4.22	0.93	13.11	2.14	0.54	15.22	2.15	2.54	17.01	3.54	5.08
1947	3.08	0.16	3.72	0.99	12.92	2.10	0.53	15.53	2.12	2.20	14.78	3.71	4.45
1948	2.98	0.19	3.47	0.94	12.84	2.05	0.52	15.04	2.05	2.44	16.35	3.74	4.74
1949	3.26	0.21	4.02	1.00	13.08	2.46	0.53	15.81	2.57	2.04	13.66	3.51	5.41
1950	3.08	0.19	3.57	1.12	14.33	2.99	0.52	16.92	2.86	2.60	17.41	4.24	5.66
1951	3.23	0.20	3.73	1.18	15.00	2.54	0.53	17.45	2.40	2.43	16.32	4.00	5.22
1952	3.02	0.19	3.89	1.16	14.98	2.64	0.54	17.39	2.58	2.57	17.24	3.99	4.94
1953	3.18	0.20	4.03	1.09	14.37	2.57	0.56	16.84	2.53	2.41	16.16	3.82	5.30
1954	2.99	0.19	3.67	0.97	12.09	2.37	0.46	15.27	2.18	2.44	16.39	3.49	4.91
1955	2.93	0.18	3.83	1.01	12.36	2.32	0.46	16.00	2.06	2.66	17.93	3.37	5.35
1956	3.07	0.20	3.70	0.98	12.16	2.37	0.45	15.56	2.15	2.55	17.17	3.25	5.48
1957	3.23	0.21	3.93	1.14	13.71	2.46	0.50	17.39	2.37	2.70	18.11	3.88	5.41
1958	2.58	0.17	4.45	0.92	12.10	2.33	0.43	14.22	2.24	2.36	13.08	3.55	5.06
1959	2.66	0.17	4.48	0.80	10.74	2.05	0.40	13.68	2.23	1.95	12.94	3.05	4.67
1960	3.06	0.20	5.13	0.95	12.49	2.29	0.50	16.19	2.45	2.36	15.82	3.73	5.68
1961	2.93	0.19	4.70	0.89	12.14	2.17	0.51	14.55	2.35	2.41	15.56	3.84	5.08
1962	2.33	0.14	5.15	0.95	13.02	2.20	0.53	16.49	2.39	2.51	16.68	3.47	5.15
1963	2.38	0.15	4.87	0.84	11.79	2.26	0.42	15.43	2.28	2.43	15.20	3.58	4.53
1964	2.78	0.17	4.54	0.93	12.46	2.32	0.45	15.97	2.47	2.39	15.32	3.98	4.35
1965	2.53	0.16	4.13	0.87	11.41	2.25	0.47	13.83	2.38	2.28	14.79	3.34	4.48
1966	2.45	0.15	3.95	0.82	11.25	2.09	0.41	13.45	2.14	2.14	13.86	3.57	4.71
1967	2.43	0.15	4.27	0.84	11.33	2.15	0.41	13.15	2.04	2.12	13.99	3.50	5.05
1968	2.42	0.15	4.09	0.72	11.21	2.13	0.44	13.39	2.08	2.11	14.10	3.32	4.19
1969	2.97	0.19	4.85	0.95	13.39	2.41	0.50	14.88	2.28	2.51	16.12	3.94	5.63
1970	2.63	0.17	4.21	0.89	13.38	2.34	0.60	14.51	2.19	2.64	15.65	3.74	5.28
1971	2.59	0.16	4.28	0.87	11.80	2.19	0.72	14.75	2.19	2.46	14.41	3.64	5.25
1972	2.53	0.17	4.31	0.90	12.17	2.30	0.42	15.46	2.24	2.54	15.58	3.77	5.23
1973	2.66	0.17	4.34	0.90	12.31	2.27	0.50	14.82	2.28	2.32	14.81	3.81	5.39
1974	2.76	0.18	4.55	0.89	11.66	2.26	0.47	14.81	2.17	2.44	13.24	3.60	5.06
1975	2.74	0.17	4.42	0.80	11.66	2.29	0.49	13.98	2.23	2.44	13.42	3.89	5.16
1976	2.64	0.16	4.18	0.78	11.15	2.07	0.45	13.47	2.12	2.36	13.37	3.57	4.79
1977	2.48	0.16	4.26	0.74	11.44	2.08	0.44	13.62	2.06	2.30	13.93	3.47	4.61
1978	2.84	0.16	4.10	0.94	11.27	2.12	0.45	14.39	2.10	2.27	14.48	3.52	4.89
1979	3.01	0.16	4.44	0.94	11.18	2.35	0.49	15.54	2.34	2.39	15.16	3.93	5.15

Año/Cuenca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1980	2.88	0.16	4.45	0.95	11.32	2.22	0.48	15.36	2.29	2.29	14.62	3.64	4.47
1981	2.71	0.15	4.25	0.75	11.50	2.15	0.46	14.25	2.09	2.17	13.97	3.26	4.29
1982	3.04	0.17	4.56	0.85	12.76	2.29	0.51	16.11	2.30	2.45	16.40	3.60	4.96
1983	2.38	0.15	4.18	0.92	12.13	2.05	0.48	14.90	2.06	2.28	14.71	3.35	4.80
1984	2.26	0.14	3.83	0.81	11.52	2.00	0.47	14.50	2.01	2.20	14.27	3.12	4.83
1985	2.29	0.14	4.09	0.82	11.03	1.99	0.46	13.67	2.00	2.19	14.54	3.19	5.75
1986	2.51	0.17	3.82	0.80	11.31	1.88	0.43	13.24	2.10	2.20	14.37	3.20	4.60
1987	2.56	0.17	4.14	0.86	12.29	1.87	0.45	12.90	2.13	2.21	15.22	3.29	4.76
1988	2.55	0.16	4.04	0.80	11.90	1.94	0.43	12.58	2.10	2.24	14.44	3.35	5.15
1989	2.30	0.16	4.30	0.82	11.84	2.12	0.46	13.27	2.50	2.32	16.67	3.75	4.97
1990	2.23	0.14	3.70	0.76	10.95	1.88	0.41	11.61	2.04	2.03	13.49	3.37	4.85
1991	2.25	0.17	3.90	0.82	11.00	2.04	0.44	11.78	2.24	2.25	19.77	4.00	4.98
1992	2.08	0.13	3.42	0.73	10.02	1.65	0.37	10.13	1.67	1.74	11.42	3.01	4.44
1993	2.42	0.14	4.06	0.77	11.87	1.91	0.45	12.35	1.94	2.23	13.09	3.42	4.98
1994	2.25	0.14	4.10	0.81	11.80	2.00	0.46	12.42	1.90	2.01	13.32	3.16	4.47
1995	2.32	0.17	4.12	0.73	11.70	1.81	0.41	12.38	1.84	2.03	13.63	3.25	4.64
1996	2.25	0.15	4.38	0.78	11.46	2.19	0.41	13.71	1.97	2.03	13.96	3.27	5.01
1997	2.17	0.15	3.96	0.80	10.55	2.12	0.39	13.06	1.72	2.19	16.80	3.16	4.74
1998	2.42	0.16	4.65	0.76	12.05	2.36	0.44	13.53	2.09	2.64	17.85	3.63	5.26
1999	2.94	0.18	4.80	0.74	12.32	2.55	0.45	16.32	2.07	2.39	17.36	3.63	5.31
2000	3.02	0.16	4.56	0.82	10.69	2.21	0.39	15.52	2.04	2.13	14.42	3.18	5.04
2001	2.19	0.16	4.22	0.79	11.59	2.13	0.41	13.82	1.73	2.13	14.37	2.83	4.72
2002	2.29	0.14	4.31	0.78	11.08	2.07	0.39	13.56	1.76	2.04	13.59	2.95	4.79
2003	2.08	0.13	4.16	0.87	10.15	2.05	0.42	12.56	1.85	2.13	13.71	2.96	4.42
2004	2.05	0.13	3.88	0.74	9.49	2.16	0.34	10.84	1.82	1.83	13.48	2.97	4.64
2005	1.93	0.14	4.11	0.79	10.80	2.08	0.33	11.84	1.99	2.06	13.98	3.16	5.15
2006	1.81	0.13	3.95	0.84	11.04	1.91	0.36	11.63	2.04	2.16	13.98	3.27	4.74
2007	1.79	0.13	3.93	0.82	10.75	2.00	0.40	11.71	1.71	2.18	12.11	3.09	4.37
2008	1.94	0.13	3.91	0.73	11.16	1.91	0.43	12.25	1.87	2.31	12.45	2.63	4.03
2009	1.75	0.13	4.01	0.90	11.27	1.83	0.42	12.01	2.02	2.06	12.61	3.23	4.67
2010	1.97	0.12	3.85	0.72	11.04	1.97	0.41	11.45	1.88	2.55	18.23	3.28	4.75
2011	2.23	0.14	4.37	0.75	11.85	2.15	0.42	12.38	1.92	2.67	18.92	3.53	5.28
2012	1.98	0.12	3.99	0.83	11.08	1.97	0.45	12.51	1.92	2.31	17.35	3.23	5.07
2013	2.06	0.12	3.73	0.84	11.94	1.78	0.41	11.93	1.81	2.39	16.23	3.41	5.03
Promedio (hm³)	2.56	0.16	4.17	0.87	11.89	2.17	0.46	14.09	2.13	2.30	15.08	3.47	4.93

Fuente: CLICOM 2013

5.3.6 Variación de Volumen (DV)

En la siguiente tabla se muestran los valores de la variable DV correspondiente a la zona hidrológica del río Verde extraídos de la base de datos del sistema BANDAS.

Tabla 5.26. Volumen de variación de volumen (hm³)

Año	2	3	4	12
1945	-27.55			
1946	-13.62			
1947	27.19			
1948	-0.41			
1949	-21.27			
1950	5.84		10.96	
1951	5.48		-6.87	
1952	-13.64		6.37	
1953	8.51		13.49	
1954	-6.08		-18.60	
1955	53.64		14.79	
1956	-18.74		-1.97	
1957	-30.84		-10.01	
1958	108.49		16.33	
1959	-26.96		-3.49	
1960	-51.05		-14.76	
1961	-24.72		-5.02	
1962	4.39		1.80	
1963	1.96		-0.17	
1964	-9.79	8.69	19.13	
1965	22.32	2.15	0.24	
1966	47.41	-0.27	-1.25	
1967	76.97	0.51	1.95	
1968	15.60	-0.27	-4.71	
1969	-72.47	-3.38	-19.00	
1970	30.79	3.63	16.81	
1971	102.56	-0.16	5.67	
1972	-43.87	-0.86	0.36	
1973	60.61	0.78	0.12	
1974	-74.73	-1.36	-6.54	
1975	-34.36	-0.36	4.33	
1976	75.83	2.04	4.82	
1977	-68.44	-0.40	-3.14	
1978	0.04	-0.19	0.74	
1979	1.89	-1.72	0.34	
1980	1.89	1.47	0.34	
1981	1.76	-2.52	0.34	
1982	0.00	-1.87	0.34	
1983	38.88	4.87	0.34	
1984	1.89	-0.42	0.34	
1985	1.89	1.02	0.34	

Año	2	3	4	12
1986	19.94	-0.34	0.34	
1987	-16.10	-1.25	0.34	
1988	-5.28	0.60	0.34	
1989	-39.52	0.97	0.34	
1990	48.00	-0.24	0.34	
1991	155.08	0.36	0.34	
1992	-7.20	0.02	0.34	
1993	-63.28	-0.24	0.34	
1994	-59.53	-0.78	0.34	
1995	23.62	9.81	4.10	
1996	-12.84	-2.40	1.41	0.07
1997	-60.73	-7.14	-15.10	-0.82
1998	-22.67	-1.62	19.80	0.90
1999	-9.20	1.37	-15.83	-0.31
2000	10.31	0.39	-6.40	-2.88
2001	0.86	0.87	5.92	2.95
2002	25.98	1.18	17.10	-0.63
2003	43.22	0.44	-0.25	0.59
2004	62.52	3.65	-0.53	0.06
2005	-40.90	-4.43	-9.73	-2.34
2006	-8.63	1.26	9.64	-0.31
2007	4.72	1.19	-1.22	2.37
2008	39.68	6.77	1.66	0.24
2009	-47.20	-4.02	-0.48	0.71
2010	-25.51	-4.73	-5.17	-1.74
2011	-50.75	-4.87	-15.69	-3.03
2012	6.71	2.51	4.26	1.46
2013	1.89	0.22	0.34	-0.16
Promedio(hm³)	1.89	0.22	0.34	-0.16

Promedio, BANDAS 2013. Valores ajustados

5.4 Cálculo del escurrimiento disponible en la zona hidrológica del río Verde

El balance hídrico de una cuenca es el equilibrio entre los volúmenes de agua que entran y salen dentro de un sistema hídrico.

El escurrimiento natural es el volumen medio anual de agua superficial que se capta por la red de drenaje natural de la propia cuenca hidrológica. En este contexto el escurrimiento virgen por cuenca propia deberá entenderse como el volumen generado en la cuenca en el caso hipotético de que en esta no hubiera aprovechamientos. Bajo este escenario el escurrimiento virgen sería igual al que se mediría al final de la misma (Eskurrimiento virgen = Eskurrimiento aforado en la cuenca).

Para la estimación del escurrimiento virgen, se toma en cuenta la ecuación de conservación de masa o continuidad:

$$\text{Ecuación de continuidad} \quad \frac{dv}{dt} = Q_E - Q_S \quad (11)$$

Donde:

v	volumen almacenado [L ³]
t	tiempo [T]
Q _E	gasto de entrada [L ³ /T]
Q _S	gasto de salida [L ³ /T]

Al obtener una solución de la ecuación de continuidad con diferencias finitas:

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = Q_E - Q_S \quad (12)$$

Despejando la variación de volumen:

$$\Delta v = (Q_E - Q_S)\Delta t \quad (13)$$

Integrando los gastos de entrada y de salida en el tiempo:

$$\Delta v = v_E - v_S \quad (14)$$

Donde:

Δv	es la variación del volumen en un intervalo de tiempo
v _E	es el volumen de entrada para en un intervalo de tiempo
v _S	es el volumen de salida para en un intervalo de tiempo

La variación del volumen en el tiempo es igual a la diferencia de los volúmenes de entrada menos los volúmenes de salida.

La ecuación de continuidad es la versión discreta de la ecuación de conservación de masa que es muy utilizada en la práctica.

Una versión más completa de la ecuación discreta de conservación de masa se obtiene describiendo con más detalle los volúmenes de entrada y salida obteniéndose la ecuación de balance como sigue:

$$\Delta v = (C_p + A_r + R + \text{Im}) - (E_v + A_b + U + \text{Ex}) \quad (15)$$

En donde los volúmenes de entrada son:

- C_p.- aportación por cuenca propia
- A_r.- aportación por cuenca tributaria o escurrimiento desde aguas arriba de la cuenca
- R.- retornos al sistema en función de diferentes usos
- Im.-Importación desde otras cuencas adyacentes que no necesariamente escurre por gravedad.

Los volúmenes de salida son:

- E_v.- evaporación de los cuerpos de agua (esta variable es despreciable cuando la cuenca no tiene cuerpos de agua).
- Ab.- volumen de salida hacia aguas abajo
- U.- este volumen de salida es el que toman los diferentes usuarios para el consumo correspondiente.
- Ex.- exportación artificial del recurso hacia otras cuencas adyacentes.

Es necesario aclarar que el retorno corresponde a una parte del volumen de agua utilizada, por ejemplo: el usuario de generación de energía hidroeléctrica regresa prácticamente el 100% del agua que usa, mientras que los otros usuarios regresan un porcentaje del agua utilizada, a la cuenca.

El volumen por cuenca propia se determina mediante la siguiente expresión:

$$C_p = (A_b + E_v + Ex + Usos) + \Delta v - (A_r + R + lm) \quad (16)$$

En donde:

C_p . El Volumen de aportación por cuenca propia o escurrimiento virgen que produce de manera natural la cuenca antes de cualquier extracción o uso y sin considerar otras entradas.

Cuando no se cuenta con información hidrométrica, el volumen por cuenca propia se obtiene con los métodos indirectos. Existe una gran cantidad de métodos indirectos para calcular el volumen de escurrimiento por cuenca propia o escurrimiento virgen, pero en términos prácticos todos conceptualmente involucran las mismas variables.

Ciertos métodos usan información adicional como tipo de suelo, cobertura vegetal, características del cauce principal como longitud y pendiente, además de las características fisiográficas de la cuenca.

5.4.1 Métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural

Método directo

De acuerdo a la NOM-011-CONAGUA-2015, este método se aplica si en la cuenca en estudio existe un registro mínimo de 20 años consecutivos o no consecutivos; en caso de que falten datos en un máximo de cinco años para completar el periodo, el usuario calculará dichos años faltantes mediante algún método que le apruebe la Comisión Nacional del Agua.

En el caso común de tener un sistema de cuencas interconectadas se debe elaborar un esquema de interconexión de la cuenca hidrológica en estudio con las cuencas vecinas, indicando los nombres de los cauces, dirección del flujo y, en su caso, la ubicación de los embalses naturales y artificiales.

El volumen medio anual de escurrimiento natural se determina mediante la siguiente expresión:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Volumen} & & \text{Volumen} & & \text{Volumen} & & \text{Volumen} \\ \text{anual de} & & \text{anual de} & & \text{anual de} & & \text{anual de} \\ \text{escurrimiento} & = & \text{escurrimiento} & + & \text{escurrimiento} & + & \text{escurrimiento} \\ \text{natural de la} & & \text{aforado de la} & & \text{aforado desde} & + & \text{aforado desde} \\ \text{cuenca} & & \text{cuenca hacia} & & \text{la cuenca} & & \text{la cuenca} \\ \text{(Cp)} & & \text{aguas} & & \text{aguas} & & \text{aguas} \\ & & \text{abajo (V2)} & & \text{arriba (V1)} & & \\ & & & & & & \text{Volumen} & & \text{Volumen} & & \text{Volumen} \\ & & & & & & \text{anual de} & - & \text{anual de} & - & \text{anual de} \\ & & & & & & \text{exportaciones} & & \text{importaciones} & & \text{retornos} \end{array}$$

Método indirecto

Para calcular el escurrimiento utilizando información climatológica se pueden aplicar diferentes metodologías entre las que podemos destacar: Temez, Coutagne, Turc, Langbein, Smith y el Coeficiente de Escurrimiento. La totalidad de ellas contemplan expresiones algebraicas derivadas de analizar el comportamiento de una diversidad de cuencas. Dado que la metodología establecida para el presente trabajo se basa en la NOM-011-CONAGUA-2015 (Anexo 2.2), en el caso de cuencas sin hidrometría se aplicó el método del Coeficiente de Escurrimiento.

Cabe recordar que el objetivo central de este trabajo es la determinación de una serie estadística de escurrimientos en un periodo que considere las temporadas de escasez y abundancia en la cuenca del río Verde, para posibilitar el análisis de funcionamientos de vasos en cascada que cubran escenarios extremos como medida preventiva a posibles cambios climatológicos que causen efectos negativos, para prever el dimensionamiento de la infraestructura necesaria para lograr el aprovechamiento firme del 100 % del agua reservada para Jalisco y como sustento para fijar las reglas de operación para la distribución del agua superficial de esta cuenca, en apego a la NOM-011-CONAGUA-2015.

En razón de ello, se analizaron prácticamente los últimos sesenta y nueve años de la lluvia aceptando que no pueden ser estrictamente iguales los valores para cada año de registro. Si consideramos que se obtiene un coeficiente de escurrimiento promedio de esos registros, pero no para las condiciones actuales de las cuencas.

Debido a que en la norma se establece que los elementos considerados en el balance se deben ajustar a un periodo común, en el presente estudio se obtuvo información de todas las variables que intervienen en el cálculo en el periodo de 1945 a 2013. Sin embargo, es importante mencionar que existía, en algunos casos carencia de información, por lo que se tuvo que implementar el uso de métodos de cálculo estadísticos alternos aplicados a la información disponible, lo que permitió complementar la información.

Estimación del volumen total de lluvia

Para obtener el escurrimiento a partir de registros de precipitación es necesario calcular el volumen precipitado en la cuenca, mismo que se obtiene del producto que resulta de la altura de precipitación multiplicado por la superficie, por lo que se debe cuantificar el valor de precipitación media anual del periodo en un área determinada (en este caso las cuencas).

La norma propone dos metodologías para estimar el volumen de lluvia: Isoyetas y polígonos de Thiessen, que se describen a continuación:

- **Método de las Isoyetas.** Con la información climatológica (precipitación) en la red de estaciones ubicadas dentro y en la periferia de la zona en estudio, se procede a trazar las curvas de igual lámina de precipitación (isoyetas), **interpolando** la información de referencia y considerando la ubicación de cada una de las estaciones.

Para este estudio se utilizó como método de interpolación el IDW (Inverse Distance Weighted), que presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra. En la actualidad esta metodología se ha simplificado con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este método permite obtener una buena estimación del volumen de lluvia.

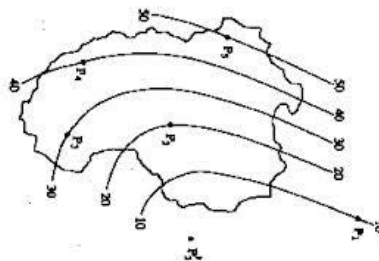
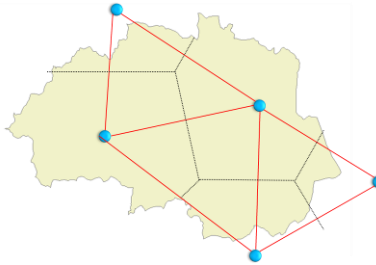


Figura 5.54 Generación de Isoyetas

- *Métodos de los Polígonos de Thiessen.* Utiliza la misma red de estaciones climatológicas disponibles y consiste en obtener el área de influencia de cada una de ellas dentro de la zona en estudio que consiste en:

1. Unir con líneas rectas las estaciones que tiene influencia en la zona de estudio
2. Trazar mediatrices a las líneas que unen las estaciones.
3. Prolongar dichas mediatrices hasta el contorno de la cuenca.



$$\sum_{i=1}^n \left(P_i \cdot \frac{A_i}{A} \right)$$

Figura 5.55 Generación de polígonos de Thiessen

4. Calcular el área de influencia de cada una de las estaciones, para hacerlo, se debe conocer el área total de la cuenca y sacar la relación de cada polígono con respecto a ella.
5. Cada estación tiene un valor de precipitación medido que se multiplica por el porcentaje de área que le corresponde para obtener la precipitación media de la zona.

Con cualquiera de los dos métodos descritos anteriormente se estima el volumen total precipitado que posteriormente puede describir a la lluvia como una lámina de precipitación promedio para un intervalo de tiempo dado. Para este estudio se optó por el uso de la metodología de Isoyetas aplicando la interpolación con el método IDW utilizando el ArcGIS como herramienta.

El volumen medio anual de escurrimiento natural se determina indirectamente, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Volumen anual de escurrimiento natural de la cuenca} = \text{Precipitación anual de la cuenca} * \text{Área de la cuenca} * \text{Coeficiente de escurrimiento}$$

5.4.2 Cálculo de escurrimiento disponible hacia aguas abajo (A_b)

El cálculo del escurrimiento disponible de agua superficial según la **Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, "Conservación del recurso Agua"**, tomando como punto de partida la Ecuación de la Continuidad (Ec. Gral.), donde:

$$\text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \text{VARIACIÓN DE ALMACENAMIENTO}$$

$$(C_p + A_r + R + I_m) - (A_b + U + E_v + E_x) = DV$$

El escurrimiento virgen se obtiene con la ecuación:

$$C_p = A_b + E_x + E_v + U - A_r - I_m - R - DV$$

Por consiguiente la estimación del escurrimiento disponible por cuenca se obtiene de la siguiente manera, calculando el escurrimiento aguas abajo (análisis y cálculo) con la siguiente ecuación:

$$Ab = (Cp + Ar + R + Im) - (Ex + Ev + U) + DV \quad (20)$$

Para entender mejor la interconexión entre cuencas de la zona hidrológica de la cuenca del río Verde se presenta el siguiente diagrama. El esquema de interconexión para la zona hidrológica del río Verde se muestra en la figura siguiente:

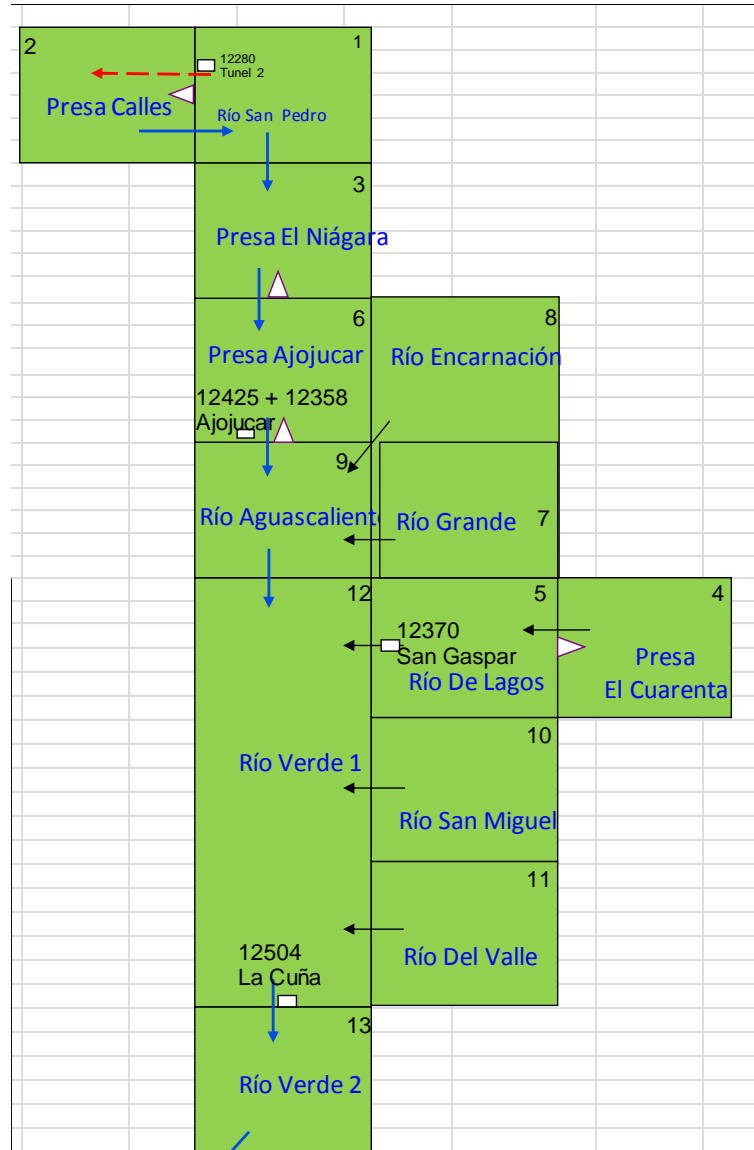


Figura 5.56. Diagrama de conexión integral de la Cuenca del río Verde

Con base en el diagrama de interconexión se determinaron, mediante la aplicación de las formulas descritas anteriormente, las distintas variables ordenadas para el cálculo del escurrimiento disponible en la cuenca (Anexo 3.12).

El escurrimiento disponible para el periodo 1945-2013 sin considerar las reservas del decreto de 1997 se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 5.27. Ecurrimiento disponible para el periodo 1945-2013 (hm³)

Cuenca	Nombre	Cp	Ar	U	R	Im	Ex	Ev	Δv	Ab
1	Río San Pedro	55.43	37.09	75.13	7.62		16.89	3.49		4.63
2	Presa Calles	39.40		3.74	0.53	16.89		14.10	1.89	37.09
3	Presa El Niágara	52.66	4.63	53.43	6.66			8.25	0.22	2.05
4	Presa El Cuarenta	58.60		25.94	2.75			3.78	0.34	31.28
5	Río de Lagos	131.18	31.28	46.52	5.09			11.89		109.14
6	Presa Ajojuar	38.51	2.05	14.34	1.51			2.17		25.57
7	Río Grande	32.24		1.26	0.16			0.46		30.68
8	Río Encarnación	113.69		26.93	2.86			14.09		75.53
9	Río Aguascalientes	36.64	131.77	16.78	2.69			2.13		152.20
10	Río San Miguel	76.01		4.26	0.70			2.30		70.15
11	Río del Valle	58.91		12.85	9.18			15.08		40.17
12	Río Verde 1	131.75	371.65	24.66	3.17			4.54	- 0.16	477.52
13	Río Verde 2	189.49	477.52	23.50	5.89			4.93		644.47

El escurrimiento para el periodo 1945-2013 con las reservas publicadas en el del decreto de 1997 se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 5.28. Disponibilidad media anual de agua superficial en la Cuenca río Verde

Cuenca	Nombre	Cp	Ar	U	R	Im	Ex	Ev	Δv	Ab
1	Río San Pedro	55.43	37.54	75.13	7.62		16.89	3.49		4.63
2	Presa Calles	39.40		3.74	0.53	16.89		14.10	1.89	37.09
3	Presa El Niágara	52.66	35.65	53.43	6.66			8.25	0.22	2.05
4	Presa El Cuarenta	58.60		25.94	2.75			3.78	0.34	31.28
5	Río de Lagos	131.18	42.51	46.52	5.09			11.89		109.14
6	Presa Ajojuar	38.51	59.72	14.34	1.51			2.17		25.57
7	Río Grande	32.24		1.26	0.16			0.46		30.68
8	Río Encarnación	113.69		26.93	2.86			14.09		75.53
9	Río Aguascalientes	36.64	212.08	16.78	2.69			2.13		152.20
10	Río San Miguel	76.01		4.26	0.70			2.30		70.15
11	Río del Valle	58.91		50.70	9.18			15.08		2.32
12	Río Verde 1	131.75	505.85	24.66	3.17		119.84	4.54	- 0.16	319.83
13	Río Verde 2	189.49	627.53	370.40	5.89			4.93		139.88

En el Anexo 3.12, están los archivos que se usaron para el cálculo del escurrimiento disponible de agua superficial para la zona hidrológica del río Verde y cuyos resultados se muestran en la tabla indicada arriba.

5.5 Revisión del escurrimiento disponible de agua superficial con respecto al cambio climático

El clima es un sistema complejo por lo que su comportamiento es *difícil de predecir*, comprende la atmósfera, océano, tierra, criósfera (nieve y hielo) y biosfera, y su variabilidad se ve influenciada por la actividad del sol; cambios en la atmósfera, biosfera y criósfera; el movimiento de los océanos y la tierra; las actividades antropogénicas; y la flora y fauna por mencionar algunas.

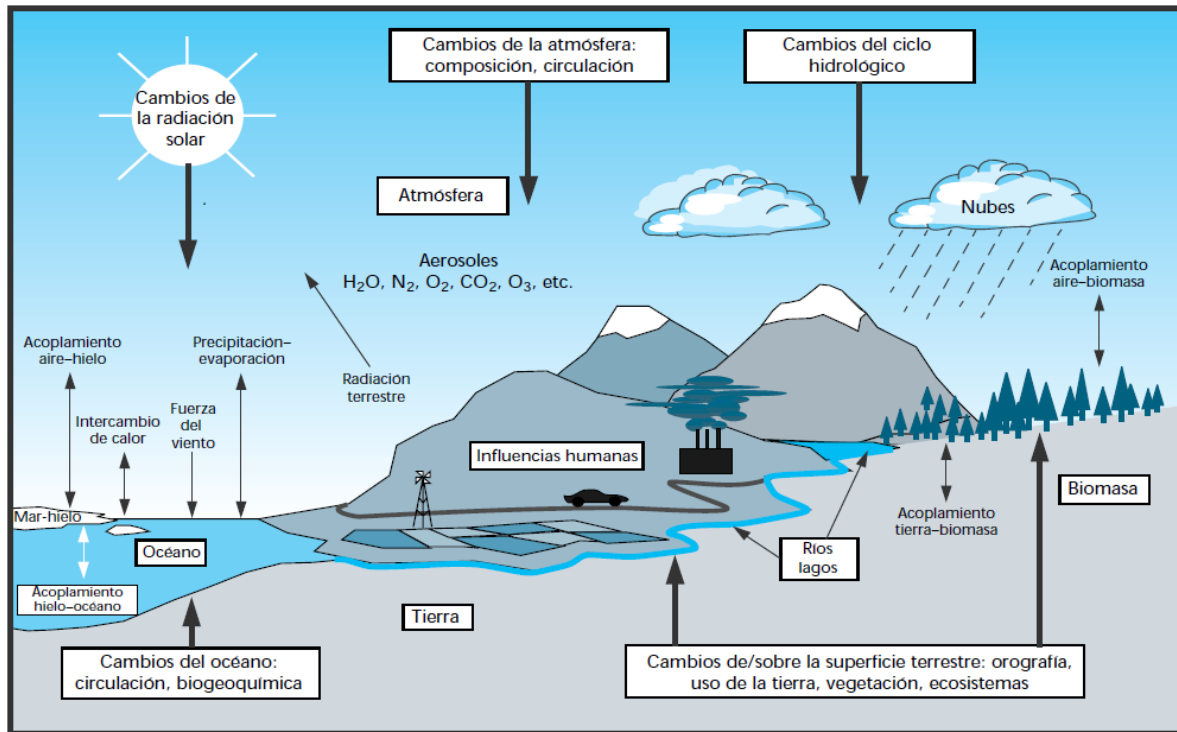


Figura 5.57. Esquema del sistema climático

Antes de presentar cualquier tipo de escenario o proyección a futuro en cuanto a la variabilidad climática es importante conocer la historia de la región, por lo que es necesario contar con la mayor cantidad de información observada de las variables de interés.

Estas variables son precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, dicha información fue generada tal como se describe en la sección 5.1.1 para el periodo 1945-2013.

5.5.1 Análisis de registros históricos

A continuación se describe de manera resumida el resultado del análisis de la información obtenida de los registros históricos de las variables de precipitación y temperatura.

Temperatura mínima y máxima

En cuanto a la variable de temperatura, se utilizó la información diaria registrada en las 253 estaciones climatológicas de la base de datos CLICOM, para cada una de las cuencas de la zona hidrológica del río Verde, con dicha información se calculó el dato mensual y anual.

La información se almacenó en una hoja de Excel (Anexo 3.13) en donde se pueden consultar los datos anuales de manera tabular y gráfica para cada una de las cuencas

Figura 5.58. Reporte de información anual por cuenca

Para analizar la información de temperatura mínima, máxima y promedio, fue necesario graficar los datos anuales por cuenca. A continuación se muestra un ejemplo.

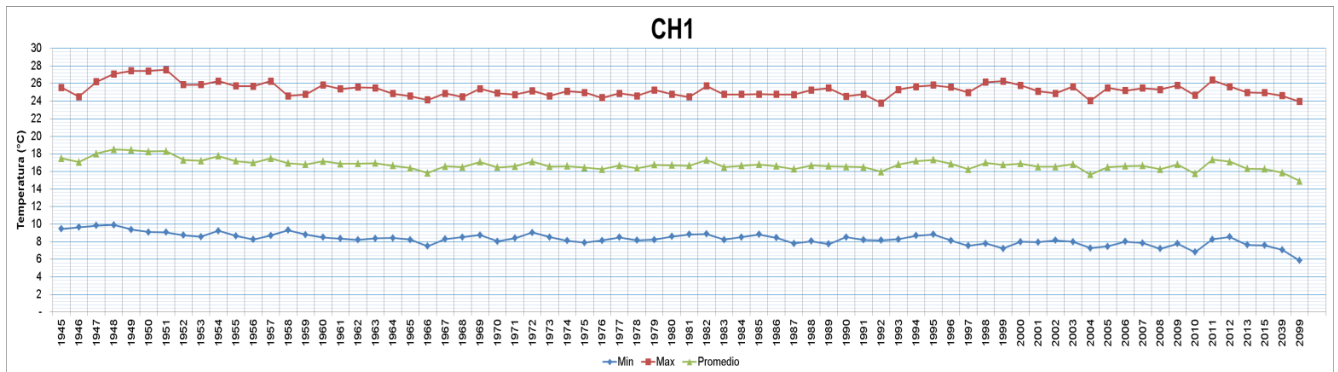


Figura 5.59. Gráfica de temperatura anual, CH1

Para cada una de las cuencas se integró en una tabla la información de temperatura máxima, mínima y su promedio. En la tabla siguiente se muestra, como ejemplo, los datos correspondientes a la cuenca 1, la información de las demás cuencas puede consultarse en el Anexo 3.13 en el archivo correspondiente.

Tabla 5.29. Temperaturas anuales de la CH1

Año/Cuencas	Temperatura (°C)			
	Variable	Min	Max	Promedio
1945		9.45	25.55	17.50
1946		9.64	24.50	17.07
1947		9.83	26.20	18.02
1948		9.90	27.10	18.50

Año/Cuencas	Temperatura (°C)		
	Min	Max	Promedio
1949	9.39	27.45	18.42
1950	9.11	27.43	18.27
1951	9.07	27.56	18.31
1952	8.74	25.87	17.30
1953	8.57	25.86	17.21
1954	9.25	26.27	17.76
1955	8.66	25.71	17.19
1956	8.26	25.70	16.98
1957	8.70	26.29	17.49
1958	9.31	24.59	16.95
1959	8.81	24.76	16.79
1960	8.49	25.83	17.16
1961	8.36	25.39	16.87
1962	8.20	25.58	16.89
1963	8.38	25.51	16.94
1964	8.43	24.87	16.65
1965	8.23	24.56	16.40
1966	7.48	24.15	15.81
1967	8.30	24.88	16.59
1968	8.51	24.47	16.49
1969	8.76	25.41	17.09
1970	8.04	24.91	16.47
1971	8.40	24.75	16.57
1972	9.05	25.17	17.11
1973	8.53	24.60	16.57
1974	8.10	25.12	16.61
1975	7.89	24.98	16.44
1976	8.13	24.38	16.25
1977	8.49	24.89	16.69
1978	8.17	24.59	16.38
1979	8.23	25.26	16.75
1980	8.60	24.79	16.70
1981	8.82	24.48	16.65
1982	8.88	25.72	17.30
1983	8.24	24.76	16.50
1984	8.52	24.77	16.65
1985	8.82	24.78	16.80
1986	8.45	24.77	16.61
1987	7.81	24.75	16.28
1988	8.08	25.28	16.68
1989	7.74	25.49	16.62
1990	8.51	24.54	16.53
1991	8.22	24.78	16.50
1992	8.16	23.79	15.97
1993	8.28	25.31	16.79
1994	8.68	25.66	17.17
1995	8.84	25.82	17.33
1996	8.14	25.59	16.87
1997	7.53	24.97	16.25
1998	7.80	26.16	16.98

Año/Cuencas	Temperatura (°C)			
	Variable	Min	Max	Promedio
1999		7.22	26.28	16.75
2000		7.98	25.79	16.88
2001		7.95	25.13	16.54
2002		8.17	24.88	16.53
2003		7.99	25.65	16.82
2004		7.28	24.04	15.66
2005		7.46	25.51	16.49
2006		8.02	25.20	16.61
2007		7.85	25.47	16.66
2008		7.20	25.31	16.26
2009		7.78	25.80	16.79
2010		6.83	24.67	15.75
2011		8.29	26.39	17.34
2012		8.56	25.65	17.10

También se realizó el análisis de tendencia aplicando regresión lineal de las temperaturas máximas y mínimas medias anuales, y se obtuvieron las ecuaciones correspondientes.

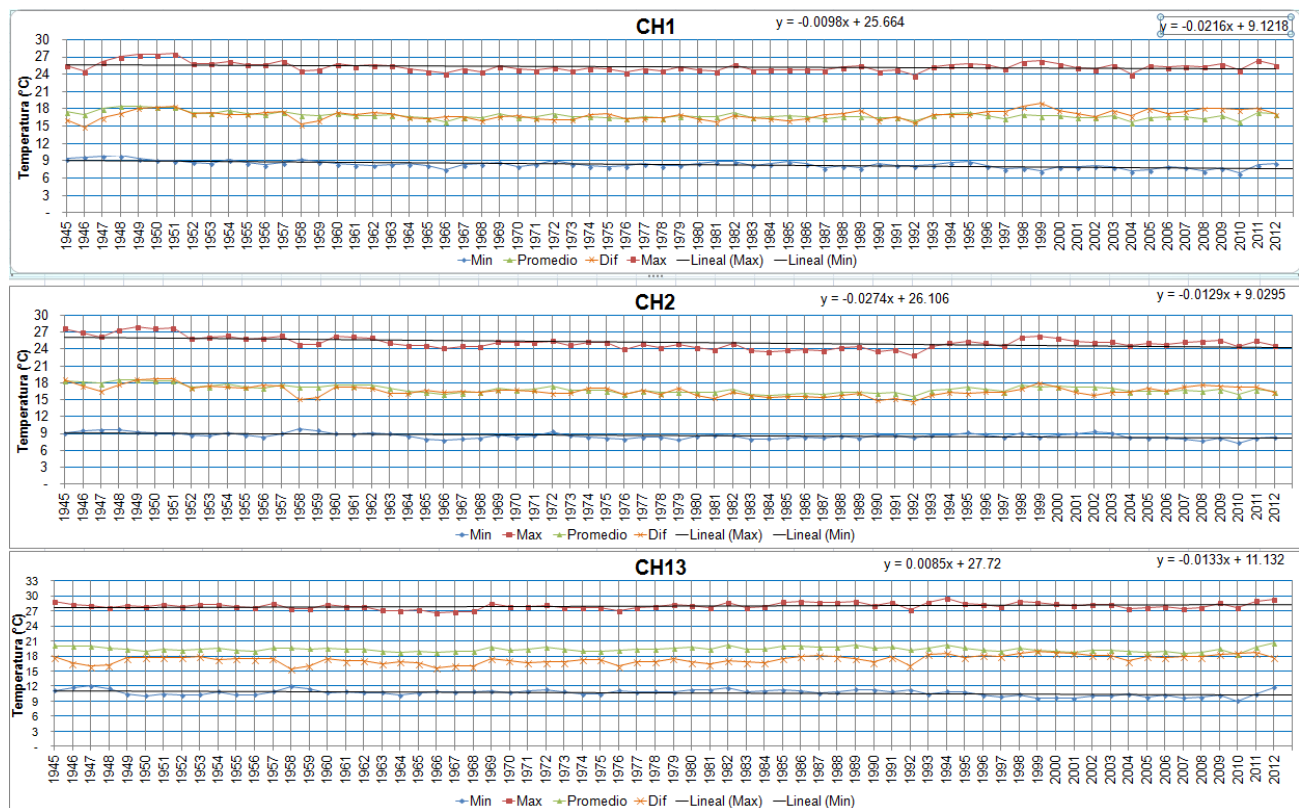


Figura 5.60. Gráfica de temperaturas anuales

En la siguiente figura se muestran las pendientes obtenidas (primer término de la ecuación lineal) de las temperaturas anuales, con este valor se puede tener una primera aproximación del comportamiento histórico a partir de 1945 y hasta el 2012, es decir, se puede visualizar si en este periodo las temperaturas tienden a incrementarse o a disminuir, basados en una regresión lineal.

En el gráfico siguiente, las barras con valores positivos indican que las temperaturas se han incrementado en el periodo analizado, y las barras con valores negativos indican que las temperaturas han disminuido.

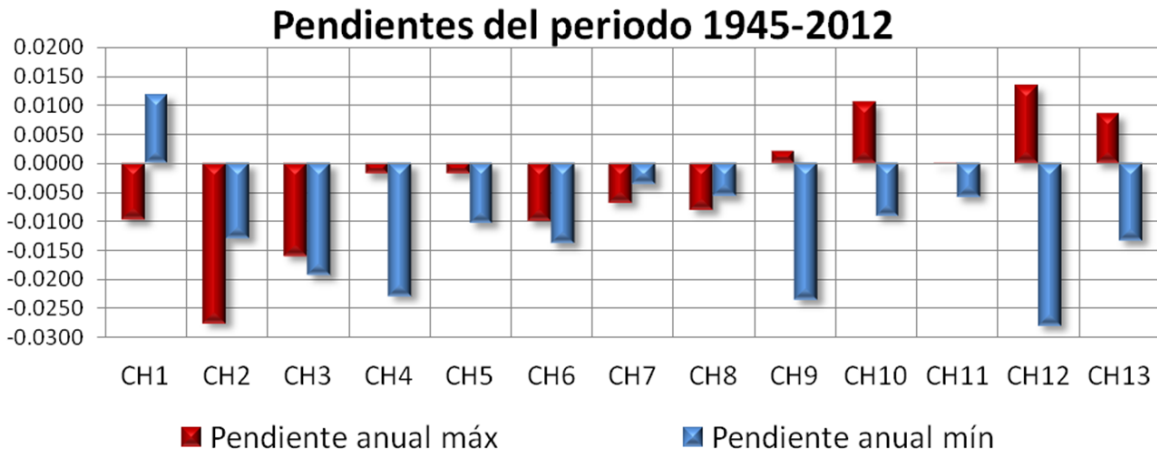


Figura 5.61. Pendientes anuales de temperaturas por cuenca

El análisis anterior se realizó buscando alguna tendencia en el periodo 1945-2012. Sin embargo, se observa una gran **variabilidad** en los datos y **bajo ajuste** con base en los valores registrados.

Los resultados de tendencias anteriores se realizaron con los valores absolutos de las temperaturas máximas y mínimas.

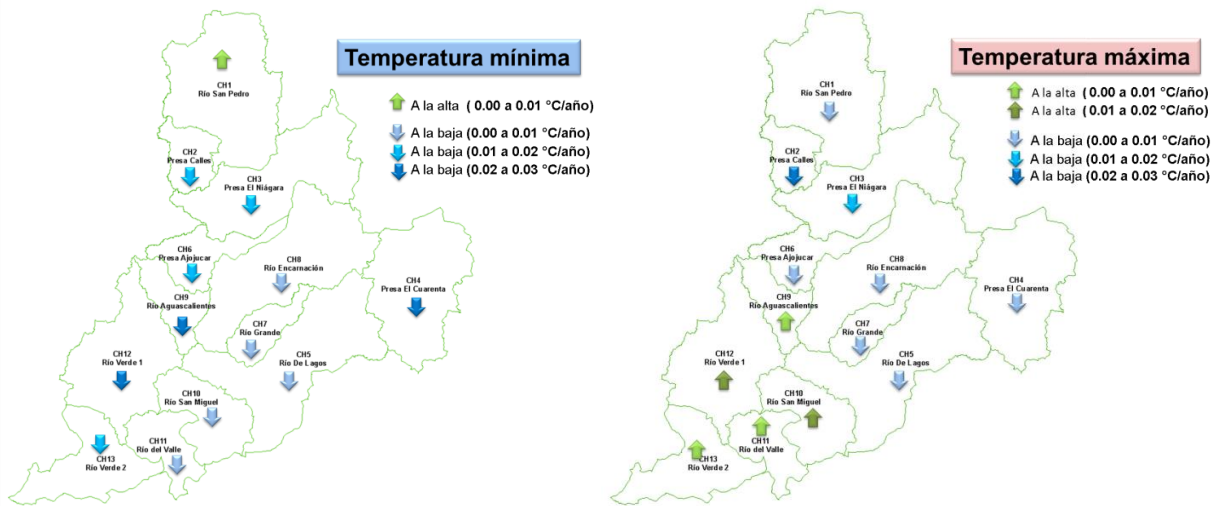


Figura 5.62. Comportamiento de las temperaturas anuales por cuenca (regresión lineal)

Finalmente utilizando la información anterior, se obtuvo la proyección (usando la tendencia lineal) al año 2039 y 2099, ya que estos son los años que se utilizan en los escenarios de cambio climático al futuro cercano (2015-2039) y futuro lejano (2075-2099) que se verán más adelante.

Si aplicamos las pendientes antes obtenidas a los registros históricos, se podría visualizar que se esperan descensos de la temperatura máxima en las cuencas de la 1 a la 8 e incrementos de la 9 a la 13. Sin embargo, para la temperatura mínima, bajo ese mismo esquema, se proyectan descensos en todas las cuencas (1 a 13), particularmente, en la cuenca 12 el descenso podría ser de hasta -3.4°C al año 2099.

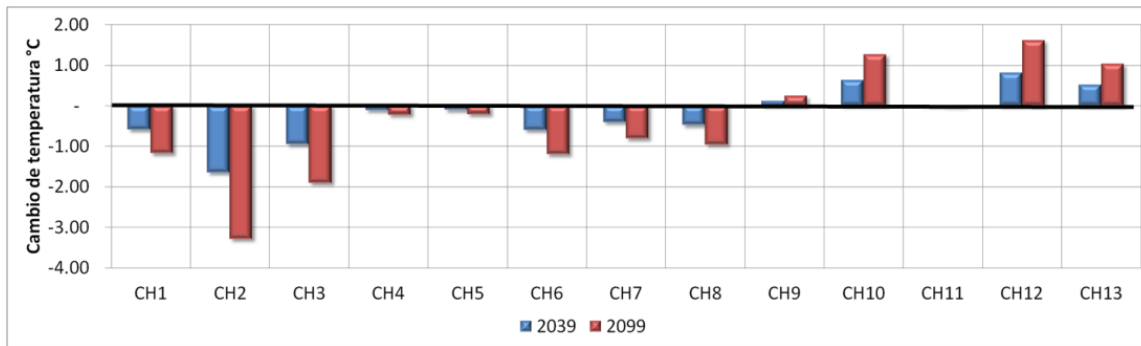


Figura 5.63. Tendencia de temperatura máxima al 2039 y 2099

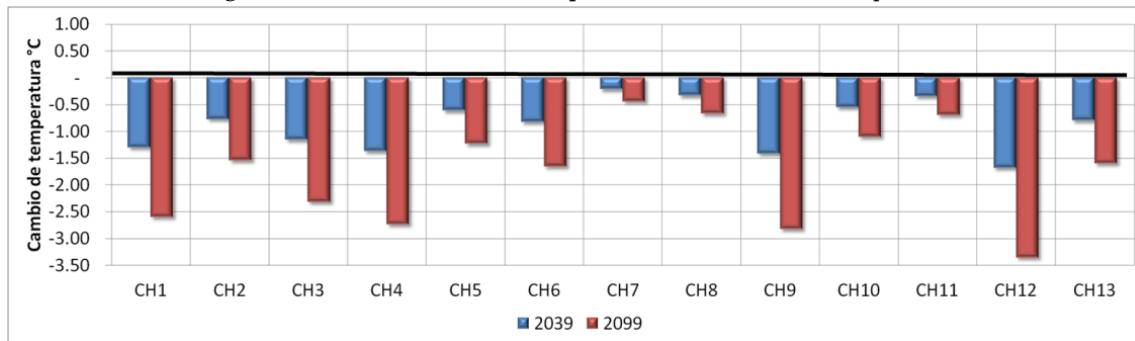


Figura 5.64. Tendencia de temperatura mínima al 2039 y 2099

Es importante mencionar que estos valores proyectados son producto de las ecuaciones de *tendencias lineales con muy bajo grado de ajuste*, debido a la gran *variabilidad* de temperaturas, las cuales no mostraron tendencias significativas.

Precipitación

Para la variable precipitación se procesó la información de la lluvia acumulada anual, generando en cada una de las series una línea de tendencia y su ecuación de regresión lineal (Anexo 3.13).

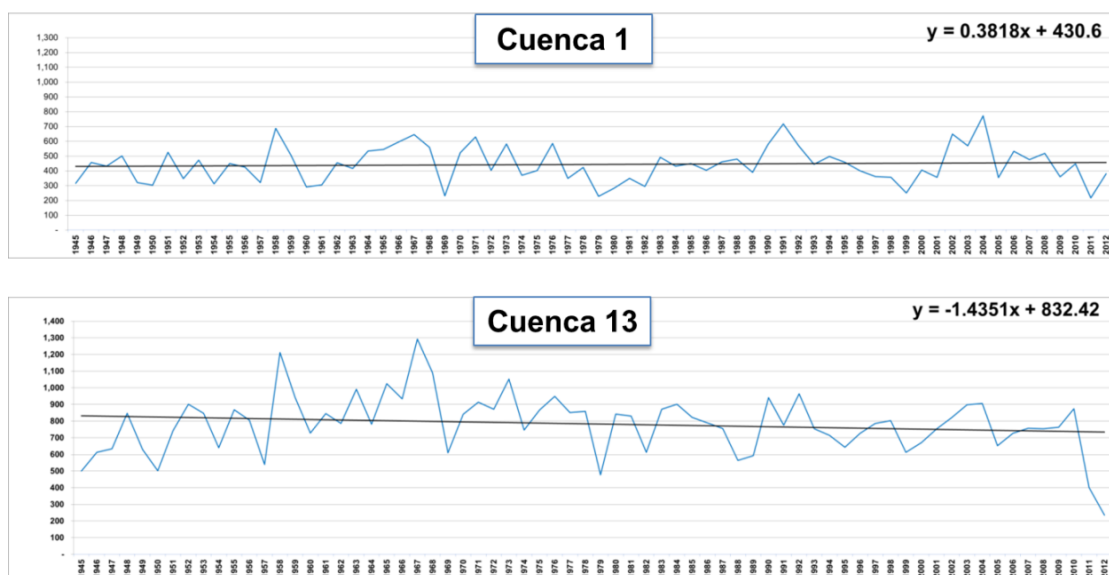


Figura 5.65. Ejemplo de gráficas de precipitación media anual (mm) 1945-2012

De la ecuación generada por regresión lineal, se obtuvo el valor del primer término de la ecuación de las series anuales, esto con el objeto de visualizar la tendencia de la variable. Basados en dicha información se pudo observar que el comportamiento en las cuencas CH1, CH2, CH3, CH6 y CH12 la precipitación tiene una pendiente positiva (incremento en la precipitación) mientras que en el resto es negativa.

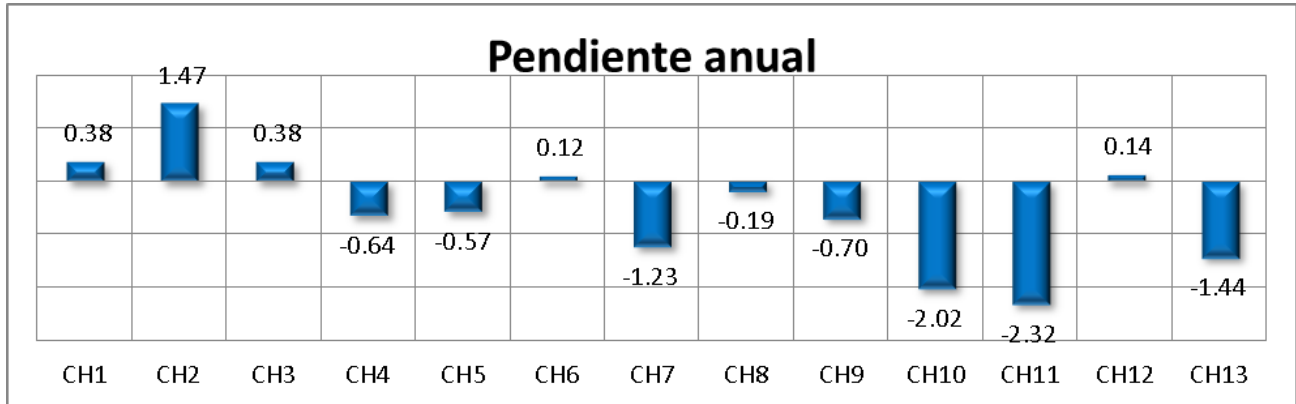


Figura 5.66. Pendiente de precipitación media mensual y anual 1945-2012 (tendencia lineal)

Los valores anteriores se obtuvieron utilizando datos de precipitación media anual.

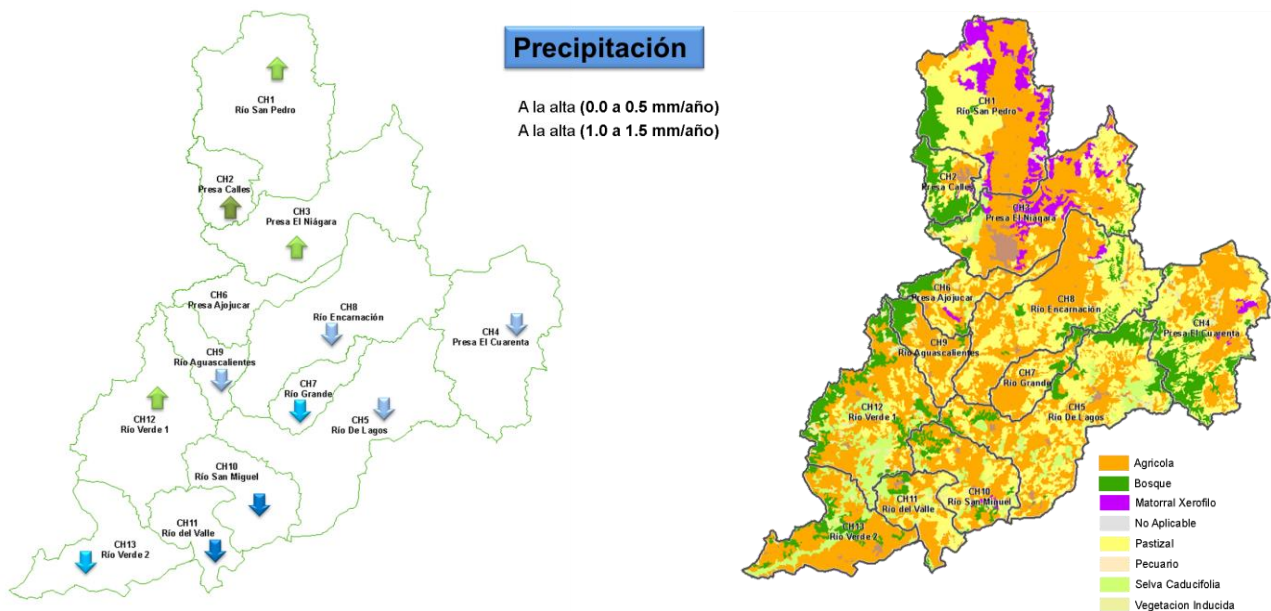


Figura 5.67. Comportamiento de las temperaturas anuales por cuenca (regresión lineal)

Finalmente, utilizando la información anterior, se obtuvo la proyección al año 2039 y 2099 (por regresión lineal), ya que estos son los años que se utilizan en los escenarios de cambio climático al futuro cercano (2015-2039) y futuro lejano (2075-2099) que se verán más adelante. En los siguientes gráficos se aprecia el cambio a los años proyectados (estimados con baja probabilidad de ocurrencia) de la precipitación.

Si aplicamos el resultado del análisis anterior para la precipitación, sólo en las cuencas 1, 2, 3, 6 y 12 se esperarían incrementos en el valor, como se observa en la siguiente figura.

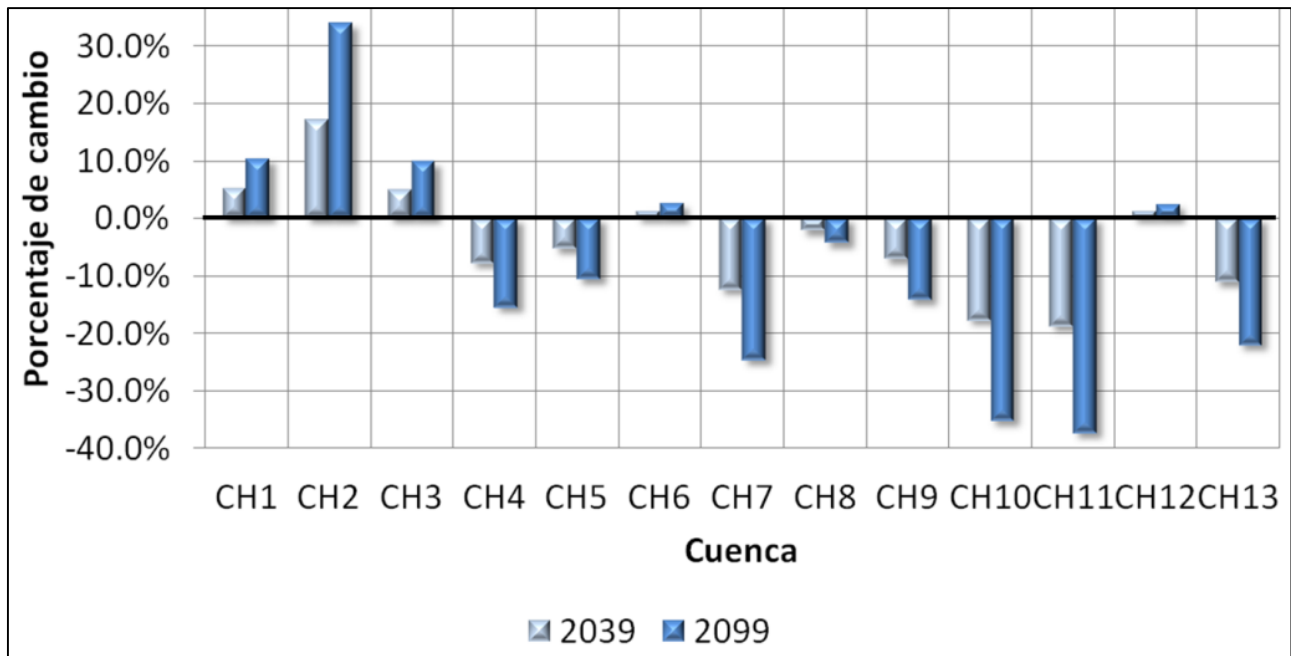


Figura 5.68. Tendencia de precipitación al 2039 y 2099

Es importante mencionar que estos **valores proyectados** son producto de las ecuaciones de tendencias lineales con **muy bajo grado de ajuste**, debido a la gran variabilidad de precipitación, las cuales no mostraron tendencias significativas.

Evapotranspiración

Antes de analizar la evapotranspiración (ET) se debe tomar en cuenta que esta variable permite evaluar o medir en forma conjunta dos fenómenos que son parte del ciclo hidrológico: la evaporación y la transpiración. Además, es conveniente mencionar lo siguiente:

- La evaporación y la transpiración son difíciles de medir por separado. Para los estudios de disponibilidad de agua superficial es de mayor interés conocer la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera, ya que el volumen de agua disponible está dado por lo que llueve menos lo que se evapotranspira.

Existen dos tipos de evapotranspiración: potencial y real, las cuales se describen a continuación.

- La evapotranspiración potencial (ETP) se produciría si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas (suelo húmedo y desarrollo vegetal).
- La evapotranspiración real (ETR) es condicionada por la disponibilidad de agua, cuando ésta es suficiente su valor es el de la ETP; cuando hay déficit hídrico la ETR es inferior a la ETP.

En la NOM-011-CONAGUA-2015 se establece que uno de los métodos indirectos que se puede usar para calcular el volumen por cuenca propia (Cp) es el método de TURC. Por lo que se utilizó para el cálculo de Cp bajo los escenarios de cambio climático ya que toma en cuenta la variación en las temperaturas.

El método de TURC establece que para calcular el volumen por Cp en milímetros se debe obtener la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración dada por la ecuación:

$$E = P - ETR \quad (24)$$

Donde: E = Ecurrimiento específico anual, en mm
 P = Precipitación anual, en mm
 ETR = Evapotranspiración real en la cuenca, en mm

La ETR se calcula con la siguiente expresión:

Si $P > 0.31L$ entonces

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.90 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}} \quad (25)$$

Donde L se obtiene como:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad (26)$$

Donde a su vez: P = Precipitación anual, en mm
 T = Temperatura media, en °C

Si $P < 0.31L$ entonces

$$ETR = P \quad (27)$$

El volumen medio anual de escurrimiento natural (C_p), en m^3 , se obtiene con la expresión:

$$C_p = E A$$

Donde: A es el área de la cuenca, en m^2
 E = Ecurrimiento específico anual, en m

Con el método de TURC se estimó la evapotranspiración real histórica (Anexo 3.13) utilizando la temperatura media (producto de la temperatura máxima y mínima) y la precipitación.

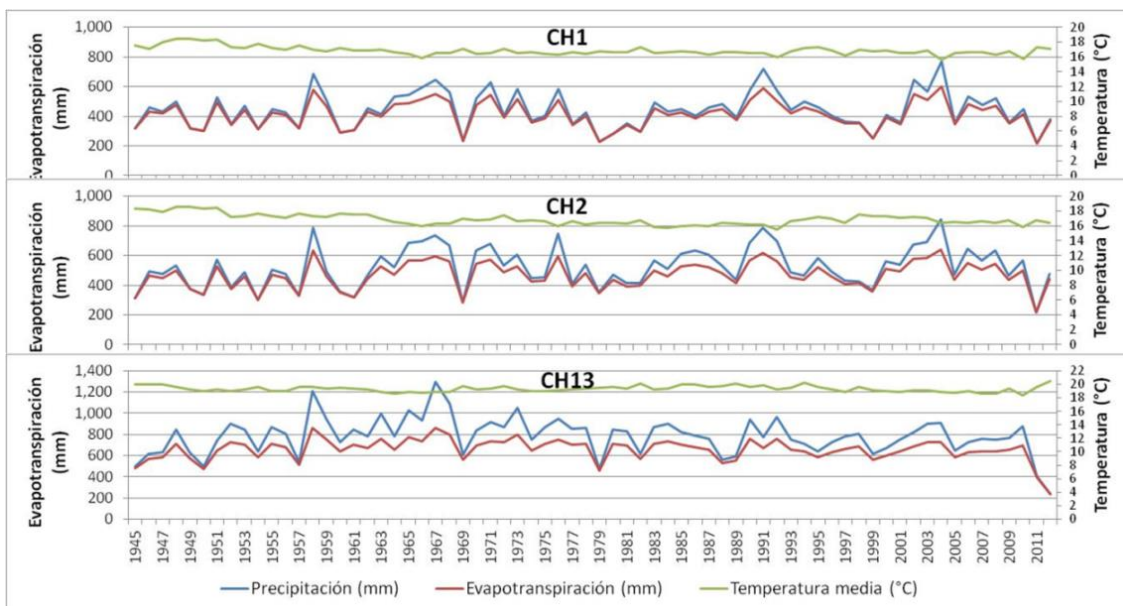


Figura 5.69. Evapotranspiración real en el periodo 1945-2012, método de TURC

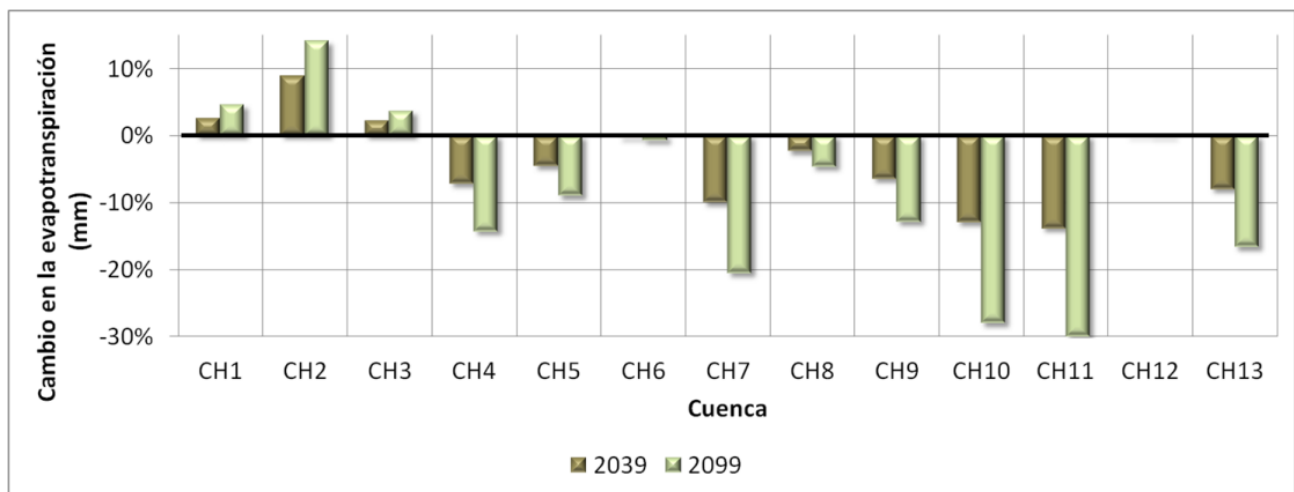


Figura 5.70. Tendencia de evapotranspiración al 2039 y 2099

Finalmente, con los datos obtenidos se realizó una proyección de los registros históricos al año 2039 y 2099, sin embargo al ser la evapotranspiración muy dependiente de la precipitación (dada la forma de la ecuación de TURC) se observa un mismo comportamiento.

Es importante mencionar que estos valores proyectados son producto de las ecuaciones de tendencias lineales con muy bajo grado de ajuste, debido a la gran variabilidad de precipitación y temperaturas, las cuales no mostraron tendencias significativas.

Cuenca propia

Para el cálculo del volumen de cuenca propia (C_p) se obtuvo el valor promedio de precipitación y temperatura media de la serie de registros históricos de 1945 a 2012 y se aplicó la ecuación del método de TURC. Los resultados obtenidos pueden visualizarse en el gráfico siguiente.

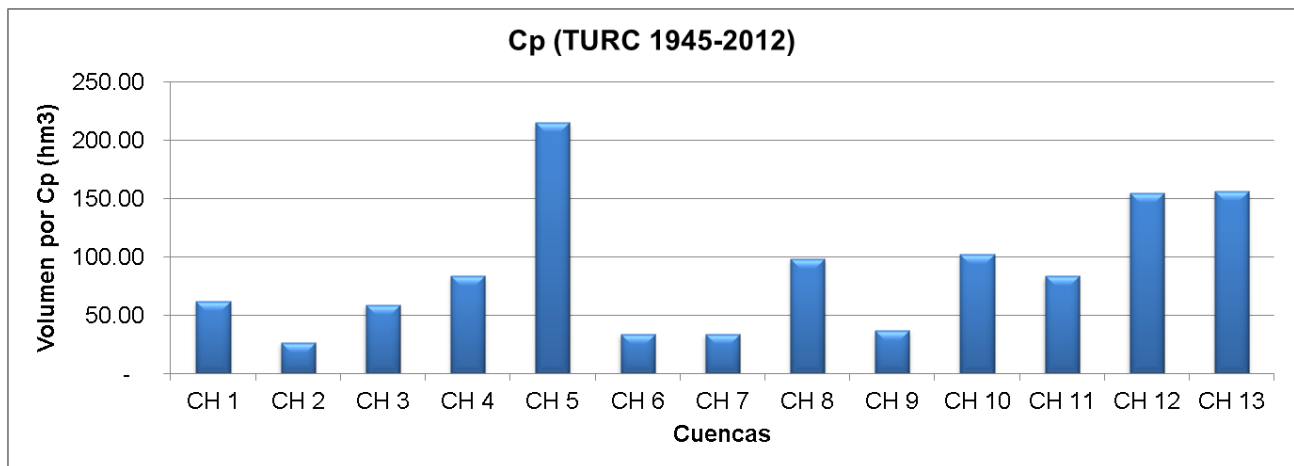


Figura 5.71. Volumen de C_p obtenido por el método de TURC

5.5.2 Cambio Climático

De acuerdo con el *Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, por "cambio climático" se entiende como un **cambio de clima** atribuido directa o indirectamente a la **actividad humana** que altera la composición de la atmósfera mundial y que se **suma** a la **variabilidad natural del clima** observada durante períodos comparables.

Por otra parte, en el *Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, la **variabilidad climática** es definida como las **variaciones** del estado **promedio** y otros datos estadísticos del **clima** en escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos puntuales.

Antecedentes

Como parte de las investigaciones relacionadas al cambio climático en México, se cuenta con el 4° y 5° Reporte Intergubernamental de Cambio Climático. En el 4° Reporte se presenta los cambios en las temperaturas, en el nivel del mar y en la cubierta de nieve del hemisferio norte considerando un periodo de 1850 al 2005 en el cual se aprecian incrementos en la temperatura y en el nivel del mar y decrementos en la cubierta de nieve.

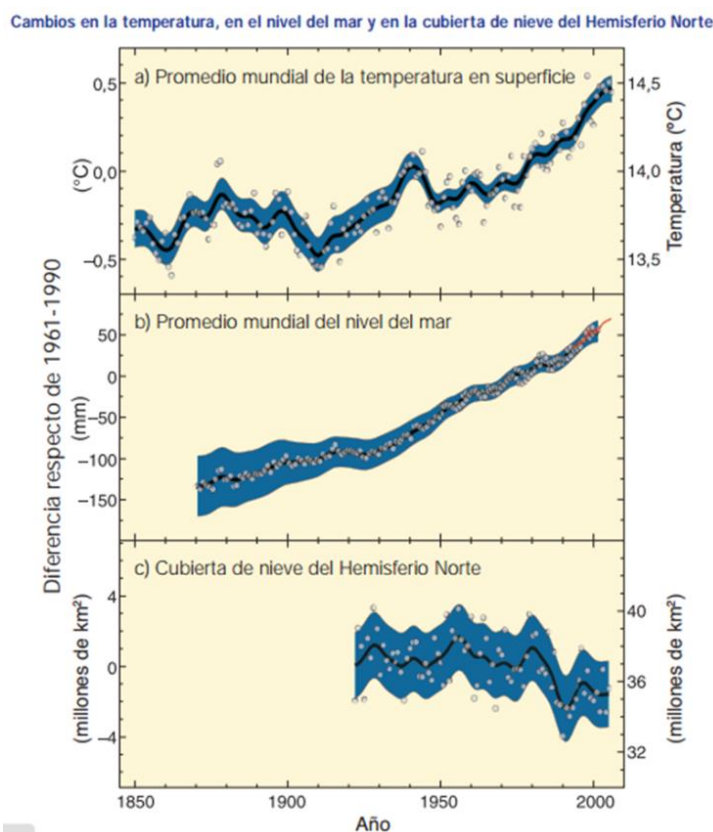


Figura 5.72. Tendencias de temperatura, nivel del mar y cubierta de nieve, 4° reporte de Cambio Climático

En el 5° Reporte se menciona que las condiciones prevalecen, a excepción del incremento en las temperaturas, las cuales a partir de 2000 se estacionaron, es decir, se mantuvieron en el mismo orden de anomalía.

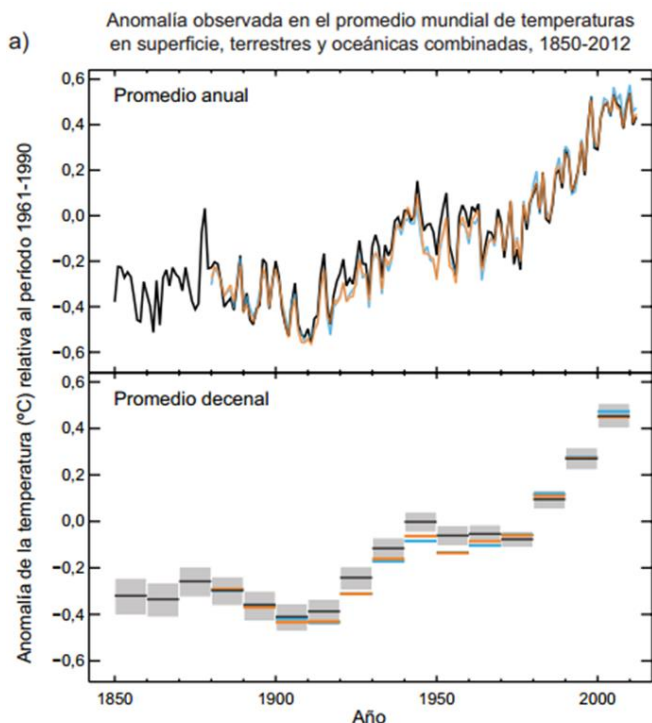


Figura 5.73. Tendencias de temperatura, nivel del mar y cubierta de nieve, 5° Reporte de Cambio Climático

Una de las diferencias observadas en el 4° Reporte con respecto al 5° fue el periodo considerado para la obtención de las anomalías a partir de los valores medios. En el 4° Reporte las anomalías se obtuvieron en el periodo 1980-1999 y en el 5° en el periodo 1961-2000.

Tomando en cuenta lo anterior y considerando que en el presente estudio se contaba con información histórica del periodo de 1945 a 2013, se realizó el ejercicio de obtener las tendencias (pendientes) de los registros históricos de la temperatura media usando datos del periodo 1961-2000.

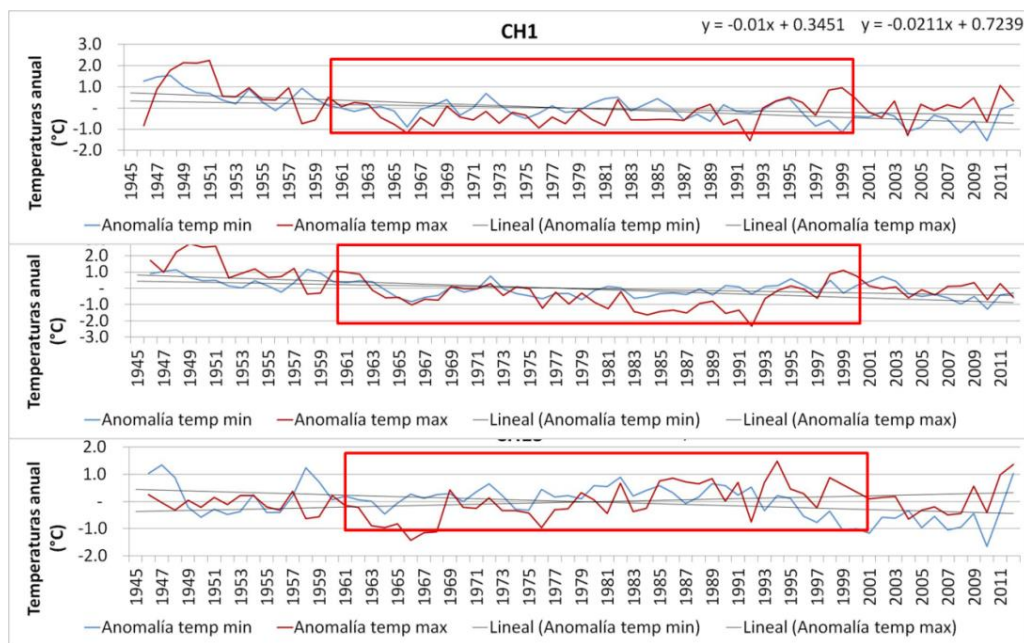


Figura 5.74. Datos del periodo 1961-2000 para obtención de pendientes de temperatura

Al comparar los resultados, se observó que las pendientes cambian, esto es, al cambiar el periodo de análisis de 1945-2012 a 1961-2000 las pendientes se invierten o disminuyen, presentándose ahora, en la mayoría de los casos, pendientes positivas.

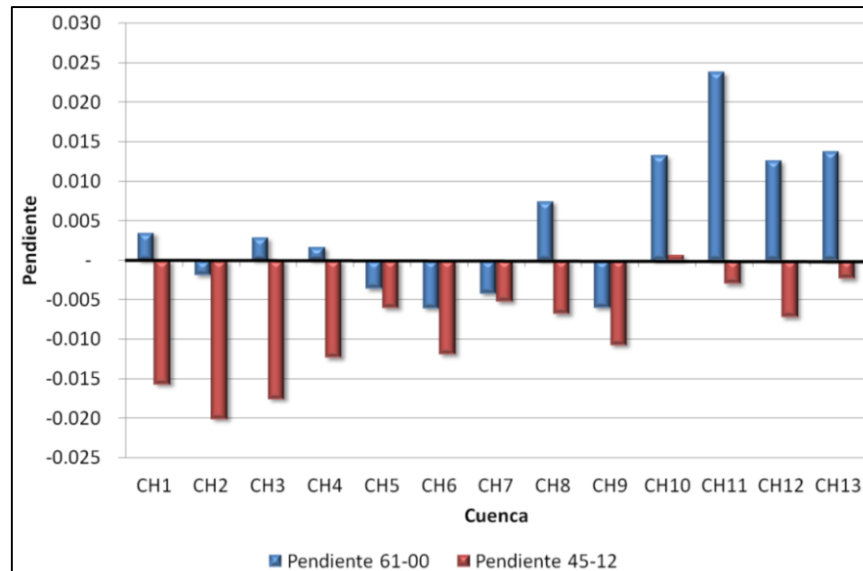


Figura 5.75. Pendientes de temperatura media, periodos 1961-2000 y 1945-2012

En virtud de lo anterior, se puede mencionar lo siguiente:

Las proyecciones dependen del punto de partida:

- Si partimos del periodo 1945-2012, las tendencias en las temperaturas anuales, en la mayoría de las cuencas son negativas.
- Si partimos del periodo 1961-2000, las tendencias en las temperaturas anuales, en la mayoría de las cuencas son positivas.

Las gráficas de anomalías en temperaturas mostradas en los resultados de cambio climático parten de 1850, año en el cual finalizó la pequeña edad de hielo que fue un período frío que abarcó desde comienzos del siglo XIV hasta mediados del XIX, poniendo fin a una era extraordinariamente calurosa llamada óptimo climático medieval. Se define como un periodo frío entre 1550 y 1850 con tres periodos particularmente fríos: uno comenzando en 1650, otro en 1770 y el último en 1850.

Antes de iniciar con la exploración de los escenarios de cambio climático se extrajeron algunos fragmentos del documento *El Cambio Climático y el Agua* (Documento técnico VI del IPCC. Junio 2008, <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>) los cuales se mencionan a continuación:

- Los cambios proyectados varían de un modelo a otro.
- Los modelos concuerdan entre sí conforme se disminuye la escala espacial.
- Consideraciones teóricas sugieren que podría ser difícil detectar la influencia del aumento de gases invernadero sobre el promedio de la precipitación.
- En términos espaciales, el cambio, es muy poco uniforme, por ejemplo, durante 1993-2003 el ritmo de aumento fue en algunas regiones varias veces superior al promedio mundial, mientras que en otras los niveles del mar descendieron.

- En los últimos decenios se han observado tendencias decrecientes en los escasos registros de evaporación en cubeta, las tendencias pueden deberse a una disminución de la radiación solar en superficie (en EU, Europa y Rusia) y a un menor número de horas de insolación en China, posiblemente relacionadas con un aumento de la polución del aire y de los aerosoles atmosféricos y con el aumento de la cubierta de nubes.
- Por una parte, una mayor concentración de CO₂, puede reducir la transpiración, ya que los estomas foliares, a través de los cuales tienen lugar la transpiración de las plantas, no necesitan abrirse tanto para absorber la misma cantidad de CO₂ que necesitan para la fotosíntesis. Inversamente, un aumento de las concentraciones de CO₂ puede estimular el crecimiento de las plantas, dando lugar a una mayor superficie foliar y, por consiguiente, a un aumento de la transpiración.
- La incertidumbre asociada a la modelización de varios modos de variabilidad climática y de distribución de la precipitación en términos de episodios intensos o leves sigue siendo grande.
- Sigue habiendo un desajuste entre los resultados a escala de cuenca de captación, que es la más importante para la gestión hídrica.

Escenarios de Cambio Climático

Actualmente en México se están desarrollando escenarios climáticos regionales del periodo histórico y de las proyecciones de 15 modelos de circulación global (MCG) a futuro cercano (2015-2039) y futuro lejano (2075-2099) incorporados en el 5° Reporte de evaluación del IPCC (CICESE, IMTA, CCA-UNAM, INECC).

Se consultó el sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) para descargar la información correspondiente a los escenarios de cambio climático para México en donde se enfatiza que *los datos que se pueden descargar de dicha página son proyecciones climáticas bajo los diferentes escenarios de radiación (RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5), y no pronósticos.*

Un escenario de cambio climático es una proyección a futuro del comportamiento del clima, tomando como base el clima actual y modificando algunas variables que intervienen en este. Estos escenarios **NO son pronósticos climáticos**, cada escenario es una alternativa de cómo se puede comportar el clima futuro.



Figura 5.76. Selección de la malla para la extracción de la información

Existe incertidumbre: emisiones futuras de los gases de invernadero y aerosoles, sensibilidad del clima global y en los cambios climáticos regionales.

Tabla 5.30. Nuevos escenarios RCP utilizados en el estudio

Nombre	Forzamiento radiactivo	Concentración (p.p.m.)	Trayectoria	Modelo que provee el RCP
RCP 8.5	>8.5 Wm ⁻² en 2100	>1,370 CO ₂	Aumentando	MESSAGE (Austria)
RCP 4.5	4.5 Wm ⁻² estable después de 2100	650 CO ₂ estable después de 2100	Estable sin pararse	GCAM (EU)

Fuente: INECC <http://escenarios.inecc.gob.mx/>

La abreviación RCP de los nuevos escenarios significa: Trayectorias de Concentraciones Representativas (RCP, por siglas en inglés). Estos escenarios se dividen en cuatro grupos: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5, que se refieren a la radiación global de energía expresada en W/m².

La información fue transformada a puntos de malla y, con el método IDW, se generó el “raster” correspondiente a la zona, dicho método realiza una interpolación tomando en cuenta los datos de cada punto. Finalmente se obtuvieron los valores medios de las variables (precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima) por cada una de las cuencas en la zona de estudio (Anexo 3.13).

La información media de las tres variables por cuenca se comparó con los registros históricos en dos periodos 1945-2012 y 1961-2000. En los gráficos siguientes se puede observar lo siguiente:

- El valor del CRU es muy cercano a los registros históricos en sus dos periodos,
- El REA histórico dio como resultado valores de precipitación superiores a los registrados por las estaciones convencionales.

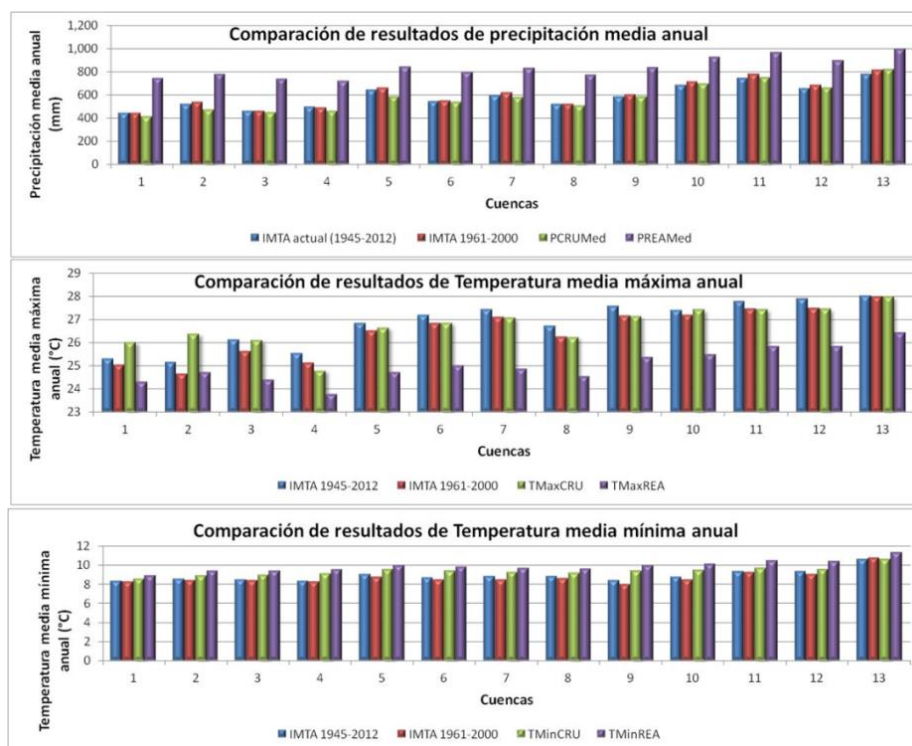


Figura 5.77. Comparación entre registros observados y los obtenidos con los modelos CRU y REA

Para la precipitación se obtuvo el porcentaje de cambio que muestran los diferentes escenarios del REA con respecto al REA histórico (1961-2000) y se aplicó al promedio histórico (1961-2000) registrado por las estaciones convencionales. Para las temperaturas se aplicaron directamente los cuatro escenarios al promedio de 1961-2000 histórico registrado.

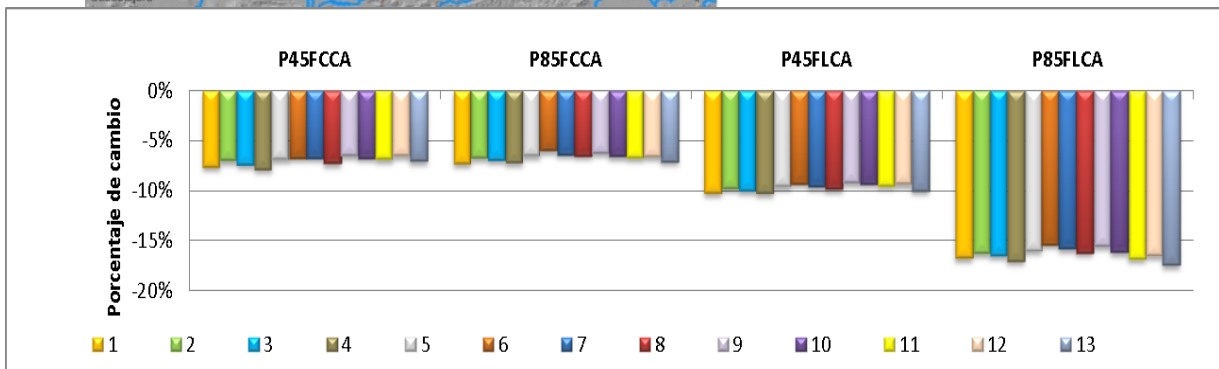
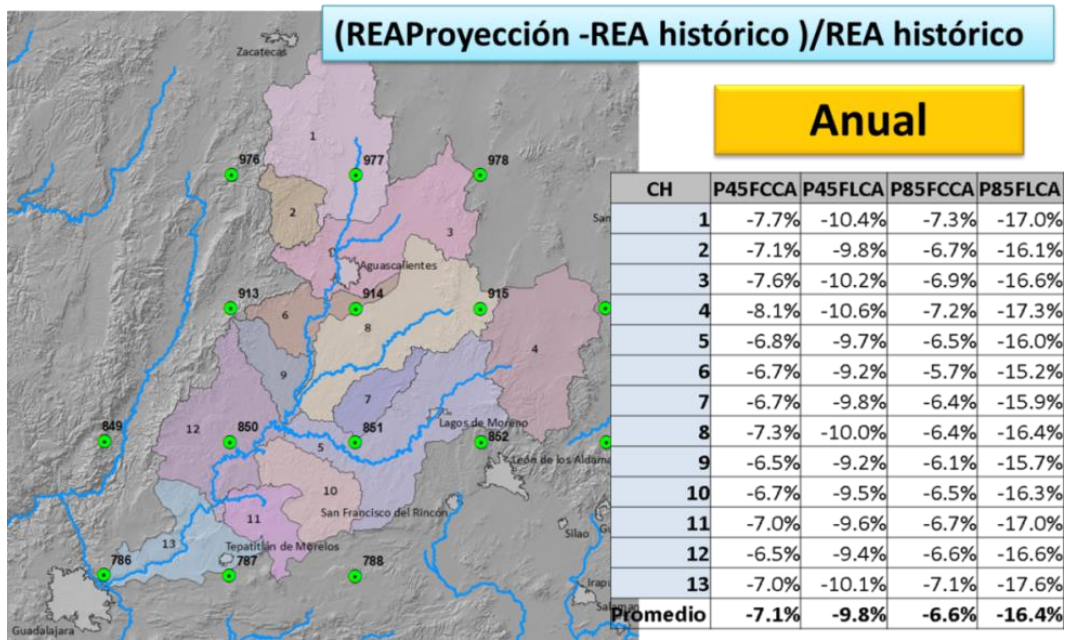


Figura 5.78. Cambio en porcentaje de la precipitación para los diferentes escenarios de cambio climático

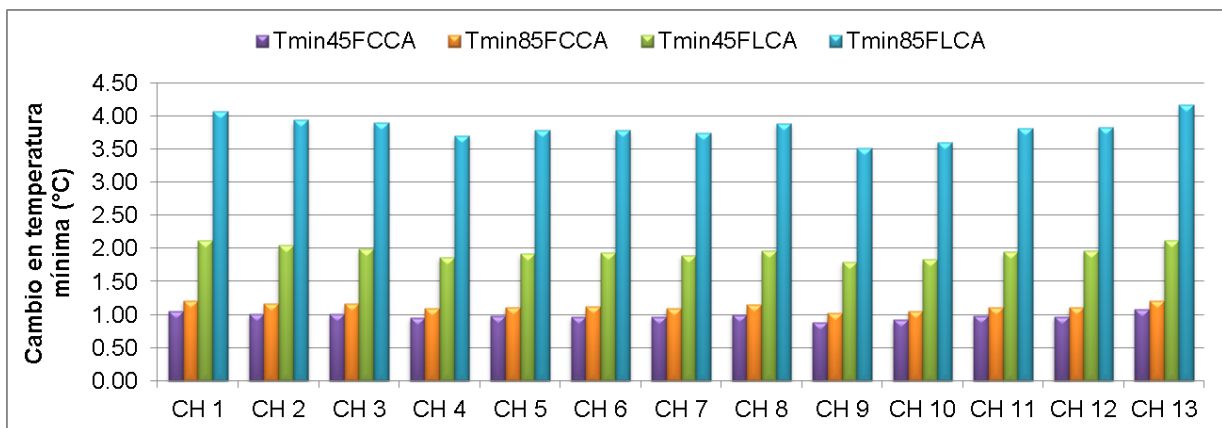


Figura 5.79. Cambio de la temperatura mínima por cuenca para los dos escenarios, futuro cercano y futuro lejano. Por ejemplo, 45FC significa escenario 4.5 W/m² futuro cercano

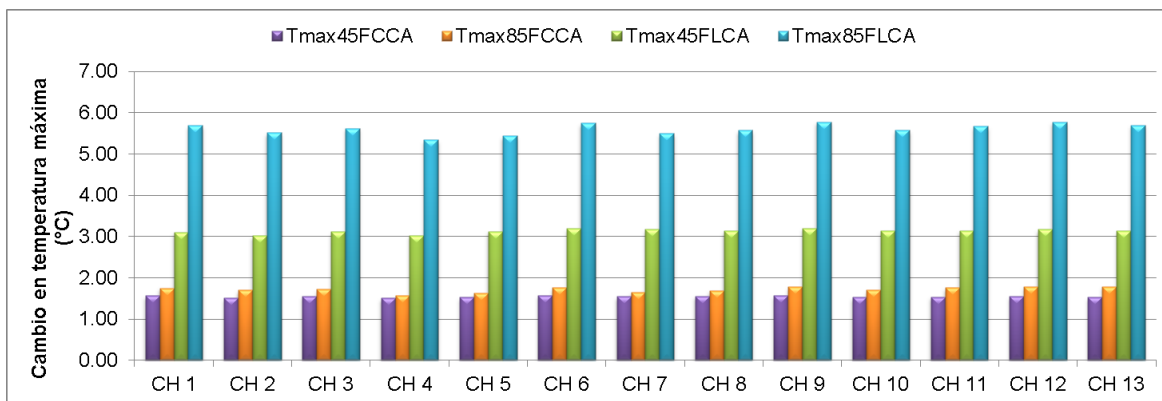


Figura 5.80. Cambio de la temperatura máxima por cuenca para los dos escenarios, futuro cercano y futuro lejano. Por ejemplo 45FC significa escenario 4.5 W/m² futuro cercano

5.5.3 Comparación de registros históricos contra lo proyectado de CC

Se compararon los promedios de los datos históricos registrados por las estaciones convencionales en el periodo 1961-2000 con los obtenidos de los escenarios de cambio climático. A continuación se presentan las comparaciones de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima.

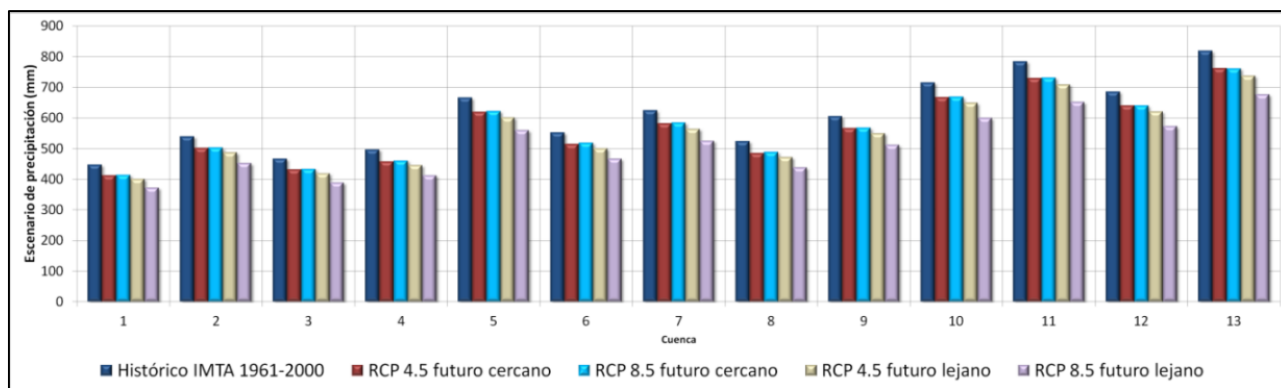


Figura 5.81. Comparación entre escenarios de precipitación y registros históricos

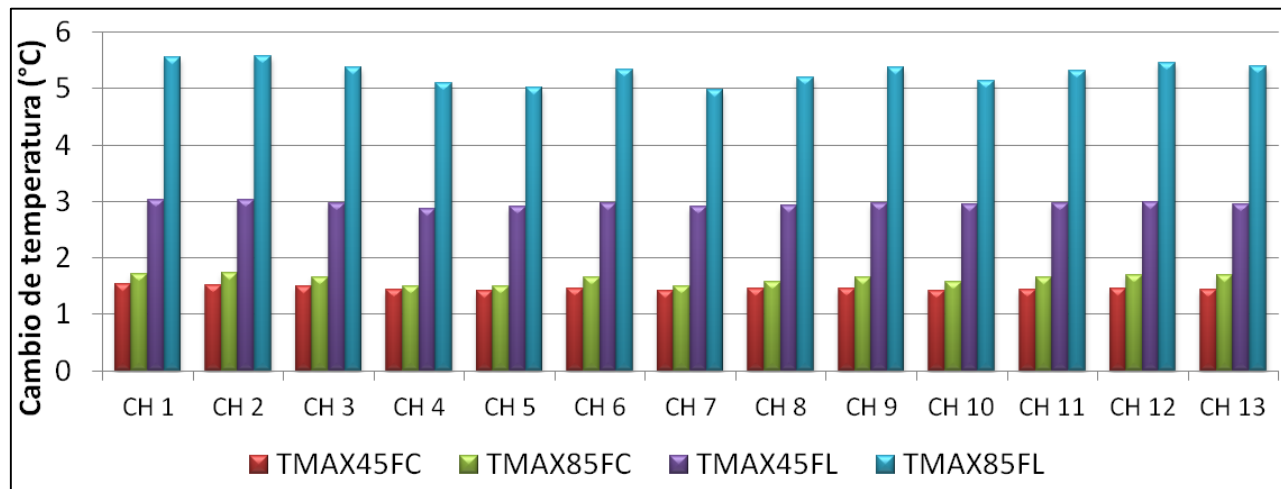


Figura 5.82. Comparación entre escenarios de temperatura máxima, registros históricos y tendencias

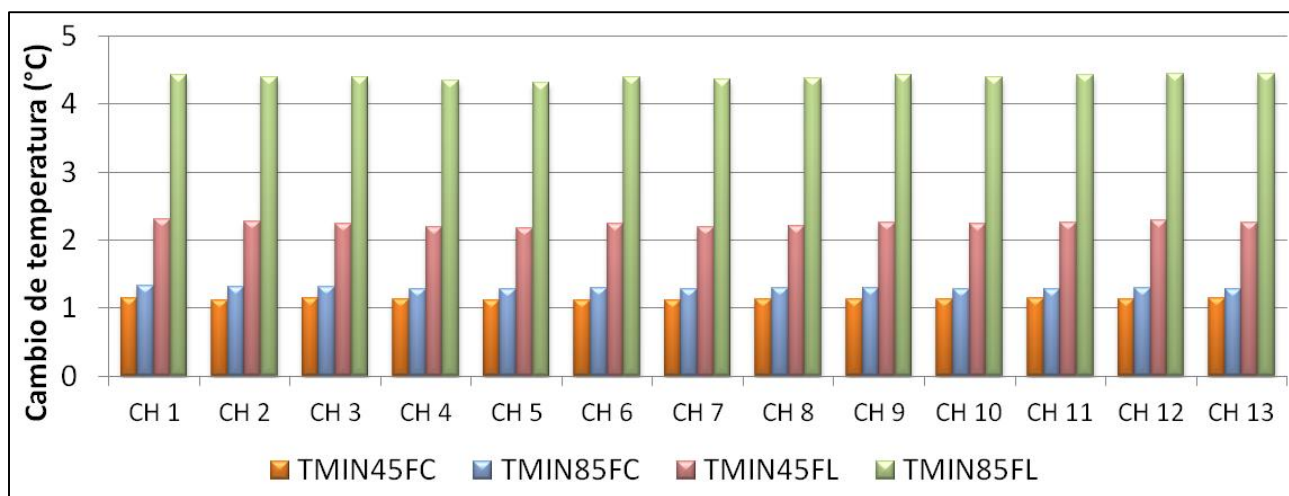


Figura 5.83. Comparación entre escenarios de temperatura mínima, registros históricos y tendencias

5.5.4 Volumen por cuenca propia con escenarios de cambio climático y tendencias históricas

Con los datos de precipitación y temperatura obtenidos utilizando los escenarios de cambio climático se realizó el cálculo de volumen por cuenca propia (Cp) por el método de TURC. Adicionalmente, a los valores obtenidos por tendencia lineal para 2039 y 2099, se le aplicó el mismo método para el cálculo de Cp. En la gráfica siguiente se pueden observar los resultados.

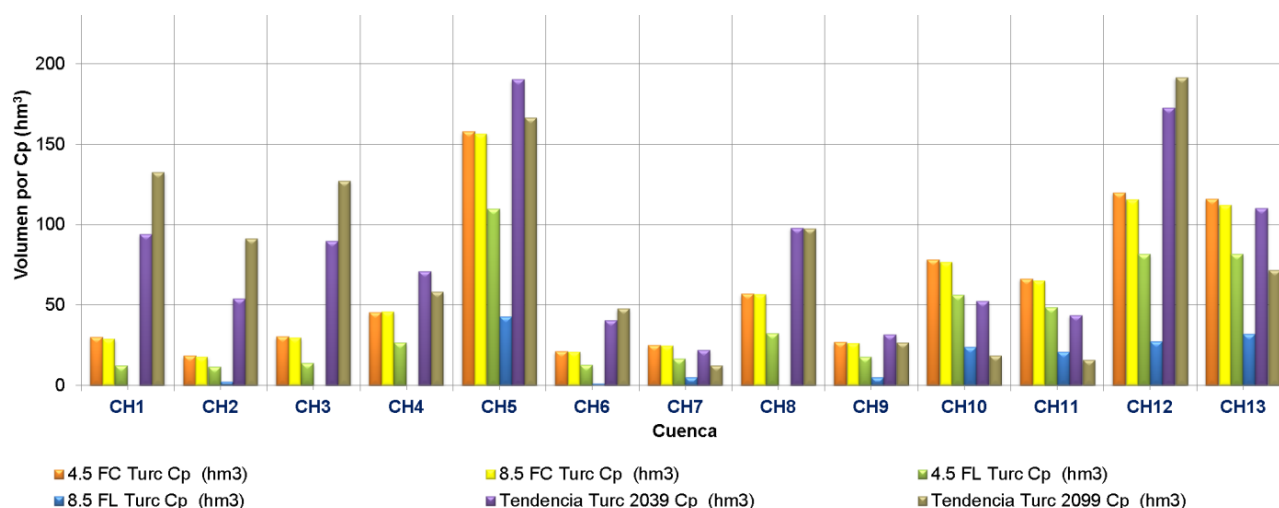


Figura 5.84. Volumen por cuenca propia con escenarios de cambio climático y tendencias históricas

5.5.5 Escenarios de escurrimiento aguas abajo

Finalmente, aplicando la NOM-011-CNA-2000 y suponiendo que las variables de usos, exportaciones, importaciones, retornos, evaporación en vasos y diferencias en niveles de los almacenamientos se mantienen constantes se determinó el volumen de aguas abajo para las 13 cuencas con los escenarios de cambio climático y los registros históricos.

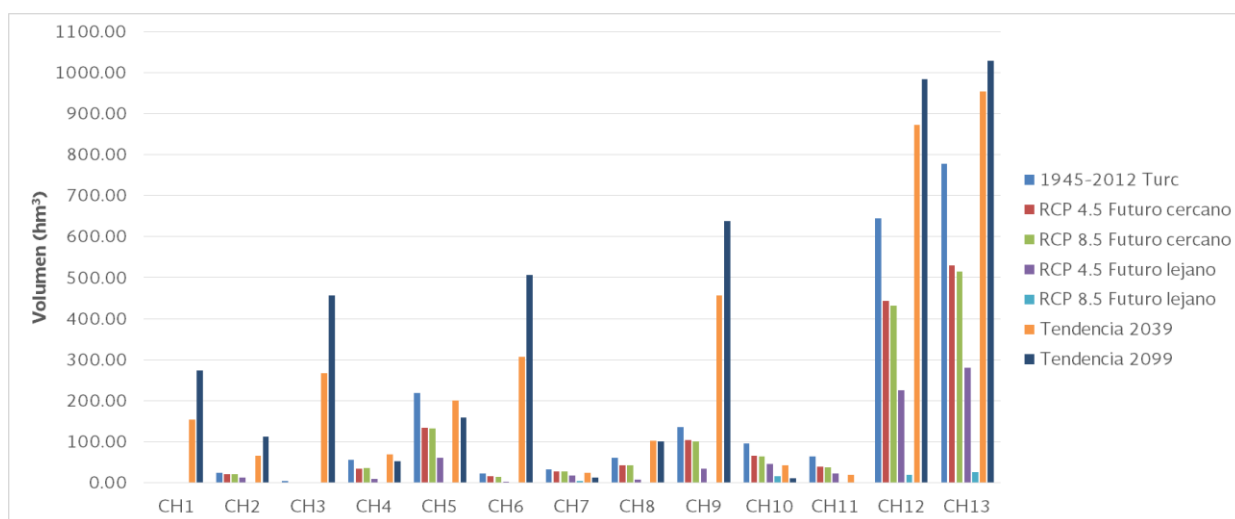


Figura 5.85. Esguerrimiento aguas abajo con escenarios de cambio climático y tendencias históricas

En la gráfica se aprecia que la cuenca 1 no cuenta actualmente con volumen de esguerrimiento aguas abajo (Ab), pero lo mismo para los escenarios de cambio climático (CC). La cuenca 11 que actualmente mantiene un esguerrimiento Ab bajo, con los escenarios de CC desciende a cero hm^3 . Otro punto observable es que en la mayoría de las cuencas con el escenario RCP 8.5 w/m^2 al futuro lejano el volumen de Ab tiende a ser nulo.

Con dicha información se obtuvo el volumen de salidas de la cuenca (U, Ev, Ex y DV) y las entradas (Cp, Ar, R e Im) y con base a ellas se calculó el porcentaje del exceso de agua o falta de esta que se presentaría en los diferentes escenarios, incluyendo el cálculo actual y las tendencias.

$$\text{(Entradas - Salidas) / Salidas}$$

Para este ejercicio no se tomaron en cuenta los volúmenes reservados por decreto, los resultados pueden observarse en la tabla siguiente.

Tabla 5.31. Porcentaje de déficit o superávit de los volúmenes de esguerrimiento

Cuenca	Salidas (hm^3)	Turc (1945-2012)	RCP 4.5 Futuro cercano	RCP 8.5 Futuro cercano	RCP 4.5 Futuro lejano	RCP 8.5 Futuro lejano	Tendencia 2039 al	Tendencia al 2099
CH1	95.51	-2%	-10%	-14%	-55%	-91%	>100	>100
CH2	19.73	>100%	>100%	>100%	62%	3%	>100	>100
CH3	61.90	6%	2%	0%	-47%	-89%	>100	>100
CH4	30.06	>100%	>100%	>100%	30%	-91%	>100	>100
CH5	58.41	>100%	>100%	>100%	>100	-20%	>100	>100
CH6	16.51	>100%	94%	84%	14%	-80%	>100	>100
CH7	1.72	>100%	>100%	>100%	>100	>100	>100	>100
CH8	41.02	>100%	>100%	>100%	20%	-93%	>100	>100
CH9	18.91	>100%	>100%	>100%	>100	-27%	>100	>100
CH10	6.56	>100%	>100%	>100%	>100	>100	>100	>100
CH11	27.93	>100%	>100%	>100%	83%	-2%	69%	-18%
CH12	29.04	>100%	>100%	>100%	71%	-68%	>100	>100
CH13	28.43	>100%	>100%	>100%	>100	27%	>100	>100

Por otro lado, incorporando los volúmenes reservados de los decretos al cálculo de escurrimiento hacia aguas abajo, se puede observar que los valores cambian, lo que se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 5.32. Porcentaje de déficit o superávit de los volúmenes de escurrimiento

Cuenca	Salidas actual	1945-2012 Turc	RCP 4.5 Futuro cercano	RCP 8.5 Futuro cercano	RCP 4.5 Futuro lejano	RCP 8.5 Futuro lejano	Tend 2039	Tend 2099
CH1	95.51	-2%	-10%	-14%	-55%	-91%	>100	>100
CH2	19.73	>100%	>100%	>100%	62%	3%	>100	>100
CH3	61.90	6%	2%	0%	-47%	-89%	>100	>100
CH4	30.06	>100%	>100%	>100%	30%	-91%	>100	>100
CH5	58.41	>100%	>100%	>100%	>100	-20%	>100	>100
CH6	16.51	>100%	94%	84%	14%	-80%	>100	>100
CH7	1.72	>100%	>100%	>100%	>100	>100	>100	>100
CH8	41.02	>100%	>100%	>100%	20%	-93%	>100	>100
CH9	18.91	>100%	>100%	>100%	>100	-27%	>100	>100
CH10	6.56	>100%	>100%	>100%	>100	>100	>100	>100
CH11	65.78	41%	1%	0%	-22%	-58%	-28%	-65%
CH12	148.88	>100%	>100%	>100%	55%	-68%	>100	>100
CH13	375.33	73%	7%	3%	-56%	-90%	>100	>100

Es importante mencionar que los escenarios son situaciones posibles que se pueden presentar en un futuro, en los cuales existe incertidumbre en relación con las emisiones futuras de los gases de invernadero y aerosoles, sensibilidad del clima global y en los cambios climáticos regionales. Por lo cual hay que recalcar que dichos escenarios son proyecciones de posibles situaciones y NO son pronósticos.

A continuación se muestran los mapas en los que se puede observar el comportamiento de los escenarios en rango de porcentajes con respecto a las salidas y entradas de cada una de las cuencas y considerando los volúmenes reservados por el decreto de 1997.

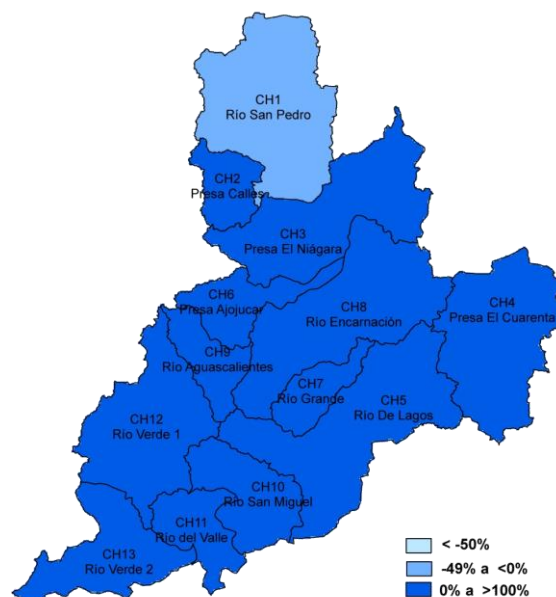
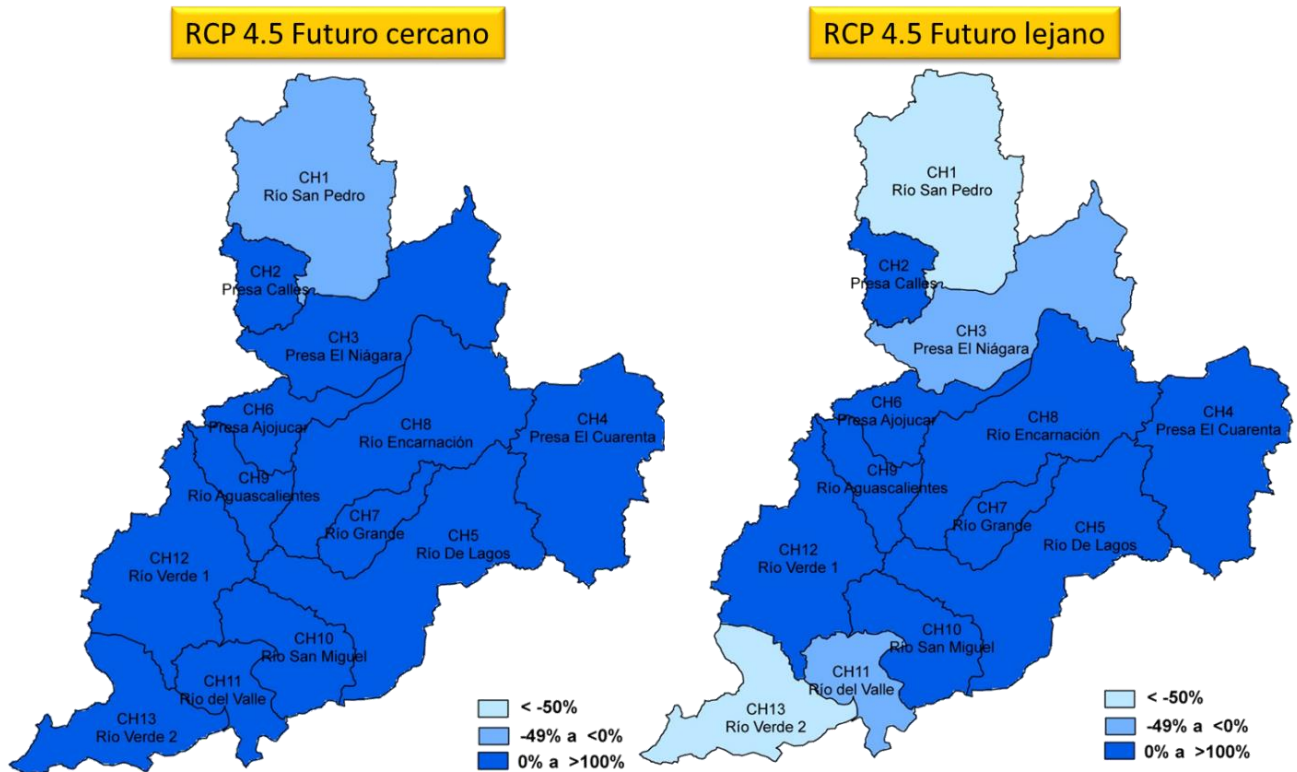
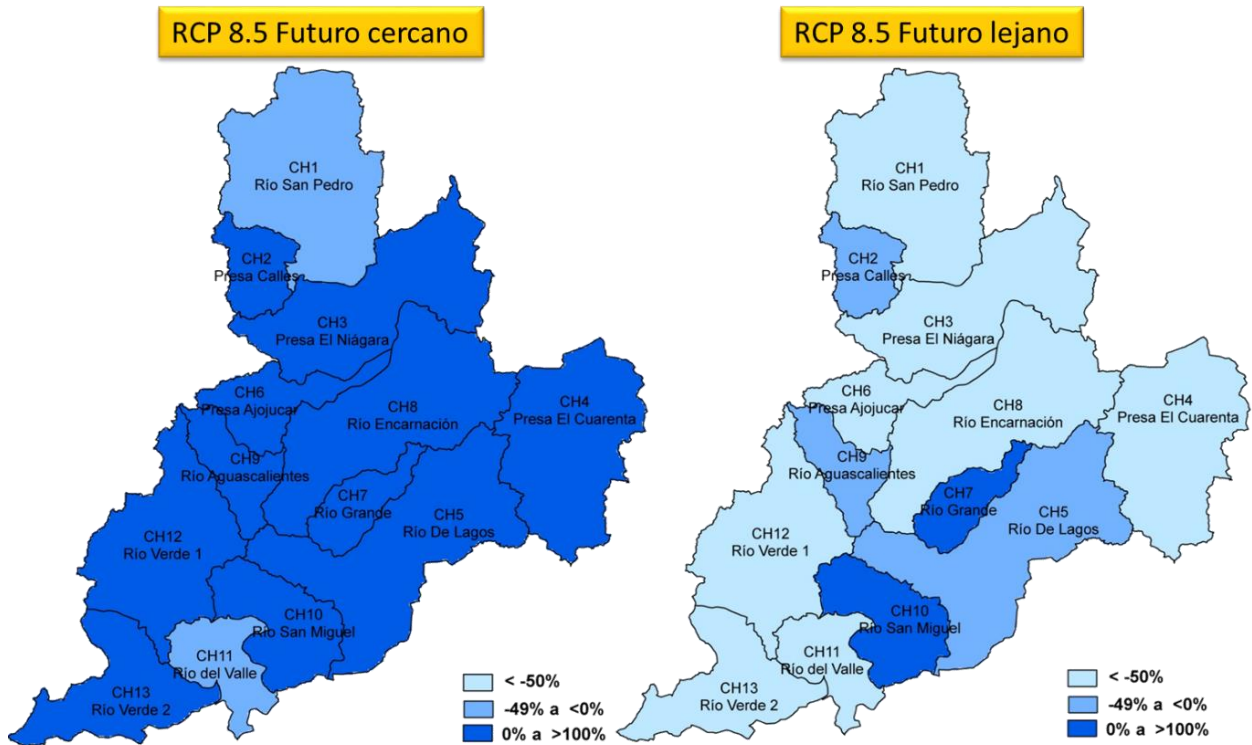


Figura 5.86. Escenario actual (TURC 1945-2012)



Estos escenarios son proyecciones, **NO SON PRONÓSTICOS**

Figura 5.87. Escenario RCP 4.5

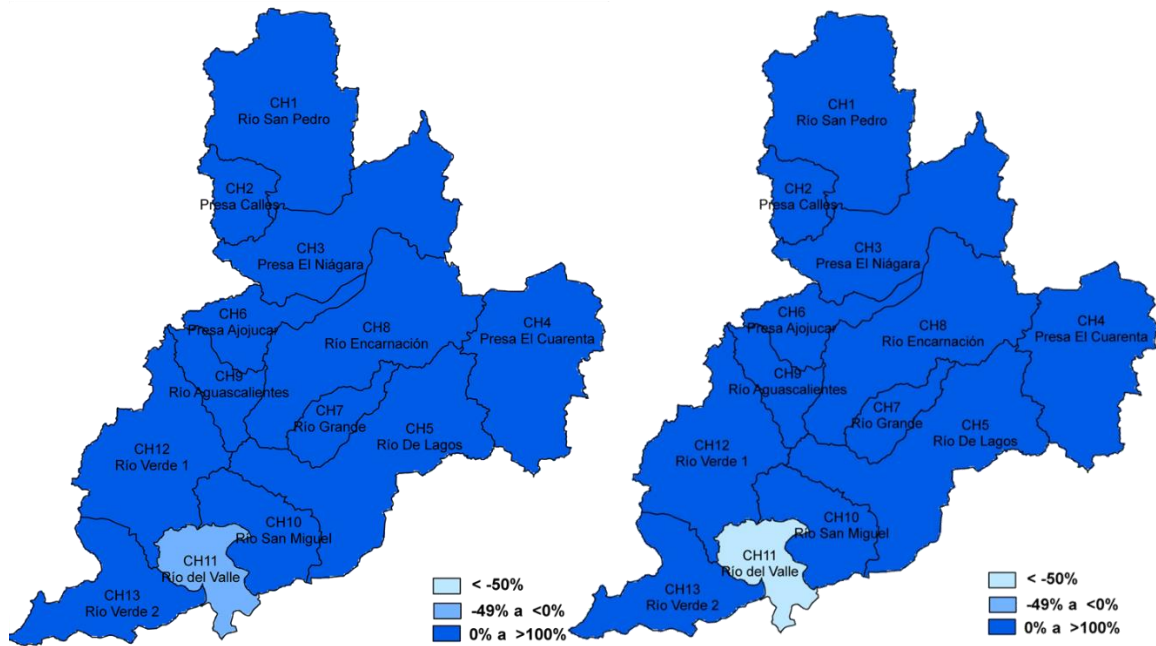


Estos escenarios son proyecciones, **NO SON PRONÓSTICOS**

Figura 5.88. Escenario RCP 8.5

Tendencia a 2039 (regresión lineal)

Tendencia a 2099 (regresión lineal)



Estos escenarios son proyecciones, **NO SON PRONÓSTICOS**

Figura 5.89. Tendencias lineales



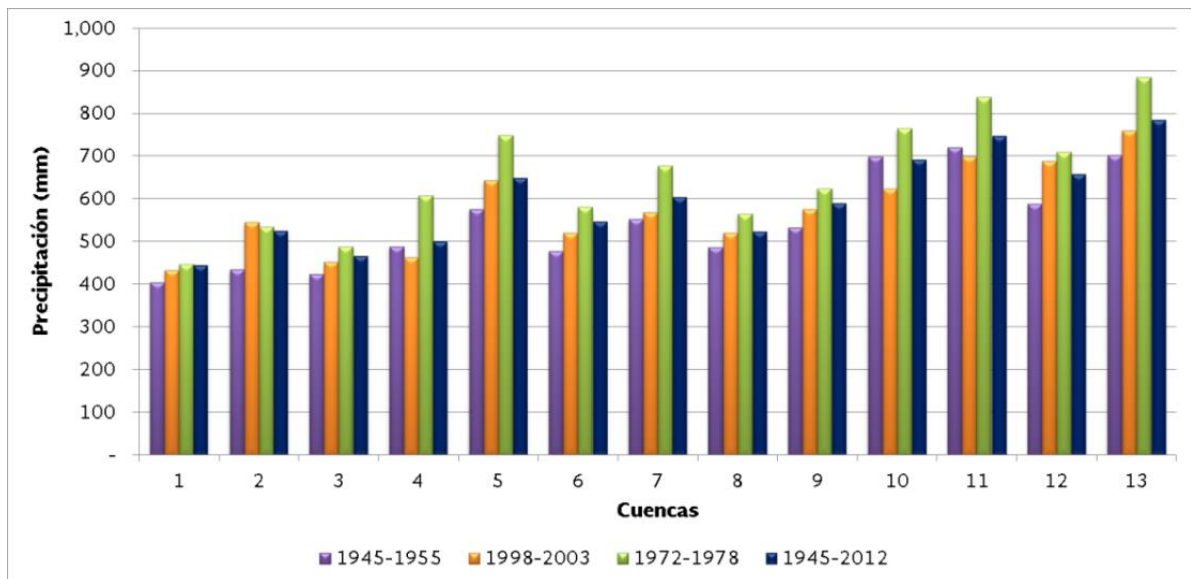
6. Conclusiones y Recomendaciones

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio:

Datos climatológicos

Precipitación

- Dentro del periodo de años de 1945 a 2013 (69 años), se observó que en los periodos de 1945 – 1955 y 1998 - 2003 se presentó escasez extrema, lo que llevó al Lago de Chapala a su peor nivel de los últimos cien años, por otro lado, se identificó que en el periodo 1972 -1978 los valores de precipitación se incrementaron, lo que podría indicar un periodo de abundancia.



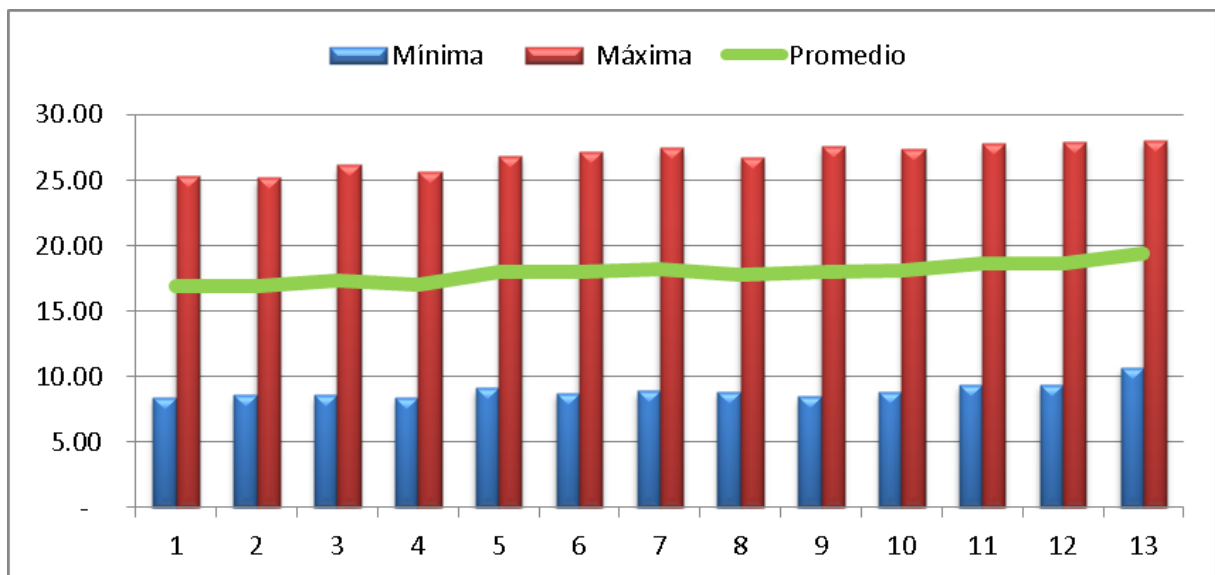
- En la subregión del Río Santiago, se identificaron 253 estaciones climatológicas, de esas aproximadamente la tercera parte se concentra en el estado de Jalisco.
- El uso de los SIGs facilitó realizar aproximadamente millones de procesos para generar más de 25 mil rasters de lluvia diaria mediante el método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted).
- El IDW (Inverse Distance Weighted) tiene la ventaja de suavizar el valor de salida para una celda en el rango de valores que las estaciones auxiliares registran, es decir, no es mayor que la entrada máxima o menor que la entrada mínima, como resultado se obtiene el promedio de la distancia ponderada.
- Comparando los valores de precipitación media anual por cuenca de este estudio y el de disponibilidad (IMTA, 2009), se observa que en éste hay una tendencia a la baja por cada cuenca debido a que el periodo de años analizado es mayor.

Evaporación

- El uso de las imágenes SPOT de la ERMEXNG fue vital para la selección de cuerpos de agua tipo perenne procesadas por el grupo de percepción remota del IMTA en octubre de 2013.
- Una vez identificados los cuerpos de agua, se seleccionaron las presas con la que se contaba con registros de evaporación y se obtuvo la información anual correspondiente al periodo. Para los demás cuerpos de agua se calculó el volumen de evaporación tomando en cuenta la estación climatológica más cercana y aplicando el coeficiente de evaporación de 0.7.
- El volumen de evaporación obtenido a través de los registros de las presas es de 22.94 hm³ para la zona hidrológica del río Verde, el volumen calculado para el resto de los cuerpos de agua es de 64.27 hm³, dando un total de 87.22 hm³ considerados en la zona.

Temperatura

- Para la obtención de temperatura mínima y máxima se utilizó el método de interpolación IDW aplicado a valores diarios registrados en las estaciones climatológicas identificadas en la cuenca del río Verde.
- La cuenca 1 es la que presenta una temperatura media anual más baja con relación a las otras cuencas, siendo de 8.4°, mientras que la cuenca 13 es la que reporta una temperatura máxima de 28°C.



Hidrometría

- Se identificaron 35 estaciones hidrométricas dentro de la zona hidrológica del río Verde.
- En algunas estaciones hidrométricas como en “Las Juntas”, tiene asignada una ubicación incorrecta, dificultando que a simple vista se descarte para el estudio. Por lo que es recomendable revisar los boletines hidrológicos para corregir sus coordenadas geográficas.

-
- Como se ha mencionado en este estudio, el periodo de análisis de 69 años (1945-2013), aunque en la zona estudio, subregión del río Santiago, existen 35 estaciones hidrométricas, solo 5 de ellas tienen datos con más del 85% de información y la mayoría se ubican lejos de la salida de la cuenca. Para este estudio se seleccionaron 8 estaciones con más del 80% de información, distribuidas una en la cuenca 2 “Presa Calles” (12378 Presa Calles), dos en la cuenca 3 “Presa El Niágara” (12545 el Niágara III y 12656 el Niágara), dos en la cuenca 4 “Presa el Cuarenta” (12422 Cuarenta II y 12476 km 0+340), una en la cuenca 5 “Río Lagos” (12370 San Gaspar), dos en la cuenca 6 “río Ajojuar” (12358 Ajojuar y 12425 Ajojuar) y una en la cuenca 12 “río Verde” (12504 La Cuña).
 - Los criterios adoptados para completar las series de tiempo se basan tomando en cuenta datos medidos, es decir, datos aforados y en algunos casos se reagruparon cuencas para aplicar el método de continuidad.

Variación de volumen DV

- Para la obtención de la variación de volumen, se identificaron 6 presas localizadas en las cuencas: CH2 (Elias Calles y Cincuenta aniversario), CH3 (El Niágara y Abelardo Rodríguez), CH4 (El cuarenta) y la CH 12 (El Estribón).

Importaciones (Im) y exportaciones (Ex)

- La exportación de la cuenca 12 “río Verde” hacia la cuenca Lerma de 119.84 hm³ (decreto de reserva de aguas superficiales para uso público urbano, 1997 para la ciudad de León, Gto.) no se consideró en la restitución de series de tiempo porque actualmente no se exporta ese volumen de agua.
- Se consideraron las extracciones de lago de Chapala corresponden a las importaciones de la cuenca 18 “Río Santiago 1” medidas por las estaciones de la Corona, Zapotlanejo y Atequiza.

Cuenca Propia y Aguas Abajo

Como valor del escurrimiento aguas abajo se tomó como base los registros de la presa ubicada a la salida de la cuenca, la cual fue complementada en primera estancia por las estaciones ubicadas en la cercanía de la misma. El volumen de cuenca propia para este tipo de casos se obtuvo aplicando la ecuación de continuidad. En el caso de no contar con mediciones, el escurrimiento se obtuvo utilizando la ecuación de continuidad y por agrupación de cuencas.

Usos de agua y retornos

- La base de datos nacional del REPDA se inició en el año de 1994, en los primeros años la ubicación geográfica de las concesiones era aproximada y con un margen de error significativo, por esta razón fue obligado seleccionar de los 142,988 concesiones (REPDA, 2013) aquellas que se ubicaran en los municipios localizados en la zona de estudio.
- Con los registros, se filtró la localidad, fuente y afluente, y se le asignó su respectiva cuenca. Como resultado se obtuvieron 2,576 pertenecen a la zona hidrológica del río Verde con un volumen concesionado de 298.51 hm³.

-
- De los 298.51 hm³, el 89% corresponde al uso agrícola, es decir, 265.04 hm³, seguido por el público urbano (7%) con 21.48 hm³, pecuario (3%) con 8.18 hm³, servicio (1%) con 2.35 hm³, múltiples con 1.25 hm³, doméstico con 0.18 hm³, industrial con 0.03 hm³, acuacultura con 0.04 hm³
 - En la mayoría de las cuencas del río Verde, el uso de agua predominante es agrícola, sin embargo, en la cuenca 11 “río San Miguel” el principal uso es “público urbano”, debido a que el mayor volumen concesionado para este uso se localiza en el municipio de Valle de Guadalupe con 11.98 hm³ cuya fuente es la Presa el Salto, por el contrario, solo existe una concesión para uso agrícola.
 - El volumen de retorno es de 45.7 hm³, del cual el 58% corresponde al uso agrícola y el 35% al uso público urbano.
 - Se recomienda hacer una revisión exhaustiva de la ubicación (coordenadas geográficas) de las concesiones REPDA con el fin de que la ubicación sea útil para estudios futuros.

Balance hídrico

- El balance en la Cuenca río Verde se realizó ajustando el valor del escurrimiento virgen con la hidrometría, esto puede introducir errores en el escurrimiento virgen, pero el resultado se ajusta cuando se calcula el balance hacia aguas abajo, reproduciendo los escurrimientos aforados.
- Por el contrario, si se calcula el escurrimiento virgen por algún método indirecto, al integrarlo en el balance de aguas arriba hacia aguas abajo no se reproducirían los aforos de las estaciones hidrométricas.
- Se recomienda que el escurrimiento virgen calculado absorba el posible error que sistemáticamente puede introducirse en algunas variables del balance. Estos errores son inevitables por las limitaciones físicas naturales que se tiene en la obtención de mediciones precisas.
- El volumen de agua de las concesiones del REPDA, no necesariamente corresponde al volumen real utilizado, puede ser mayor durante el estiaje y menor en la época de lluvias y en consecuencia el escurrimiento medio anual no corresponda a la realidad.
- El escurrimiento virgen obtenido con el método directo en cuencas agrupadas busca el valor del escurrimiento virgen de las cuencas que integra el grupo. El valor que se le asigna a cada cuenca es el que le corresponde según el resultado de calcular el escurrimiento virgen por algún método indirecto, cuya fuente de datos es la precipitación, las características fisiográficas y el tipo y uso del suelo. De esta manera es posible cuantificar el volumen por cuenca propia y obtener mayor utilidad de la información hidrométrica en la interconexión y balance de las cuencas evitando modificar los volúmenes reservados y sobredimensionar la disponibilidad del agua en la región.
- En el cálculo de balance de agua generalmente las variables que intervienen en la ecuación de continuidad, tienen errores en la medición, captura y/o procesamiento de la información, en algunos casos se compensan, pero en otros, el grado de error es tal que los resultados están fuera de la realidad. En estos casos se analizan y revisan cada uno de los datos del año en cuestión y se ajustan con base en la serie histórica. La herramienta de Excel ayuda a visualizar e identificar de manera inmediata, los valores de mayor orden y los que representan posibles fuentes de error.

- En algunos casos, los resultados obtenidos de cuenca propia por el método directo son menores que los obtenidos por el método indirecto, eso se atribuye a posibles sobre-estimaciones de las variables de salida o sub-estimaciones de las variables de entrada o posibles combinaciones de estas, de cualquier manera. La ventaja de usarlo es para dimensionar la proporción en que se repartirá el volumen de agua por cuenca propia de cada una de las cuencas que integran un sistema de cuencas.
- El ajuste del método directo, también corrige errores de medición que no son deseables, pero que existen. Principalmente en años muy húmedos, el exceso de agua a lo largo del año produce una menor demanda del recurso con el menor uso, el cual no es reportado introduciendo errores en el balance, igualmente para años secos, aunque hay una mayor demanda del recurso, es más probable que no se pueda satisfacer el volumen concesionado por no existir en el sistema el volumen suficiente. En todos los casos es difícil determinar la fuente precisa de esos errores, y los ajustes realizados en las variables para obtener un cierre de balance que no siempre permitirán corregir la fuente de error, además se corre el riesgo de corregir datos que son precisos.
- La mayor recomendación, está relacionada con la hidrometría. En el estudio se descartaron algunas estaciones hidrométricas por tener dudas sobre la precisión de las mismas, el escurrimiento es una de las variables más importantes que puede ser medido y servir de apoyo para tener un cierre de balance exitoso.

Escurrecimiento disponible de agua superficial

Se realizó el cálculo considerando los 504.58 hm³ reservados por decreto (DOF, 1997), los cuales fueron ingresados al cálculo de la siguiente manera: 119.847 hm³ como exportación en la cuenca 12, 37.85 hm³ como usos en la cuenca 11 y 346.90 hm³ en la cuenca 13.

CH	Nombre	Cp	Ar	U	R	Im	Ex	Ev	Δv	Ab
1	Río San Pedro	55.43	37.09	75.13	7.62		16.89	3.49		4.63
2	Presa Calles	39.40		3.74	0.53	16.89		14.10	1.89	37.09
3	Presa El Niágara	52.66	4.63	53.43	6.66			8.25	0.22	2.05
4	Presa El Cuarenta	58.60		25.94	2.75			3.78	0.34	31.28
5	Río de Lagos	131.18	31.28	46.52	5.09			11.89		109.14
6	Presa Ajojuar	38.51	2.05	14.34	1.51			2.17		25.57
7	Río Grande	32.24		1.26	0.16			0.46		30.68
8	Río Encarnación	113.69		26.93	2.86			14.09		75.53
9	Río Aguascalientes	36.64	131.77	16.78	2.69			2.13		152.20
10	Río San Miguel	76.01		4.26	0.70			2.30		70.15
11	Río del Valle	58.91		50.70	9.18			15.08		2.32
12	Río Verde 1	131.75	333.80	24.66	3.17		119.84	4.54	- 0.16	319.83
13	Río Verde 2	189.49	319.83	370.40	5.89			4.93		139.89

Por otro lado, se realizó el cálculo sin considerar reservas, esto se refleja en el volumen de escurrimiento aguas abajo de la cuenca 13, el cual es de 644.47 hm³.

CH	Nombre	Cp	Ar	U	R	Im	Ex	Ev	Δv	Ab
1	Río San Pedro	55.43	37.09	75.13	7.62		16.89	3.49		4.63
2	Presa Calles	39.40		3.74	0.53	16.89		14.10	1.89	37.09
3	Presa El Niágara	52.66	4.63	53.43	6.66			8.25	0.22	2.05
4	Presa El Cuarenta	58.60		25.94	2.75			3.78	0.34	31.28
5	Río de Lagos	131.18	31.28	46.52	5.09			11.89		109.14
6	Presa Ajojuar	38.51	2.05	14.34	1.51			2.17		25.57

CH	Nombre	Cp	Ar	U	R	Im	Ex	Ev	Δv	Ab
7	Río Grande	32.24		1.26	0.16			0.46		30.68
8	Río Encarnación	113.69		26.93	2.86			14.09		75.53
9	Río Aguascalientes	36.64	131.77	16.78	2.69			2.13		152.20
10	Río San Miguel	76.01		4.26	0.70			2.30		70.15
11	Río del Valle	58.91		12.85	9.18			15.08		40.17
12	Río Verde 1	131.75	371.65	24.66	3.17			4.54	- 0.16	477.52
13	Río Verde 2	189.49	477.52	23.50	5.89			4.93		644.47

Cambio Climático

- Antes de utilizar la información derivada de los diferentes escenarios de cambio climático es importante tomar en cuenta que el clima es un sistema complejo, su comportamiento es difícil de predecir y además existen diversos factores que influyen para que éste cambie.
- Con base en lo anterior, los resultados de Cambio Climático no debe basarse en el determinismo, este debe ser tratado como probabilístico, sin perder de vista que el tema “Cambio Climático” aún se encuentra en etapa temprana de estudio por lo que sus resultados no pueden tomarse como verdades absolutas, ya que son escenarios con **baja probabilidad de ocurrencia**.
- Adicionalmente, es importante conocer el comportamiento del clima a través de la historia del lugar, ya que ello ayuda a analizar de manera objetiva cada uno de los escenarios presentados.
- De acuerdo a documentos de IPCC, los modelos concuerdan entre sí conforme se disminuye la escala espacial, por lo que existe un gran desajuste entre los resultados de los modelos a gran escala y los resultados a nivel cuenca (nivel básico para el manejo de los recursos hídrico), por lo que para obtener mejores resultados es necesario realizar estudios de Cambio Climático tomando en cuenta las variables locales. Los modelos no consideran todas las variables que intervienen en el clima.
- De acuerdo al análisis de tendencias decenales aplicadas a la información histórica del periodo 1945-2012, los resultados no muestran un solo sentido de tendencia, por lo que dicha información manifiesta variabilidad climática.
- Por otro lado, al graficar la temperatura media anual del periodo en relación a la precipitación media anual, se puede observar que existe mucha dispersión de los datos, la correlación en la mayoría de las cuencas es menor al 0.5.
- No existe ninguna certeza que ocurrirán las precipitaciones y temperaturas que se proyectan con los modelos de Cambio Climático.
- Finalmente no hay que perder de vista que algunos eventos que suceden en lugares lejanos, podrían afectar el ecosistema en otros lugares, por ejemplo se podría mencionar que hace 13,000 años el desierto del Sahara era una selva, y que actualmente las arenas del Sahara se trasladan al Amazonas aportándole nutrientes como el fósforo.

7. Referencias

IMTA. (2007). Estudio de Actualización de la Disponibilidad y Balance Hidráulico de Aguas Superficiales de la Región Hidrológica No.12 Santiago, utilizando el modelo de datos ArcHydro. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Ramón I. López Hernández, 2015, LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS A LARGO PLAZO EN MÉXICO, ESTIMACIONES DE DEMANDA PARA LOS PRINCIPALES USOS DEL AGUA, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, DOI: 10.13140/RG.2.1.4633.2324, consultado en:

<https://drive.google.com/file/d/0B3PDwVzkimQma05wZS10Sm5YbXM/edit>

Fuentes de información

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- Sistema Estatal de Información Jalisco (*SEIJAL*) o el Instituto de Información y Estadística del Estado de Jalisco (IIEEJ)
- Consejo Nacional de Población (CONAPO)
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).



8. Glosario

Afluente. A instancias de la hidrología se denomina como afluente a aquel río secundario que desemboca en otro considerado como principal. O sea, el afluente no desemboca en un mar sino que lo hace en un río que dispone de una importancia mayor. Ambos se unen en un lugar que se llama confluencia

Aforo: mediciones realizadas en un cauce con el objetivo de obtener datos básicos para calcular el caudal que pasa por una sección transversal del mismo.

Cambio de almacenamiento: incremento o decremento del volumen de agua almacenada en la unidad hidrogeológica en un intervalo de tiempo cualquiera.

Cauce de una corriente: el canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento.

Cauce principal: el canal principal que capta y conduce el agua hasta la descarga de una cuenca.

Caudal base: gasto o caudal que proviene del agua subterránea.

Cuenca hidrológica: el territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. La cuenca, conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión del recurso hidráulico.

Descarga natural: volumen de agua que descarga una unidad hidrogeológica a través de manantiales, vegetación, ríos y humedales, o subterráneamente a cuerpos de agua (mares, lagos y lagunas).

Descarga natural comprometida: fracción de la descarga natural de una unidad hidrogeológica, que está comprometida como agua superficial para diversos usos o que debe conservarse para prevenir un impacto ambiental negativo a los ecosistemas o la migración de agua de mala calidad a una unidad hidrogeológica.

Diversos usos: se refiere a todos los usos definidos en la Ley de Aguas Nacionales, como doméstico, agrícola, acuícola, servicios, industrial, conservación ecológica, pecuario, público urbano, recreativo y otros.

Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica: volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de una unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.

Disponibilidad media anual de agua superficial en una cuenca hidrológica: valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen anual actual comprometido aguas abajo.

Efluente. Un efluente, en hidrología, corresponde a un curso de agua, también llamado distributivo, que desde un lugar llamado confluencia se desprende de un lago o río como una derivación menor, ya sea natural o artificial.

Escurrimiento desde aguas arriba: es el volumen medio anual de agua que en forma natural proviene de una cuenca hidrológica ubicada aguas arriba de la cuenca o subcuenca en análisis.

Escurrimiento natural: es el volumen medio anual de agua superficial que se capta por la red de drenaje natural de la propia cuenca hidrológica.

Evaporación: es el proceso por el cual el agua, en la superficie de un cuerpo de agua natural o artificial o en la tierra húmeda, adquiere la suficiente energía cinética de la radiación solar, y pasa del estado líquido al gaseoso.

Extracción de agua superficial: volumen de agua que se extrae artificialmente de los cauces y embalses superficiales para los diversos usos.

Exportación: es el volumen de agua superficial o subterránea que se transfiere de una cuenca hidrológica o unidad hidrogeológica a otra u otras, hacia las que no drena en forma natural.

Importación: es el volumen de agua que se recibe en una cuenca hidrológica o unidad hidrogeológica desde otra u otras, hacia las que no drena en forma natural.

Parteaguas: límite físico de una cuenca o subcuenca hidrológica, representado por la línea imaginaria formada por los puntos de mayor elevación topográfica, que las separa de las vecinas.

Retornos: son los volúmenes que se reincorporan a la red de drenaje de la cuenca hidrológica, como remanentes de los volúmenes aprovechados en los diferentes usos del agua.

Subcuenca: fracción de una cuenca hidrológica, que corresponde a la superficie tributaria de un afluente o de un sitio seleccionado.

Volumen anual de extracción de agua superficial: cantidad de agua que se debe preservar para satisfacer los derechos de explotación, uso o aprovechamiento de agua asignada o concesionada, y para satisfacer las reservas establecidas conforme a la Programación Hidráulica.

ANEXOS

ANEXO 1

- 1.1 DOF (7 de abril de 1995)
- 1.2 DOF modificado (17 de noviembre de 1997)

ANEXO 2

- 2.1 DOF NOM-011-CNA-2000
- 2.2 DOF NOM-011-CNA-2015

ANEXO 3

- 3.1 Base de datos CLICOM 2013
- 3.2 Precipitación
- 3.3 Evaporación
- 3.4 Temperatura
- 3.5 Base de datos BANDAS 2013
- 3.6 Hidrometría
- 3.7 Variación de volumen
- 3.8 Importaciones y exportaciones
- 3.9 Cuenca propia
- 3.10 Usos y retornos
- 3.11 Aguas arriba y aguas abajo
- 3.12 Escurrimiento disponible
- 3.13 Cambio climático
- 3.14 Shapes

