



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE HIDROCIENCIAS

**CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA Y SIMULACIÓN DEL BALANCE
DE LA CUENCA “TRES VALLES, S.L.P”**

SANTIAGO SÁNCHEZ ORTA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO DE MÉXICO

2010

La presente tesis, titulada: **Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca “Tres Valles, S.L.P.”**, realizada por la alumno: **Santiago Sánchez Orta**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

HIDROCIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



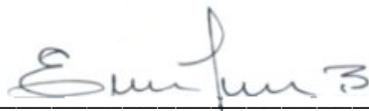
DR. ENRIQUE MEJÍA SAENZ

DIRECTOR:



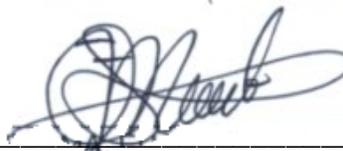
DR. RAMÓN ARTEAGA RAMÍREZ

ASESOR:



MC. ELIBETH TORRES BENITES

ASESOR:



DRA. MA. EUGENIA MIRANDA MARTÍNEZ

Montecillo, Texcoco, México, Julio de 2010

DEDICATORIA DEDICATORIA

A mis queridos padres Guillermo Sánchez Moreno y Ma. Reyna Orta Medina, de quienes siempre he recibido apoyo absoluto e incondicional. Gracias por el amor que siempre me han dado, quienes en todo momento me han brindado su apoyo incondicional y sabiendo que nunca habrá manera de agradecerles la vida que me dieron.

A mis Hermanos, Alfredo, Rocendo y Leticia, por compartir conmigo gran parte de su vida y que gracias a que estuvieron ahí cuando los necesitaba, pude lograr esta meta que cambia el rumbo de mi vida. Por que también han sido mis mejores amigos y sobre todo la gran confianza que se ha recibido de ustedes me han dado la seguridad para seguir adelante. Quiero decirles que son parte de éste logro, y que siempre pueden contar conmigo.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para la realización de estos estudios de maestría, sin el cual no hubiese sido posible la culminación de los mismos.

Al Colegio de Postgraduados por el sustento académico que me brindó durante el desarrollo de mis estudios y que constituyó los cimientos de la presente investigación.

Al Dr. Enrique Mejia Saenz, ejemplo a seguir en los aspectos académicos, científicos y humanos. Gracias por sus atinados comentarios, los cuales me han servido de motivación y compromiso para llevar a feliz término la presente investigación, pero sobre todo gracias por creer en mi persona en los momentos difíciles por los que he pasado en esta institución.

Al Dr. Ramón Arteaga Ramírez, por su apoyo incondicional y comentarios siempre constructivos, en mi desarrollo de mis estudios, los cuales me han servido de motivación para desfallecer en la lucha de la superación personal.

A la M.C Elibeth Torres Benites por su gran paciencia y su valioso tiempo para la conclusión de está investigación.

A la Dra. Ma. Eugenia Miranda Martínez, por su apoyo incondicional y sus valiosos consejos.

Al M.C Agustín Rodríguez González por sus valiosos comentarios en la revisión de la presente tesis, los cuales han servido de manera importante para mejorar la calidad de la misma.

A mis amigos de antaño. A Iván Miguel López, José Sánchez Arellano, Pedro Camacho Martínez, Jesús Rodríguez Rodríguez, Jorge Alejandro De La Torre Hermosillo, Daniel Alvarado García, José Manuel Espinosa Herrera, Carlos David Mejia Saenz y Emanuel Roblero Méndez por su invaluable amistad.

Índice

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	JUSTIFICACIÓN	3
III.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS	4
III.1.	HIPÓTESIS.....	4
III.2.	OBJETIVO.....	4
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA	5
IV.1.	CONCEPTOS GENERALES DE CUENCAS.....	5
IV.1.1.	Características de la cuenca	6
IV.1.2.	Definición de cuencas hidrológicas.....	6
IV.1.3.	Delimitación de la cuenca hidrológica	7
IV.1.4.	Morfología de las cuencas hidrológicas	7
IV.1.4.1.	Parámetros físicos de la forma de la cuenca	7
IV.1.4.1.1.	Forma de la cuenca	7
IV.1.4.1.2.	Área de la cuenca	8
IV.1.4.1.3.	Hidrografía.....	9
IV.1.4.1.4.	Número de orden de las corrientes	9
IV.1.4.1.5.	Relación de bifurcación	10
IV.1.4.1.6.	Densidad de drenaje	10
IV.1.4.1.7.	Densidad de corrientes.....	10
Longitud de flujo superficial.....		12
IV.1.4.2.	Parámetros de relieve de la cuenca.	12
IV.1.4.2.1.	Pendiente media de la cuenca.....	12
IV.1.4.2.1.1.	Criterio de Alvord	12
IV.1.4.2.1.2.	Criterio de Horton	13
IV.1.4.2.2.	Elevación de la cuenca.....	14
IV.1.4.2.2.1.	Método de intersección.....	14
IV.1.4.2.2.2.	Método de la curva hipsométrica.....	15
IV.1.4.2.3.	Pendiente del cauce.....	15
IV.1.4.2.3.1.	Método de relación distancia - elevación.....	16
IV.1.4.2.3.2.	Método de compensación de áreas	16
IV.2.	MODELOS HIDROLÓGICOS	17
IV.2.1.	Definición de modelo hidrológico	17

IV.2.2. Importancia de los modelos	17
IV.2.3. Modelos matemáticos hidrológicos	18
IV.2.4. Objetivos de un modelo hidrológico	18
IV.2.5. Clasificación de los modelos hidrológicos	18
IV.2.5.1. Modelos determinísticos	19
IV.2.5.2. Modelos estadísticos.....	20
IV.2.5.3. Modelos de sistemas.....	21
IV.2.6. Etapas en la elaboración de un modelo hidrológico	21
IV.2.6.1. Identificación.....	21
IV.2.6.2. Calibración.....	21
IV.2.6.3. Validación	22
IV.2.6.4. Límites de aplicación	22
IV.3. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA	23
IV.3.1. Temperatura	23
IV.3.1.1. Temperatura media diaria, $T_{med_{ijk}}$	23
IV.3.1.2. Temperatura media mensual del año k, $T_{med_{jk}}$	23
IV.3.1.3. Temperatura media mensual, T_{med_j}	24
IV.3.1.4. Temperatura media anual del año k, T_{med_k}	24
IV.3.1.5. Temperatura media mensual, $T_{med_{anual}}$	24
IV.3.2. Precipitación	24
IV.3.2.1. Precipitación diaria, Pr_{ijk}	25
IV.3.2.2. Precipitación mensual en el año k, Pr_{jk}	25
IV.3.2.3. Precipitación media mensual, Pr_j	25
IV.3.2.4. Precipitación anual, Pr_k	26
IV.3.2.5. Precipitación media anual, \bar{Pr}_{anual}	26
IV.3.3. Evaporación	26
IV.3.3.1. Evaporación mensual.....	26
IV.3.4. Evapotranspiración	27
IV.3.4.1. Demanda evapotranspirativa	27

IV.4. APLICACIÓN DE LOS MODELOS HIDROLÓGICOS EN CUENCAS	28
IV.5. Software	35
IV.5.1. ArcView 3.2.....	35
IV.5.2. Sistema Generador de modelos Altimétricos (SIGMA)	36
IV.5.3. Descripción del modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool)	36
IV.5.3.1. Aspectos generales del modelo SWAT	36
IV.5.3.1.1. Objetivo del modelo SWAT	38
IV.5.3.2. Componentes del modelo SWAT	39
IV.5.3.2.1. Hidrología	40
IV.5.3.2.1.1. Esguerrimiento superficial	40
IV.5.3.2.1.2. Percolación.....	41
IV.5.3.2.1.3. Flujo lateral subsuperficial.....	41
IV.5.3.2.1.4. Flujo de agua subterráneo	41
IV.5.3.2.1.5. Evapotranspiración	41
IV.5.3.2.1.6. Pérdidas por transmisión	42
IV.5.3.2.1.7. Cuerpos de agua.....	42
IV.5.3.2.2. Clima.....	42
IV.5.3.2.2.1. Precipitación.....	43
IV.5.3.2.2.2. Temperatura del aire y radiación solar	43
IV.5.3.2.2.3. Velocidad del viento y humedad relativa	43
IV.5.3.2.3. Sedimentación	45
IV.5.3.2.3.1. Producción de sedimentos.....	45
IV.5.3.2.4. Temperatura del suelo	45
IV.5.3.2.5. Modelo de crecimiento del cultivo	45
IV.5.3.2.6. Nutrientes	45
IV.5.3.2.6.1. Nitrógeno.....	45
IV.5.3.2.6.2. Fósforo	46
IV.5.3.2.7. Pesticidas	46
IV.5.3.2.7.1. Transporte de pesticidas.....	46
IV.5.3.2.8. Manejo del cultivo	47
IV.5.3.2.8.1. Labranza y residuos	47
IV.5.3.2.8.2. Riego.....	47
IV.5.3.2.9. Componentes de transporte	47

IV.5.3.2.9.1. Transporte de agua en los cauces	47
IV.5.3.2.9.2. Transporte de sedimentos en cauces.....	48
IV.5.3.2.9.3. Transporte de nutrientes y pesticidas en los cauces.....	48
IV.5.3.2.10.Tránsito de agua y sedimentos en almacenamientos	48
IV.5.3.2.10.1.Balance y transporte de agua en almacenamientos	48
IV.5.3.2.10.2.Transporte de sedimentos en almacenamientos	48
IV.5.4. Acervos nacionales de información.....	49
IV.5.4.1. Información geográfica	49
IV.5.4.1.1. Boletines hidrométricos	49
IV.5.4.1.2. Modelos digitales de altimetría del territorio nacional (GEMA)	49
IV.5.4.2. Normales climatológicas provisionales	49
IV.5.4.3. Extractor rápido de información climatológica (ERIC III).....	50
IV.5.4.4. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS)	50
IV.5.5. Interfaces con Sistemas de Información Geográfica	51
V. MATERIALES Y METODOLOGÍA	53
V.1. CARATERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	53
V.1.1. Afluentes que componen la región hidrológica del Panuco.....	54
V.1.2. Regiones fisiográficas del área de estudio.....	56
V.1.2.1. Subprovincia de las Llanuras y Lomeríos	57
V.1.2.2. Subprovincia del Carso Huasteco	57
V.1.2.3. Subprovincia de la Gran Sierra Plegada.....	58
V.1.2.4. Subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales	58
V.1.3. Acuífero.....	58
V.1.4. Características generales de la cuenca	60
V.1.5. Localización geográfica	60
V.1.6. Localización Política	61
V.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO VALLES.....	62
V.3. CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO VALLES ..	71
V.4. VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO EN LA CUENCA.....	81
V.5. DELIMITACIÓN DIGITAL DE LA CUENCA	84
V.5.1. Elaboración del Modelo Digital de Elevaciones, DEM.	84
V.5.1.1. Información digital topográfica	84
V.5.1.2. Generación del DEM.	84

V.5.1.3.	Obtención del DEM en formato Shape.	84
V.5.1.4.	Obtención del DEM en formato Grid.....	85
V.6.	ADAPTACIÓN DEL MODELO SWAT PARA LA SITUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICOS	85
V.6.1.	Elaboración de las bases de datos meteorológicos	85
V.6.2.	Características generales de la cuenca	89
V.6.3.	Características de los suelos.....	90
V.6.4.	Delimitación automática de la cuenca y la hidrográfica	91
V.7.	Análisis morfométrico.....	92
V.8.	Balance hídrico	92
VI.	RESULTADOS.....	95
VI.1.	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA	95
VI.1.1.	Parámetros asociados al área y longitud de la cuenca	95
VI.1.2.	Parámetros asociados al relieve y altitud	101
VI.2.	Simulación del balance hidrológico.....	105
VII.	CONCLUSIONES.....	114
VIII.	RECOMENDACIONES	116
IX.	LITERATURA CITADA.....	117
X.	ANEXOS.....	121

Índice de Cuadros

Cuadro IV.1. Clasificación de las cuencas en base al área.	8
Figura IV.2. Clasificación de los modelos hidrológicos.....	19
Cuadro V.1. Datos de temperatura máxima, que comprende la cuenca	63
Cuadro V.2. Datos de temperatura mínima, que comprende la cuenca	64
Cuadro V.3. Datos de precipitación que comprende la cuenca	65
Cuadro V.4. Tipos climáticos y superficie ocupada en la Cuenca del Río Valles.....	71
Cuadro V.5. Superficie ocupada por orden de suelos en la Cuenca del Río Valles	73
Cuadro V.6. Superficie ocupada por las unidades cartográficas de suelos en la Cuenca del Río Valles. Fuente INEGI, (1982, escala 1:50 000).....	74
A continuación se describen cada una de las subunidades de suelo de acuerdo a sus características más sobresalientes.	78
Cuadro V.7. Tipos de cobertura vegetal y uso de suelo en la Cuenca del Río Valles	82
Cuadro V.8. Variables climáticas de entrada para SWAT	87
Cuadro VI.1. Parámetros generales de la cuenca del Río Valles asociados a la longitud .	98
Cuadro VI.2. Valores asociados a la forma de la cuenca del Río Valles	100
Cuadro VI.3. Valores relacionados al relieve y altitud de la cuenca del Río Valles	103
Cuadro VI.4. Valores calculados para el TC de la cuenca del Río Valles.....	105
Cuadro VI.5. Parámetros más sensibles que afectan los valores del modelo SWAT.....	106
Cuadro VI.6. Promedio anual de valores hidrológicos de la cuenca del río Valles.....	109
Cuadro VI.7. Demanda de agua en la cuenca en m ³ anuales	112
Cuadro VI.8. Demanda de agua a nivel municipio en m ³ anuales	113

Índice de Figuras

Figura IV.1. Número de orden de las corrientes	9
Figura IV.1. Diagrama de flujo de la operación del modelo SWAT a nivel diario	39
Figura IV.2. Componentes hidrológicos del modelo SWAT	40
Figura IV.3. Simulación del movimiento de agua por SWAT	44
Figura IV.4. Claves de control de entrada del SWAT	52
Figura V.1. Región Hidrológica No. 26 Río Pánuco	54
Figura V.2. Afluentes que integran la Región Hidrológica No. 26 Río Pánuco	56
Figura V.3. Regiones Fisiográficas	57
Figura V.4. Acuífero Huasteca Potosina	59
Figura V.5. Ubicación de la cuenca en los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas	60
Figura V.6. Localización geográfica de la cuenca Río Valles	61
Figura V.8. Ubicación política de la Cuenca del Río Valles	62
Figura V.9. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Abritas, El Naranjo	66
Figura V.10. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Buenavista, Cd. Valles	66
Figura V.11. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Cd. Valles	67
Figura V.12. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Pujal, Cd. Valles	67
Figura V.13. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Pujal, Cd. Valles	67
Figura V.14. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación El Tigre, Cd. Valles	68
Figura V.15. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Maitinez, El Naranjo	68
Figura V.16. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Maitinez, El Naranjo	68
Figura V.17. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Ponciano Arriaga, Cd. Valles	69
Figura V.18. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Santa Rosa, Cd. Valles	69
Figura V.19. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Tantizohuiche, Cd. Valles	69
Figura V.20. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Puerto de Lobos, Cd. Valles	70
Figura V.21. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Nuevo Morelos	70
Figura V.22. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Gallo Grandes, Tula	70
Figura V.23. Distribución gráfica de la superficie ocupada por orden de suelos	73

Figura V.24. Distribución de unidades cartográficas de suelos en la Cuenca del Río Valles	77
Fuente: INEGI, escala 1:50 000	77
Figura V.25. Distribución gráfica de la superficie ocupada por uso de suelo	82
Figura V.26. Tipos de cobertura vegetal y uso de suelo en la Cuenca del Río Valles	83
Figura V.27. Diagrama de flujo metodológico para el modelo SWAT	89
Figura V.28. Procesamiento y despliegue de salidas de la interface AVSWAT	91
Figura V.29. Aprovechamientos que integran el acuífero Huasteca Potosina	93
Figura V.30. Aprovechamientos que integran la cuenca Tres Valles	94
Figura VI.1. Influencia del área de una cuenca sobre el escurrimiento superficial	96
Figura VI.2. Efecto del tamaño de la cuenca sobre el tiempo de recorrido del Escurrimiento superficial	97
Figura VI.3. Influencia de la longitud del cauce sobre el tiempo que tarda en llegar a la salida el escurrimiento superficial	98
Figura VI.4. Esquema de los parámetros asociados a la longitud de la cuenca	99
Figura VI.5. Efecto de la forma de la cuenca sobre el escurrimiento: a) tiempo de recorrido; b) tiempo de acumulación de flujo	100
Figura VI.6. Forma esperada del hidrograma a la salida de una cuenca hidrográfica de acuerdo a los parámetros de forma.....	101
Figura VI.7. Formas de la curva hipsométrica de una cuenca y su reflejo en el proceso erosivo.....	102
Figura VI.8. Curva hipsométrica de la Cuenca del Río Valle	103
Figura VI.9. Perfil del cauce principal de la Cuenca del Río Valles	104
Figura VI.10. Análisis de regresión para los valores de escurrimientos medidos y simulados para cuatro años de observación.....	107
Figura VI.11. Análisis de regresión de los valores medidos y simulados	107
Figura VI.12. Relación precipitación-escurrimiento en la Cuenca del Río Valles	108
Figura VI.13. Balance hídrico medio mensual simulado en la cuenca del río Valles (1989-2007).....	109
Figura VI.14. Datos para la proyección de la cuenca.....	110
Figura VI.15. Ubicación de la cuenca del río Valles en el acuífero Huasteca Potosina ...	111

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca “Tres Valles, S.L.P”

Santiago Sánchez Orta, M.C
Colegio de Postgraduados, 2010

RESUMEN

En la actualidad la escasez de agua es un problema que ha inducido a la realización de estudios hidrológicos a nivel mundial, el uso de los sistemas computacionales e informáticos son herramientas muy importantes para la agilización de los estudios.

En el caso del presente estudio, se a empleado un Sistema de Información Geográfica, en el cual se realizó la simulación del balance hidrológico de la Cuenca Tres Valles de los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas en el año 2007, aplicando el modelo hidrológico SWAT, esto con la finalidad de obtener de manera rápida y precisa la distribución de los diversos fenómenos hídricos que se presentan al interior de una cuenca. Dicha simulación se plantea como una alternativa para evaluar la cantidad de agua total en cuencas, donde hay nula o escasa infraestructura de medición de caudales.

El periodo simulado fue de 1989 a 2007, la calibración del modelo nos proporciono un coeficiente de determinación de $R^2= 0.840$ el cual nos permitió obtener un volumen total de 4,599.611 Mm³/año, con una precipitación media de 1,161.94 mm, dentro de la cuenca. La producción anual de agua simulada fue de una lamina de 736.64 mm, lo que genero un volumen de 2,916.071 Mm³/año.

Teniendo una disponibilidad total de agua en abstracciones hidrológicas y utilización en diferentes sectores de 1,683.597 Mm³/año, en una superficie total de 395,861.164 ha.

Palabra Clave: Balance hidrológico, producción de agua, modelo hidrológico y modelo SWAT.

Morphometric Characterization and Simulation of the Stock of the Three Valles

Watershed, San Luis Potosí

Santiago Sánchez Orta, M.C

Colegio de Postgraduados, 2010

Summary

At present, water shortage is a problem that has led the hydrological studies worldwide, the use of computer and computer systems are very important tools for the improvement of studies.

In the case of this study was to use a Geographic Information System, which was carried out simulation of catchment water balance of the Three Valleys of the states of San Luis Potosi and Tamaulipas in 2007, using the SWAT hydrological model, this in order to obtain quick and accurate distribution of the different phenomena occurring water within a watershed. This simulation is proposed as an alternative to evaluate the amount of water in basins, where there is little or no flow measurement infrastructure.

The simulated period was 1989-2007, the calibration of the model provided us with a determination coefficient of $R^2 = 0.840$ which allowed us to obtain a total volume of 4599.611 Mm³/year, with an average rainfall of 1161.94 mm, within the watershed. The annual water production was simulated with a layer of 736.64 mm, which generated a volume of 2916.071 Mm³/year.

Having a total availability of water in hydrological abstractions and utilization in different sectors of 1,683.597 Mm³/año, in a total surface of 395,861.164 it has.

Key Words: Hydrological balance sheet, water production, hydrological model and model SWAT.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de las primeras civilizaciones, el hombre ha tenido la necesidad de conocer y predecir los fenómenos naturales, con la finalidad de manejar y utilizar los recursos naturales. Gracias al desarrollo y avance de la ciencia y la tecnología, el estudio y caracterización de los sistemas naturales cada vez se acerca más a la realidad.

En el caso particular de describir un entorno natural donde se desarrollan todas las actividades del ser humano, su estudio demanda de un enfoque holístico e interdisciplinario, que permita la convergencia de diversas disciplinas y técnicas para evaluar todas las interacciones presentes. El primer aspecto fundamental para iniciar una caracterización de esta naturaleza es definir la unidad de estudio.

En la actualidad a través de los Sistemas de Información Geográfica, se pueden producir diferentes escenarios de manejo. El usuario puede analizar los escenarios y producir diferentes alternativas antes de seleccionar la más adecuada. Los sistemas de percepción remota, sistemas de información geográficos, modelos topográficos digitales y sistemas de posicionamiento global son herramientas útiles que proporcionan información básica para el reconocimiento, evaluación y planeación de los recursos naturales y socioeconómicos. Además proporcionan información multitemporal y multiespacial en una amplia gama de resoluciones. El usuario debe elegir cuál es la más adecuada para su aplicación en particular. Todos estos sistemas son herramientas, y están pensados para complementar, ayudar, o reducir el trabajo de campo y no para tomar su lugar.

En el caso del presente estudio, empleando un Sistema de Información Geográfica, se realizó la simulación del balance hidrológico de la Cuenca del Río Valles, San Luis Potosí y Tamaulipas, con la finalidad de obtener de manera rápida y lo más precisa posible la distribución del agua de lluvia en los diversos fenómenos hídricos que se presentan al interior de una cuenca.

La forma de abordar un estudio hidrológico de una región, debe ser a través de una cuenca, debido a que esta última constituye una unidad física completa donde la entrada es la precipitación y las salidas son el escurrimiento y el sedimento, incluyendo en el

proceso la influencia de la vegetación, suelo y topografía. El problema de trabajar con cuencas lo representa el uso y manejo de grandes volúmenes de información, su análisis y la posterior toma de decisiones. En la actualidad, para ayudar a resolver este grave problema, se hace uso de sistemas computacionales y de los modelos matemáticos de simulación hidrológica (Torres., *et al* 2001).

El modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool), es un modelo matemático a escala para el estudio de cauces, ríos y cuencas hidrográficas, desarrollado por el Dr. Jeff Arnold para el USDA Agricultural Research Service (ARS); con la finalidad de evaluar el impacto que tienen las diferentes prácticas de manejo de suelos sobre la producción de agua, sedimentos, así como los rendimientos agrícolas y el uso de químicos, en grandes y complejas cuencas hidrológicas, con diferentes usos y tipos de suelos, así como sus diversos manejos durante largos períodos de tiempo.

El presente documento se estructuró presentando un marco teórico general de las características generales de una cuenca y sus métodos de evaluación, así como una revisión general del fundamento y operación del modelo SWAT. En el capítulo V se describe detalladamente la metodología que se siguió en cada etapa del desarrollo del trabajo, presentando anexos donde se reportan los parámetros evaluados en los sitios de muestreo para cada monitoreo de campo y la caracterización morfométrica de la cuenca. En el capítulo VI se reportan los resultados obtenidos por el modelo SWAT para los diferentes componentes hidrológicos evaluados. Por último se presentan las conclusiones y se hacen algunas observaciones generales que se obtuvieron al realizar esta evaluación.

II. JUSTIFICACIÓN

El deterioro de los recursos naturales es cada vez más grave, entre otras razones a causa de la explotación demográfica y a la cierta falta de “ética de la tierra”; a este deterioro generalizado se le ha denominado desertificación, y uno de los principales procesos es la erosión de los suelos. Por lo tanto, todas las acciones tendientes a prevenir y/o controlar ese problema adquieren gran importancia, toda vez que el suelo es base para la producción de alimentos, es reserva genética, y es filtro regulador y transformador de diversas sustancias, entre otras funciones.

El problema de la escasez de agua ha inducido a la realización de estudios hidrológicos a nivel mundial. El uso de los sistemas computacionales e informáticos es una herramienta muy importante para la agilización de los estudios hidrológicos.

Según informes de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 1990), en nuestro país no se cuentan con suficiente infraestructura hidrométrica para la medición en cauces, ríos y cuencas y que solamente las cuencas hidrológicas de mayor importancia poseen ésta.

Se plantea como una alternativa para evaluar la cantidad de agua en las cuencas que no cuentan con la suficiente infraestructura de medición de caudales y otras variables, el empleo de modelos hidrológicos de simulación, debido a su fácil operación, a su bajo costo y a la confiabilidad de los resultados que arroja.

En el Cuarto Foro Mundial del Agua (IMTA, 2006), índico tres de los cinco ejes temáticos relacionados con los principales retos del tema agua a nivel global son: agua y saneamiento para todos, en donde una de las acciones contemplan el desarrollo de metodologías para reducir pérdidas de agua, recuperar volúmenes y mejorar eficiencias; agua para la alimentación y el medio ambiente, permite establecer políticas apropiadas y eficaces para el manejo sustentable del recurso hídrico, manejo de riesgos, permite el desarrollo de sistemas de alertamiento hidrometeorológica ó temprano y en tiempo real para la prevención de inundaciones y construye herramientas que ayudan a conocer la posibilidad del recurso hídrico para apoyar los planes sobre el uso del agua.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

III.1. HIPÓTESIS

Es posible hacer los balances hídricos de la cuenca, con información geográfica, climatológica e hidrométrica existente en los acervos nacionales conjuntamente con el uso de sistemas de información geográfica y modelos hidrológicos.

III.2. OBJETIVO

Realizar un balance hídrico y evaluar la cantidad de agua de la Cuenca Tres Valles, en el Estado de San Luis Potosí y Tamaulipas.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

IV.1. CONCEPTOS GENERALES DE CUENCAS

Algunas características de la cuenca que influye en los escurrimientos superficiales se pueden agrupar en: a) factores geométricos de la cuenca como son sus tamaños, forma y pendiente, b) factores físicos de la superficie del terreno como son las características del suelo, la capacidad del almacenamiento superficial, la cubierta vegetal, el uso de la tierra, y otros. Ambos grupos de factores deben ser abordados en los diversos estudios sobre cuestiones hidrológicas, y de ellos se hace una somera descripción.

Una cuenca es un espacio geográfico cuyos aportes son alimentados exclusivamente por la precipitación y cuyos excedentes de agua o de sedimentos son transportado hasta un punto espacial único que puede ser: una desembocadura, una estación de aforo, o un punto arbitrario (Llamas, 1993).

Una cuenca se delimita por una línea divisoria imaginaria que generalmente corresponde a la cresta que separa dos vertientes, teniendo en cuenta el drenaje superficial, pero en algunos casos se debe considerar la línea definida por las elevaciones más altas de la capa freática (almacenamiento de agua gravitacional en el suelo – agua libre en el suelo). Sin embargo, dado que dicho límite generalmente no difiere mucho del que está determinado por el drenaje superficial y cuando difiere un poco es muy difícil de detectar, se suele considerar como cuenca la determinada por el límite de las aguas superficiales.

Dos cuencas sometidas a condiciones climáticas similares, pueden tener regímenes de flujo totalmente distintos. Esta diferencia se debe principalmente a las diversas características físicas de ambas. Aunque resulta evidente que factores como el tipo de suelo y el espesor de la capa permeable ejercen un gran efecto sobre el régimen de flujo, la fisiografía puede ser importante en la respuesta de la cuenca a las precipitaciones. A continuación se detalla una presentación de las características fisiográficas que se han considerado más importantes.

IV.1.1. Características de la cuenca

La unidad fundamental para la gestión de los recursos hídricos, es la cuenca hidrológica. En virtud de la relación e interacción que se da entre los diferentes elementos que constituyen la cuenca hidrológica, el agua se convierte en el elemento integrado del análisis socioeconómico y sustento para la conservación de otros recursos, (Sánchez, 2003).

La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuenca y estas últimas están integradas por microcuencas, sin embargo, aunque es considerada la unidad fundamental en ocasiones es preciso dividirla en subcuencas o microcuencas para facilitar su estudio o aumentar el grado de precisión en los resultados.

IV.1.2. Definición de cuencas hidrológicas

El estudio de la hidrología comprende la cuenca hidrológica.

CONAGUA (2006), señala la cuenca hidrológica es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por una parte aguas o divisorias de las aguas "aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad" en donde ocurre en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior a través de una red hidrográfica 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. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexistente el recurso agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con estos y medio habiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas.

American Planning Association (2008) por su parte, afirma que, la cuenca hidrológica es el área geográfica de donde el agua fluye hacia un sitio y está determinada por la forma de la tierra (topografía) puede ser delimitada en base a las curvas de nivel en los mapas topográficos.

Ven Te Chow *et al.* (1994) señala que la cuenca hidrográficas es una superficie de tierra que drena hacia una corriente en un lugar dado y que se compone de una línea divisoria que separa la superficie de tierra cuyo drenaje fluye hacia un río de las demás superficies de tierra.

IV.1.3. Delimitación de la cuenca hidrológica

Uno de los primeros pasos que se consideran para efectuar el análisis hidrológico de una cuenca, es definir la ubicación y delimitar la cuenca de estudio. Lo que lleva a efectuar el trazo de la línea imaginaria que la delimita, comúnmente llamada parteaguas y la que según Aparicio (1999), es una línea formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas, además, Molina (1975) menciona que las líneas de flujo son perpendiculares a las curvas de nivel del terreno hasta un punto del cauce del río que sirve como salida de las aguas que caen dentro de la cuenca.

IV.1.4. Morfología de las cuencas hidrológicas

Los parámetros de la cuenca se han dividido en dos principales grupos: El primero se compone de los parámetros físicos de la forma de la cuenca, referido principalmente a la fisiográfica. El segundo grupo está referido básicamente al relieve (Pendiente y elevación).

IV.1.4.1. Parámetros físicos de la forma de la cuenca

Estos parámetros describen las características físicas de las cuencas, desde los aspectos morfológicos, lineales y de área.

IV.1.4.1.1. Forma de la cuenca

La forma de la cuenca es la configuración del área de la cuenca vista en planta y la que según Linsley (1977) afecta los hidrogramas escorrentía y las tasas de flujo máximo. Para una misma superficie y para una misma lluvia, el hidrogramas en la salida de una cuenca de forma muy concentrada (en hemiciclo por ejemplo) será muy diferente al de una

cuenca muy alargada. Esto lleva entonces a tener que definir índices de forma de una cuenca (Remenieras, 1974).

Horton citado por Linsley 1977, sugirió un factor adimensional de forma, R_f como índice de la forma de una cuenca según la ecuación:

$$R_f = \frac{A_c}{L_b^2}$$

Donde:

R_f = Factor de forma, adimensional

A_c = Área de la cuenca, en km^2

L_b = Longitud de la cuenca, en km.

La longitud de la cuenca es medida desde el punto de salida del cauce, hasta el límite de la cuenca en la cabecera del cauce más largo, en línea recta.

IV.1.4.1.2. Área de la cuenca

El área de una cuenca es la superficie limitada por la proyección horizontal del parteaguas y la limitación de la boquilla. En cuencas grandes el área se expresa en km^2 mientras que en cuencas pequeñas se expresa en ha, una clasificación del tamaño de las cuencas se presenta en el cuadro IV.1.

Cuadro IV.1. Clasificación de las cuencas en base al área.

Magnitud de la cuenca (km^2)	Descripción
<25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-Pequeña
500 a 2,500	Intermedia-Grande
2,500 a 5,000	Grande
> 5,000	Muy Grande

Tanto las cuencas grandes y pequeñas no necesariamente se analizan con los mismos criterios. En una cuenca pequeña la forma y cantidad de escurrimiento están influidas principalmente por las condiciones físicas del suelo, por lo que el estudio hidrológico se

debe enfocarse más a la cuenca misma. En una cuenca muy grande el efecto de almacenaje del cauce es muy importante por lo que se debe dar atención a las características de dicho cauce (Tetumo, 1993).

IV.1.4.1.3. Hidrografía

La hidrografía de la cuenca está definida por la representación gráfica de todos los cauces existentes al interior de ésta (Corriente principal y tributarias).

IV.1.4.1.4. Número de orden de las corrientes

Este parámetro refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca (Monsalve, 2000).

El orden de corriente se determina como se muestra en la figura IV.1. Una corriente orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene sólo tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 1 forman una orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., por ejemplo, una corriente de orden 2 y una orden 3. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida, Aparicio 1999.

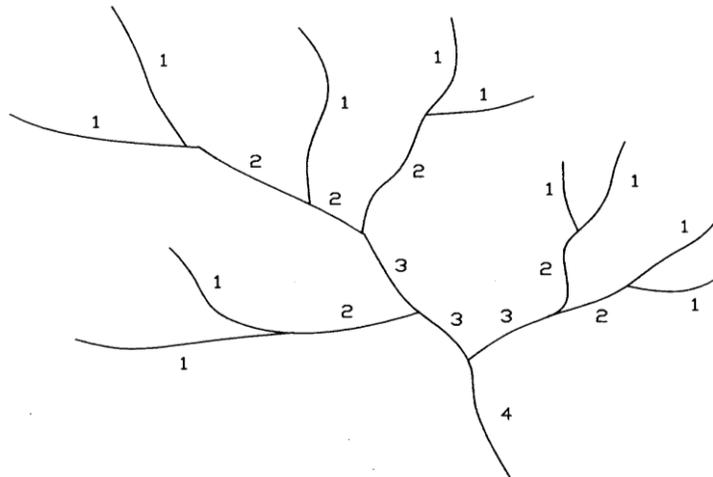


Figura IV.1. Número de orden de las corrientes

IV.1.4.1.5. Relación de bifurcación

Horton citado por Linsley (1977) también introdujo el concepto de la relación de bifurcación para definir la relación entre el número de ríos de cualquier orden de magnitud y el número de cauces en el siguiente orden inferior (Linsley, 1977).

$$Rb_u = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Donde:

Rb_u = Relación de bifurcación

N_u = Número de cauces de orden u

N_{u+1} = Número de cauces de orden u + 1

IV.1.4.1.6. Densidad de drenaje

Se define como la longitud total de los cauces dentro de la cuenca, dividida entre el área total de drenaje, Campos 1998, lo que resulta en longitud media de cauce por unidad de superficie. La ecuación que la define es la siguiente:

$$D_d = \frac{L_s}{A_c}$$

Donde:

D_d = Densidad de drenaje, en $\frac{\text{km}}{\text{km}^2}$

L_s = Longitud total de los cauces, en km

A_c = Área de la cuenca, en km^2

IV.1.4.1.7. Densidad de corrientes

Se expresa como la relación entre el número de corrientes y el área drenada. Esta relación proporciona una medida real de la eficiencia de drenaje, puede suceder que se tenga dos cuencas con la misma densidad de corriente y estén drenadas en forma muy diferente, Springall 1970. Por lo que la densidad de corrientes expresa el número medio de cauces existentes por unidad de superficie.

$$D_c = \frac{N_c}{A_d}$$

Donde:

D_c = Densidad de corrientes, número de corrientes/km²

N_c = Número de corriente, adimensional

A_d = Área de drenaje, en km²

Longitud de flujo superficial

Es la medida de la longitud del cauce más largo sobre el cauce principal, Tetumo 1993. La longitud promedio del flujo de superficie se puede estimar con la ecuación siguiente:

$$L_o = \frac{1}{2 D_d}$$

Donde:

L_o = Longitud de flujo de superficie.

D_d = Longitud de drenaje

Esta ecuación ignora los efectos de las pendientes del terreno y de los cauces, que tienden a alargar la trayectoria real del flujo superficial, Linsley 1977. Sin embargo, el error derivado por no considerar los factores de las pendientes de los cauces y de las superficies del terreno no son significativos (Rivera, 1994).

IV.1.4.2. Parámetros de relieve de la cuenca.

Los parámetros de relieve se calculan para describir a la cuenca e interrelacionarlos con las características hidrológicas de la misma o cualquier otra zona de estudio, Rivera 1994.

IV.1.4.2.1. Pendiente media de la cuenca

Éste parámetro controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que contribuyen la red de drenaje de las cuencas, Monsalve 1999.

Existen diversos criterios para la obtención de la pendiente de la cuenca, de esta manera se tiene el criterio de Alvord y el de Horton.

IV.1.4.2.1.1. Criterio de Alvord

Este criterio se apoya en la definición de la pendiente del terreno entre curvas de nivel y posteriormente se obtiene el promedio ponderado. Es decir la pendiente de la cuenca es igual a la longitud total de curvas de nivel dentro de ella, multiplicada por el desnivel

constante entre éstas y dividida entre el tamaño de la cuenca, Campos 1998. La ecuación para calcular la pendiente por medio de este criterio es la siguiente:

$$S_c = \left(\frac{D}{A_c} \right) \times L$$

Donde:

S_c = Pendiente media de la cuenca, [Adimnsional]

D = Equidistancia vertical entre la curva de nivel, [km]

A_c = Área de la cuenca, en km^2

L = Suma de las longitudes de las curvas de nivel dentro de la cuenca, [km]

IV.1.4.2.1.2. Criterio de Horton

Este método de cálculo consiste en determinar la pendiente de una superficie o cuenca en dos direcciones y luego en base a estas se determina la pendiente general, Rodríguez 1981 citado por (Rivera, 1994).

El primer caso de este criterio es el establecimiento de una cuadrícula regular sobre el plano de la cuenca de 250 km^2 o menor, se requiere por lo menos metros cuadrados por lado, aumentando su número según crezca el tamaño de la cuenca, Linsley 1949 citado por Campos 1998.

Una vez trazada o sobrepuesta la cuadrícula se mide la longitud de cada línea de la cuadrícula dentro de la cuenca en ambos sentidos y se cuentan las intersecciones tangenciales de cada línea de cuadrícula con las curvaturas de nivel. La pendiente de la cuenca en cada dirección se evalúa con las siguientes ecuaciones:

Ecuación para la pendiente en la dirección del eje X:

$$S_x = \left[\frac{N_x}{L_x} \right] \times D$$

Ecuación para la pendiente en la dirección del eje Y:

$$S_Y = \left[\frac{N_Y}{L_Y} \right] \times D$$

Donde:

S_x y S_y = Pendiente de la cuenca en dirección X y Y.

N_x y N_y = Número de intersección y tangenciales de las curvas de nivel con la malla en los sentidos X y Y

L_x y L_y = Longitud total de las líneas de malla en la dirección X y Y comprendidas dentro de la cuenca, [L]

D = Equidistancia entre curvas de nivel, [L]

Finalmente la ecuación de la pendiente de la cuenca queda de la siguiente manera:

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2}$$

IV.1.4.2.2. Elevación de la cuenca

La elevación media de una cuenca se puede obtener de dos maneras, con el método de intersección y con el método de la Curva Hipsométrica.

IV.1.4.2.2.1. Método de intersección

En este método el mapa topográfico de la cuenca se divide en cuadros de igual tamaño considerando que por lo menos 100 intersecciones estén comprendidas dentro de la cuenca, la que puede ser la misma que utilizó para la determinación de la pendiente por el método de Horton. La elevación media de la cuenca se calcula como el promedio de las elevaciones de todas las intersecciones, Springall 1970. La ecuación que define lo anterior es la siguiente:

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^{NI} Elev_i}{NI}$$

Donde:

E_m = Elevación media de la cuenca, [m.s.n.m.]

D = Elevación de las intercciones, [m.s.n.m.]

N.I. = Número de intercciones de la cuadrícula en la cuenca.

Al aplicar este criterio se acepta que la elevación de cada intersección de la malla es representativa de un área igual a un cuadro de ésta.

IV.1.4.2.2.2. Método de la curva hipsométrica

Ésta representación gráficamente de las cotas del terreno en curvas de nivel en función de la superficie correspondiente. Para realizarlo se lleva, a escalas convenientes, la altitud dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca, para la cual cada punto tiene de cota al menos igual a esa altitud, en proyección horizontal, en las abscisas, TRAGSA 1998. Así la elevación media de la cuenca se calcula como el cociente entre el volumen de la cuenca (superficie comprendida entre la curva isométrica y los ejes coordenados) y su superficie, es decir.

$$E_m = \frac{V}{A}$$

Donde:

E_m = Elevación media de la cuenca, [m.s.n.m.]

V = Volumen de la cuenca, [m³]

A = Superficie de la cuenca, [m²]

La curva hipsométrica permite caracterizar el relieve. Una pendiente fuerte en el origen hacia cotas inferiores indican llanuras o penillanuras; si la pendiente es muy fuerte hay peligro de inundaciones. Una pendiente muy débil en esa parte revela un valle encajonado. Una pendiente fuerte hacia la parte media indicada una meseta, TRAGSA 1998.

IV.1.4.2.3. Pendiente del cauce

La pendiente de un cauce influye sobre la velocidad del flujo y por lo cual juega un papel muy importante en forma de hidrograma. Los perfiles típicos de los cauces naturales son cóncavos hacia arriba; además, todas las cuencas, con excepción de las más pequeñas, tienen varios cauces cada una con perfil diferente. Por esta razón, la definición de la pendiente promedio de un cauce en una cuenca es muy difícil. Por lo general sólo se considera la pendiente del cauce principal, Linsley 1977.

Existen varios métodos para obtener la pendiente de los cauces, aquí se mencionan los siguientes:

IV.1.4.2.3.1. Método de relación distancia - elevación

El perfil del cauce se puede representar llevando en una gráfica los valores de las distancias horizontales medidas sobre el cauce en relación a sus elevaciones respectivas. En general, la pendiente de un tramo de río se considera como el desnivel entre los extremos del tramo, dividido entre la longitud horizontal de dicho tramo, Tetumo 1993.

$$S = \frac{H}{L}$$

Donde:

S = Pendiente del tramo

V = Desnivel, [km]

L = Longitud del cauce, [km].

IV.1.4.2.3.2. Método de compensación de áreas

Otra forma de definir la pendiente de un cauce es aceptada como la pendiente de un cauce, la de una línea recta que se apoya en el extremo final del tramo por estudiar y cuya propiedad es contener entre ella y la línea de perfil del cauce la misma área abajo y arriba de ella. En este método, se sustituye también en la ecuación anterior, Tetumo 1993.

IV.2. MODELOS HIDROLÓGICOS

IV.2.1. Definición de modelo hidrológico

Oropeza (1999) define modelos hidrológicos como presentaciones simplificadas de los sistemas hidrológicos reales, a partir de los cuales se estudia la relación causa-efecto de una cuenca, a través de datos de entrada y salida. Además permite simular y predecir el comportamiento hidrológico de los procesos físicos de la cuenca.

Un modelo, es cualquier sustituto material o inmaterial de un ente, fenómeno o cosa de cuyo estudio es posible inferir, al menos bajo ciertas restricciones, el comportamiento del ente natural. El uso de modelos en lugar de los entes naturales se explica porque casi siempre el manejo del modelo resulta más económico, más cómodo y más rápido (Palacios, 1984).

IV.2.2. Importancia de los modelos

Los modelos empleados en simulación hidrológica pueden ser: físicos, analógicos y digitales (Junes, 1985). Los dos primeros son usados en hidráulica e hidrología, pero con el gran desarrollo de la industria de la computación, a finales de la década de los 60's, han quedado relegados y los modelos digitales se han convertido en una poderosa herramienta de simulación.

Los modelos físicos utilizan iconos para la simulación, es decir, son modelos de la misma naturaleza que el ente modelado.

Los modelos analógicos utilizan materiales que cumplan leyes similares a las del sistema que se estudia, por ejemplo el flujo eléctrico tiene comportamiento análogo, aun que de diferente naturaleza que el ente estudiado, en este caso el flujo hídrico.

Los modelos digitales se usan para el análisis de sistemas grandes y complejos y tienen la gran ventaja de su alta velocidad de operación, gracias al uso de computadoras, y no requiere el equipamiento extenso, lo cual a menudo es necesario en los modelos físicos y analógicos.

Según Benavides (1998), la importancia de los modelos reside, entre otros aspectos, en la predicción de fenómenos a largo plazo en un tiempo relativamente corto, también permite obtener relaciones de causa-efecto, sin haber realizado cambios en los sistemas reales.

IV.2.3. Modelos matemáticos hidrológicos

Los modelos hidrológicos son representaciones simplificadas de los sistemas hidrológicos reales, a partir de los cuales se estudia la relación causa-efecto de una cuenca, a través de datos de entrada y salida. Además, permite simular y predecir el comportamiento hidrológico de los procesos físicos en la cuenca.

IV.2.4. Objetivos de un modelo hidrológico

El objetivo de un modelo hidrológico es determinar con eficiencia y precisión los componentes del ciclo hidrológico en una cuenca, y estimar el comportamiento y la magnitud (abundancia y carencia) del agua en los fenómenos de frecuencia rara. El uso de los modelos hidrológicos es primordial para apreciar, simular y predecir los daños causados por las inundaciones, para resolver problemas prácticos de inventarios y de administración de los recursos hidráulicos en una cuenca, región o país, Oropeza 1999.

IV.2.5. Clasificación de los modelos hidrológicos

Según Oropeza (1990), diferentes criterios han sido utilizados para desarrollar una clasificación precisa de los modelos matemáticos hidrológicos. En la mayoría de los casos, los criterios utilizados para algunos autores reflejan un interés o una necesidad particular. Actualmente, tres grupos han sido aceptados para clasificar los modelos matemáticos hidrológicos: a) Determinísticos, b) estadísticos y c) de sistemas (Ver Figura IV.2).

En la clasificación que se presenta, el concepto de no optimización y optimización se refiere a la toma de decisiones más que a la evaluación de parámetros. Los métodos de

optimización más utilizados en hidrología son: la programación lineal y la programación dinámica.

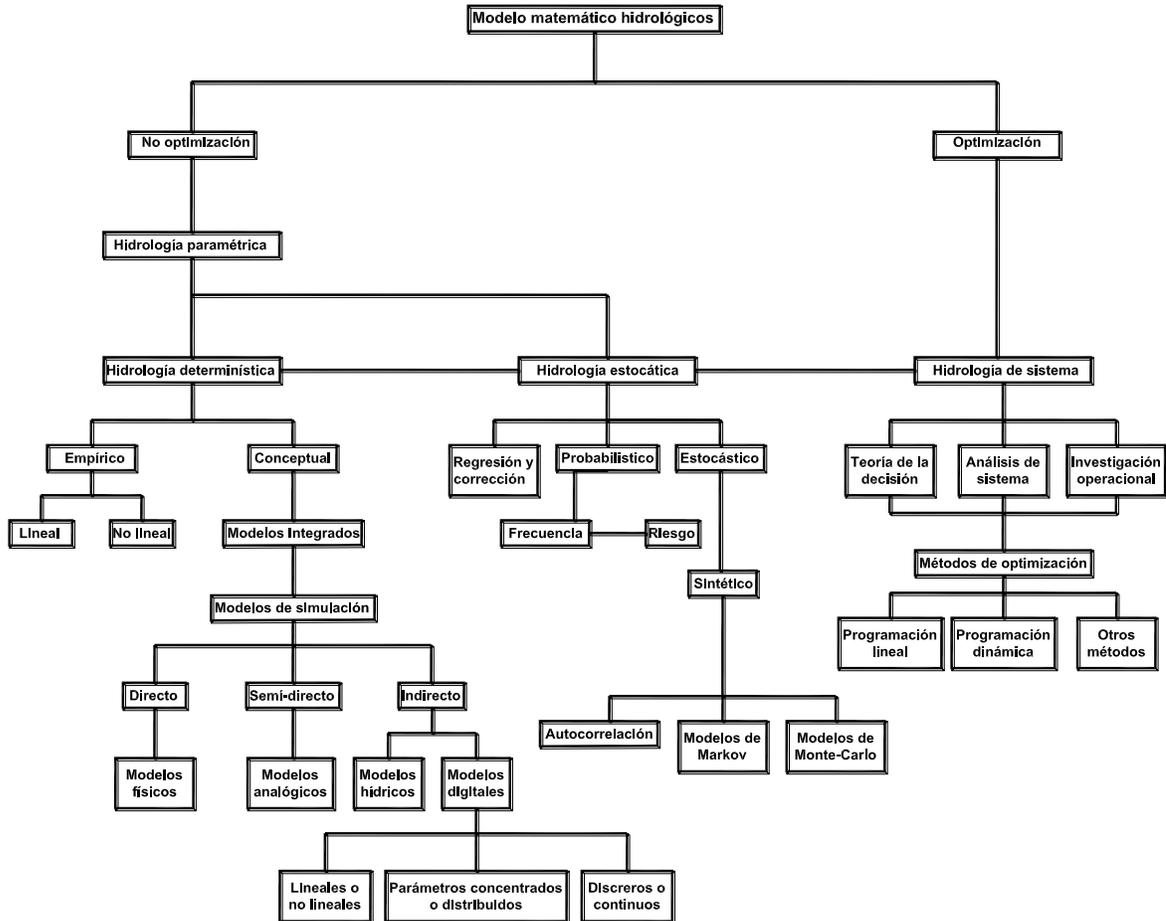


Figura IV.2. Clasificación de los modelos hidrológicos

IV.2.5.1. Modelos determinísticos

Es aquel que tienden a establecer relaciones cuantitativas de causa-efecto entre las entradas y salidas, utilizando una relación directa para obtener una respuesta debida a un requerimiento, sea por medio de una ecuación empírica, o mediante el uso de los métodos de regresión simple.

Un modelo determinístico no considera aleatoriedad; una entrada produce siempre una misma salida. Por ejemplo, puede desarrollarse modelos determinísticos razonablemente

buenos para la evaporación diaria en un lugar dado, usando información sobre energía disponible y transporte de vapor, Chow 1994.

Este tipo de modelo se utiliza cuando se dispone de poca información; caso frecuente de las obras de ingeniería rural e hidráulica, en los cuales se tiende a reconstruir indirectamente la evolución de los escurrimientos y flujos superficiales a partir del conocimiento de los eventos de lluvia diaria, de los cuales se dispone a menudo de grandes series de datos, Oropeza 1999.

IV.2.5.2. Modelos estadísticos

Los modelos estadísticos, de tipo inductivo, se basan en los métodos y las técnicas estadísticas para hacer notar sus relaciones de entradas y salida. El uso de estos modelos permite la exportación racional de la información disponible a corto y mediano plazo. Su uso es posible cuando se dispone de series suficientemente grandes de información.

Los modelos estadísticos propiamente dichos se clasifican en modelos de regresión y corrección, en modelos probabilísticos y en modelos estocásticos.

En los modelos de regresión y corrección se desarrollan relaciones numéricas funcionales mediante el tratamiento estadístico de los datos experimentales y los transforma o cuantifican en términos de coeficiente de corrección, límite de confianza y pruebas de significancia.

Los modelos probabilísticas utilizan la noción de análisis de frecuencia para analizar el comportamiento de un fenómeno hidrológico. La información utilizada para la calibración debe ser independiente del tiempo. Dado que la muestra disponible para caracterizar la población y/o el proceso físico hidrológico es generalmente limitada, en la extrapolación de resultados debe contemplarse un riesgo o error probable que el modelo debe cuantificar y considerar.

En los modelos estocásticos, la información utilizada se trata como una serie de datos históricos y aleatorios en función del tiempo. Este tipo de modelos se utilizan frecuentemente para la predicción a corto y largo plazo de series hidrológicas Oropeza 1999.

IV.2.5.3. Modelos de sistemas

Se define como la habilidad de seccionar un número de alternativas posibles a partir de un conjunto particular de acciones y posibilidades para alcanzar ciertos objetivos, bajo condiciones y restricciones legales, éticas económicas, políticas y sociales, así como las leyes que rigen el ambiente. Los tres componentes de los modelos de sistemas son: la teoría de la decisión, el análisis de sistemas y la investigación operacional Oropeza 1999.

IV.2.6. Etapas en la elaboración de un modelo hidrológico

La construcción o desarrollo de un modelo hidrológico debe ser realizadas respetando las etapas siguientes: a) identificación, b) calibración, c) validación y d) límites de aplicación (Oropeza 1990).

IV.2.6.1. Identificación

Se refiere a un análisis de la estructura de los modelos y de las relaciones internas que guardan entre sus elementos. En esta parte se definen el número de variables que van a participar y se establecen las hipótesis y supuestos que van a simplificar al modelo en función de sus objetivos y la precisión de sus resultados.

IV.2.6.2. Calibración

Consiste en evaluar y estimar los parámetros del modelo mediante la ayuda de criterios deductivos y observaciones anteriores respecto a los requerimientos (entradas) y las respuestas (salidas). En general, existen dos maneras de estimar los parámetros a partir de una muestra: pasiva y activa.

En la manera pasiva se toman en cuenta todos los pares de valores E y S disponibles, y por medio de métodos estadísticos, se evalúan los coeficientes de las ecuaciones. En la manera activa, se utiliza un método selectivo, dando mayor importancia a ciertas observaciones o grupo de informaciones.

IV.2.6.3. Validación

La calidad de un modelo se mide por los resultados de su validación. Ésta consiste en comparar la respuesta teórica, obtenida por el paso de un dato experimental o información a través de la imagen (figura, símbolo, ecuación) del sistema modelado, obteniendo una respuesta de las informaciones directas. Es importante señalar que el valor de las entradas y las salidas utilizadas para la validación deben ser diferentes de aquellas que son utilizadas para la calibración del modelo.

La validación se puede hacer de manera puramente intuitiva, como la comparación visual de resultados hecha mediante un cuadro o una gráfica o de manera analítica como la comparación estadística de resultados por medio de pruebas o criterios apropiados.

IV.2.6.4. Límites de aplicación

En todo modelo matemático se debe especificar claramente el marco dentro del cual fue desarrollado; su jerarquía, los objetivos considerados (generales, particulares). Con esta información, el usuario podrá conocer el campo de aplicación real y los límites físicos y analíticos más allá de los cuales el uso del modelo puede ser inadecuado.

Como límites físicos podemos citar por ejemplo, las condiciones climáticas extremas bajo las cuales el modelo fue validado, de otra manera no podrán ser utilizadas en regiones tropicales o templadas, ya que existe el riesgo de tener diferencias y errores. Como límites analíticos podemos considerar el número máximo de observaciones requeridas, la precisión considerada, el coeficiente necesario para comparar los valores observados y calculados, entre otros.

IV.3. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

Es el conjunto de las observaciones de temperatura, precipitación, evaporación, etc., obtenidas durante años en una estación meteorológica, forma una vasta serie de datos por lo que es indispensable resumir y coordinar esta similitud de cifras con algunos elementos lo más pequeño posibles, pero sin embargo, suficiente para caracterizar la estación.

IV.3.1. Temperatura

IV.3.1.1. Temperatura media diaria, $T_{med_{ijk}}$

Se refiere a la temperatura media presentada durante el transcurso de un día en específico.

$$T_{med_{ijk}}$$

Donde :

- T_{med} → Temperatura máxima, °C,
- i → Índice del día ($i = 1, 2, 3, \dots, NDM_j$),
- j → Número de meses ($j = 1, 2, 3, \dots, 12$),
- k → Número de año ($k = 1, 2, 3, \dots, n$),
- NDM_j → Número de días del mes j ,
- n → Número de años de registro.

IV.3.1.2. Temperatura media mensual del año k , $T_{med_{jk}}$

Esta variable se obtiene a partir del promedio de los registros diarios de temperatura mediante en un mes y año en específico matemáticamente se expresaría de la siguiente manera.

$$T_{med_{jk}} = \frac{\sum_{i=1}^{NDM_j} T_{med_{ijk}}}{NDM_j}$$

IV.3.1.3. Temperatura media mensual, T_{med_j}

Esta se obtiene del promedio de una serie de registros históricos de temperatura medias mensuales.

$$T_{med_j} = \frac{\sum_{k=1}^n T_{med_k}}{n}$$

IV.3.1.4. Temperatura media anual del año k, T_{med_k}

Se obtiene a partir de los registros de temperatura medias mensuales siendo el promedio de las temperaturas medias mensuales del año analizado.

$$T_{med_j} = \frac{\sum_{j=1}^{12} T_{med_{jk}}}{12}$$

IV.3.1.5. Temperatura media mensual, $T_{med_{anual}}$

Se obtiene a partir de una serie de registros históricos de la temperatura media anual del año k mediante la siguiente ecuación.

$$T_{med_{anual}} = \frac{\sum_{k=1}^n T_{med_k}}{n}$$

IV.3.2. Precipitación

Kazmann (1975) menciona que la precipitación representa el producto de circunstancias naturales y puede considerarse entre la clase de datos que son de los más "limpios" usados por los hidrólogos, además una variedad de métodos y análisis estadísticos pueden aplicarse con seguridad y se necesitan pocas o unas cuantas correcciones arbitrarias.

La precipitación se mide en altura o lámina de agua expresada en milímetros; por ejemplo una precipitación de 12 mm quiere decir que ha caído una cantidad de agua tal que si permaneciera sobre el suelo, se formaría una capa de agua de 12 mm de espesor o

altura. La información se presenta en diversas formas dependiendo de la dependencia que las elabora.

IV.3.2.1. Precipitación diaria, Pr_{ijk}

Se refiere a la cantidad total de lluvia precipitada en un periodo de 24 horas.

$$Pr_{ijk}$$

Donde:

- Pr → Precipitación, mm,
- i → Índice del día ($i = 1, 2, 3, \dots, NDM_j$),
- j → Número de meses ($j = 1, 2, 3, \dots, 12$),
- k → Número de año ($k = 1, 2, 3, \dots, n$),
- NDM_j → Número de días del mes j ,
- n → Número de años de registro.

IV.3.2.2. Precipitación mensual en el año k , Pr_{jk}

Es la cantidad de lluvia acumulada en un periodo de un mes, es decir, la suma de los registros diarios de precipitación durante un mes de un año en específico.

$$Pr_{jk} = \sum_{i=1}^{NDM_j} Pr_{ijk}$$

IV.3.2.3. Precipitación media mensual, Pr_j

Ésta se obtiene a partir de una serie de registros de precipitación mensual y es la suma de éstos para un año en específico, k .

$$Pr_j = \frac{\sum_{k=1}^n Pr_{jk}}{n}$$

IV.3.2.4. Precipitación anual, Pr_k

Se obtiene a partir de los registros de precipitación mensual y es la suma de éstos en específico, k.

$$Pr_k = \sum_{j=1}^{12} Pr_{jk}$$

IV.3.2.5. Precipitación media anual, \bar{Pr}_{anual}

Se obtiene a partir del promedio de una serie de registros históricos de precipitación anual y se interpreta como la cantidad de lluvia en altura de agua que podría esperar en un año.

$$\bar{Pr}_{anual} = \frac{\sum_{k=1}^n Pr_k}{n}$$

IV.3.3. Evaporación

Es un fenómeno físico que se manifiesta como un cambio en el estado físico del agua; de líquido a vapor a la temperatura ambiente. Según (Martínez 1990), la evaporación es el agua perdida en forma de vapor por el terreno adyacente a las plantas, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas.

IV.3.3.1. Evaporación mensual.

Es la cantidad de evaporación acumulada en un periodo mensual, es decir, la suma de los registros diarios de evaporación durante un mes en un año en específico. Matemáticamente se expresaría de la siguiente forma.

$$Ev_{jk} = \sum_{j=1}^{NDM_j} Evd_{ijk}$$

Donde :

- Ev → Evaporación mensual, mm,
- Evd → Evaporación diaria, mm,
- i → Índice del día ($i = 1, 2, 3, \dots, NDM_j$),
- j → Número de mes ($j = 1, 2, 3, \dots, 12$),
- k → Número de año ($k = 1, 2, 3, \dots, n$),
- NDM_j → Número de días del mes j.

Las otras variables de la evaporación son calculadas de manera analógica a los de la precipitación.

IV.3.4. Evapotranspiración

La evapotranspiración, es la cantidad de agua utilizada por las plantas para realizar sus funciones de transpiración, más el agua que se evapora de la superficie del suelo en el cual se desarrolla, Martínez 1990.

Un indicador importante en la agricultura es la demanda evapotranspiración, la que proporciona un indicador de la demanda de riego para una región.

IV.3.4.1. Demanda evapotranspirativa

Se define al déficit evapotranspirativo como la diferencia relativa entre la precipitación pluvial y la evapotranspiración potencial, el cual se expresa como:

$$DET = \frac{PR - ETP}{ETP}$$

Donde :

- DET → Déficit evapotranspirativo, adimensional,
- PR → Precipitación pluvial, $\frac{\text{mm}}{\text{mes}}$
- ETP → Evapotranspiración potencial, $\frac{\text{mm}}{\text{mes}}$

En caso de que no se disponga del valor de la ETP puede estimarse en forma aproximada, considerando que vale $ETP = 0.8E_v$, donde E_v es la evaporación mensual media con su evaporómetro tipo "A", Palacios 2005.

IV.4. APLICACIÓN DE LOS MODELOS HIDROLÓGICOS EN CUENCAS

Aparicio, et al. (2001) en su trabajo se plantean alternativas de manejo para la cuenca del Río Itzapa, ubicada en el departamento de Chimaltenango, Guatemala. Para el efecto, se calibró, validó y aplicó el modelo de simulación hidrológica SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins). La cuenca tiene una extensión de 2,671 ha. La metodología empleada consistió básicamente en: a) Calibración del modelo, para lograr un ajuste satisfactorio entre los caudales calculados y observados, mediante el cambio en los valores de los parámetros de más influencia, los que a su vez se identificaron mediante un análisis de sensibilidad. Los datos empleados en esta fase fueron tomados de 1993 a 1995; b) Validación del modelo, para medir la capacidad de predictiva del modelo mediante la comparación de los caudales calculados y observados en un período diferente (1996 y 1997) del utilizado en la calibración; c) Generación y evaluación de diferentes escenarios de desarrollo de la cuenca, los que se hicieron con una proyección a veinte años, teniendo como propósito fundamental ser la base para el planteamiento de alternativas de su manejo. De los resultados obtenidos, después de efectuar la comparación estadística de las producciones de agua, a través del análisis de regresión, se encontró que la pendiente de la línea de regresión y el coeficiente de determinación (R^2) entre escurrimientos simulados y medidos a nivel mensual para la calibración, fueron de 0.956 y 0.989, respectivamente, mientras que para la validación éstos fueron igual a 0.886 y 0.931. Se concluye que el modelo SWRRB es una valiosa herramienta que puede utilizarse para predecir las producciones de agua y de sedimento en una cuenca, siempre y cuando se tenga datos observados de escurrimiento que permitan realizar la calibración y la validación del modelo.

Benavides (2008) con la finalidad de aportar elementos para determinar la factibilidad de crear un mercado de servicios ambientales hidrológicos, se estimó el balance hidrológico en la cuenca forestal de Tapalpa, Jalisco, México, aplicando el modelo hidrológico SWAT. Éste presentó un buen ajuste ($R^2 = 0.85$) con la producción de agua, al

ser calibrado en una de las cinco subcuencas que integran el área de estudio. Las subcuencas forestales presentan un buen estado hidrológico al permitir la infiltración del agua al suelo a través del escurrimiento subsuperficial para luego emerger como escurrimiento superficial, con poca producción de sedimentos. Las subcuencas con mayor superficie agrícola o pecuaria presentan mayor escurrimiento superficial y mayor producción de sedimentos; la evapotranspiración en las subcuencas forestales es también más elevada. La oferta total del recurso hídrico, para un año promedio, asciende a 42,963,900 m³/año.

Domínguez, et al. (2001) estudian la respuesta hidrodinámica simulada en el acuífero del Valle de Acambay del Estado de México. Los modelos hidrodinámicos permiten contar con indicadores cuantitativos para evaluar el efecto ecológico y económico que tendrán distintas condiciones de manejo sobre los acuíferos antes de ser llevadas a la práctica. Sin embargo, para no considerar la recarga superficial como un valor global, es necesario ligar estos modelos con otro hidrológico que permita generar los datos de recarga, respondiendo a una distribución espacial más apegada a la realidad. La integración del modelo hidrológico SWAT y el hidrodinámico MODFLOW es una alternativa a esta necesidad, que para el acuífero Valle de Acambay presentó errores entre 8% en la etapa de calibración y 11% en la de validación. En este acuífero se simularon cinco escenarios: I) tendencia actual; II) conversión total a un cultivo de alta rentabilidad (cebolla); III) conversión parcial a un cultivo de alta rentabilidad; IV) conversión total a un cultivo de alta rentabilidad modificando la distribución de pozos; V) escenario de equilibrio. Puesto que el objetivo del presente trabajo no fue generar un plan integral de manejo, los escenarios son teóricos, con objeto de resaltar el potencial de respuesta hidrológica-hidrodinámica de la integración SWATMODFLOW. Así mismo, en el análisis económico sólo se analizaron los costos variables generados por el bombeo, mientras que los costos de producción se consideraron constantes en función del cultivo utilizado. Con base en estas consideraciones los escenarios III y IV son los más rentables, al reducir los costos de extracción, mientras que el escenario V permite mejorar las condiciones actuales sin sobreexplotar al acuífero. La comparación del escenario II y IV mostró el efecto de la distribución espacial y volumétrica para un mismo volumen global de extracción.

Fernández (1996) aplicó el modelo de simulación hidrológica SWRRB (Simulator for water Resources in Rural Basins), en la cuenca "El Tejocote" (17,656 ha), que se localiza en Atlacomulco Estado de México. Con la finalidad de comparar los valores simulados y observados de la producción de agua, sedimentos, gastos máximos y biomasa durante cinco años (1980-1984). Así mismo analizar la posible aplicación del modelo en cuencas no instrumentadas.

Para operar el modelo, la cuenca se fraccionó en diez subáreas, tomando como base el uso del suelo. Así, al agrupar áreas con condiciones similares de manejo, se pudo identificar el comportamiento de cada área con relación a los procesos hidrológicos simulados por el SWRRB. Además, en la dirección vertical, el uso de cada subárea se dividió en ocho capas.

Del proceso de simulación resultó que el 75% de los sedimentos provenientes de las áreas agrícolas en pendientes (laderas) y el 80% de este material, se produce en los meses de julio y agosto.

Al comparar los rendimientos de maíz para las áreas de siembra en temporal, el modelo calculó en promedio 113 kg/ha de más con respecto a los observados.

Se observó que el gasto máximo y gasto medio predichos, excedieron un 17 y 28% respectivamente a los aforados. Además, la semejanza entre la media y la desviación estándar de ambos caudales, hace suponer que la distribución de sus frecuencias es similar.

De la comprobación estadística de la producción de agua y sedimentos, a través del análisis de regresión, se tiene que el coeficiente de determinación (R^2) de la producción de agua anual, mensual y diario fue de 0.799, 0.875 y 0.605 respectivamente. Así mismo el sedimento a nivel anual, mensual y diario tuvo una R^2 de 0.789, 0.736 y 0.411 respectivamente. De lo anterior, se observa que el modelo predice mejor en forma mensual, anual y diaria (en ese orden) y en general las correlaciones para la producción de agua, son superiores a las del sedimento.

En virtud de que el modelo SWRRB, predijo satisfactoriamente las producciones de agua, sedimentos, gastos máximos y biomasa se concluyó que el modelo es recomendable para su uso en cuencas hidrográficas que no cuenta con estaciones de aforo. Por otra parte, la mayoría de la información que demanda el SWRRB se puede obtener de mapas y reportes técnicos de fácil acceso por el usuario. Sin embargo es necesario elaborar bases de datos nacionales de clima, suelo y cultivos que permitan la alimentación ágil de estos parámetros.

Finol y Barrios (1999) aplicó el modelo hidrológico SWRRB en la cuenca del río Guasare, de 1,626 km² de superficie, localizada en el Estado Zulia, Venezuela, con el propósito de validar sus resultados en una cuenca extensa y con limitaciones de información básica para estimar de manera precisa los datos de entrada al modelo. Se comparan seis años de datos mensuales y anuales de escorrentía y producción de sedimentos con los reproducidos por el modelo. Adicionalmente, se simulan series de lluvia diaria, de 25 años cada una, comparándose sus estadísticos con los provenientes de la serie histórica registrada en una estación climática. Se obtiene como resultado que el modelo SWRRB reproduce de manera apropiada los valores medidos de escorrentía y sedimento, y las series sintéticas de lluvia diaria preservan los estadísticos históricos de partida. Concluyéndose que el modelo SWRRB puede ser aplicado en estudios de planificación y toma de decisiones, aun en condiciones de información básica limitada.

García y Hinojosa (2001) hicieron una caracterización de la hidrología superficial en la franja costera comprendida entre las localidades de Puertecitos y San Luis Gonzaga, en la costa oriental de Baja California, aplicando tres métodos implementados en diferentes Sistemas de Información Geográfica (SIG) que operan sobre representaciones matriciales del relieve del terreno, conocidas también como Modelos Digitales del Terreno (MDT). El primer método utiliza el SIG Arc/Info; el segundo fue desarrollado para el SIG GRASS. Ambos extraen parámetros hidrológicos a partir del análisis de un MDT, como son el delineado de parteaguas entre cuencas, dirección y acumulación del flujo. El tercer método es un programa de aplicación conocido como Rivertools, que extrae diversos índices hidrológicos, así como patrones de la red hídrica con una mayor definición.

Con el método de Arc/info se logró identificar 9 cuencas, definiendo claramente la red hídrica regional. El método de GRASS fragmentó la misma área en 22 cuencas. El programa Rivertools además de calcular parámetros hidrológicos importantes, generó una clasificación hidrológica con el modelo de Horton-Strahler, creando órdenes jerárquicos para las 22 cuencas calculadas por el segundo método, definiendo a la cuenca Matomí como la cuenca de mayor importancia. Se concluye que mientras Arc/info traza mejor la red hidrológica superficial, GRASS segmenta y delinea mejor los perímetros de las cuencas. La caracterización hidrológica con mayor extracción de índices la realiza Rivertools.

Guzmán, E., Bonini, J. y Matamoros, D. 1994. Presentan un trabajo donde aplicaron el modelo hidrológico SWAT (Soil & Water Assessment Tool) para la predicción de caudales y sedimentos en una cuenca hidrográfica caso de estudio: cuenca del Río Chaguana, la finalidad de este trabajo es presentar una herramienta de apoyo que ayudará a determinar caudales y sedimentos en una cuenca hidrográfica, los cuales son de mucha importancia en un proyecto hidráulico. Además, este modelo hidrológico fue seleccionado ya que puede ayudar a predecir posibles impactos en una cuenca debido al uso de suelo y aporte de sedimentos a un cauce. Teniendo en cuenta la carencia de datos que existen en el país como son precipitaciones diarias, caudales medidos y otros parámetros hidrológicos los resultados en este estudio son bastantes alentadores en el uso del SWAT. El caso de estudio es la cuenca del Río Chaguana, sub-cuenca del Río Pagua al norte de la provincia de El Oro.

Proaño, et al. (2006) aplican el modelo hídrico SWAT para determinar cómo las diferentes prácticas agrícolas afectan en la generación de caudales y sedimentos, en la Subcuenca del Río Ambato que se encuentra en la Provincia del Tungurahua en la sierra centro del Ecuador, y cubre aproximadamente el 40% de la provincia. Posee una extensión de 133,678 ha, con un perímetro de 164,491.47 m y 40,548.22 m de longitud axial y sus alturas van desde 2,240 a 6,280 m.s.n.m. Para ello, fue necesario contar con información física y climática la cual debe ser organizada, almacenada y procesada con la ayuda de los sistemas de información geográfica. Luego de ejecutar la corrida, el modelo permite ser calibrado tanto para caudales como para sedimentos, usando para ello datos reales de estas variables. Posteriormente es posible crear escenarios en los que se

simulen diferentes situaciones planteadas por el usuario con la finalidad de predecir cómo estos cambios afectarían a la producción de agua en el área de estudio.

Silva, O. 2004. Evaluó el modelo Soil and Water Assessment (SWAT), en la simulación de producción de agua en una cuenca montañosa pequeña de Venezuela. Los valores diarios simulados se compararon con los medidos en un canal de aforo según índices de regresión y de diferencia, SWAT sobreestimó los valores diarios de escurrimiento superficial y subestimó los de caudales de base. No obstante, la cantidad total de agua producida en el período del experimento se simuló con precisión, lo cual sugiere que para mejorar el funcionamiento de SWAT deben realizarse ajustes simultáneos al valor de número de curva y a los factores de agua subterránea. Se concluye: a) la evaluación y calibración de SWAT es poco transferible debido a la gran cantidad de variables que pueden ser modificadas, por lo que es conveniente contar con información que permita ajustar las simulaciones particulares, y b) la coincidencia de valores acumulados medidos y simulados no implica buen funcionamiento del modelo en cuanto a lapsos parciales, podría existir compensación de errores en tendencia inconsistentes.

Torres (2000) calibró, validó y aplicó el Modelo de Simulación Hidrológica SWAT (Soil and Water Assessment Tool) en la cuenca el Río Laja ubicada en Guanajuato, México. La metodología aplicada básicamente consistió en: a) calibración del modelo, para lograr un ajuste satisfactorio entre los escurrimientos medidos y los simulados, mediante un análisis de sensibilidad en los parámetros del modelo, con un periodo de calibración de cinco años de observación (1993 a 1997); b) La validación del modelo, para evaluar su capacidad predictiva mediante la comparación de los escurrimientos medidos y los simulados para un periodo de cinco años de observación (1998 a 2002). La capacidad predictiva del modelo se analizó mediante regresión lineal. Los resultados muestran que la pendiente de la línea de regresión y el coeficiente de determinación (R^2) entre escurrimientos simulados y medidos, fueron 0.99 y 0.97, en tanto que para la validación éstos fueron 0.73 y 0.95. De lo anterior se concluye que el modelo SWAT es una herramienta valiosa para la simulación del impacto del manejo del suelo y la vegetación en la producción de agua y sedimentos en la cuenca del Río Laja, la cual experimenta una variación en sus suelos, uso de suelo y condiciones de manejo en largos periodos.

Torres (2001) aplicó el modelo de simulación hidrológica SWAT (Soil and Water Assessment Tool), en la cuenca "El Tejocote", localizada en Atlacomulco, Estado de México. Con la finalidad de comparar los valores simulados y observados de la producción de agua, sedimentos, gastos medios y biomasa durante un período de cinco años de observación (1980-1985). Así mismo analizar su posible aplicación en cuencas que no cuenten con estaciones de aforo.

Corresponde con valores de 0.85 y 0.82 para el coeficiente de determinación R^2 y pendiente de la recta respectivamente, los cuales son considerados como aceptables, señala que éstos se comparan favorablemente, aunque en menor grado que en el caso de la producción de agua, sin embargo se consideran satisfactorios ya que se ubican dentro de límites permisibles según lo reportado por la literatura. Los valores de R^2 y pendiente de la recta fueron 0.71 y 0.62 respectivamente.

Las estadísticas de calibración del modelo indican una satisfactoria predicción de la producción de agua y sedimentos entre lo simulado y lo observado, por lo que se recomienda su uso en cuencas hidrográficas que no cuentan con estaciones de aforo para la planificación de los recursos naturales, manejo de los sistemas de explotación y obras de ingeniería agrícola.

El desarrollo del modelo SWAT en interface con un Sistema de Información Geográfica (SIG), lo hace una herramienta eficiente en operación, tiempo y economía, así como en la reducción de errores de ponderación en grandes cuencas.

Las variaciones en los parámetros del modelo al momento de la calibración indicaron una alta sensibilidad a la curva numérica (CN2) y a la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (SOL_AWC).

Trucios (2007) realiza la calibración y validación del modelo hidrológico SWAT en la cuenca del Río Sextin en Durango, México. Los insumos requeridos por éste fueron: Modelo Digital de Elevación (MDE), mapas de cobertura vegetal (1976 y 1993) mapa de

unidades edafológicas e información climatológica (precipitación pluvial, radiación, temperaturas máximas y mínimas). La calibración y validación del modelo se realizó en el 2005 en diferentes configuraciones de la cuenca, para el cálculo del escurrimiento, teniéndose en estos coeficientes de determinación (Nash – Sutcliffe, R^2) de 0.69 a 0.70 para la calibración de la vegetación de 1976 y valores de 0.72 a 0.84 para la calibración en la vegetación de 1993, tomando como base de comparación el escurrimiento medido en la estación hidrométrica Sardinias. El arreglo geométrico que mejor explicó el escurrimiento observado fue el de mayor tamaño.

IV.5. Software

Para el manejo de la información hidrológica muchas veces es necesaria la utilización de diversos programas de cómputo que ayudan a procesarla y por ende disminuye el tiempo de ejecución de un trabajo. A continuación se da una breve descripción de los utilizados en el presente trabajo.

IV.5.1. ArcView 3.2

ArcView es un sistema de información geográfica, que fue diseñado y desarrollado para proporcionar la posición e integración de los datos espaciales por la empresa ESRI. ArcView es un GIS, con un lenguaje de programación orientado a objetos (Avenue – Basado en C++), Longley 1999.

Los archivos básicos de GIS ArcView son Shapes files y son archivos vectoriales con una estructura no topológica que utiliza ArcView para almacenar tanto el componente geométrico de sus archivos como la información sobre atributos de los elementos geométricos. Un archivo en ArcView esta constituido por un mínimo de tres archivos.

- .shp: Este archivo almacena el componente geométrico.
- .shx: Este archivo almacena el índice de los elementos que conforman la geometría del tema.

- .dbf: Este es un archivo en formato dBASE que almacena los atributos de los elementos geométricos que conforman el tema. Cuando se adiciona el tema a la vista, el contenido del archivo es visualizado como una tabla.

IV.5.2. Sistema Generador de modelos Altimétricos (SIGMA)

El sistema generador de Modelos Altimétricos (SIGMA), Pedraza 2001, es un software de manejo para el sistema GEMA del INEGI, el cual fue desarrollado en el Colegio de Posgraduados como tesis de maestría de la especialidad de Hidrociencias. Este software permite generar un modelote elevaciones o modelos altimétricos, de cualquier área que se seleccione dentro del territorio nacional, en un formato tal que puede ser procesado directamente en los sistemas de información geográfica más comunes: ArcView, Idrisi y Surfer, Pedraza 2001.

Pedraza 2001 menciona que los datos proporcionados por el usuario de este sistema, son los siguientes:

- Límites del modelo. Estos se definen en función de cuatro valores que son longitud mínima, longitud máxima, latitud mínima y latitud máxima.
- Archivos de salida. La descripción del archivo de salida debe contener forzosamente un nombre y un tipo válido, entre los tipos de salida que genera están las extensiones: BMP, CSV, GRD, IMG, RST Y SHP.
- Separación entre renglones y columnas. Esta separación se da en unidad básica de 3 segundos de arco. Si la separación es igual a la unidad el modelo generado tendrá la misma resolución que los archivos de GEMA o sea 3 segundos de arco.

IV.5.3. Descripción del modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool)

IV.5.3.1. Aspectos generales del modelo SWAT

El SWAT es un modelo de simulación continua el cual analiza los impactos del proceso erosivo a largo plazo, es decir, los sedimentos en los almacenamientos en períodos de

10, 15, 50 y 100 años, así como la programación de prácticas agrícolas en un año, como son rotación de cultivos, fechas de siembra y cosecha, riego, fertilización y las tasas y fechas de aplicación de plaguicidas.

Para cumplir con este objetivo, el modelo se basa en principios físicos, es decir, en lugar de integrar ecuaciones regresivas para describir la relación entre las variables de entrada y de salida, SWAT necesita datos específicos acerca del clima, propiedades físicas del suelo, topografía, vegetación, y prácticas de manejo del suelo, que ocurren en la cuenca.

Los procesos físicos relacionados con el movimiento de agua, y de sedimentos, desarrollo del cultivo, ciclo de nutrientes, entre otros, son modelados directamente por SWAT empleando los datos de entrada arriba mencionados.

Los beneficios del modelo:

1. Se pueden simular las cuencas sin datos de control (escurrimientos máximos).
2. El impacto relativo de los datos de entrada alternativos (variaciones en prácticas del manejo, clima, vegetación, etc.), u otras variables de interés se pueden cuantificar.
3. Computacionalmente es eficiente. La simulación de cuencas muy grandes o una variedad de estrategias de manejo, se puede realizar sin invertir demasiado tiempo o dinero.
4. Permite el estudio de impactos a largo plazo. Generalmente muchos de los problemas examinados por los usuarios incluyen la incorporación gradual de contaminantes y el impacto en cuerpos de agua río abajo.

El SWAT es un modelo de tiempo continuo esto es, de rendimiento a largo plazo, por lo que no hace simulaciones detalladas de una ruta de inundación eventual y única. SWAT incorpora características de varios modelos como del ARS y es el resultado directo del modelo SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins) (Williams et al., 1985).

El modelo SWAT, es un modelo matemático, el cual consiste en la representación de una situación idealizada que tiene propiedades estructurales importantes de un sistema real, a través de las ecuaciones que expresan relaciones entre variables y parámetros (Woolhiser y Brakensiek, 1982).

IV.5.3.1.1. Objetivo del modelo SWAT

El objetivo del modelo es predecir el impacto del manejo del agua, sedimentos y carga de químicos agrícolas en grandes cuencas sin estaciones de monitoreo, para satisfacer este objetivo el modelo presenta las siguientes características:

- Se basa en procesos físicos (su calibración no es posible en microcuencas sin estaciones de monitoreo)
- Usa información disponible (actual)
- Es eficiente desde el punto de vista computacional para operar grandes cuencas en un tiempo razonable
- Es continuo y capaz de simular largos períodos para evaluar los efectos de los cambios en el manejo del agua, sedimentos y carga de químicos agrícolas

El modelo SWAT realiza una división de la cuenca en subcuencas, la cual permite al modelo reflejar las diferencias en evapotranspiración por varios cultivos y suelos. El escurrimiento superficial se predice en forma separada por Unidad de Respuesta Hidrológica (URH) y se utiliza para obtener el escurrimiento total de la cuenca, esto incrementa la precisión y da una descripción física del balance hídrico de mayor confiabilidad. La Figura IV.1, muestra un esquema general de los procesos operacionales utilizados por el modelo SWAT.

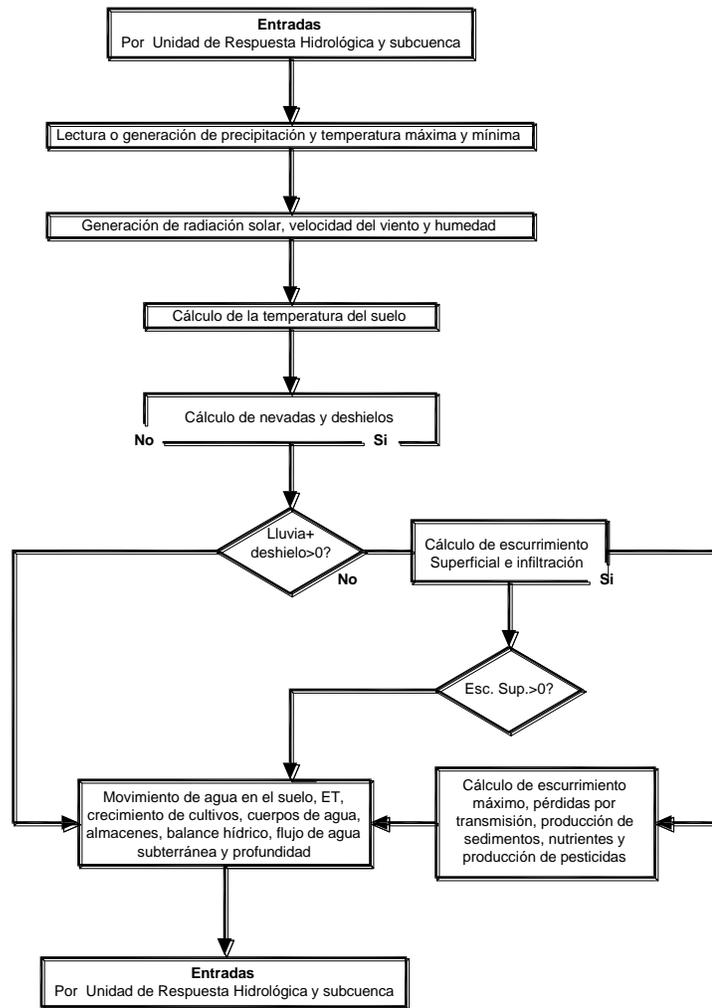


Figura IV.1. Diagrama de flujo de la operación del modelo SWAT a nivel diario

IV.5.3.2. Componentes del modelo SWAT

Los componentes del modelo se agrupan en ocho divisiones: hidrología, clima, sedimentación, temperatura del suelo, crecimiento de cultivos, nutrientes, pesticidas y manejo de cultivos así como se muestra en la figura.

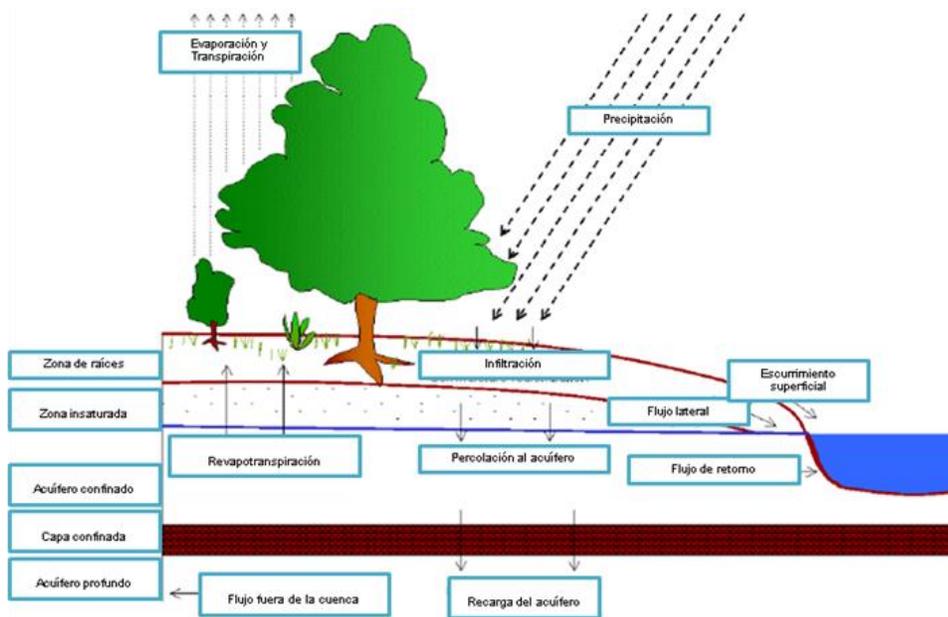


Figura IV.2. Componentes hidrológicos del modelo SWAT

IV.5.3.2.1. Hidrología

IV.5.3.2.1.1. Esgurrimiento superficial

El modelo simula los escurrimientos superficiales y los gastos máximos, que se producen por la lluvia diaria. El volumen de escurrimiento se estima con la técnica modificada de las curvas numéricas, propuesta por el Servicio de Conservación del Suelo (SCS) (USDA-SCS, 1972). El uso de datos de precipitación diaria es particularmente importante para la técnica de las curvas numéricas debido a que en muchas localidades, los datos de precipitación con incrementos de tiempo de menos de un día no existen. También, las manipulaciones de los datos de precipitación y los cálculos de escurrimiento superficial son más eficientes para datos tomados diariamente que en intervalos más cortos.

El modelo cuenta con dos opciones para estimar el gasto máximo, la fórmula racional modificada y el método TR-55 del SCS (USDA-SCS, 1986). La ecuación racional cuenta con un elemento de tipo estocástico que permite la simulación real del gasto máximo, con base en la lluvia diaria y la intensidad de la lluvia mensual.

IV.5.3.2.1.2. Percolación

El componente de percolación del SWAT usa una técnica de almacenamiento que predice el flujo a través de cada capa de suelo en la zona de raíces. El flujo hacia abajo ocurre cuando se excede la capacidad de campo (CC) de una capa de suelo y si la capa inferior no está saturada. La tasa de flujo hacia abajo está gobernada por la conductividad a saturación en la capa del suelo. El flujo hacia arriba puede ocurrir cuando una capa inferior excede la CC. El movimiento de agua de una capa inferior hacia una capa inferior adyacente se regula por el coeficiente de agua del suelo a CC de las dos capas. La percolación también es afectada por la temperatura del suelo.

IV.5.3.2.1.3. Flujo lateral subsuperficial

El flujo lateral subsuperficial en el perfil del suelo (0-2 m) se calcula simultáneamente con la percolación. Se usa un modelo cinemática de almacenamiento para predecir el flujo lateral en cada capa de suelo. El modelo considera la variación en la conductividad, la pendiente y el contenido de agua en el suelo.

IV.5.3.2.1.4. Flujo de agua subterráneo

La contribución del flujo subterráneo al flujo total se simula creando un acuífero de almacenamiento poco profundo, la percolación a partir de la parte baja de la zona de raíces es una recarga para ese acuífero delgado. Una constante de recesión derivada a partir de datos diarios de flujo se usa para retardar el flujo del acuífero a la corriente de agua. Otros componentes incluyen evaporación, bombeo, filtraciones hacia la profundidad del acuífero.

IV.5.3.2.1.5. Evapotranspiración

El modelo ofrece tres opciones para su estimación Hargreaves (Hargreaves and Samani, 1985), Priestley Taylor (Priestley and Taylor, 1972), and Penman-Monteith (Monteith, 1965). El método de Penman requiere de la radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, si la velocidad del viento, la humedad relativa, la radiación solar, no están disponibles (valores diarios) pueden ser generados a partir de

valores promedio mensuales. Los métodos Hargreaves y de Priestley Taylor dan opciones que dan resultados realísticos en la mayoría de los casos. El método calcula la evapotranspiración de suelos y plantas separadamente. La evapotranspiración potencial del agua en el suelo se estima como función de la evapotranspiración y el índice de área foliar (el área de las hojas de una planta en relación al área del suelo m^2/m^2). La evapotranspiración del suelo real se estima usando ecuaciones exponenciales de la profundidad del suelo. La evapotranspiración del agua en la planta se simula como una función lineal de la evapotranspiración potencial y el índice de área foliar.

IV.5.3.2.1.6. Pérdidas por transmisión

Muchas cuencas semiáridas tienen canales aluviales que sustraen grandes volúmenes de agua de la corriente (Lane, 1982). Las pérdidas por transmisión reducen los volúmenes de escurrimiento a medida que el agua viaja corriente abajo. El modelo SWAT utiliza el modelo de Lane descrito en el manual de hidrología del SCS (USDA, 1986) para estimar las pérdidas por transmisión. Las pérdidas en los canales son función del ancho del canal, de la longitud y duración del flujo, tanto del volumen de escurrimiento y la tasa pico se ajusta cuando ocurren pérdidas por transmisión.

IV.5.3.2.1.7. Cuerpos de agua

Los cuerpos de agua son pequeñas estructuras que se presentan dentro de una subcuenca. El almacenamiento en los cuerpos de agua se simula en función de la capacidad del cuerpo de agua, entradas y salidas diarias de agua, transmisión y evaporación. Se asume que en los almacenamientos se tienen solamente vertedores de emergencia. Los datos requeridos son la capacidad y área de la superficie del almacenamiento. El área superficial debajo de la capacidad del almacenamiento se estima a partir de una función no lineal del almacenamiento.

IV.5.3.2.2. Clima

Las variables climáticas necesarias para correr el modelo SWAT son: precipitación, temperatura del aire, radiación solar, velocidad del viento y humedad relativa. Si la precipitación diaria y las temperaturas máximas y mínimas no están disponibles, el

generador climático puede simular las temperaturas y la lluvia diarias. La radiación solar, velocidad del viento y humedad relativa son siempre simuladas. Un conjunto de variables climáticas pueden ser simuladas para toda la cuenca o diferente clima puede ser también simulado para cada subcuenca.

IV.5.3.2.2.1. Precipitación

El modelo de precipitación del SWAT desarrollado por Nicks (1974) es un modelo de cadena de Markov de primer orden, por lo tanto las entradas al modelo deben incluir las probabilidades mensuales de recibir precipitación si el día anterior fue seco o húmedo. Dada la relación húmedo-seco el modelo determina estocásticamente si ocurre o no precipitación. Cuando un evento de precipitación ocurre, la lámina se calcula a partir de la generación de una distribución de la precipitación diaria. La cantidad de la precipitación diaria se reparte entre la lluvia y la nieve usando la temperatura diaria promedio del aire.

IV.5.3.2.2.2. Temperatura del aire y radiación solar

La temperatura de aire máxima y mínima, así como la radiación solar se genera a partir de una distribución normal corregida por las probabilidades húmedo-seco. El factor de corrección se usa para dar mayor desviación a la temperatura y radiación cuando el clima cambia y para días lluviosos. De esta manera las desviaciones son menores en días secos. Los factores de corrección se calculan para asegurar que las desviaciones estándar a largo plazo de variables diaria se mantengan.

IV.5.3.2.2.3. Velocidad del viento y humedad relativa

La velocidad del viento diaria se simula usando una ecuación especial, ya que la velocidad mensual media del viento es un factor de entrada. El modelo de humedad relativa simula promedios diarios a partir de promedios mensuales, esto lo hace utilizando una distribución triangular igual que con la temperatura y la radiación, la humedad relativa media diaria se ajusta para tomar en cuenta los efectos de días húmedos y secos.

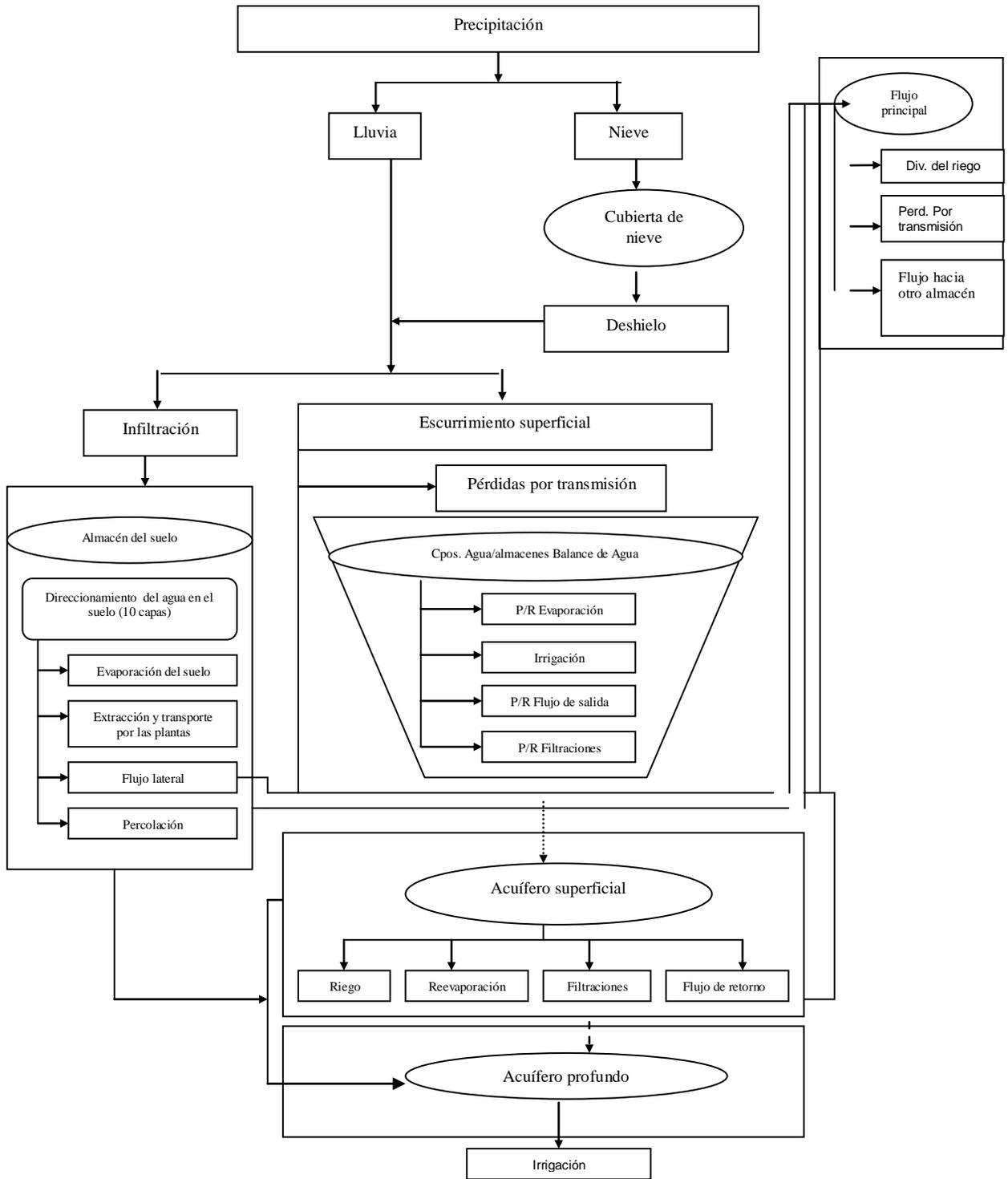


Figura IV.3. Simulación del movimiento de agua por SWAT

IV.5.3.2.3. Sedimentación

IV.5.3.2.3.1. Producción de sedimentos

La producción de sedimentos se estima para cada subcuenca con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada. El modelo hidrológico provee la estimación del volumen de escurrimiento y la tasa de escurrimiento pico. El factor de manejo de los cultivos se evalúa como la biomasa aérea, el residuo de cosecha en la superficie y el valor mínimo del factor C para el cultivo. Otros factores de la ecuación de erosión se evalúan como los describe Wischmeier y Smith (1978).

IV.5.3.2.4. Temperatura del suelo

Los promedios diarios de la temperatura del suelo se simulan para el centro de cada capa de suelo para usarse en la hidrología y la degradación del residuo. La temperatura de la superficie del suelo se estima usando la temperatura diaria del aire máxima y mínima y la cantidad de nieve, planta y las coberturas de residuos para el día de interés más los cuatro días inmediatos anteriores. La temperatura del suelo se simula para cada capa usando una función de la profundidad, temperatura superficial y la temperatura media anual del aire. La profundidad depende de la densidad aparente y del agua del suelo.

IV.5.3.2.5. Modelo de crecimiento del cultivo

Un solo cultivo se usa para simular todos los cultivos. La interceptación de la energía se estima como función de la radiación y el índice de área foliar del cultivo. El incremento potencial en la biomasa para un día dado se estima como el producto de la energía interceptada y un parámetro de cultivo para convertir energía a biomasa. El índice de área foliar se simula con ecuaciones que dependen de las unidades calor, el rendimiento de cultivos se estima usando el concepto de índice de cosecha. El índice de cosecha se incrementa como una función no lineal de las unidades calor a partir de cero a la fecha de siembra hasta un valor óptimo de madurez. El índice de cosecha puede ser reducido por el estrés por agua durante períodos críticos del cultivo (generalmente 30 y 90% de la madurez).

IV.5.3.2.6. Nutrientes

IV.5.3.2.6.1. Nitrógeno

Cantidades de $\text{NO}_3\text{-N}$ contenidos en el escurrimiento lateral y la percolación se estiman como productos del volumen de agua y la concentración promedio de los nutrimentos. La lixiviación y el flujo lateral subsuperficial en las capas bajas son tratadas con la misma estrategia que se usa en las capas superiores excepto que el escurrimiento superficial no se considera una función de concentración para aplicarla a eventos individuales de escurrimiento, se usa para estimar pérdidas de nitrógeno orgánico. La función de concentración estima la pérdida de N orgánico diaria en el escurrimiento basada en la concentración de nitrógeno orgánico en la capa más superficial del suelo. La producción de sedimentos y el coeficiente de crecimiento también el uso de nitrógeno por el cultivo se estiman usando un modelo de suministro y demanda.

IV.5.3.2.6.2. Fósforo

La estrategia del SWAT para estimar la pérdida del fósforo soluble en el escurrimiento superficial se basa en el concepto de repartir los pesticidas en las fases de solución y sedimentación, debido a que el fósforo está más asociado con la fase de sedimentos. El fósforo soluble en el escurrimiento se predice usando las concentraciones de fósforo lábil en la capa superior del suelo, el volumen de escurrimiento y un factor de repartición. El transporte de fósforo en sedimentos se simula como una función de concentración. El uso del fósforo por el cultivo se estima también con la estrategia de suministro y demanda.

IV.5.3.2.7. Pesticidas

IV.5.3.2.7.1. Transporte de pesticidas

EL transporte de pesticidas por el escurrimiento, la percolación, la evaporación del suelo y el sedimento utiliza la técnica del GLEAMS. Los pesticidas pueden ser aplicados en cualquier tiempo y dosis, al follaje de la planta o al suelo, a cualquier profundidad, el índice de área foliar de la planta determina que fracción del pesticida aplicado al follaje alcanza la superficie del suelo. También una fracción de la dosis de aplicación (llamada eficiencia de aplicación) se pierde en la atmósfera. Cada pesticida tiene un único conjunto de parámetros que incluyen: solubilidad media de su vida en el suelo y en el follaje, fracción de lavado, un coeficiente de adsorción en el carbono orgánico y costo. El pesticida transportado por el agua y sedimento se calcula para cada evento de

escurrimiento y la lixiviación del pesticida se calcula para cada capa de suelo cuando ocurre la percolación.

IV.5.3.2.8. Manejo del cultivo

El SWAT permite rotaciones del cultivo sin límite y hasta tres cultivos por año, se puede también introducir riego, nutrientes y aplicación de pesticidas (fechas y cantidades).

IV.5.3.2.8.1. Labranza y residuos

El componente de labranza fue designado para repartir la biomasa aérea al momento de la cosecha, parte de la biomasa es removida como rendimiento, otra parte incorporada al suelo y la restante se deja en la superficie como residuo.

IV.5.3.2.8.2. Riego

Se tiene la opción de simular agricultura de temporal o bajo riego, cuando se selecciona la irrigación se debe especificar el coeficiente de escurrimiento (volumen de agua que sale/volumen aplicado) y un nivel de estrés hídrico de la planta para accionar el riego. El factor de estrés hídrico de la planta varía entre 0-1 (1 significa sin estrés y 0 no hay crecimiento).

IV.5.3.2.9. Componentes de transporte

IV.5.3.2.9.1. Transporte de agua en los cauces

El transporte en cauces usa el método de coeficiente variable de almacenamiento, los parámetros del cauce incluyen: largo, pendiente, ancho y profundidad del banco, inclinación de taludes, pendiente del piso y rugosidad del cauce. El gasto y la velocidad media se calculan usando la ecuación de Manning y el tiempo de transporte se calcula dividiendo la longitud del canal por la velocidad. El flujo de salida del cauce se ajusta de acuerdo a las pérdidas de transmisión, evaporación, desviaciones y el flujo de retorno.

IV.5.3.2.9.2. Transporte de sedimentos en cauces

El modelo de transporte de sedimentos consiste de dos componentes que operan simultáneamente: depositación y degradación. El componente de depositación se basa en la velocidad de caída y el de degradación en el concepto del poder de la corriente. La depositación en el piso del cauce de la subcuenca, hacia la salida se basa en la velocidad de caída de las partículas de sedimentos.

IV.5.3.2.9.3. Transporte de nutrientes y pesticidas en los cauces

Los químicos solubles son considerados conservativamente, mientras que los químicos adsorbidos al sedimento se permite que sean depositados con el sedimento.

IV.5.3.2.10. Tránsito de agua y sedimentos en almacenamientos

IV.5.3.2.10.1. Balance y transporte de agua en almacenamientos

El balance de agua en almacenamientos incluye flujos de entrada y de salida, lluvia en la superficie del almacenamiento, evaporación, transmisión en el piso del almacenamiento, desviaciones y flujo de retorno. Actualmente existen tres métodos para estimar el flujo de salida. El primer método simplemente considera el flujo de salida medido y permite al modelo simular los otros componentes del balance hídrico. El segundo método es para pequeños almacenamientos incontrolados, y el flujo de salida ocurre a una tasa de salida especificada cuando el volumen excede la capacidad de almacenamiento. Y el tercer método es para grandes almacenamientos con manejo y se utiliza una estrategia de un volumen mensual especificado.

IV.5.3.2.10.2. Transporte de sedimentos en almacenamientos

La producción de sedimentos del flujo de entrada a los cuerpos de agua y almacenamientos, se calcula con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada. El flujo de salida de la producción de sedimentos a los almacenamientos, se calcula como el producto del volumen de salida por la concentración de sedimentos. La concentración de la producción de sedimento en los almacenamientos del flujo de salida se estima

usando una simple ecuación de continuidad basada en los volúmenes y concentración del flujo de entrada, flujo de salida y el almacenamiento del cuerpo de agua.

IV.5.4. Acervos nacionales de información

Para la consulta de información geográfica, climatológicos o hidrométrica, existen diversas fuentes tanto impresas como formato digital, a continuación se mencionan a continuación las empleadas para elaborar el presente trabajo y el tipo de información que reporta.

IV.5.4.1. Información geográfica

La información cartográfica disponible de la Republica Mexicana se obtiene de diversas fuentes.

IV.5.4.1.1. Boletines hidrométricos

Este tipo de documentos se encuentran información geográfica impresa de las diferentes regiones hidrológicas además de las cuencas, de las cuencas, subcuencas y corrientes principales, estos boletines fueron elaborados por la Secretaria de Recursos Hidráulicos (SRH).

IV.5.4.1.2. Modelos digitales de altimetría del territorio nacional (GEMA)

Este tipo de archivos se encuentran en forma raster y son mallas regulares a cada 3 segundos de arco, aproximadamente 90 m, y se encuentran en 255 archivos, que cubren completamente la zona continental y las islas más importantes del país. Esta información se presentada en formato digital a escala 2:250,000 contenida en 1 disco compacto generado por el INEGI. Este archivo es la base a partir del cual el software SIGMA genera los Modelos Digital de Elevación, para su procesamiento en el GIS y en el SWAT.

IV.5.4.2. Normales climatológicas provisionales

Con la finalidad de atender la necesidad de información climatológica mensual media y extrema de los parámetros que se obtienen en la red de estaciones climatológicas, el servicio meteorológico nacional presenta las normales climatológicas estándar y

provisionales para el periodo 1961-1990. Las normales climatológicas estándar, se define como medidas de datos climatológicos, calculadas para períodos consecutivos de 30 años y que se publican cada década, es decir del periodo de enero de 1901 a 31 de diciembre de 1960 y así sucesivamente. En el caso de estaciones que no tienen suficientes registros para un período de 30 años, se calculan como normales climatológicas provisionales, las cuales deberán tener por lo menos un período de 10 a 24 años con registro.

IV.5.4.3. Extractor rápido de información climatológica (ERIC III)

Contiene la información de la base de datos climatológica nacional tal como se encontraba en enero 2007 en el SMN y un programa para la extracción de la información climatológica. Cuenta con los datos de acerca de 5,000 estaciones climatológicas. Se trata de estaciones que reportan información diaria de las siguientes variables climatológicas; temperatura observada (a 8 horas), temperatura mínima y máxima (día anterior), precipitación a las 24 hora. (de 8 a.m. a 8 8 a.m.), evaporación a las 24hrs. (de 8 a.m. a 8 8 a.m.), tormenta, granizo, niebla y cobertura del suelo. Esta información se presenta en un disco compacto

IV.5.4.4. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS)

El BANDAS versión 2 es una recopilación de datos hidrométricos y vasos de almacenamiento de 1902 a 1999, elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología de agua (IMTA, 2000) en coordinación con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), consta de siete discos compactos que incluyen información sobre 2,014 estaciones hidrométricas y 151 vasos de gasto, límnigramas, avenidas, volúmenes de almacenamiento, derrames, entradas netas, salidas totales y síntesis de hidrométricas. Facilita además la presión de informes consultas, así como exportar información a otros paquetes.

IV.5.5. Interfaces con Sistemas de Información Geográfica

En años recientes ha habido considerables esfuerzos encaminados a utilizar Sistemas de Información Geográfica (SIG) para obtener datos de "entrada" y ser utilizados en modelos de simulación integrales y para el despliegue espacial de los datos de salida de un modelo. Muchas de estas investigaciones inicialmente fueron encaminadas a unir modelos de cuadrículas para un solo evento con SIG basados en formato raster.

Actualmente ha sido desarrollada una interfase para SWAT usando el software Arc View. La interfase de datos de entrada automáticamente subdivide una cuenca en subcuencas y después extrae los datos de entrada al modelo a partir de mapas bases de datos asociados para cada subcuenca. Los datos de suelos, uso del suelo, clima, manejo y topografía se obtienen y escriben en un archivo de entrada con formato .dbf.

La interfase de salida permite el despliegue de mapas y datos de salida en forma gráfica seleccionando una subcuenca a partir de un mapa de un SIG.

La interfase SWAT-Arc View está diseñada para facilitar el uso del modelo mediante la combinación de datos geográficos digitales. Su entrada base es una celda DEM (Digital Elevation Model); la interfase integra bases de datos relacionados con mapas que describen las propiedades de los suelos y de la cubierta vegetal, así como bases de datos de estaciones climatológicas y prácticas de manejo para crear una descripción de la cuenca del área en estudio y combinar datos de suelo y datos de cobertura del terreno con datos de manejo de la cuenca. Por tanto la interfase es capaz de relacionar los diferentes manejos de una cuenca y crear base de datos específicos para facilitar la integración de los datos de entrada de SWAT para que éstos puedan relacionar datos espaciales o trazo de mapas.

El proceso de modelado del SWAT es a menudo de carácter cíclico, esto es, que varias de las rutinas se repiten. En el proceso de la información bajo el uso de la interfase se describen de una manera lineal, como si ninguna rutina se repitiera. En la Figura VI.4, se presentan los requisitos y claves de control para cada una de estas rutinas.

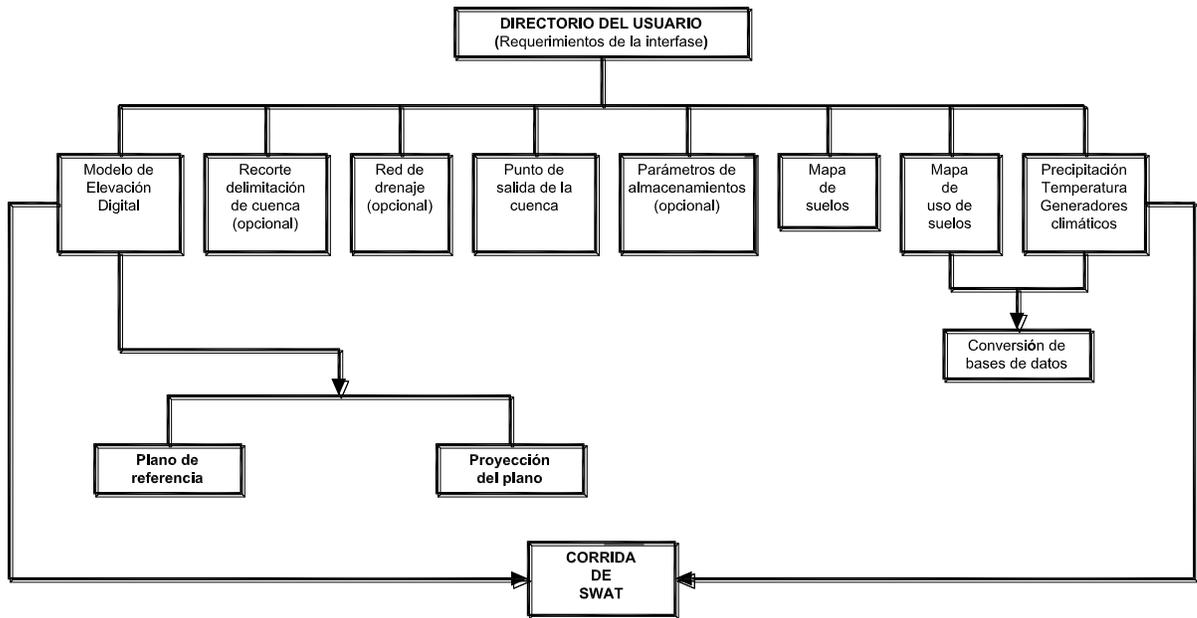


Figura IV.4. Claves de control de entrada del SWAT

V. MATERIALES Y METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este trabajo, consiste en obtener características generales de la cuenca del Río Valles (clima, geología, suelos, relieve), características morfológicas como son los parámetros de forma, características de la red de drenaje y parámetros de relieve; todas estas características determinan el comportamiento hidrológico de la cuenca.

V.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

En términos hidrológicos, aunque hay que decir que esta división corresponde más a esquemas administrativos San Luis Potosí es dividido, por el INEGI y la CONAGUA, en las Regiones Hidrológicas 26 Pánuco, con el 46.6% del territorio; y la 37 El Salado, con el 54.4% restante de la superficie estatal.

La Región Hidrológica No. 26 en la cual se ubica la cuenca estudiada, pertenece a la vertiente del Golfo de México y ocupa una superficie de 84, 956 km². Representa el 4% de la superficie del país y el 5% del potencial hídrico nacional, con una escorrentía medio anual de 18,000 Mm³. Abarca porciones de los estados: México, Querétaro, Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas y una pequeña fracción de Nuevo León (CNA, 2004; SARH, 1987). Las distribuciones de la lluvia en esta Región Hidrológica están condicionadas por las características morfológicas, geológicas y por los fenómenos meteorológicos que ahí ocurren, en frente orográfico constituido por la Sierra Madre Oriental dificultad el paso de la humedad hacia el Altiplano Potosino.

Las Unidades de Riego en estudio están dentro de la Región Hidrológica No. 26 Río Pánuco, la cual es una de las más importantes del país, por la superficie que drena (84, 956 km²), así como se muestra en la figura V.1, esta región se divide en dos porciones Alto y Bajo Pánuco.

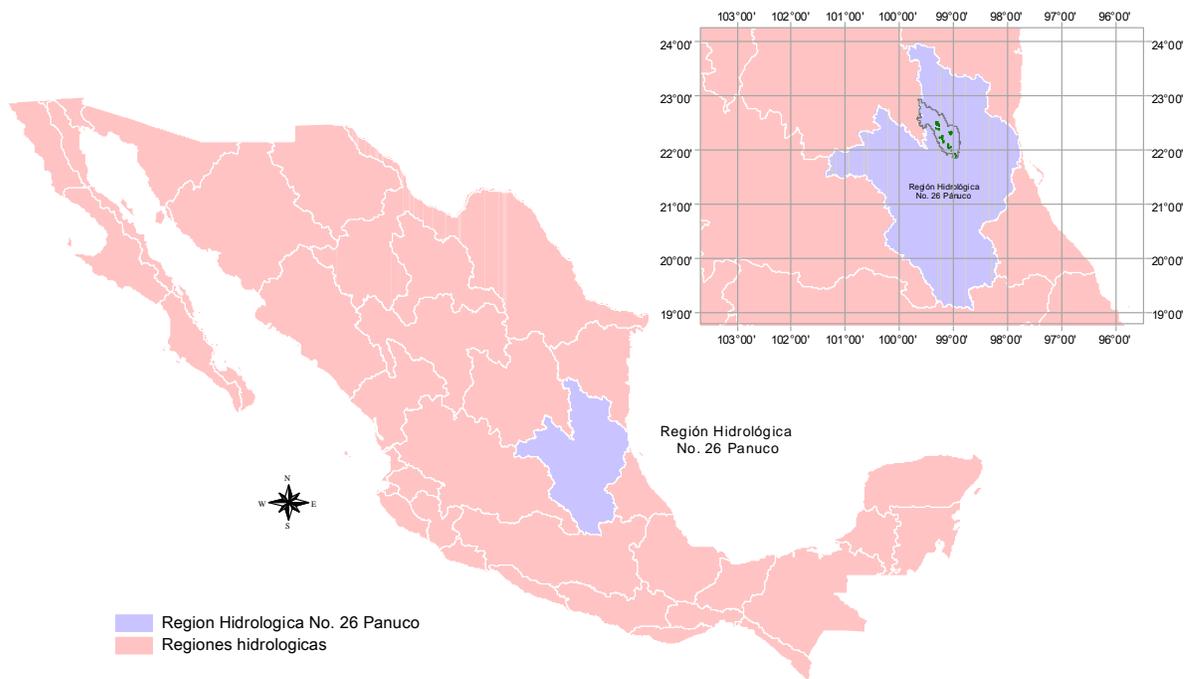


Figura V.1. Región Hidrológica No. 26 Río Pánuco

V.1.1. Afluentes que componen la región hidrológica del Panuco

La región hidrológica, se compone de 4 ríos los cuales son los más importantes así como se describe a continuación:

➤ **Río Pánuco**

Esta cuenca se localiza zonas de cultivo del distrito de riego "Las Animas-Tamaulipas", que son irrigadas por los ríos Tropaón y Moctezuma, a través de canales. Tiene únicamente una subcuenca intermedia, la del Río Pánuco.

➤ **Río Tamesí**

Dentro de San Luis Potosí. Su principal corriente es la del Tamesí, que en su origen dentro del estado de Nuevo León recibe el nombre de Guayalejo. Los escurrimientos de esta cuenca dentro del estado son pocos y se aprovechan en Tamaulipas. Las aguas del río Tamesí, lo mismo que las de la cuenca anterior, se utilizan para irrigar áreas del distrito de riego 92.

➤ **Río Tamuín**

De las cuencas correspondientes a la entidad ésta es la mayor y la que más aportación ofrece.

La corriente principal es de corta extensión y tiene su origen 32 Km al norte de Tamuín, San Luis Potosí, localidad de la cual toma su nombre. En su porción central está situado el distrito de riego "Río Verde Cd. Valles", que se abastece con el agua de los ríos antes mencionados y algunos de sus afluentes.

➤ **Río Moctezuma**

Su corriente más importante es la del Moctezuma. Este río nace en el estado de México, donde recibe la denominación de San Juan o Arroyo Zarco y sigue en general una dirección noreste.

En la parte norte de esta cuenca, dentro de San Luis Potosí, se encuentran algunas áreas del distrito de riego No. 92 "Las Animas-Tamaulipas", que se abastecen principalmente del río Pánuco. También hay algunas porciones del distrito de riego No. 60 "Pánuco-Veracruz" en el noreste, que son irrigadas por varios afluentes del río antes mencionado.

En la figura que V.2, se presenta como se encuentran distribuidos los ríos dentro de la región hidrológica.

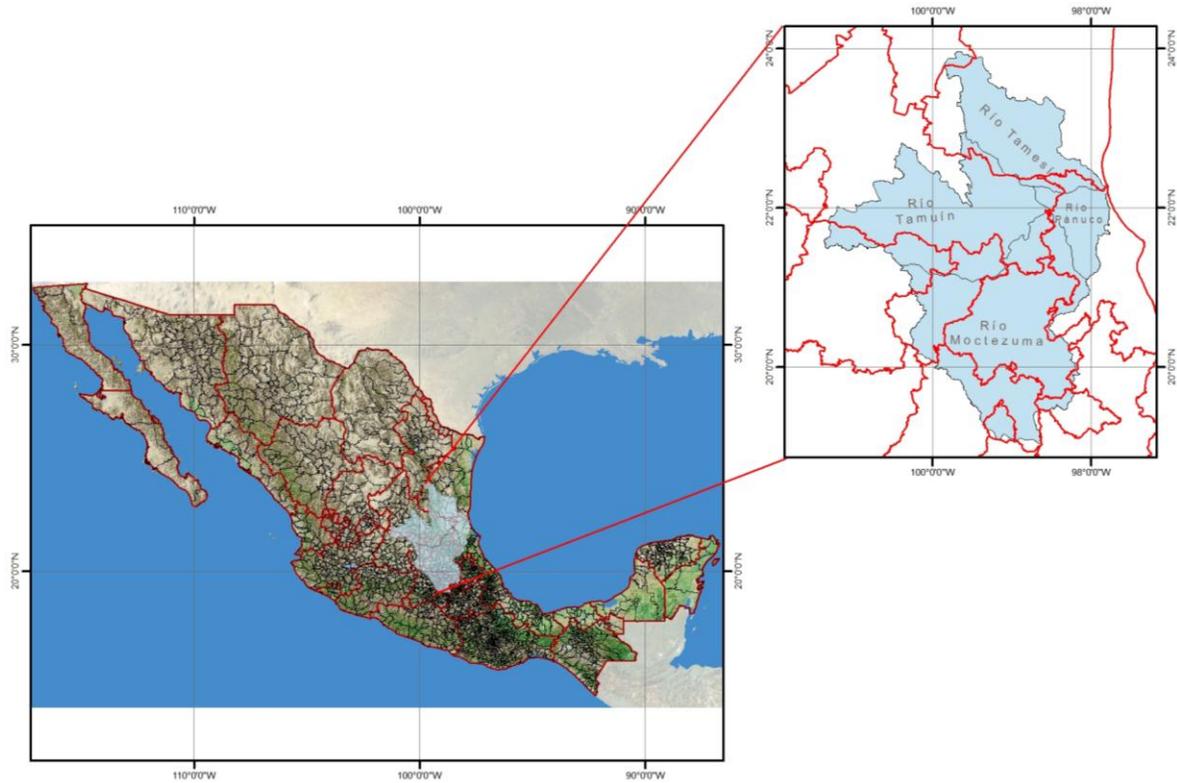


Figura V.2. Afluentes que integran la Región Hidrológica No. 26 Río Pánuco

V.1.2. Regiones fisiográficas del área de estudio

La Cuenca del Río Valles abarca el área que corresponden a cuatro subprovincias fisiográficas del país, así como se muestra en la figura V.3:

- Subprovincia Llanuras y Lomeríos
- Subprovincia Carso Huasteco
- Subprovincia Gran Sierra Plegada
- Subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales

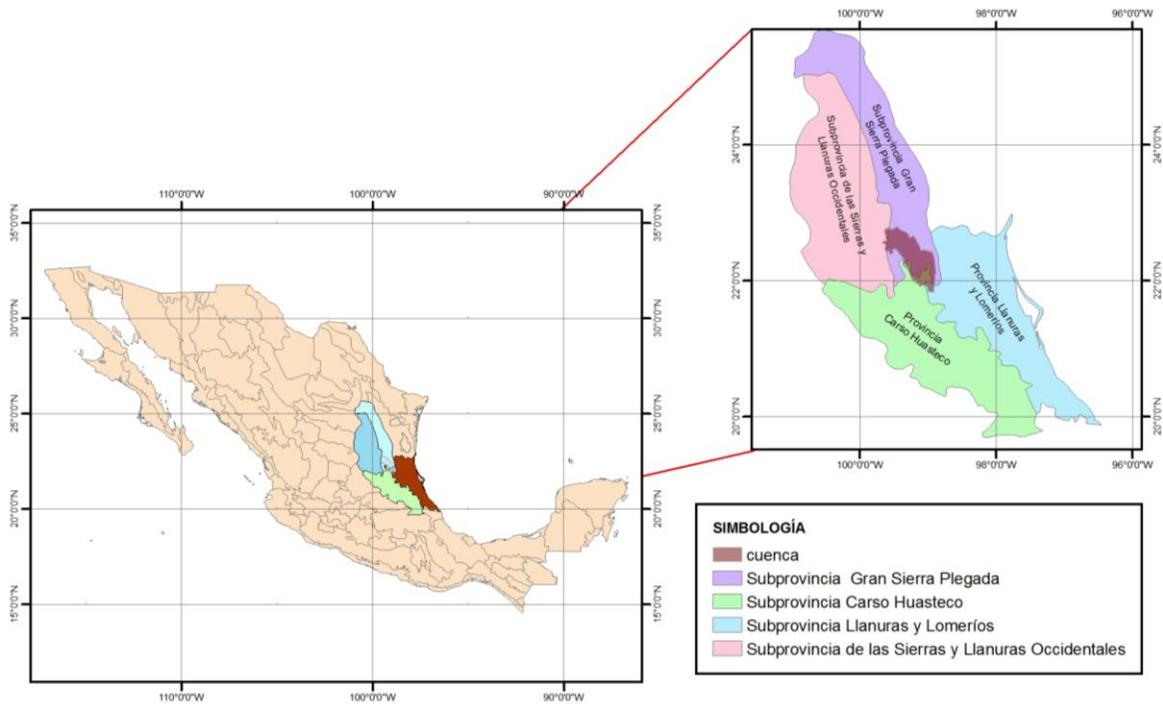


Figura V.3. Regiones Fisiográficas

V.1.2.1. Subprovincia de las Llanuras y Lomeríos

La subprovincia de las Llanuras y Lomeríos tiene en territorio Potosino una extensión de 7.74% de la superficie estatal. Su paisaje es monótono con dominancia de llanuras planas y onduladas. La llanura inundable del Río Moctezuma la comparten San Luís Potosí y Veracruz.

V.1.2.2. Subprovincia del Carso Huasteco

Limita al norte con las subprovincias de Sierras y Llanuras Occidentales y Gran Sierra Plegada. Esta región cársica es una de las más extensas del país. En ella dominan rocas calizas, que al ser disueltas por el agua originan rasgos de carso-pozos, dolinas y grutas. Esta subprovincia abarca 15.52% de la superficie total del estado de San Luís Potosí. Dentro de territorio potosino está constituida casi exclusivamente por sierras, pues sólo se encuentran algunos cañones, valles y llanuras.

V.1.2.3. Subprovincia de la Gran Sierra Plegada

Se localiza al este de Saltillo, Coahuila y en las proximidades de Monterrey Nuevo León, cambia su dirección hacia el sur y describe un gran arco que llega hasta la altura de Ciudad Valles, San Luís Potosí.

Domina la morfología de estratos plegados de calizas, con prominentes ejes estructurales de anticlinales y sinclinales. Se presenta una gran falla inversa sobre los bordes orientales de la sierra, y paralela a ella y a los ejes estructurales, todo un sistema de fallas normales que van desde Ciudad Victoria hasta Ciudad Valles.

Dentro del Estado de San Luís Potosí la subprovincia abarca 6.39%. En territorio Potosino destacan grandes fallas normales orientadas norte-sur en concordancia con los ejes estructurales, que definen también los rumbos de los valles.

V.1.2.4. Subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales

Está constituida por sierras predominantemente de rocas calizas, orientadas norte-sur y generalmente unidas entre sí por conjuntos de cerros menores, que tienen esa misma orientación o les son oblicuos.

La Sierra de Catorce, al pie de la cual está ubicada la ciudad de Matehuala, San Luis Potosí, define el límite occidental de la subprovincia y es la de mayor importancia y magnitud.

Esta subprovincia comprende parte de los estados de Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí. En la porción Potosina de esta región dominan las sierras y llanuras, pero también hay algunos lomeríos, bajadas y valles.

V.1.3. Acuífero

Desde el punto de vista hidrogeológico la zona en estudio se localiza en el acuífero llamado Huasteca Potosina, así como se muestra en la figura V.4.

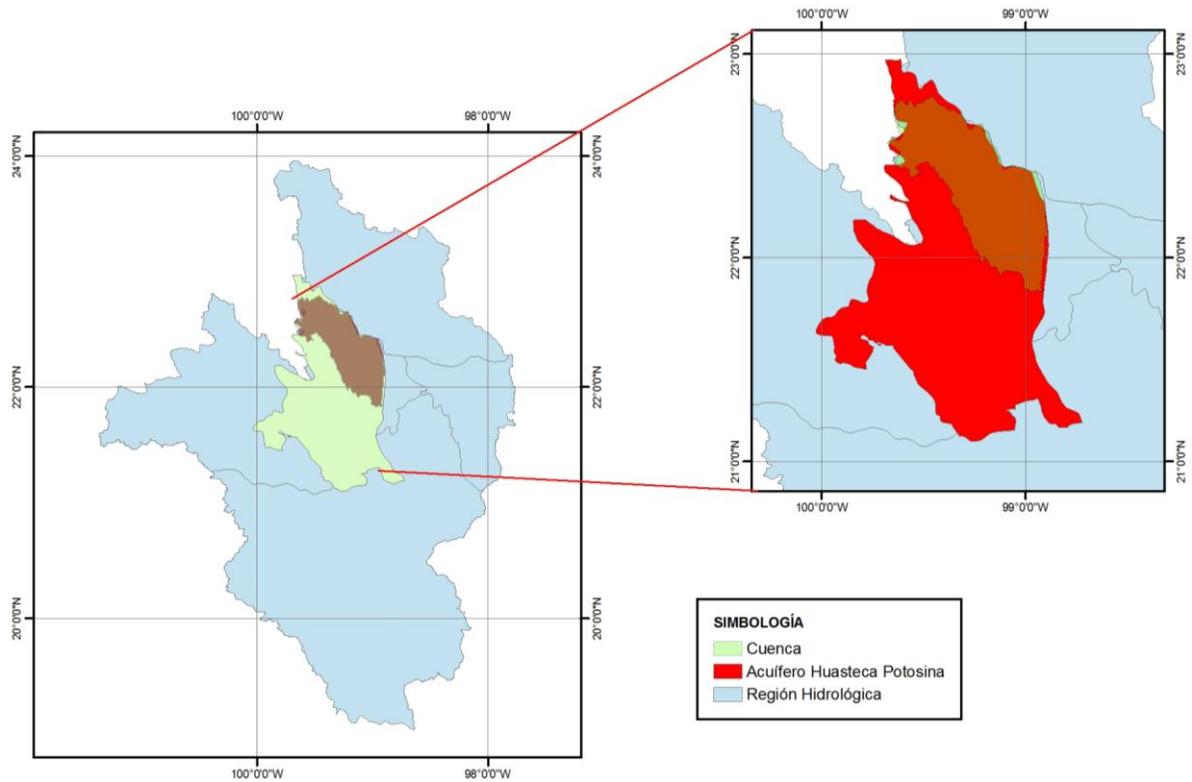


Figura V.4. Acuífero Huasteca Potosina

Un caso específico que corresponde a la zona de estudio es el acuífero de la Huasteca Potosina, el cual, según el diario oficial, con fecha 5 de diciembre de 2001 en su acuerdo da a conocer al público en general la denominación única de los acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, por la CONAGUA, y la homologación de los nombres de los acuíferos que fueron utilizados para la emisión de los títulos de concesión, asignación o permisos otorgados por este órgano desconcentrado.

V.1.4. Características generales de la cuenca

La cuenca del Río Valles, abarca el Estado de San Luis Potosí y Tamaulipas, así como se muestra en la figura V.5.

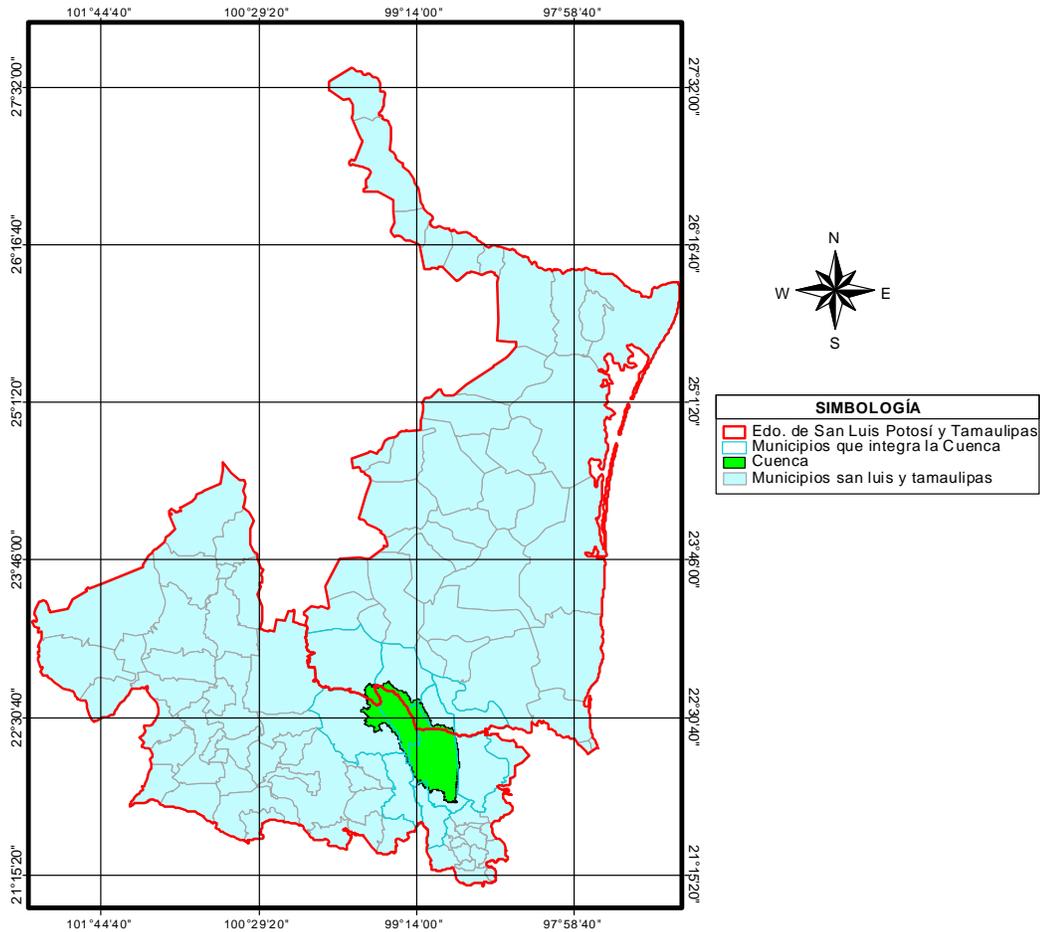


Figura V.5. Ubicación de la cuenca en los estados de San Luis Potosí y Tamaulipas

V.1.5. Localización geográfica

La cuenca del Río Valles (figura V.6), abarca una porción del noreste del Estado de San Luis Potosí y suroeste del Estado de Tamaulipas. Se encuentra comprendida entre los paralelos 21°51'03" y 22°50'39" de latitud Norte y entre los meridianos 98°53'24" y 99°40'40" de longitud Oeste de Greenwich. Tiene una superficie aproximada de 3,788.365 Km².



Figura V.6. Localización geográfica de la cuenca Río valles

V.1.6. Localización Política

El área de estudio comprende los 11 municipios, 6 municipios del estado de San Luis Potosí (Aquismón, El Naranjo, Tamuín, Cd. Valles, Cd. El Maíz y Tamasopo) y 5 al estado de Tamaulipas (Tula, Antiguo Morelos, Nuevo Morelos, Ocampo y Ciudad Mante), así como se aprecia en al figura V.8.

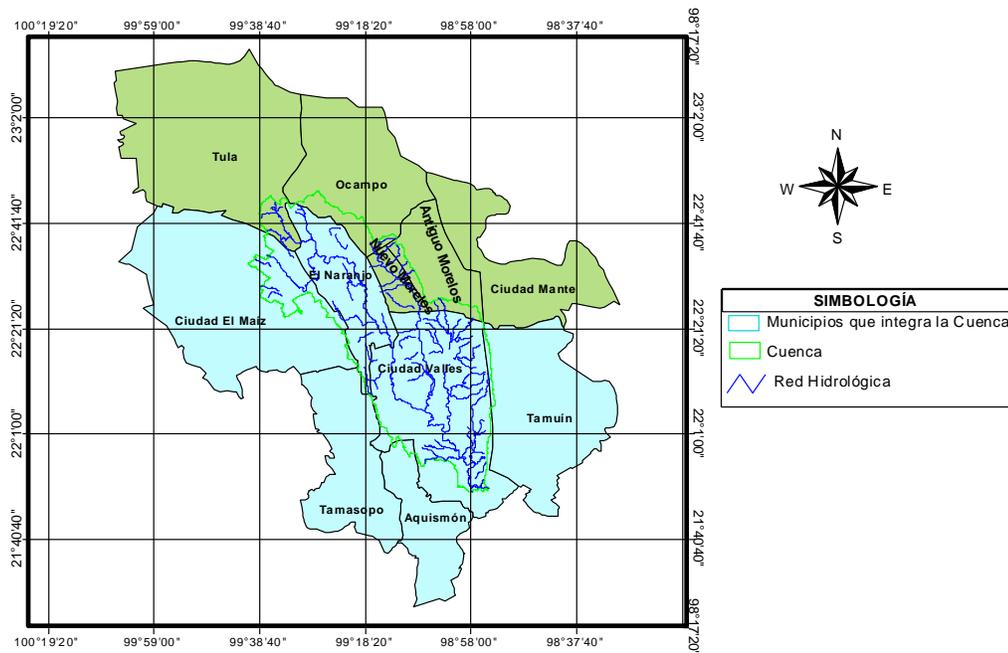


Figura V.8. Ubicación política de la Cuenca del Río Valles

V.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO VALLES

El clima es función de una combinación de elementos (temperatura, precipitación, evaporación, humedad, nubosidad, viento, etc.) y factores (altitud, latitud, orografía, distancia al mar, circulación local, regional y global, etc.). En San Luis Potosí, las condiciones climáticas son diferentes en las distintas regiones en las que se divide el estado. Más del 70% del territorio estatal se caracteriza por ser árido, aunque el grado de aridez varía mucho de un sitio a otro, al igual que la temperatura, los vientos, la nubosidad, etc.

Dentro de la cuenca se presentan 14 estaciones climáticas, según reporta el Servicio Meteorológico Nacional, información que se presenta es del año de 1970 al 2000, en los cuadros V.1, V.2, y V.3, se presentan datos climáticos, de temperatura máxima, mínima y precipitación respectivamente.

Cuadro V.1. Datos de temperatura máxima, que comprende la cuenca

Estación	Nombre	Lat.	Lon.	Altitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
24016	ABRITAS, EL NARANJO	22.49333	-99.42889	1250	22.5	24.0	27.0	29.0	29.7	28.8	28.3	28.3	27.7	26.5	25.0	22.5	26.6
24156	BUENAVISTA, CD. VALLES	22.37250	-99.03861	215	25.6	28.3	31.2	34.0	35.3	34.7	34.2	34.2	32.5	30.7	28.6	25.6	31.2
24012	CIUDAD VALLES, CIUDAD VALLES	21.97361	-99.00139	95	24.6	26.9	29.8	32.6	34.7	34.7	32.7	32.9	31.9	29.9	27.5	24.4	30.2
24025	EL PUJAL, CIUDAD VALLES	21.84167	-98.92500	43	25.6	27.8	31.9	34.6	36.1	35.8	34.6	35.4	33.7	31.8	28.8	25.7	31.8
24027	EL SALTO, CIUDAD DEL MAÍZ	22.58361	-99.43667	405	23.4	26.0	29.7	32.2	33.6	33.3	32.1	32.7	31.3	29.2	26.4	23.8	29.5
24028	EL TIGRE, CIUDAD VALLES	22.24694	-99.12083	160	24.4	27.4	31.4	33.8	35.7	34.6	32.9	33.0	31.8	29.8	27.2	24.5	30.5
24039	MAITINEZ (A. LA ISLA), EL NARANJO	22.37222	-99.28750	240	25.1	27.5	31.4	34.0	35.6	34.4	33.5	33.8	32.8	30.8	28.1	25.3	31.0
24043	MICOS, CIUDAD VALLES	22.11806	-99.16667	310	22.5	25.2	29.2	31.9	33.4	32.9	31.6	32.0	30.6	28.3	25.3	22.5	28.8
24056	PONCIANO ARRIGA, CIUDAD VALLES	22.21361	-98.98500	280	24.4	26.7	30.3	32.0	33.0	32.7	31.6	31.9	30.7	29.1	26.9	24.8	29.5
24076	SANTA ROSA, CIUDAD VALLES	22.01667	-99.05000	70	25.6	27.7	31.7	34.4	35.8	35.3	34.0	34.4	33.1	31.1	28.4	25.7	31.4
24088	TANTIZOHUICHE, CIUDAD VALLES	22.18778	-98.99167	90	25.5	28.3	32.4	35.0	36.6	36.1	34.7	35.4	33.7	31.4	28.6	26.1	32.0
24174	PUERTO DE LOBOS, CIUDAD DEL MAÍZ	22.49028	-99.56278	1330	20.9	23.0	24.8	26.3	27.3	25.1	24.0	24.7	23.4	24.4	23.1	23.2	24.2
28066	NUEVO MORELOS	22.52833	-99.21389	300	26.1	28.4	33.2	35.3	36.7	36.2	35.0	35.4	33.6	31.6	29.0	25.6	32.2
28262	GALLO GRANDES, TULA	22.71667	-99.58333	1040	23.6	25.0	27.5	29.0	29.9	29.8	28.0	28.7	27.7	26.5	26.3	24.9	27.2

FUENTE: SERVICIO METEOROLÓGICA NACIONAL

Cuadro V.2. Datos de temperatura mínima, que comprende la cuenca

Estación	Nombre	Lat.	Lon.	Altitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
24016	ABRITAS, EL NARANJO	22.49333	-99.42889	1250	10.2	10.9	12.9	14.8	16.6	16.8	16.6	16.7	16.4	14.6	12.6	10.7	14.2
24156	BUENAVISTA, CD. VALLES	22.37250	-99.03861	215	11.1	13.2	16.9	19.7	22.5	22.6	21.8	21.7	20.9	18.3	15.3	12.0	18.0
24012	CIUDAD VALLES, CIUDAD VALLES	21.97361	-99.00139	95	13.0	13.9	16.9	19.6	22.8	23.6	22.7	22.6	21.9	18.7	16.5	13.1	18.8
24025	EL PUJAL, CIUDAD VALLES	21.84167	-98.92500	43	12.5	13.7	17.1	20.0	23.0	23.8	22.9	23.0	22.2	19.6	16.7	13.6	19.0
24027	EL SALTO, CIUDAD DEL MAÍZ	22.58361	-99.43667	405	11.7	12.5	15.4	18.1	21.1	21.8	21.3	21.4	20.9	18.4	15.5	12.7	17.6
24028	EL TIGRE, CIUDAD VALLES	22.24694	-99.12083	160	10.9	12.1	15.4	18.1	21.4	22.2	21.6	21.6	21.0	18.3	15.5	12.5	17.6
24039	MAITINEZ (A. LA ISLA), EL NARANJO	22.37222	-99.28750	240	11.2	11.9	15.9	18.8	21.8	22.6	22.0	21.8	21.4	18.4	15.3	11.9	17.8
24043	MICOS, CIUDAD VALLES	22.11806	-99.16667	310	11.0	12.2	15.3	18.3	21.1	21.8	21.1	21.2	20.4	17.9	14.9	12.1	17.3
24056	PONCIANO ARRIGA, CIUDAD VALLES	22.21361	-98.98500	280	13.5	14.4	17.2	19.2	21.3	21.9	21.6	21.5	20.8	18.9	16.0	13.5	18.3
24076	SANTA ROSA, CIUDAD VALLES	22.01667	-99.05000	70	12.8	13.8	17.4	20.4	23.5	24.2	23.4	23.4	22.6	20.0	16.9	13.8	19.4
24088	TANTIZOHUICHE, CIUDAD VALLES	22.18778	-98.99167	90	12.5	13.7	16.7	19.7	22.7	23.7	23.0	23.0	22.2	19.6	16.4	13.9	18.9
24174	PUERTO DE LOBOS, CIUDAD DEL MAÍZ	22.49028	-99.56278	1330	7.5	8.6	9.3	10.6	12.3	11.9	12.0	11.7	11.6	10.8	9.7	8.6	10.4
28066	NUEVO MORELOS	22.52833	-99.21389	300	10.9	11.7	15.5	18.2	20.8	21.7	21.0	21.0	20.6	17.8	14.7	11.5	17.1
28262	GALLO GRANDES, TULA	22.71667	-99.58333	1040	8.6	9.5	11.1	13.5	15.0	15.7	15.7	15.6	15.4	13.6	12.1	10.5	13.0

FUENTE: SERVICIO METEOROLÓGICA NACIONAL

Cuadro V.3. Datos de precipitación que comprende la cuenca

Estación	Nombre	Lat.	Lon.	Altitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
24016	ABRITAS, EL NARANJO	22.49333	-99.42889	1250	32.9	19.4	34.3	49.4	136.4	298.1	390.2	315.8	327.4	130.8	51.0	52.4	1838.1
24156	BUENAVISTA, CD. VALLES	22.37250	-99.03861	215	14.2	10.5	14.2	28.2	56.8	173.6	154.5	143.1	186.7	53.3	16.8	19.5	871.4
24012	CIUDAD VALLES, CIUDAD VALLES	21.97361	-99.00139	95	23.7	16.7	51.3	47.5	81.3	166.0	300.4	251.9	189.8	104.4	45.4	26.4	1304.8
24025	EL PUJAL, CIUDAD VALLES	21.84167	-98.92500	43	31.6	23.2	26.1	48.1	112.4	227.3	255.7	177.8	283.3	116.5	44.5	42.5	1389.0
24027	EL SALTO, CIUDAD DEL MAÍZ	22.58361	-99.43667	405	30.5	15.5	26.2	54.0	99.3	245.8	317.0	228.1	248.3	100.5	36.0	34.0	1435.2
24028	EL TIGRE, CIUDAD VALLES	22.24694	-99.12083	160	18.4	10.7	17.9	36.0	93.4	197.7	254.6	158.9	201.4	64.5	21.0	20.3	1094.8
24039	MAITINEZ (A. LA ISLA), EL NARANJO	22.37222	-99.28750	240	20.1	11.4	24.6	37.7	106.3	249.8	312.8	184.5	210.9	106.3	29.2	26.3	1319.9
24043	MICOS, CIUDAD VALLES	22.11806	-99.16667	310	30.8	14.2	29.3	51.4	121.2	282.1	321.7	209.4	274.3	107.2	37.1	31.8	1510.5
24056	PONCIANO ARRIGA, CIUDAD VALLES	22.21361	-98.98500	280	21.3	13.0	17.3	31.7	91.9	195.6	236.8	137.1	214.8	78.0	16.2	33.9	1087.6
24076	SANTA ROSA, CIUDAD VALLES	22.01667	-99.05000	70	23.1	12.9	29.7	35.5	92.9	213.8	272.2	187.2	239.5	89.9	25.9	26.8	1249.4
24088	TANTIZOHUICHE, CIUDAD VALLES	22.18778	-98.99167	90	31.2	24.9	26.0	48.9	116.1	253.9	290.0	207.5	288.8	123.6	45.6	41.5	1498.0
24174	PUERTO DE LOBOS, CIUDAD DEL MAÍZ	22.49028	-99.56278	1330	20.3	14.1	7.8	13.5	43.4	112.9	159.6	75.4	153.0	38.5	16.0	41.9	677.9
28066	NUEVO MORELOS	22.52833	-99.21389	300	18.0	10.5	20.4	33.5	114.4	146.9	257.2	136.6	205.2	73.0	22.1	41.1	1062.3
28262	GALLO GRANDES, TULA	22.71667	-99.58333	1040	14.3	3.6	7.4	32.0	26.8	178.9	181.3	209.4	141.6	47.7	12.9	41.2	866.2

FUENTE: SERVICIO METEOROLÓGICA NACIONAL

De la figura V.9 al V.22, se muestra de la distribución de las temperaturas temperatura Máxima, mínima y la precipitación, en la época del año.

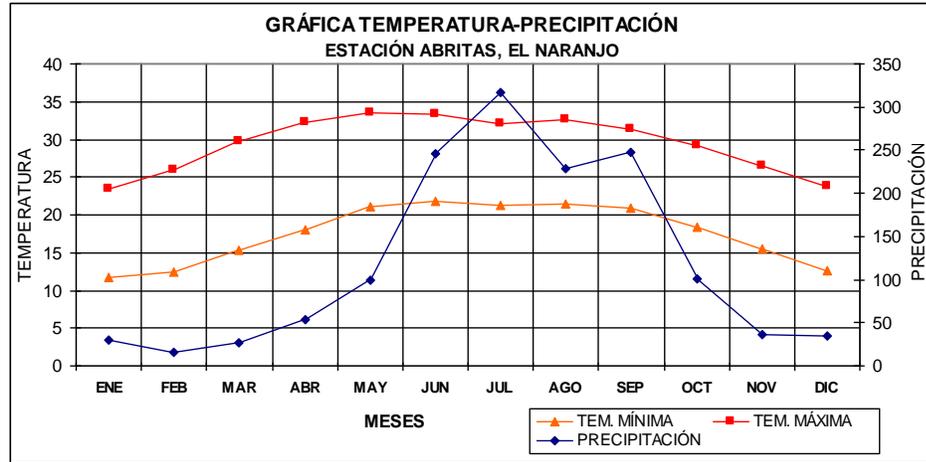


Figura V.9. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Abritas, El Naranjo

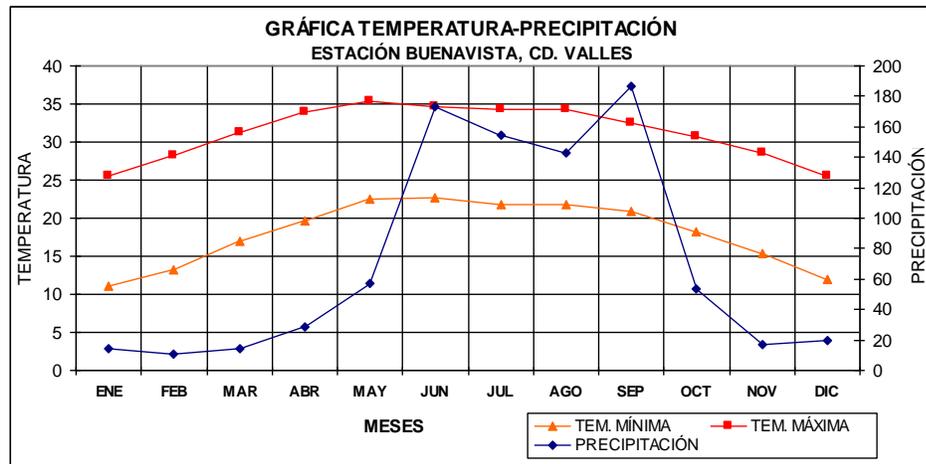


Figura V.10. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Buenavista, Cd. Valles

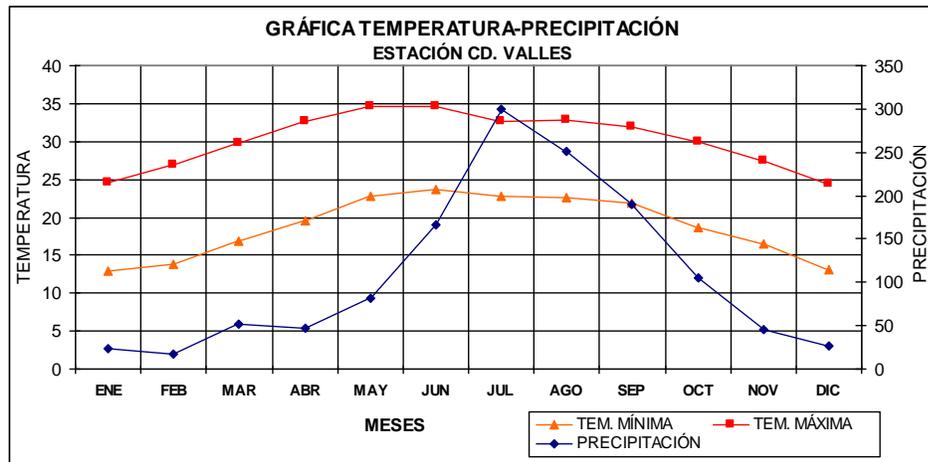


Figura V.11. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Cd. Valles

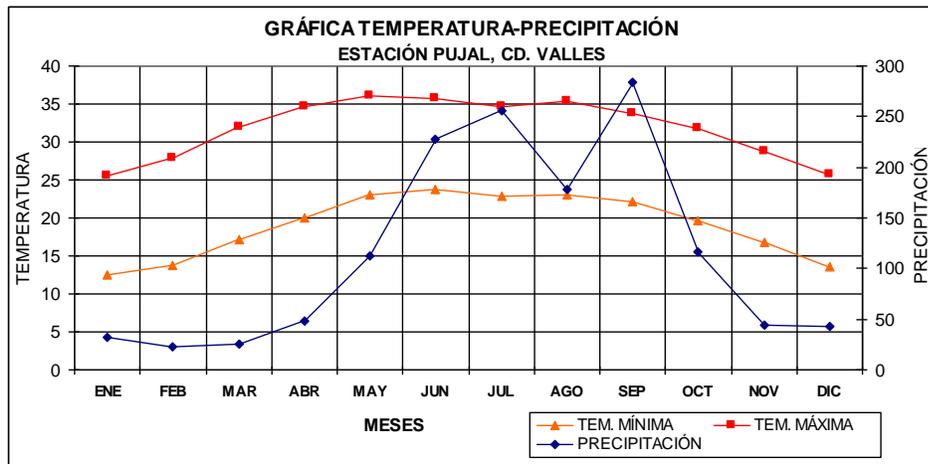


Figura V.12. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Pujal, Cd. Valles

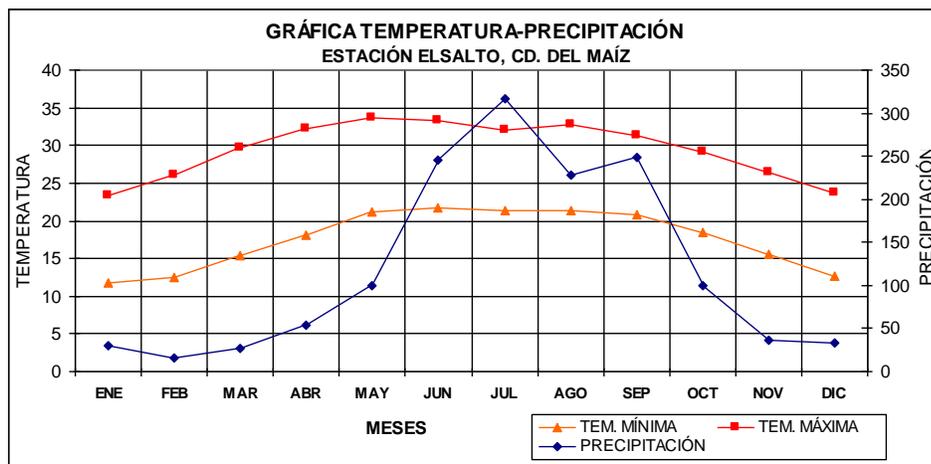


Figura V.13. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Pujal, Cd. Valles

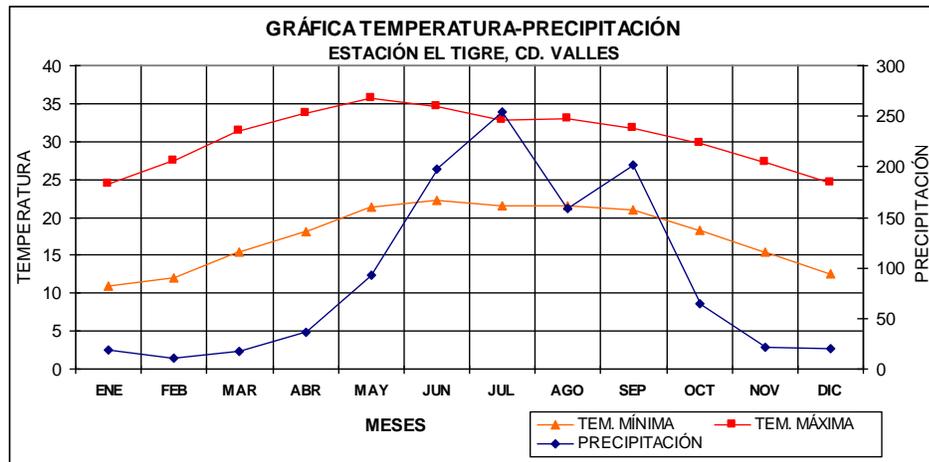


Figura V.14. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación El Tigre, Cd. Valles

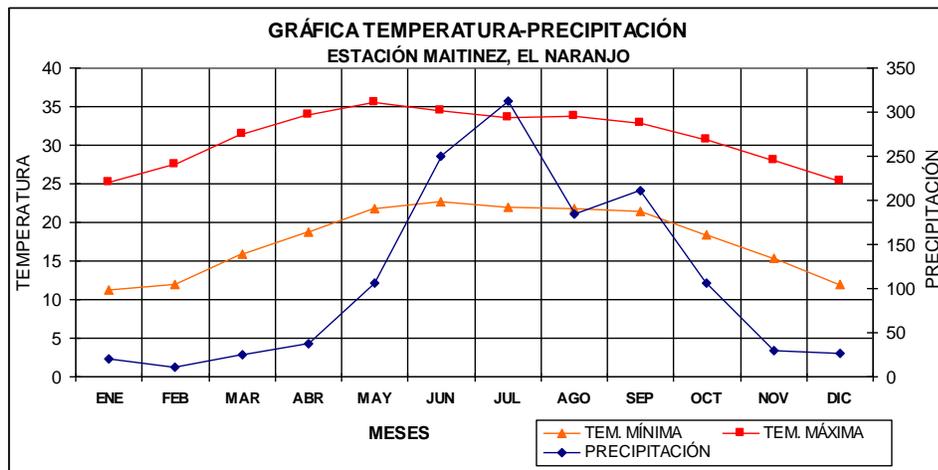


Figura V.15. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Maitinez, El Naranjo

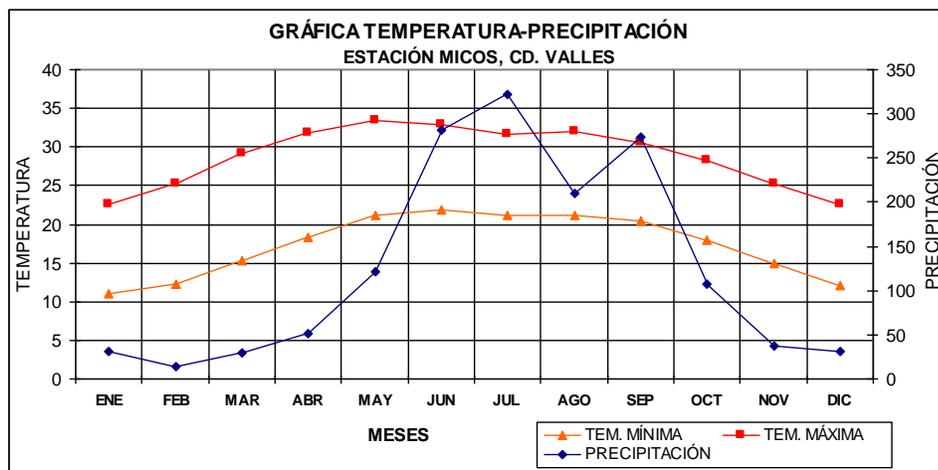


Figura V.16. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Maitinez, El Naranjo

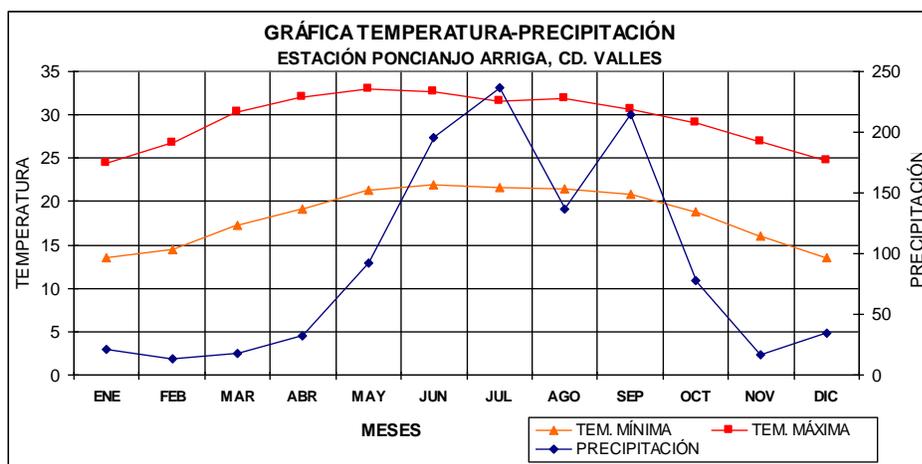


Figura V.17. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Ponciano Arriaga, Cd. Valles

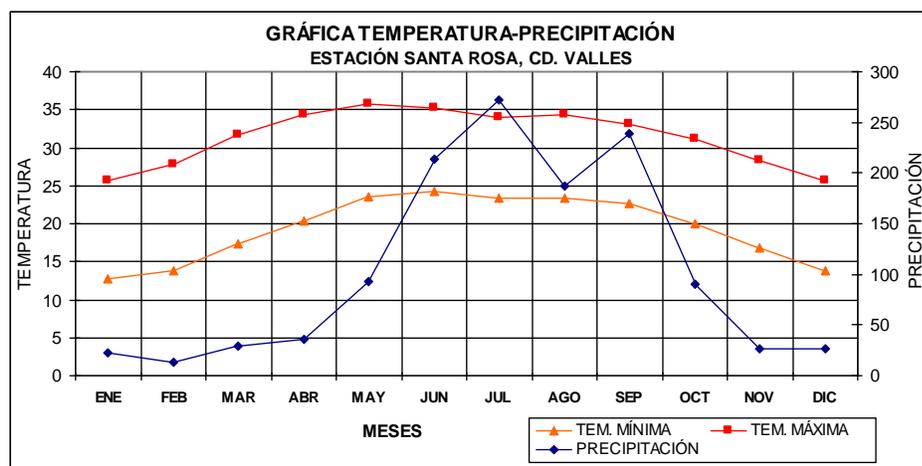


Figura V.18. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Santa Rosa, Cd. Valles

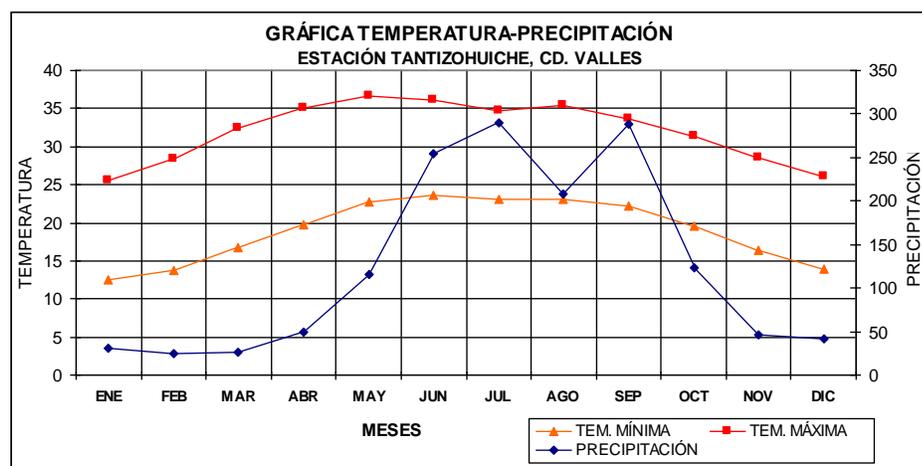


Figura V.19. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Tantizohuiche, Cd. Valles

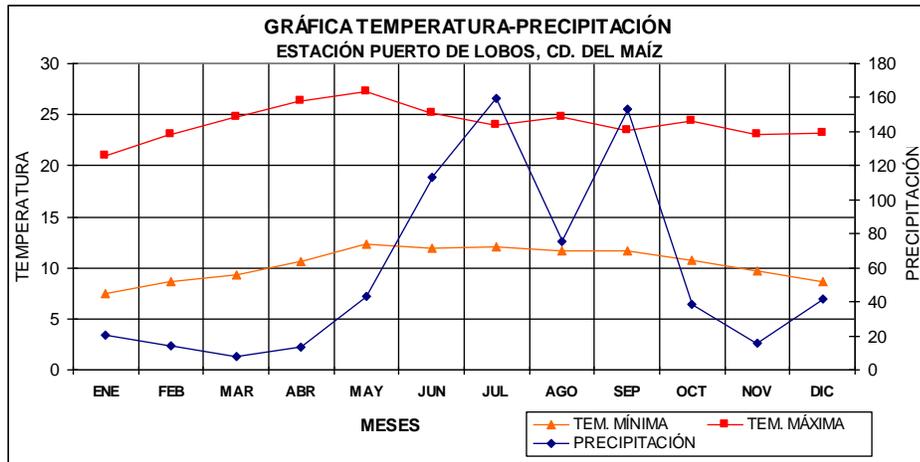


Figura V.201. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Puerto de Lobos, Cd. Valles

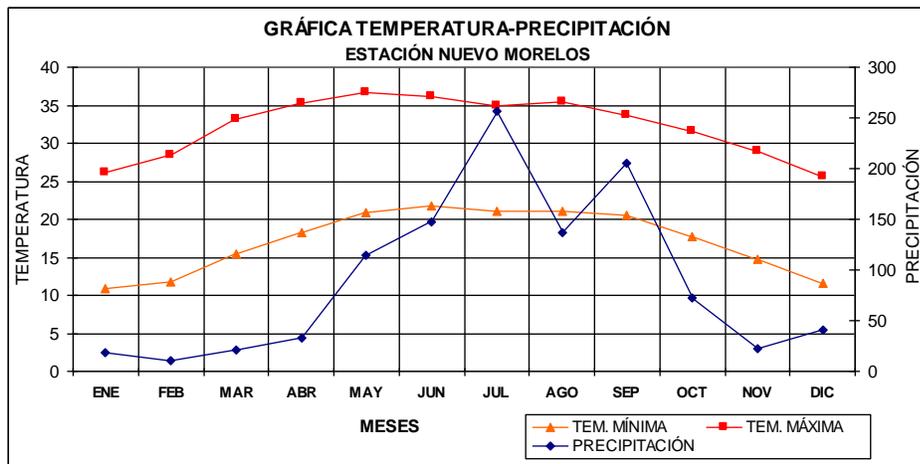


Figura V.21. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Nuevo Morelos

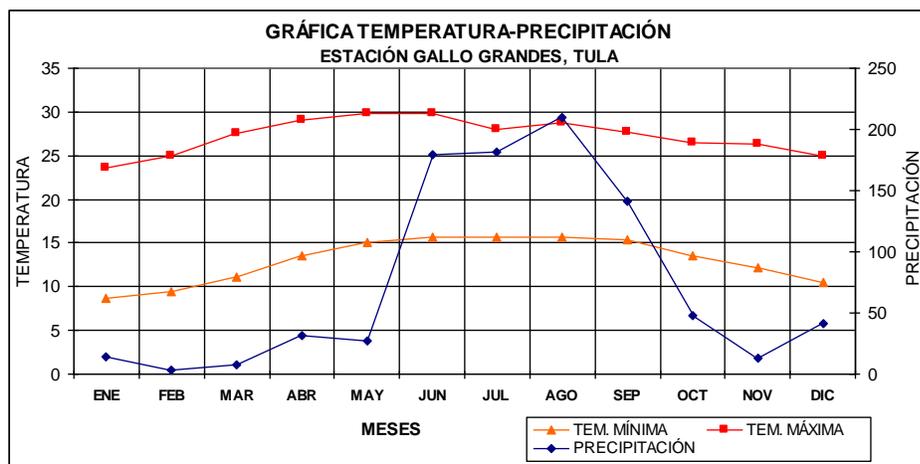
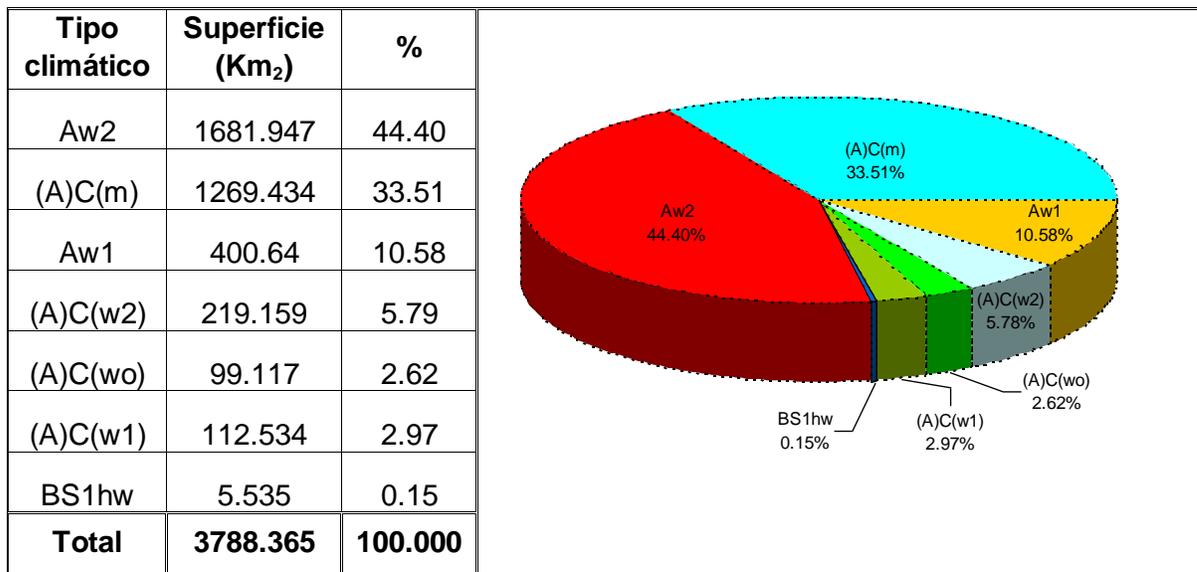


Figura V.22. Gráfica de temperatura-Precipitación de la estación Gallo Grandes, Tula

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificado por E. García (1973) para las condiciones de México, En la cuenca, se encuentran los tipos climáticos: semicálido (A)C(m); templados subhúmedos: (A)C(w0), (A)C(w1), (A)C(w2); Cálido subhúmedo: Aw1, Aw2 y semiseco semicálido: Bs1hw.

El Cuadro V.4 muestra la distribución de la superficie de la cuenca de acuerdo al tipo climático.

Cuadro V.4. Tipos climáticos y superficie ocupada en la Cuenca del Río Valles



V.3. CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO VALLES

Las características del suelo de una cuenca hidrológica influyen fuertemente como se desarrolla el escurrimiento superficial, así como el flujo subsuperficial. Propiedades del suelo, tales como la textura, profundidad de las capas impermeables y las modificaciones del suelo provocadas por actividades humanas y procesos naturales, son factores que influyen en el comportamiento del agua de lluvia en las cuencas.

La formación de los suelos es el producto de varios procesos naturales. Típicamente, los suelos se desarrollan de modo tal que las capas superiores presentan el mayor impacto de la vegetación.

Dentro de los factores de formación del suelo, el clima es uno de los más importantes, ya que influye de forma directa en la meteorización del material básico que los compone y es determinante en la actividad biológica.

Entre los demás factores naturales que participan en la formación de los suelos cabe mencionar el tipo y la distribución de la vegetación, la geología local, la actividad biológica, las reacciones minerales y la topografía de la cuenca hidrológica. Estos determinan la cantidad de agua de lluvia que penetra en el suelo y cómo se desplaza o se almacena en el suelo.

Además de la importancia de los suelos en el comportamiento del ciclo del agua, la capacidad que presenta como sustento de la vegetación incluyendo cultivos y organismos, hace necesaria su caracterización y clasificación, para apoyo de proyectos de transferencia de tecnología, desde el punto de vista de producción agrícola y/o explotación.

Para la caracterización de los suelos, en el presente estudio, se partió del esquema de clasificación de suelos de FAO, (1970) modificado por DETENAL, en el cual se tiene que los suelos predominante son los Litosoles (42.657% del área), seguida por Vertisoles (18.821%), Feozem (14.34%), Rendzina (12.7%), Regosoles (9.047%), el resto del área es ocupada por Luvisoles, Fluvisoles, Gleysoles y Cambisoles, En el Cuadro V.5 se presentan por orden de suelos y en la figura V.23, se muestra la distribución gráfica de las unidades de suelos a nivel de orden.

Cuadro V.5. Superficie ocupada por orden de suelos en la Cuenca del Río Valles

Tipo de suelo (orden)	% del total	Superficie (ha)
Cambisoles	0.67	2,528.56
Cuerpo de agua	0.24	926.14
Rendzina	12.70	48,112.94
Gleysoles	0.62	2,356.84
Feozem	14.34	54,326.77
Litosol	42.66	161,601.19
Luvisoles	0.90	3,409.08
Regosoles	9.05	34,274.08
Vertisoles	18.82	71,300.91
Total	100.00	378,836.51

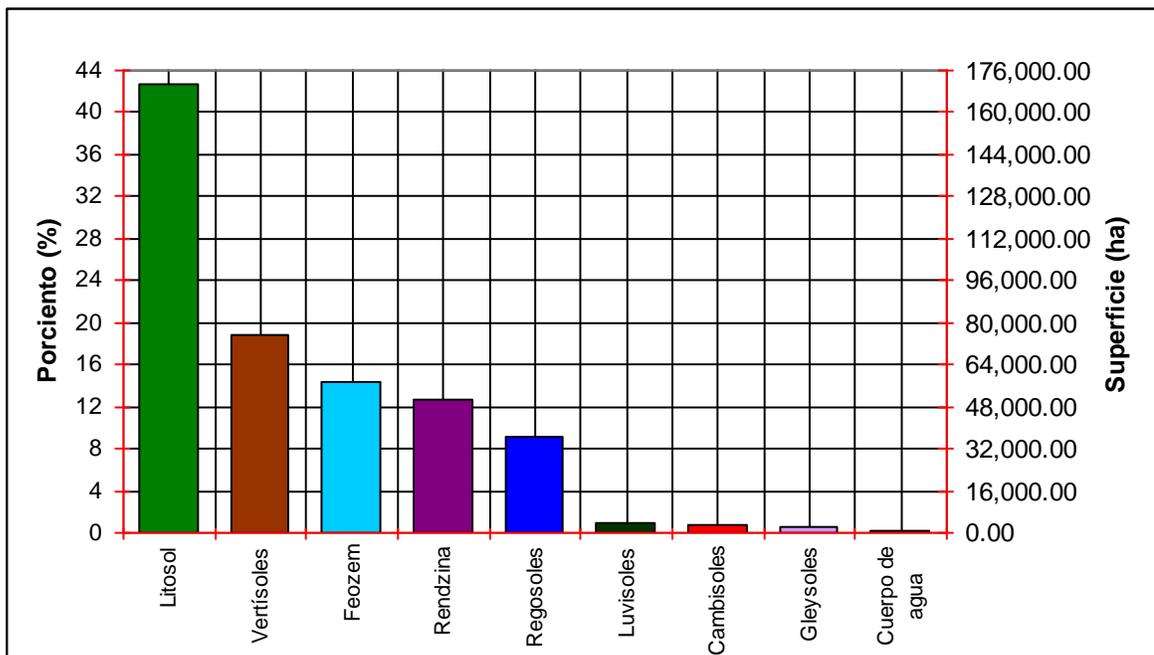


Figura V.23. Distribución gráfica de la superficie ocupada por orden de suelos

En el cuadro V.6 se presenta forma detallada la distribución en superficie de las unidades cartográficas de suelos.

Cuadro V.6. Superficie ocupada por las unidades cartográficas de suelos en la Cuenca del Río Valles. Fuente INEGI, (1982, escala 1:50 000)

Unidad cartográfica	Fase física	Unidad de suelos dominante	% del total	Superficie
Bk/3		Cambisol calcárico	0.628	2,380.428
Bk+Hc/3	Lítica	Cambisol calcárico	0.039	148.127
Superficie ocupada por cambisoles			0.667	2,528.556
Cuerpo de agua			0.244	926.139
E/2	Pedregosa	Rendzina	0.004	16.937
E/3		Rendzina	0.026	97.496
E/3	Lítica	Rendzina	0.571	2,163.336
E/3	Pedregosa	Rendzina	0.089	336.175
E/3	Petrocalcica	Rendzina	0.120	455.685
E+Hc/3	Lítica	Rendzina	0.090	341.425
E+HI/3	Lítica	Rendzina	0.333	1,262.264
E+HI/3	Lítica profunda	Rendzina	0.004	15.379
E+HI/3		Rendzina	0.116	437.673
E+HI/3	Lítica	Rendzina	0.037	141.257
E+I/2		Rendzina	0.205	778.499
E+I/2	Pedregosa	Rendzina	0.012	43.854
E+I/3		Rendzina	0.984	3,729.077
E+I/3	Gravosa	Rendzina	0.073	275.969
E+I/3	Lítica	Rendzina	5.123	19,407.238
E+I/3	Pedregosa	Rendzina	0.138	522.407
E+I/3	Petrocalcica	Rendzina	0.145	547.830
E+I+HI/3	Lítica	Rendzina	0.066	249.501
E+Rc/3		Rendzina	0.045	172.323
E+Rc/3	Lítica	Rendzina	4.436	16,806.271
E+Vp/3	Lítica	Rendzina	0.027	102.772
E+Vp/3	Pedregosa	Rendzina	0.055	209.572
Superficie ocupada por Rendzina			12.700	48,112.941
Ge-ms/3		Gleysol éútrico	0.233	881.508
Gv/3		Gleysol vértico	0.389	1,475.330
Superficie ocupada por Gleysoles			0.60	2,356.837
Hc/2	Lítica	Feozem crómico	0.036	136.997
Hc/3		Feozem crómico	2.297	8,700.788
Hc/3	Gravosa	Feozem crómico	0.019	70.740
Hc/3	Lítica	Feozem crómico	0.464	1,758.129

Materiales y Métodos

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valles, S. L. P."

Unidad cartográfica	Fase física	Unidad de suelos dominante	% del total	Superficie
Hc/3	Lítica profunda	Feozem crómico	0.036	138.201
Hc+Bk/3	Gravosa	Feozem crómico	0.056	210.291
Hc+E/3		Feozem crómico	0.019	73.219
Hc+E/3	Pedregosa	Feozem crómico	0.017	62.944
Hc+HI/3	Lítica	Feozem crómico	0.347	1,313.802
Hc+HI/3	Lítica profunda	Feozem crómico	0.005	17.993
Hc+I/3	Lítica	Feozem crómico	0.125	475.430
Hc+Rc/3		Feozem crómico	3.909	14,809.917
Hc+Rc/3	Lítica	Feozem crómico	3.804	14,409.091
Hc+Rc/3	Lítica profunda	Feozem crómico	0.064	241.600
Hc+Rc/3	Pedregosa	Feozem crómico	1.433	5,429.971
Hc+Re/3		Feozem crómico	0.431	1,633.164
Hc+Vp/3		Feozem crómico	0.087	329.321
Hh+I/3	Lítica	Feozem háplico	0.020	74.204
Hh+Lc/3	Pedregosa	Feozem háplico	0.405	1,535.512
HI/3		Feozem lúvico	0.054	203.689
HI/3	Lítica	Feozem lúvico	0.297	1,124.066
HI/3	Lítica profunda	Feozem lúvico	0.015	55.230
HI+E/3		Feozem lúvico	0.002	7.167
HI+E/3	Lítica	Feozem lúvico	0.089	338.760
HI+E/3	Lítica profunda	Feozem lúvico	0.087	329.634
HI+Hc/3	Lítica	Feozem lúvico	0.013	48.318
HI+Hc+I/3	Lítica	Feozem lúvico	0.074	281.656
HI/3		Feozem lúvico	0.136	516.933
Superficie ocupada por Feozem			14.340	54,326.771
I/2		Litosol	4.645	17,596.071
I/3		Litosol	3.759	14,238.703
I+E/2		Litosol	0.024	91.021
I+E/3		Litosol	32.760	124,105.159
I+E/3	Lítica	Litosol	0.039	147.834
I+E/3	Petrocalcica	Litosol	0.074	278.674
I+E+HI/3		Litosol	0.695	2,633.475
I+E+HI/3	Lítica	Litosol	0.096	363.464
I+E+Rc/3		Litosol	0.081	306.027
I+Hh/2		Litosol	0.187	708.783
I+Rc/3		Litosol	0.299	1,131.983
Superficie ocupada por Litosol			42.66	161,601.194

Materiales y Métodos

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valles, S. L. P."

Unidad cartográfica	Fase física	Unidad de suelos dominante	% del total	Superficie
Jc/3		Fluvisol crómico	0.113	427.544
Lc/3	Gravosa	Luvisol crómico	0.227	860.953
Lc/3	Lítica	Luvisol crómico	0.060	226.727
Lc/3	Lítica profunda	Luvisol crómico	0.109	412.704
Lc/3	Pedregosa	Luvisol crómico	0.113	428.765
Lc+l/3	Lítica	Luvisol crómico	0.172	652.266
Lf/3		Luvisol ferrálico	0.023	87.432
Lf/3	Lítica profunda	Luvisol ferrálico	0.014	54.800
Lf+l/3	Lítica	Luvisol ferrálico	0.016	60.527
Lo/3	Lítica profunda	Luvisol ocrico	0.052	197.358
Superficie ocupada por Luvisoles			0.90	3,409.076
Rc/3		Regosol crómico	0.002	8.295
Rc/3	Lítica	Regosol crómico	0.318	1,203.081
Rc+E/3		Regosol crómico	0.337	1,276.302
Rc+E/3	Lítica	Regosol crómico	0.035	133.941
Rc+Hc/3		Regosol crómico	2.145	8,124.397
Rc+Hc/3	Lítica	Regosol crómico	3.506	13,281.071
Rc+l/2		Regosol crómico	0.121	459.178
Rc+l/2	Lítica	Regosol crómico	0.980	3,712.426
Rc+l/3		Regosol crómico	0.425	1,609.530
Rc+l/3	Lítica	Regosol crómico	1.179	4,465.865
Superficie ocupada por Regosoles			9.047	34,274.084
Vp-n/3		Vertisol pélico	0.810	3,066.872
Vp-n/3	Lítica profunda	Vertisol pélico	0.014	51.411
Vp/3		Vertisol pélico	14.964	56,688.184
Vp/3	Lítica	Vertisol pélico	0.274	1,039.803
Vp/3	Lítica profunda	Vertisol pélico	0.532	2,016.919
Vp/3	Pedregosa	Vertisol pélico	0.312	1,183.635
Vp/3	Petrocalcica	Vertisol pélico	0.072	273.186
Vp/3	Petrocalcica profunda	Vertisol pélico	0.034	128.342
Vp+E/3		Vertisol pélico	0.016	60.605
Vp+E/3	Lítica profunda	Vertisol pélico	0.262	993.571
Vp+E/3	Pedregosa	Vertisol pélico	0.191	724.586
Vp+Hc/3		Vertisol pélico	1.307	4,952.601
Vp+l/3	Lítica	Vertisol pélico	0.032	121.199
Superficie ocupada por Vertisoles			18.82	71,300.913

En la figura V.24, se presenta la distribución de los suelos que componen la cuenca.

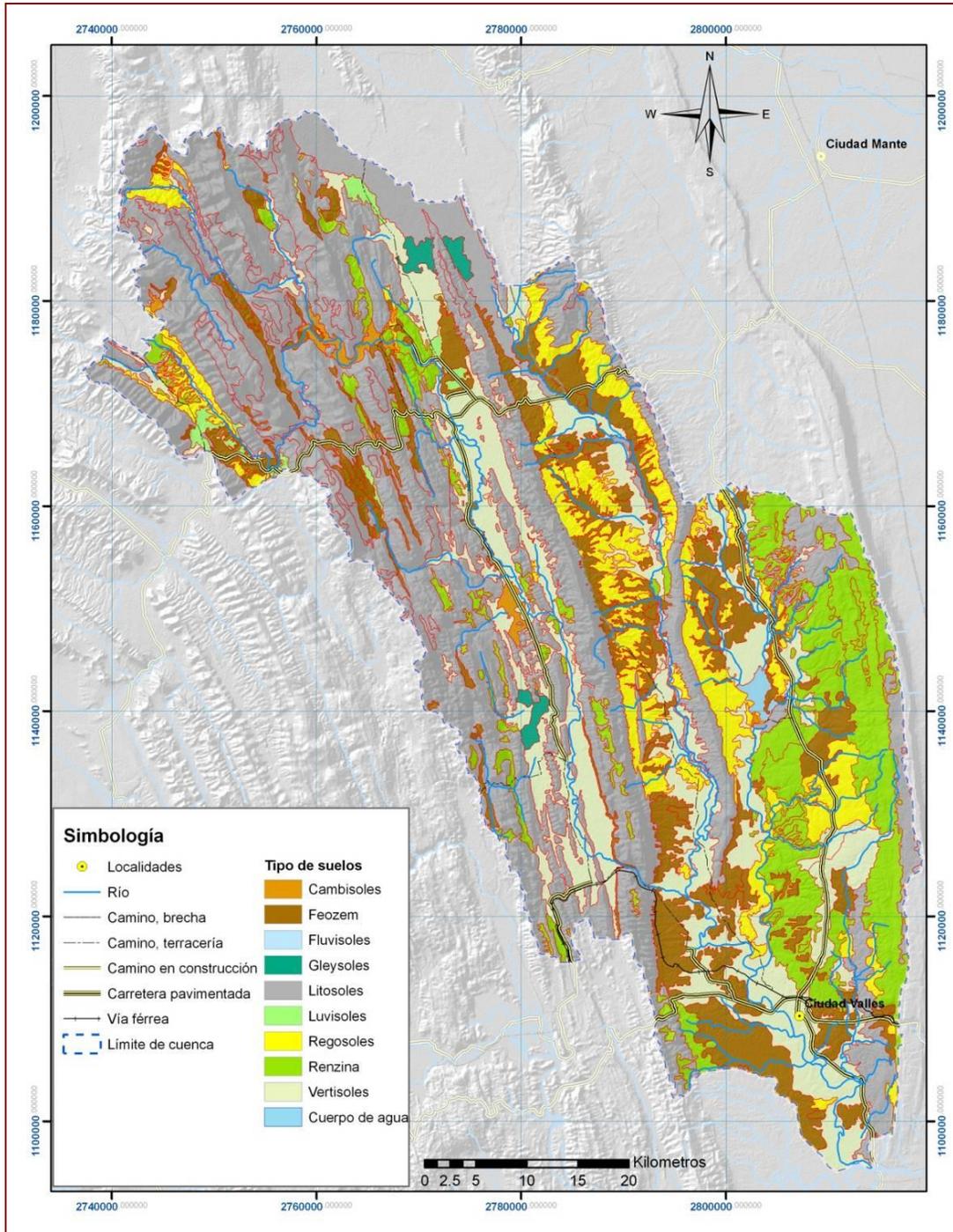


Figura V.24. Distribución de unidades cartográficas de suelos en la Cuenca del Río Valles

Fuente: INEGI, escala 1:50 000

A continuación se describen cada una de las subunidades de suelo de acuerdo a sus características más sobresalientes.

➤ **Cambisoles**

El término Cambisol deriva del vocablo latino "cambiare" que significa cambiar, haciendo alusión al principio de diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos, entre otros.

Los Cambisoles se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial. Aparecen sobre todas las morfologías, climas y tipos de vegetación.

El perfil es de tipo ABC. El horizonte B se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, por la usencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica y compuestos de hierro y aluminio, de origen iluvial.

Permiten un amplio rango de posibles usos agrícolas. Sus principales limitaciones están asociadas a la topografía, bajo espesor, pedregosidad o bajo contenido en bases. En zonas de elevada pendiente su uso queda reducido al forestal o pascícola. En la región de estudio encontramos las siguientes unidades.

➤ **Rendzina**

Tipo de suelo oscuro, rico en humus, generalmente poco profundo, de las regiones Húmedas de climas templados, desarrollado sobre la roca caliza.

Suelo intrazonal de escasa evolución y desarrollado sobre sustrato rocoso calizo.

Sólo se diferencian dos horizontes, el A seguido del C.

Es pues el equivalente del ranker cuando el sustrato es calizo.

Suelos propios de las zonas secas.

➤ **Gleysoles**

El término gleyzol deriva del vocablo ruso "gley" que significa masa fangosa, haciendo alusión a su exceso de humedad.

El material original lo constituye un amplio rango de materiales no consolidados, principalmente sedimentos de origen fluvial, marino o lacustre, del Pleistoceno u Holoceno. La mineralogía puede ser ácida o básica.

Se encuentran en áreas deprimidas o zonas bajas del paisaje, con mantos freáticos someros.

El perfil es de tipo ABgCr o HBgCr, si bien el horizonte Bg puede no existir. Es característica la evidencia de procesos de reducción, con o sin segregación de compuestos de hierro dentro de los primeros 50 cm del suelo.

La humedad es la principal limitación de los Gleysols virgenes; suelen estar cubiertos con una vegetación natural pantanosa e inútil o se usan para pastizal extensivo. Una vez drenados pueden utilizarse para cultivos, agricultura de subsistencia o huertas.

➤ **Feozem**

Son suelos que se caracterizan por presentar un horizonte A mólico, suave, rico en materia orgánica (más del 1%) y saturación de bases mayor de 50%, por lo tanto el contenido de nutrientes (calcio, magnesio y potasio) es elevado. La formación de estos suelos es generada en gran medida por el intemperismo de rocas de origen ígneo extrusivo que son abundantes en la zona de estudio.

➤ **Vertisoles**

Son suelos profundos, desarrollados y arcillosos en todo su espesor, por lo cual su drenaje interno es limitado, Son suelos formados a partir de depósitos aluviales de textura fina que han sido transportados por ríos caudalosos, como también de origen residual, lacustre y palustre, las arcillas que contienen son colapsables en épocas de secas, lo que ocasiona la formación de grietas de por lo menos un centímetro de ancho hasta una profundidad de 50 cm o más; durante la temporada lluviosa son expandibles y en su superficie se da la formación de montículos que alcanzan una altura promedio de 20 cm; a esta conformación se le denomina microrrelieve gilgai.

➤ **Litosol**

Suelos muy someros (menores de 10 cm de profundidad) limitados por un estrato duro y continuo (fase lítica) o por tepetate. La delgada capa que presentan se caracteriza por su clase textural media. La formación de este tipo de suelos es de origen residual, a partir de rocas ígneas extrusivas del Terciario y Cuaternario; su espesor está condicionado a la pendiente, ya que ésta influye directamente sobre la escasa acumulación de los materiales edáficos, y son muy susceptibles a la erosión. Se distribuyen de manera dispersa, comúnmente en las partes más altas de laderas con vegetación de bosque de pino-encino y su uso es fundamentalmente forestal.

Además de la limitante muy restrictiva para su uso y manejo que representa la profundidad, también están las pendientes donde se encuentran (mayores al 15%), así como la pedregosidad y los afloramientos rocosos superficiales. Debido a esto en la Microcuenca se localizan en los peñascos que forman la cresta de los cerros situados entre el valle y la zona de lomeríos y la sierra. Esta unidad edáfica sólo se puede encontrar en asociación con otras unidades como el Feozem o Luvisol.

➤ **Luvisoles**

Los Luvisoles se desarrollan principalmente sobre una gran variedad de materiales no consolidados como depósitos glaciares, eólicos, aluviales y coluviales.

Predominan en zonas llanas o con suaves pendientes de climas templados fríos o cálidos pero con una estación seca y otra húmeda, como el clima mediterráneo.

El amplio rango de materiales originales y condiciones ambientales, otorgan una gran diversidad a este Grupo.

Cuando el drenaje interno es adecuado, presentan una gran potencialidad para un gran número de cultivos a causa de su moderado estado de alteración y su, generalmente, alto grado de saturación.

➤ **Regosol**

El término Regosol deriva del vocablo griego "rhegos" que significa sábana, haciendo alusión al manto de alteración que cubre la tierra.

Los Regosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina.

Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud. Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y en las regiones montañosas.

El perfil es de tipo AC. No existe horizonte de diagnóstico alguno excepto un ócrico superficial. La evolución del perfil es mínima como consecuencia de su juventud, o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad.

Su uso y manejo varían muy ampliamente. Bajo regadío soportan una amplia variedad de usos, si bien los pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. En zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque.

V.4. VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO EN LA CUENCA

Para la obtención del mapa de uso de suelo en la cuenca, se partió del análisis del Inventario Nacional Forestal, Serie II, así como de recorridos de campo para la clasificación de imágenes de satélite Landsat ETM+.

El tipo de vegetación predominante en la cuenca es la selva baja caducifolia, las áreas agrícolas ocupan el segundo lugar en superficie dominada, así como se presenta en el cuadro V.7, la distribución gráfica se muestra en la figura V.25, final mente tenemos en la figura V.26, la distribución espacial del uso del suelo y el uso de la misma.

Cuadro V.7. Tipos de cobertura vegetal y uso de suelo en la Cuenca del Río Valles

Tipo de cobertura	Porcentaje (%)	Superficie (ha)
Selva baja caducifolia y subcaducifolia (veg. primaria)	27.94	105,853.99
Selva baja caducifolia y subcaducifolia (veg. secundaria)	22.66	85,826.26
Agrícola	17.10	64,792.18
Pastizal	11.68	44,249.30
Bosque de encino (veg. secundaria)	10.83	41,031.76
Bosque de encino (veg. primaria)	5.84	22,110.53
Asentamiento humano	1.17	4,428.51
Matorral submontano	1.08	4,071.47
Chaparral	0.75	2,854.02
Cuerpo de agua	0.54	2,056.79
Área sin vegetación aparente	0.26	994.562
Bosque de táscate (veg. primaria)	0.15	567.151
Total	100.00	378,836.511

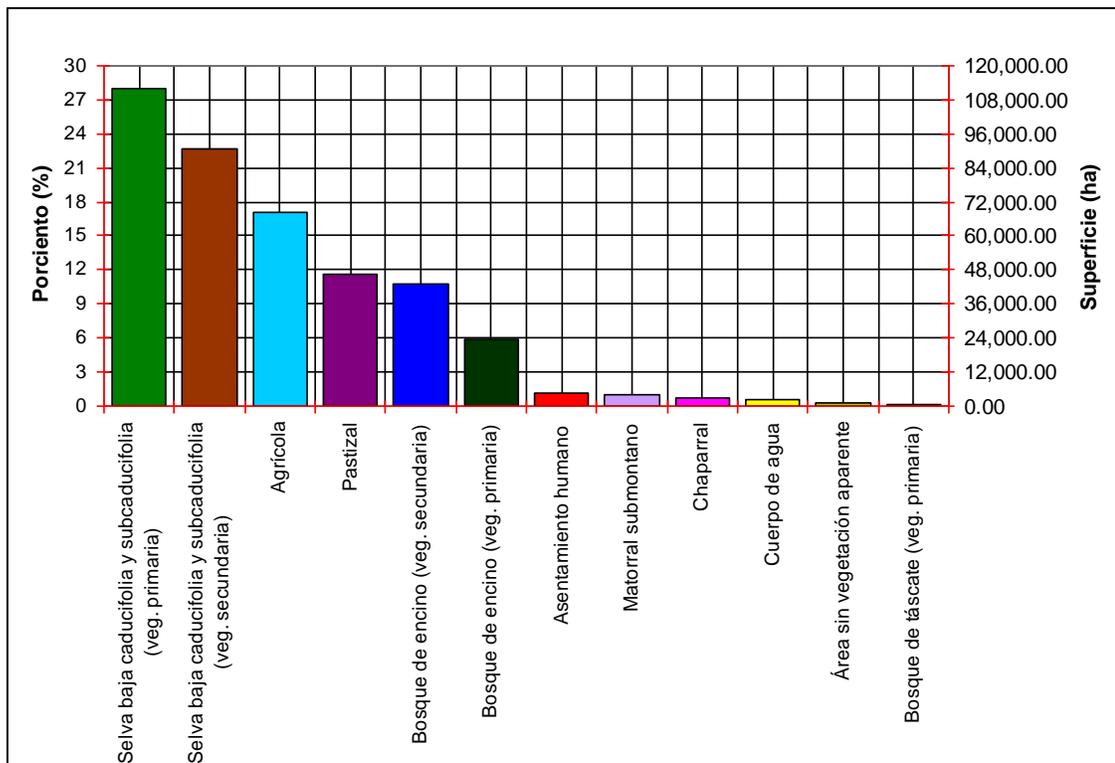


Figura V.25. Distribución gráfica de la superficie ocupada por uso de suelo

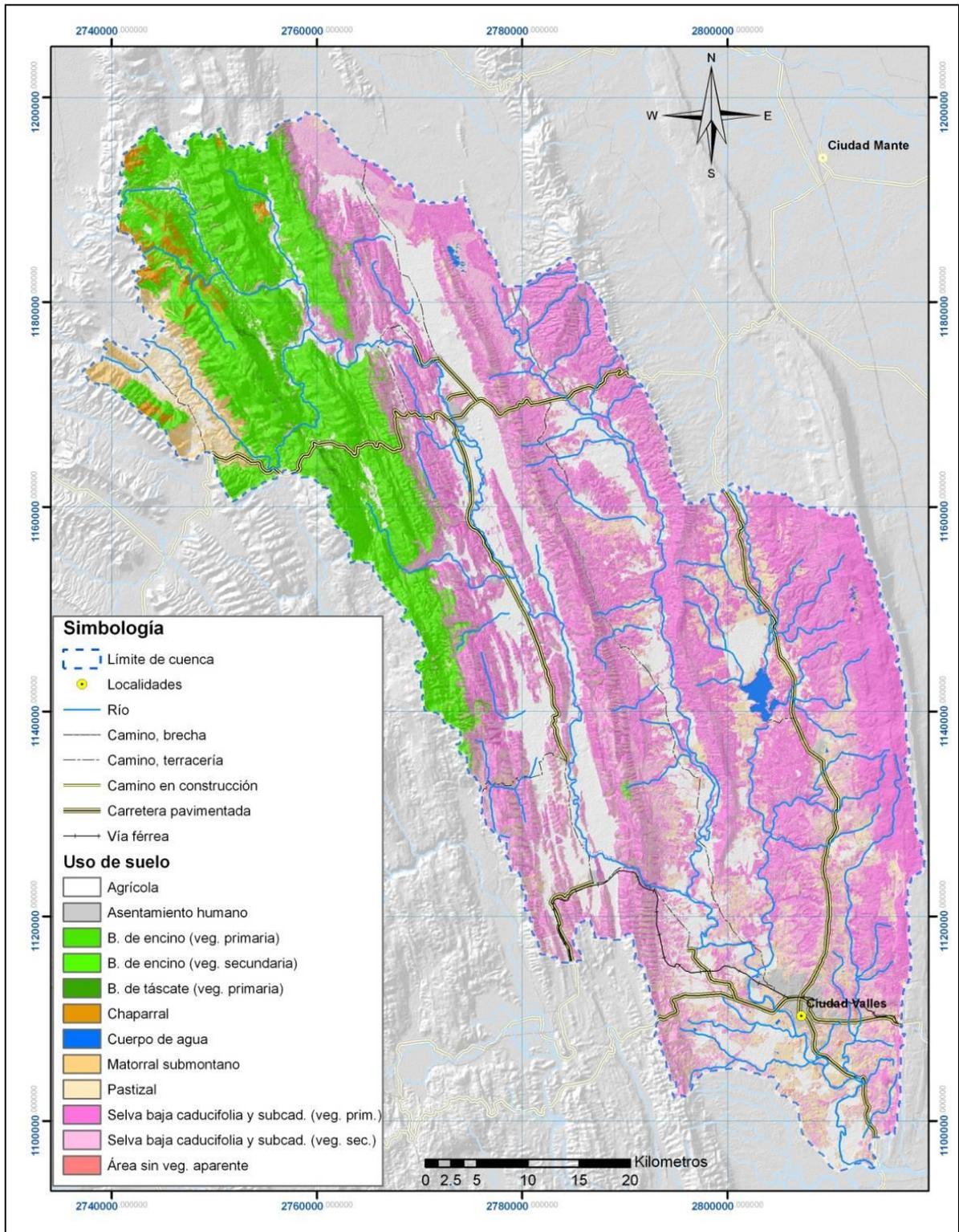


Figura V.26. Tipos de cobertura vegetal y uso de suelo en la Cuenca del Río Valles

V.5. DELIMITACIÓN DIGITAL DE LA CUENCA

La delimitación de la cuenca mediante la aplicación de Modelos Digitales de Elevación, Sistemas de Información Geográfica y Modelos hidrológicos se describe en seguida:

La metodología que se siguió se describe a continuación:

V.5.1. Elaboración del Modelo Digital de Elevaciones, DEM.

V.5.1.1. Información digital topográfica

Se utilizó el sistema de Geomodelos de Altimetría del Territorio Nacional, GEMA, escala 1:250,000 que publica el INEGI, 1994.

V.5.1.2. Generación del DEM.

Con el software SIGMA, Pedraza, 2001, a partir de las coordenadas geográficas máximas y mínimas del área de estudio se genera un archivo digital (*.shp) que se puede procesar en el Sistema de información geográfica GIS, ArcView, ESRI 1998. En el que se produjo un archivo digital del área de estudio tipo cuadrícula (*.grd).

V.5.1.3. Obtención del DEM en formato Shape.

Teniendo las coordenadas y con la utilización del SIGMA se obtuvo el modelo digital de elevaciones en formato Shape. Los parámetros de entrada que el programa requirió fueron; las coordenadas que delimitan la cuenca y la separación entre columnas que este caso fueron de 1, de manera que el archivo generado tuviese la misma resolución que los archivos de GEMA (3 segundos de arco). En el formato de archivo de salida seleccionado fue el Shape ya éste será procesado mediante el SIG ArcView.

V.5.1.4. Obtención del DEM en formato Grid

El archivo resultante generado por SIGMA fue necesario transformarlo a uno de tipo GRID mediante el software ArcView 3.X, ya que para poder procesarlo en la interfase Arc-AWAT se utiliza este tipo de formato. Para hacer el cambio se instaló la extensión Spatial Analyst de ArcView.

V.6. ADAPTACIÓN DEL MODELO SWAT PARA LA SITUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICOS

V.6.1. Elaboración de las bases de datos meteorológicos

El modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) está conformado por procesos físicos, los cuales se utilizan para simular en un largo plazo los procesos hidrológicos de una cuenca.

La alimentación del modelo partió de la información generada para las microcuencas en estudio (CNA-CP, 2007). Fue necesario recorrer la zona de estudio para tomar datos sobre el cauce principal de la microcuenca y delimitar el área de drenaje. Fue importante realizar muestreos de suelo los cuales se analizaron en laboratorio para obtener algunos parámetros de entrada requeridos.

El trabajo de gabinete consistió en el procesamiento de la información apoyado por el software Arc View, en el cual se elaboró el sistema de información que contiene las características de las microcuencas.

Una vez alimentado el Modelo se realizó una corrida de acuerdo al mapa de uso actual del suelo con el fin de tener un panorama de los recursos suelo y agua. Se realizó un escenario que presenta condiciones diferentes al uso actual de la microcuenca, el cual corresponde al período de calibración del modelo.

La simulación del escenario fue para un periodo de 19 años (1989-2007), los resultados presentan un panorama del comportamiento del recurso agua. Lo anterior es un factor

importante para la propuesta de programas de manejo de los recursos en las microcuencas.

Los generadores de clima utilizados en el modelo SWAT provienen fundamentalmente del modelo EPIC. En el cual se incluyen dos algoritmos climáticos: Wxparm y Wxgen para generar sintéticamente los datos faltantes en los registros diarios de las estaciones climatológicas, mismos que pueden ser aprovechados para aumentar el número de años completos de las variables consideradas en los generadores, mismos que habrán de utilizarse en las proyecciones del clima a futuro.

En las simulaciones realizadas con modelos de erosión e hidrológicos se pueden usar datos climáticos observados o generados sintéticamente, de ahí la importancia de los generadores climáticos para proyecciones a futuro. De esta manera, cuando se cuenta con un registro suficientemente amplio de años completos (10 o más años de preferencia) de datos de precipitación, temperatura máxima y mínima diarias (cuando menos estas tres variables), el algoritmo Wxparm genera la distribución estadística correspondiente a dicho registro; dado que en general para muchas estaciones meteorológicas en el país existen datos faltantes en los registros históricos, se hace uso del generador Wxgen el cual basado en la primera semilla generada por Wxparm (con un mínimo de 10 años completos del registro histórico para tener consistencia en la generación sintética), realiza la estimación de los datos faltantes logrando con esto un mayor número de años completos, sobre los cuales se genera la "semilla climática" final para las simulaciones a futuro a realizar. Las variables climáticas que se incluyen en las semillas generadas son los que se indican en el Cuadro V.8.

Para obtener los datos climáticos de la región de estudio, se realizó un proyecto en ArcView de la cuenca, extrayendo las estaciones correspondientes del Extractor Rápido de Información Climática (ERIC III), (IMTA, 2002). Se seleccionaron aquellas estaciones con un mínimo de 10 años completos de información de precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima diarias, además de considerar como años incompletos aquellos que sólo presenten 20% de datos faltantes.

Cuadro V.8. Variables climáticas de entrada para SWAT

Definición	Variable	Unidades	Rango
Intensidad máxima en 30 minutos para un periodo de retorno de 10 años	TP5	mm	5 – 150
Intensidad máxima en 6 horas para un periodo de retorno de 10 años	TP6	mm	25 – 200
Num. de años de registro de intensidad máxima mensual en 30 minutos	TP24	Años	7 – 10
Coefficiente para estimar la probabilidad de días húmedos y secos ¹	BTA		0 – 1
Parámetro usado para modificar la distribución exponencial de la lluvia	EXPK		0 – 100
Promedio mensual de la temperatura máxima del aire	OBMX	Grados °C	10 – 42
Promedio mensual de la temperatura mínima del aire	OBMN	Grados °C	30 – 30
Desviación estándar mensual de la temperatura máxima diaria	SDTMX	Grados °C	1 – 15
Desviación estándar mensual de la temperatura mínima diaria	SDTMN	Grados °C	1 – 15
Precipitación media mensual	SMY	mm	0 – 500
Desviación estándar mensual de la precipitación diaria	RST2	mm	0.25 – 50
Coefficiente mensual de sesgo de la precipitación diaria	RST3		0 – 7
Probabilidad mensual de un día húmedo después de un seco	PRW1		0 – 0.95
Probabilidad mensual de un día húmedo después de un húmedo	PRW2		0 – 0.95
Número medio de días con lluvia por mes	DAYP	Días	0 – 31
Precipitación máxima mensual en 30 minutos por periodo de registro	WI	mm	0 – 125
Radiación media mensual	OBSL	MJ m ²	0 – 750
Humedad relativa media mensual	RH		0 – 1

Fuente: Manual del Modelo EPIC, 1990

De cada una de las estaciones seleccionadas preliminarmente se extrajeron las variables de: precipitación, temperatura mínima y temperatura máxima diarias. Con esta información se revisó el historial de cada estación para cuantificar los años completos (en las tres variables) y el porcentaje de datos faltantes en los años incompletos considerando el periodo general de 1977 a 2007.

Se definieron 7 estaciones que cumplieron con los criterios considerados, para cada estación se generó un archivo con años completos (*.dat) para ser procesados con el Wxparm. Una vez obtenida la semilla climática (archivo *1.dat), se actualizó con los datos de número de años totales de la estación (completos más incompletos), año de inicio para generar los datos faltantes, variables climáticas a leer de los datos históricos (y automáticamente se definen las variables a generar, que en este caso fueron: precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima, radiación solar y humedad relativa), latitud en la que se ubica la estación, su elevación sobre el nivel medio del mar y la opción de considerar los años bisiestos. Es importante mencionar que los generadores

del modelo EPIC requieren que la información climática a procesar tenga un formato específico para ejecutarse de manera adecuada (Sharpley and Williams, 1990).

Con la semilla climática actualizada, se procesaron los archivos *1.dat y *2.dat con el Wxgen, en donde este último contiene los datos de años completos e incompletos también con formato específico para los generadores; en esta corrida se genera un archivo con datos diarios (*.dly), el cuál contiene el listado de años totales de la estación incluyendo los datos generados de las variables con datos faltantes además de la radiación solar y humedad relativa estimadas. Este archivo se procesa nuevamente con el Wxparm y se obtiene la semilla climática final de la estación.

Con respecto a los datos de lámina de lluvia máxima mensual en media hora, éstos se obtuvieron de la base de datos interpolada de 51 estaciones climatológicas del país con información pluviográfica procesada correspondiente al periodo de 1977-1987, a través del programa Surfer utilizando el método de Krigging y exportadas al SIG IDRISI, al igual que la información de lámina de lluvia en media hora y en 6 horas para un periodo de retorno de 10 años requerida para cada estación por el modelo SWAT (Cortés, 1991 y López, 1996), En la figura V.27, se presenta el diagrama de flujo metodológico para el modelo SWAT.

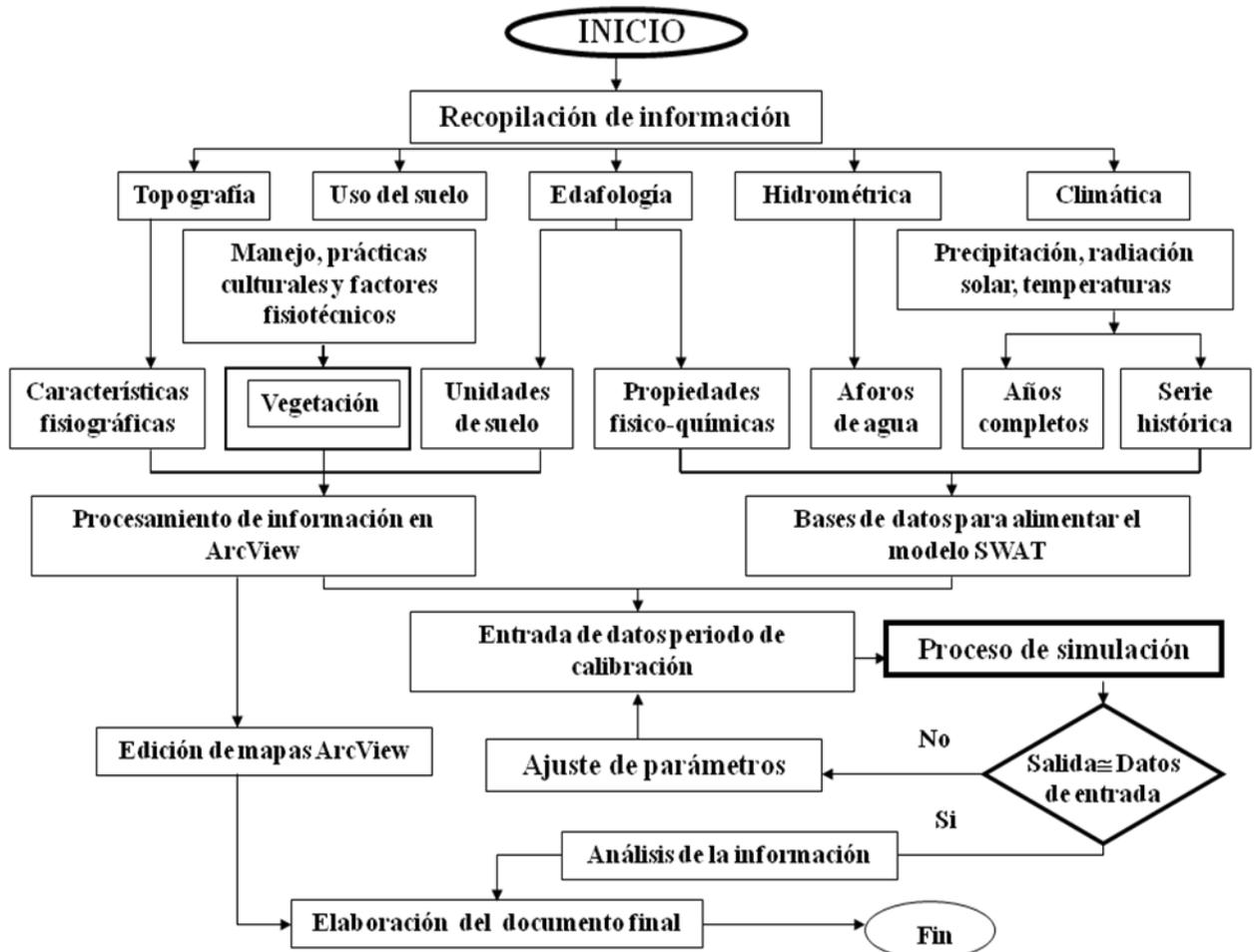


Figura V.27. Diagrama de flujo metodológico para el modelo SWAT

La alimentación de la información al modelo se realizó de acuerdo a las claves de control de la interface SWAT-Arc View, como se indica en la Figura V.28, así mismo en el anexo A, se presentan los resultados obtenidos de cada estación en estudio, así mismo en el Anexo B se presenta los factores fisiotécnicos de los cultivos de la cuenca.

V.6.2. Características generales de la cuenca

Las características generales de las microcuencas son necesarias para simular los procesos ocurridos dentro de cada unidad de respuesta hidrológica definida.

Los valores de la conductividad hidráulica (CH_K1), la rugosidad del cauce (CH_N) y el valor de "n" de Manning para el flujo sobre el suelo (OV_N), fueron determinados en

diferentes puntos de los cauces. La longitud del cauces principales de las microcuencas (CH_L), fueron considerados como las distancias comprendidas entre las salidas y los puntos más distantes de los parte aguas.

Para la parte hidrológica fue necesario monitorear puntos de observación en toda la red de drenaje, las características que se tomaron fueron: ancho promedio, profundidad y pendiente, así como muestras de suelo en el fondo del cauce para determinar en laboratorio parámetros físicos tales como conductividad hidráulica, textura y materia orgánica.

V.6.3. Características de los suelos

Las características físicas y químicas del suelo son de importancia para determinar el movimiento del agua dentro del perfil del suelo y con ello el ciclo de los nutrientes.

Las variables requeridas por el modelo son: número de capas del perfil (NUMLAYER), espesor del fondo de cada capa (Z), grupo hidrológico (HYDGRP), albedo (ALB), valor de K de la EUPS (USLEK), densidad aparente (BD), conductividad hidráulica (K), carbón orgánico (CBN), arcilla (CLAY), arena (SAND) y limo (SLT) (Anexo C) .

El grupo Hidrológico para cada suelo se clasificó de acuerdo a su clase textural, el factor K de la EUPS se determinó para la primer capa de los perfiles.

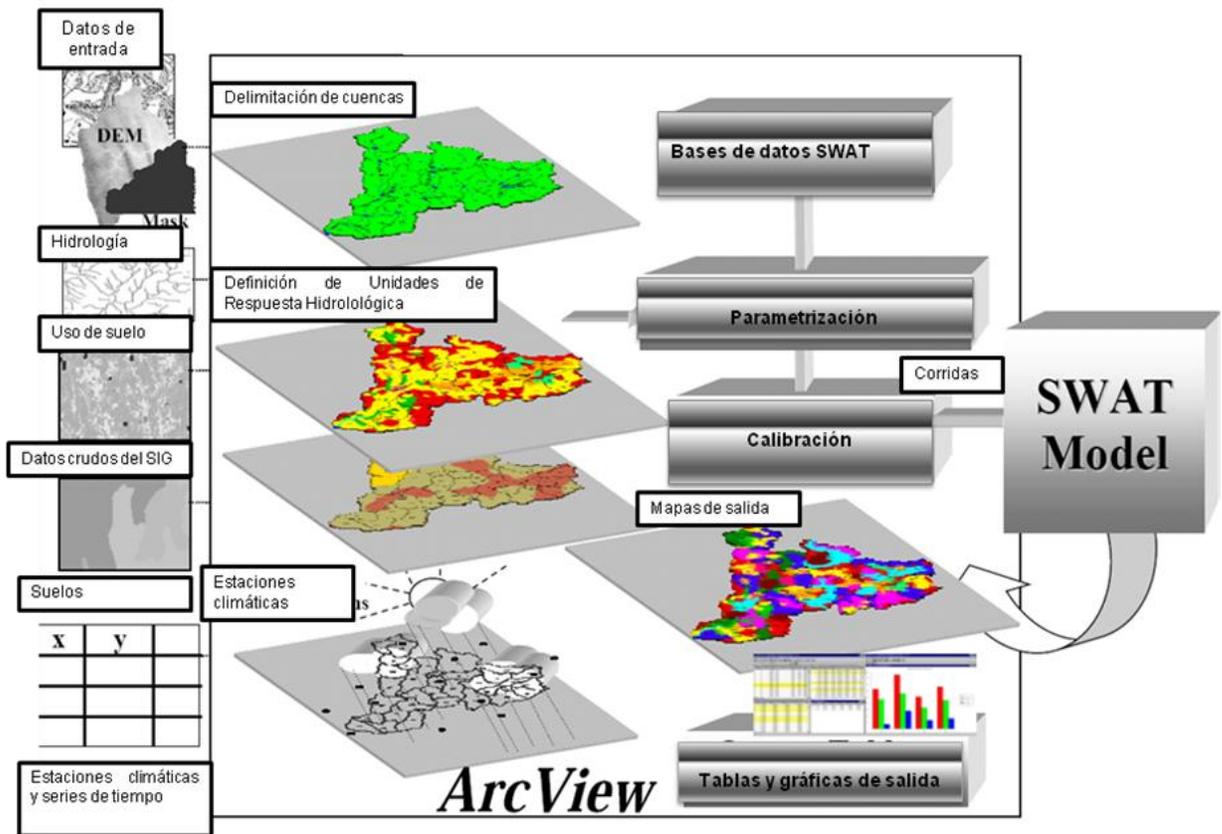


Figura V.28. Procesamiento y despliegue de salidas de la interfaz AVSWAT

V.6.4. Delimitación automática de la cuenca y la hidrográfica

Se utilizó el modelo hidrológico Soil And Water Assessment, Toll SWAT 2000, como una extensión del ArcView en su parte de delineación automática de la cuenca e hidrografía éste fue aplicado al DEM (*.grd) obtenido del sistema de información geográfica ArcView, en el que se obtuvieron archivos y esquemas digitales de la cuenca que se procesan en el ArcView.

A partir del Modelo Modelo Digital de Elevaciones y mediante el módulo SWAT en la interfase ArcView se efectuó la delimitación del parteaguas y el trazo de la fisiografía de la cuenca.

V.7. Análisis morfométrico

La descripción del sistema de la geometría de una cuenca hidrológica y su sistema de cauce requiere de la definición de aspectos de área de la cuenca, de medidas lineales del sistema de drenaje y del relieve del sistema de cauces y pendientes del suelo de áreas contribuyentes. Mientras las dos primeras categorías de medida son planimétricas, e.g. las propiedades proyectadas sobre un plano horizontal de referencia, o Datum; la tercera categoría trata de las desigualdades verticales de las formas de la cuenca hidrológica.

A partir de la delimitación de la cuenca y el trazo de su hidrografía se calcularon los parámetros físicos como área de la cuenca, índice de forma, hidrografía, número de orden de corriente, relación de bifurcación, densidad de drenaje, densidad de corriente y longitud del flujo superficial; y los parámetros de relieve como pendiente media de la cuenca, elevación media de la cuenca y pendiente del cauce principal.

V.8. Balance hídrico

Para el cálculo del balance hídrico fue necesario localizar y extraer la información meteorológica existente dentro del área de la cuenca.

Para hacer la comparación de los volúmenes que presenta la cuenta con respecto al calculado fue necesario ubicar, todos los aprovechamientos que se encuentra dentro del acuífero (Huasteca Potosina), que porta el REPDA (Registro público de los derechos de agua), así como se muestra en la figura siguiente.

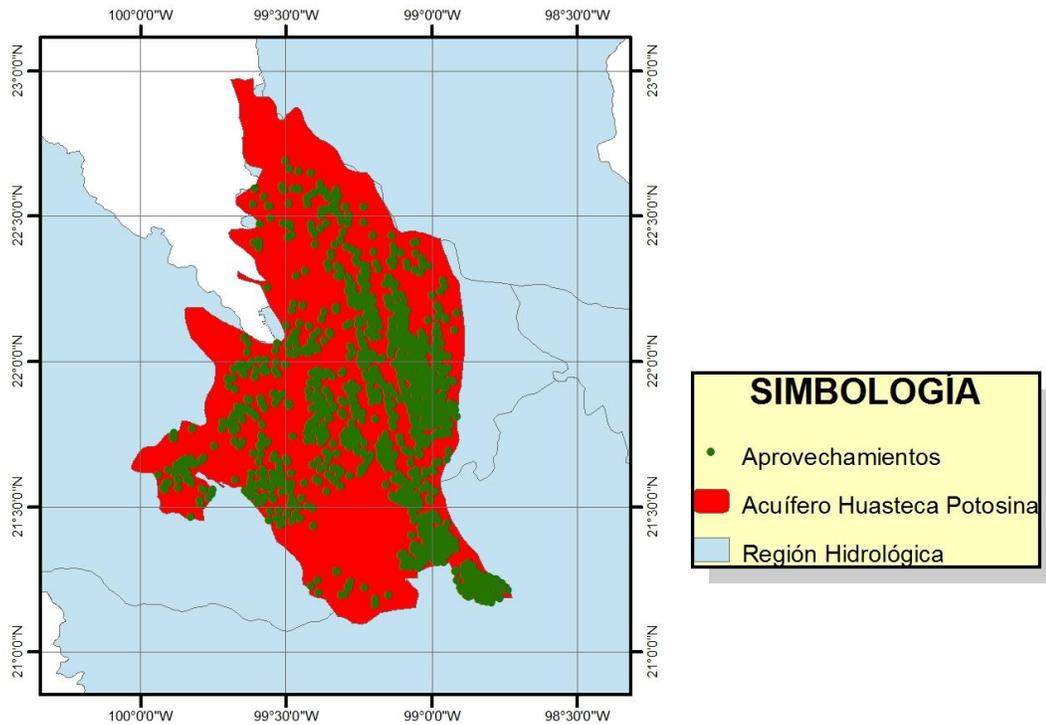


Figura V.29. Aprovechamientos que integran el acuífero Huasteca Potosina

Ubicado los aprovechamientos dentro del acuífero fue necesario hacer un recorte, solo de la información que esta integrada en la zona de estudio (figura V.30), para conocer el volumen que reporta el REPDA.

Cada punto de aprovechamiento, se presenta en el Anexo D, donde se muestra las coordenadas y el volumen de cada una de ellos.

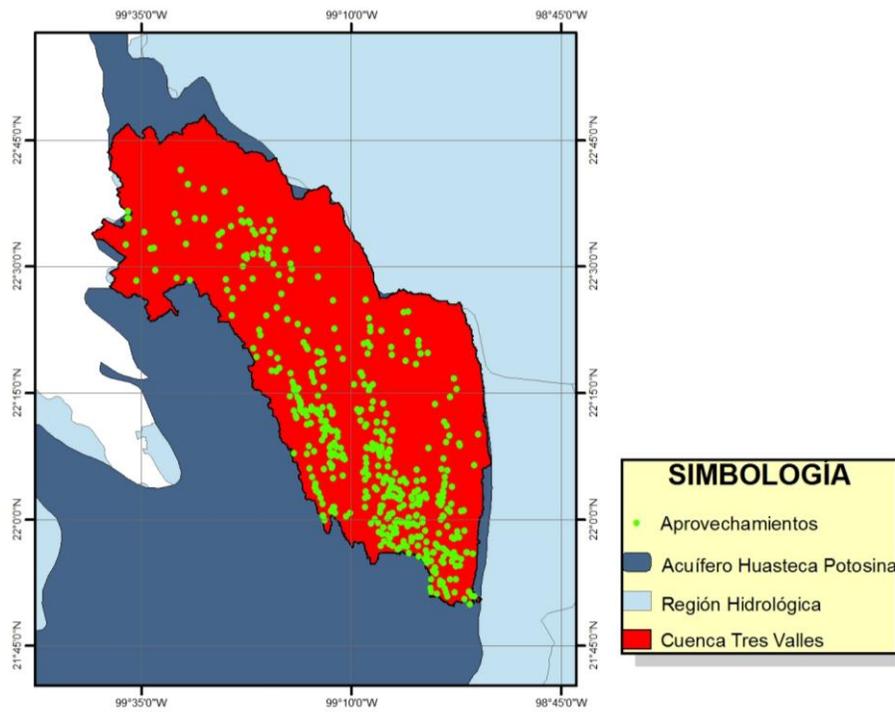


Figura V.30. Aprovechamientos que integran la cuenca Tres Valles

VI. RESULTADOS

VI.1. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA CUENCA

Los parámetros morfométricos de las cuencas, proporcionan índices cualitativos que permiten conocer, explicar y evaluar muchos de los procesos que se desarrollan en las mismas.

Los parámetros de la longitud de una cuenca, son estimados a partir de características generales, tales como el área y perímetro, con lo cual es posible interpretar o predecir el comportamiento del escurrimiento y las avenidas de caudales, como respuesta a un evento de lluvia determinado.

VI.1.1. Parámetros asociados al área y longitud de la cuenca

La superficie ocupada por una cuenca, influye directamente sobre el volumen total del escurrimiento. Resultaría obvio que al considerar una lluvia uniforme sobre una cuenca grande y otra más pequeña, en igualdad de condiciones podría generar escurrimiento de manera proporcional al área de las mismas. En la Figura VI.1, se presenta la influencia del área de aporte sobre el escurrimiento superficial.

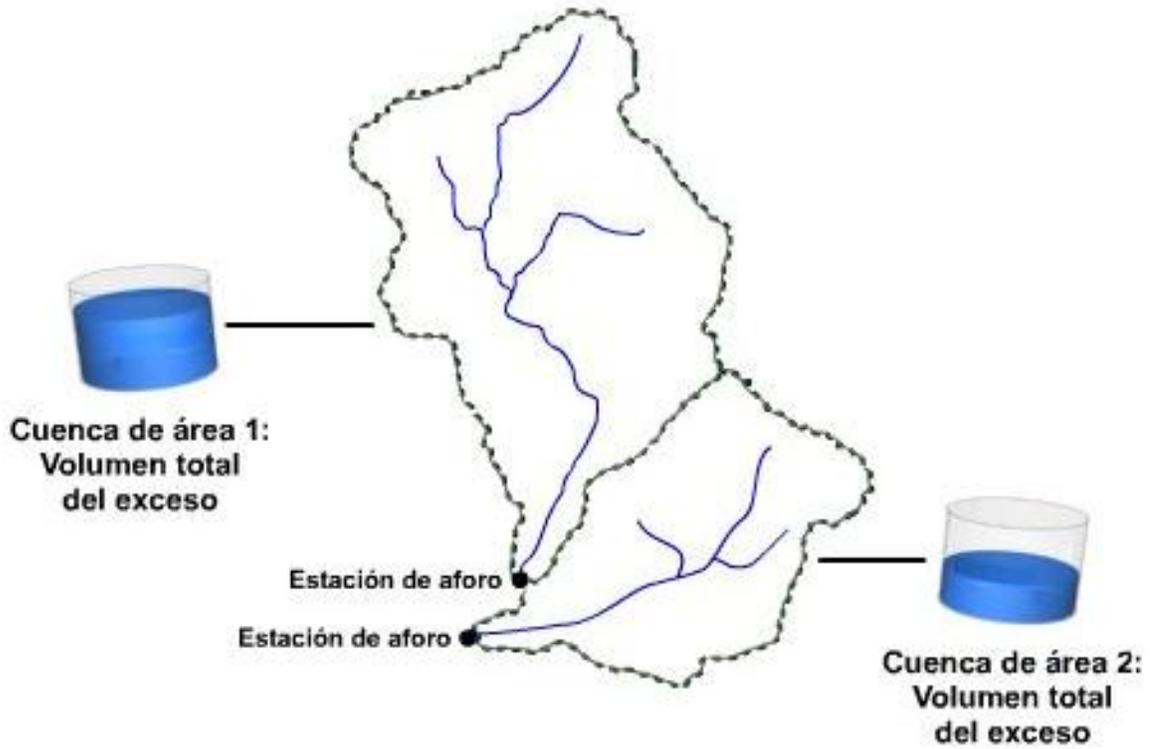


Figura VI.1. Influencia del área de una cuenca sobre el escurrimiento superficial

Por otro lado, al considerar dos cuencas de forma similar, una más grande que la otra. El escurrimiento que se desplaza desde el punto más lejano aguas arriba de la cuenca de mayor tamaño tiene que recorrer mayor distancia, por lo que tardará más en alcanzar la salida que el caso de la cuenca más pequeña. Lo anterior puede observarse en la Figura VI.2.

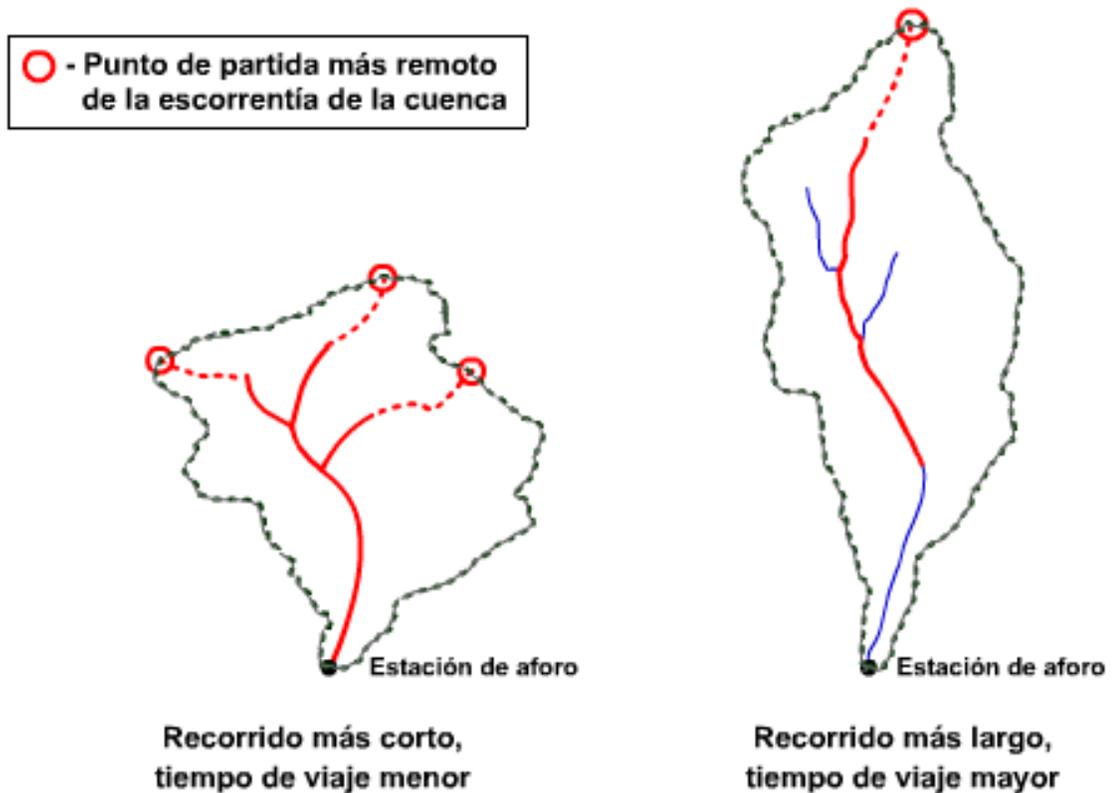


Figura VI.2. Efecto del tamaño de la cuenca sobre el tiempo de recorrido del Escurrimiento superficial

Asociado a lo mencionado anteriormente, otro de los parámetros considerados en este apartado, es la longitud del cauce, el cual depende de las características geomorfológicas de las cuencas. En las zonas planas y con sedimentos aluviales es más probable encontrar cauces sinuosos, caso contrario ocurre en áreas de montaña con rocas o materiales resistentes (Figura VI.3).

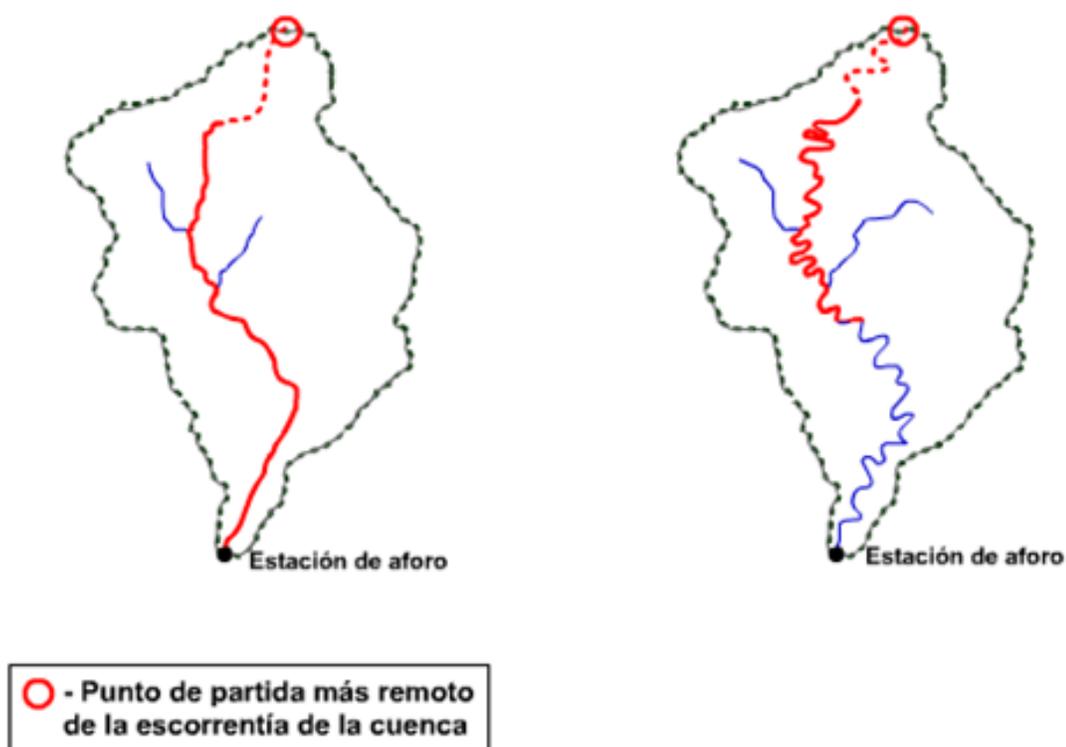


Figura VI.3. Influencia de la longitud del cauce sobre el tiempo que tarda en llegar a la salida el escurrimiento superficial

En el Cuadro VI.1, se reportan los parámetros generales y los asociados a la longitud de la Cuenca del Río Valles, y en la figura VI.4, se presenta el esquema de los parámetros asociados a la longitud de la cuenca.

Cuadro VI.1. Parámetros generales de la cuenca del Río Valles asociados a la longitud

	Parámetros	Valor
Características generales	Área (ha)	395,861.164
	Perímetro (km)	473.360
	Ancho (km)	41.010
Parámetros asociados a la longitud	Longitud (km)	124.307
	Longitud del cauce principal (km)	187.929
	Recorrido principal o longitud máxima (L_m) km	188.278

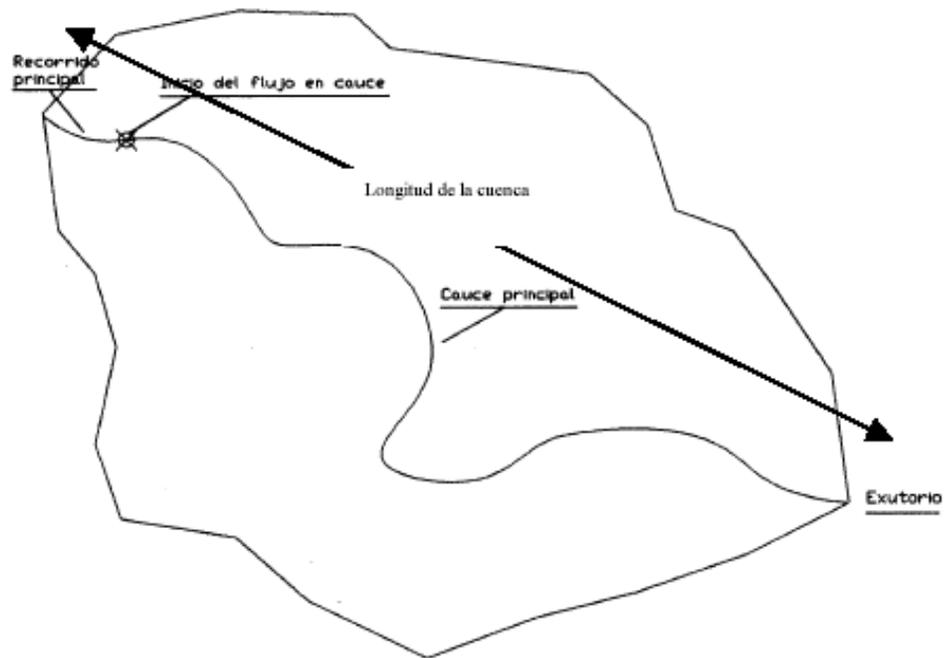


Figura VI.4. Esquema de los parámetros asociados a la longitud de la cuenca

Parámetros asociados a la forma

La forma de la cuenca influye en la magnitud y el desarrollo del tiempo que tarda en ocurrir el caudal máximo en la salida de la cuenca. La forma se refiere a si se tiene una cuenca alargada y estrecha o redonda y ovalada. Considerando lo anterior, podría esperarse que en una cuenca de forma ovalada sea más probable que el agua proveniente de varios lugares de la cuenca lleguen al mismo tiempo a la salida; mientras que en una cuenca de forma alargada, es menos probable que concurra al mismo tiempo dichos escurrimientos (Figura VI.5).

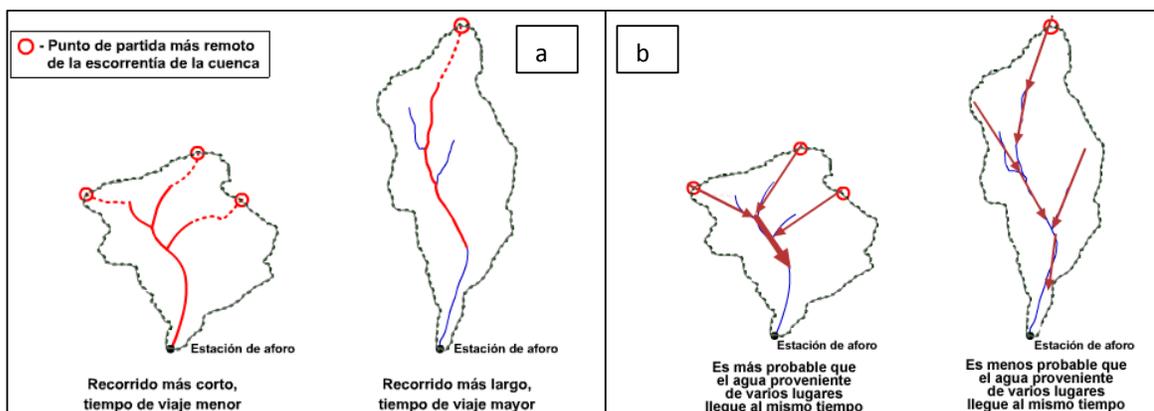


Figura VI.5. Efecto de la forma de la cuenca sobre el escurrimiento: a) tiempo de recorrido; b) tiempo de acumulación de flujo

Los valores estimados asociados al factor de forma se reportan en el Cuadro VI.2.

Cuadro VI.2. Valores asociados a la forma de la cuenca del Río Valles

Parámetros	Valor
Índice o coeficiente de compacidad	2.153
Factor de forma	0.107
Radio o relación de elongación	0.559
Radio o relación de circularidad	0.1212
Rectángulo equivalente	L1= 17.266 L2=219.414

De acuerdo a los valores anteriores, la cuenca presenta una forma oblonga. Así mismo, considerando los valores de rectángulo equivalente, la relación entre los valores de L1 y L2, muestran la proporción entre el ancho y la longitud, se consideran entonces de forma rectangular, conforme se aproximen dichos valores entre sí, la cuenca tiende a una forma cuadrada. La Figura VI.6, presenta la forma de los hidrogramas a la salida de una cuenca, de acuerdo a los parámetros de forma.

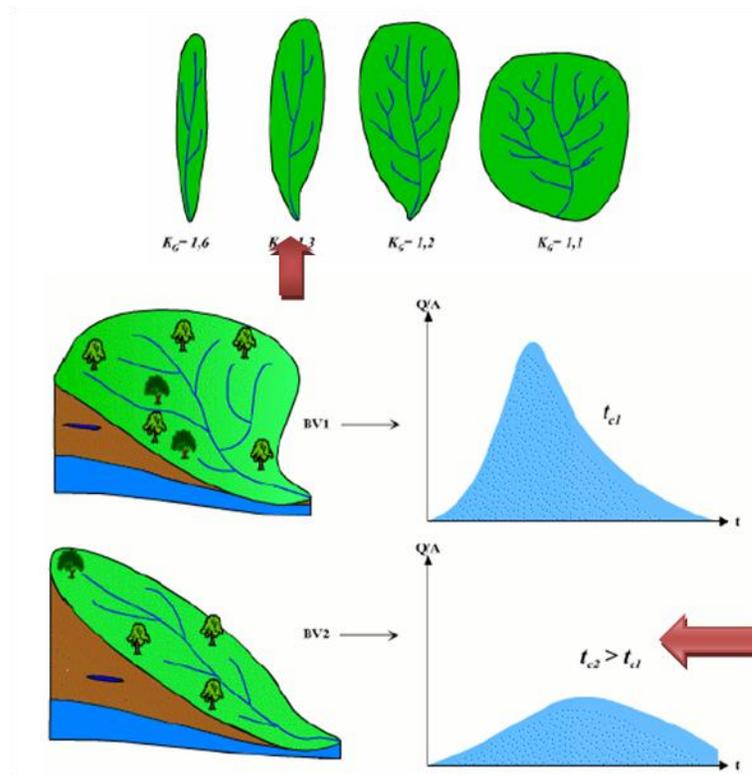


Figura VI.6. Forma esperada del hidrograma a la salida de una cuenca hidrográfica de acuerdo a los parámetros de forma

VI.1.2. Parámetros asociados al relieve y altitud

Las características del relieve sobre el comportamiento hidrológico de las cuencas, es muy evidente. Por un lado, a mayor pendiente del terreno corresponderá una menor duración en la concentración de agua escurrida superficialmente.

La altitud media de la cuenca, se obtiene mediante la curva hipsométrica, la cual es una forma de definir el relieve del terreno, representado gráficamente por las áreas ocupadas por los diferentes intervalos de elevación. Partiendo de la gráfica generada, la altitud media corresponde a la mitad de la superficie acumulada. La curva hipsométrica es además un indicador de la etapa de desarrollo geológico de la cuenca; de acuerdo con la Figura VI.7, la curva de forma A, es una cuenca joven geológicamente hablando, en la que los procesos de erosión hídrica del suelo se da de forma fuerte, caso contrario la curva C, en la que la que los procesos de erosión, se encuentran en un estado estable.

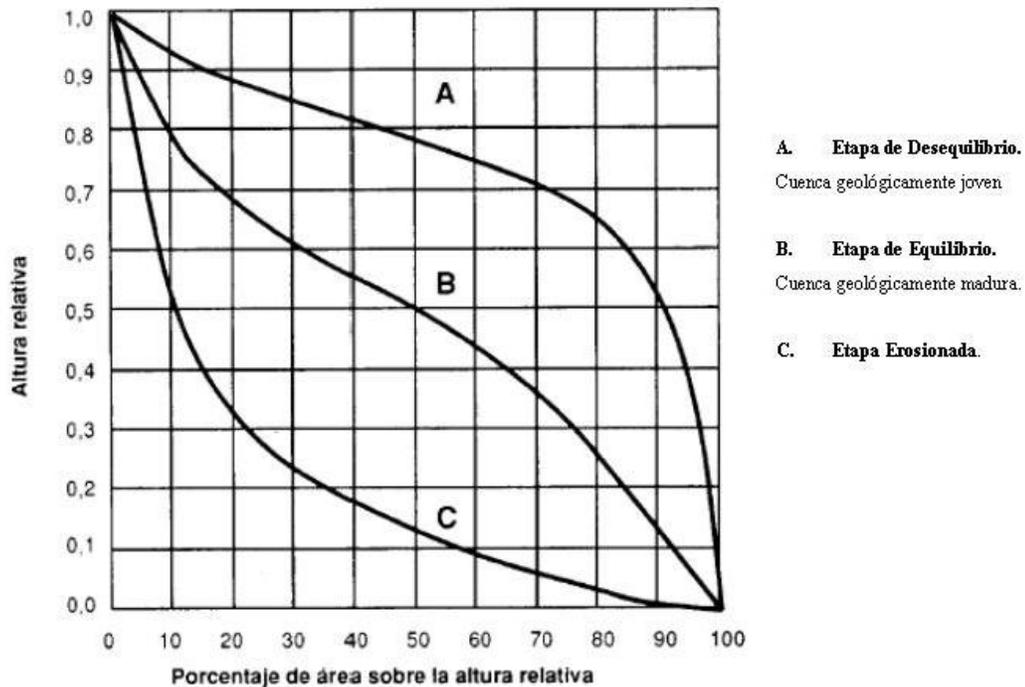


Figura VI.7. Formas de la curva hipsométrica de una cuenca y su reflejo en el proceso erosivo

La pendiente media de la cuenca se calcula considerando la longitud de las curvas a nivel, su equidistancia y el área de la cuenca. Dicho valor se relaciona con la pendiente de los cauces.

La pendiente de la cuenca y su reflejo en valores como la relación de relieve. Tienen influencia sobre la cantidad y desarrollo temporal del escurrimiento superficial.

A medida que aumenta la pendiente, se conjugan varios factores; en primer término, el contacto del agua hacia el suelo no es perpendicular, por lo que la mayor parte se convierte en escurrimiento superficial, además que al incrementarse la pendiente, aumenta la velocidad de desplazamiento de dicho flujo de agua, reduciéndose la cantidad de infiltración.

En el Cuadro VI.3, se presentan los valores relacionados al relieve y altitud de la cuenca. La altitud promedio

Cuadro VI.3. Valores relacionados al relieve y altitud de la cuenca del Río Valles

Parámetros	Valor
Altitud media (m)	350
Pendiente media (%)	15.26
Pendiente media del cauce principal (%)	0.77
Relación de Relieve	0.0153

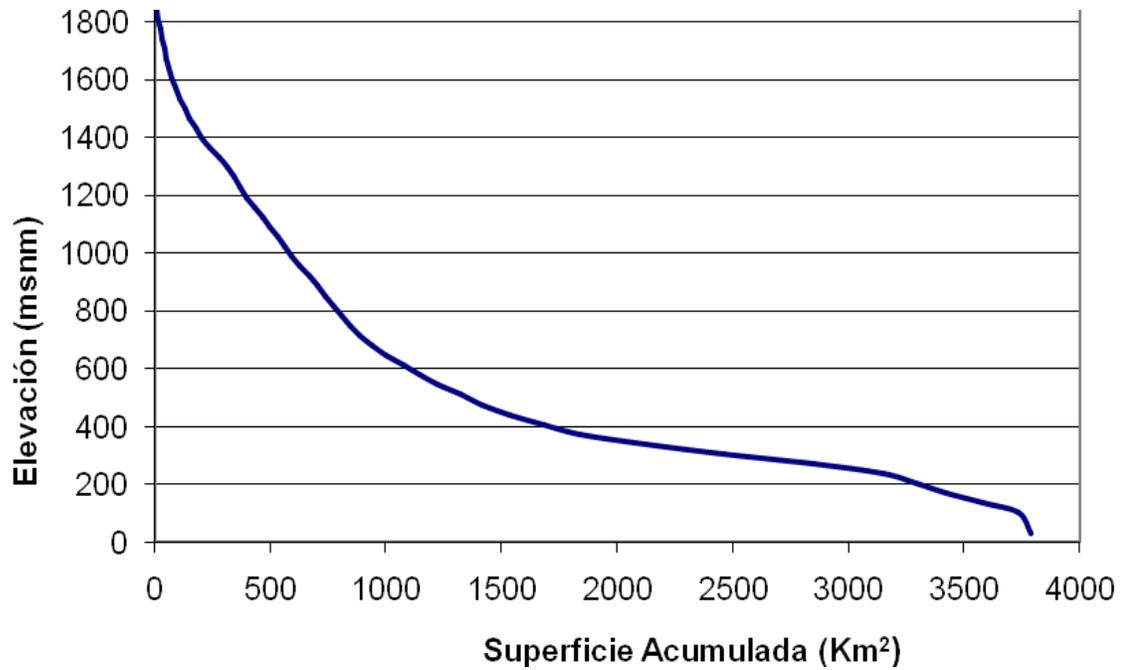


Figura VI.8. Curva hipsométrica de la Cuenca del Río Valle

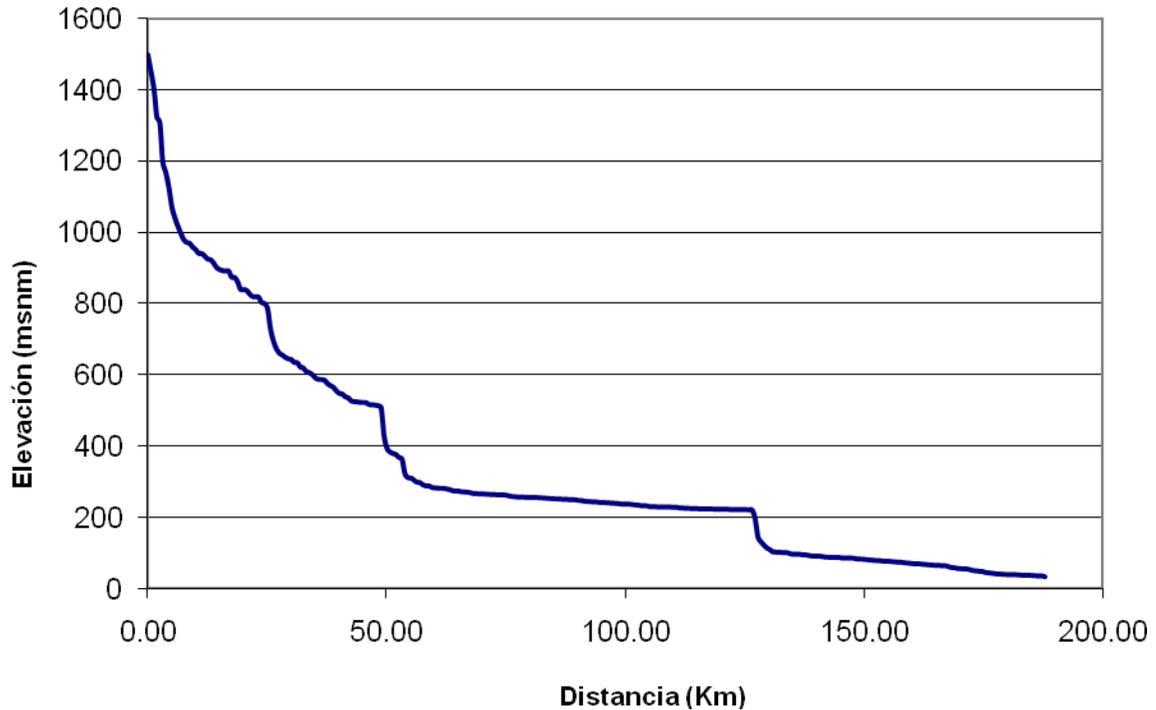


Figura VI.9. Perfil del cauce principal de la Cuenca del Río Valles

Tiempo de concentración (T_c)

Como se ha mencionado anteriormente, la morfología de las cuencas determina su funcionamiento desde el punto de vista de los escurrimientos. Un concepto fundamental en el análisis del sistema fluvial, es el tiempo de concentración (T_c), que se define como el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo más alejado de la cuenca (Tragsa, 1998).

La importancia de estimar el T_c , radica en el cálculo de escurrimiento superficial, de acuerdo a la definición, el T_c puede expresarse como el intervalo que transcurre entre el fin del período de precipitación y el fin del escurrimiento directo en un hidrograma.

Para la estimación del T_c , existen diversas fórmulas empíricas cuya aplicación depende de las características de la cuenca, principalmente el uso de suelo y tamaño; para el presente estudio, se estimaron los T_c con las ecuaciones de Kirpich, USBR y Giandotti.

En el Cuadro VI.4, se presentan los valores de TC para la cuenca, el resultado obtenido con la fórmula de Kirpich y el del USBR, son muy similares, alrededor de 24 horas, mientras que de acuerdo a Giandotti, el tiempo en llegar el agua de escurrimiento desde el punto más alejado de la cuenca a la salida, es de aproximadamente 17 horas.

Cuadro VI.4. Valores calculados para el TC de la cuenca del Río Valles

Parámetros	Tiempo de concentración en horas
Fórmula de Kirpich	24.216
Fórmula californiana del USBR	24.123
Fórmula de Giandotti	17.259

VI.2. Simulación del balance hidrológico

La información empleada para la alimentación del modelo fue la generada en el Modelo Integral de Sistema de Información Geográfica para la cuenca en estudio, así como la generada en campo y datos de laboratorio.

La información anterior y los mapas base correspondientes al Modelo Digital de Elevaciones (MDE), uso del suelo y edafología, fueron previamente procesados en ArcView, posteriormente, el modelo generó un archivo en formato ASCII y con extensión STD.

SWAT realiza la simulación del ciclo hidrológico de manera diaria, mensual o anual para cada una de las Unidades de Respuesta Hidrológica (URH). En el presente estudio se realizaron comparaciones mensuales de la información, ya que se facilita el análisis de los datos de salida, debido a la cantidad de datos manejados.

Calibración del modelo

Tomando como base los trabajos realizados por Torres et al., (2001 y 2006), y con el objeto de lograr un mejor ajuste entre los valores observados y los simulados, se variaron los valores indicados en el manual de operación del modelo. De los parámetros, el número de curva tiene mayor influencia en el cálculo de los escurrimientos superficiales; por tanto, dicho parámetro junto con los antes enunciados fueron variados para cada

unidad de respuesta hidrológica. Después del análisis de sensibilidad para cada parámetro se obtuvieron los valores anuales del coeficiente de determinación y de la pendiente de la recta de la regresión lineal, los cuales corresponden a 0.95 y 1.6. La Figura VI.10, presenta la dinámica y magnitud de los escurrimientos simulados respecto a los aforados, de igual manera, la Figura VI.11 presenta el coeficiente de determinación.

El Cuadro VI.5, indica los parámetros a los cuales el modelo muestra sensibilidad, así como el grado de afectación.

Cuadro VI.5. Parámetros más sensibles que afectan los valores del modelo SWAT

Parámetro Modificado	Significado	Grado de Sensibilidad	Parámetro de salida que modifica
CN2	Curva numérica en la subcuenca	Alto	Esc. superficial, Esc. Subsuperficial, flujo temporal
SOL_AWC	Capacidad de agua disponible	Alto	Escurrimiento superficial
ESCO	Factor de compensación de la Evaporación del suelo	Alto	Escurrimiento superficial
GW_REVAP	Coefficiente del “revap” del agua subterránea	Medio	Flujo base
GWQMN	Profundidad umbral del agua en el acuífero somero		
USLE_P	Factor prácticas de labranza	Medio	Producción de sedimentos
SLSUBBSN	Longitud de la pendiente		

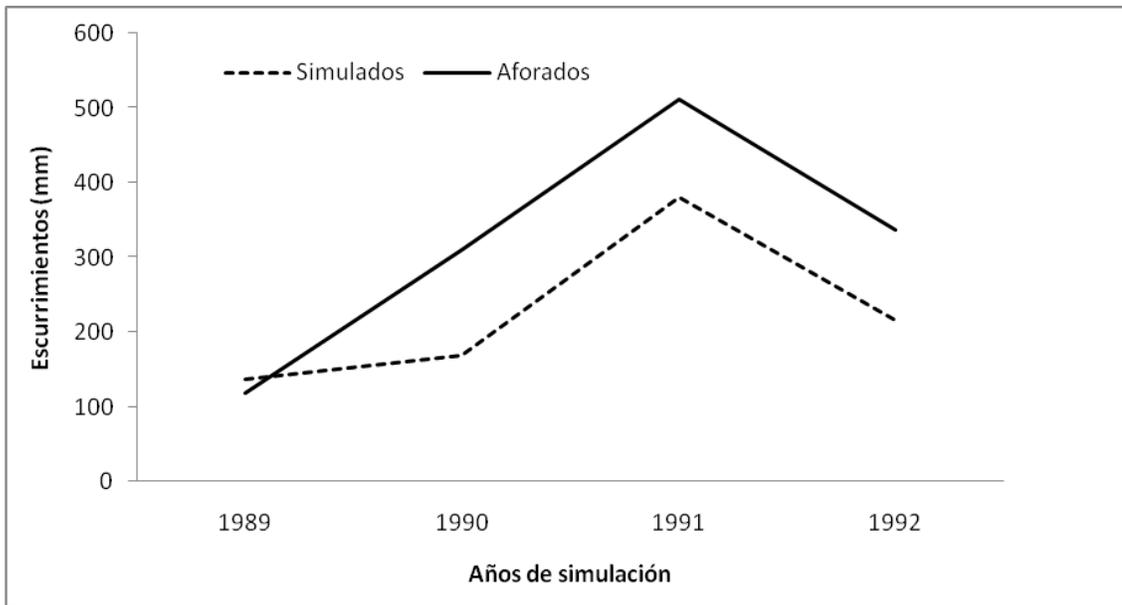


Figura VI.10. Análisis de regresión para los valores de escurrimientos medidos y simulados para cuatro años de observación

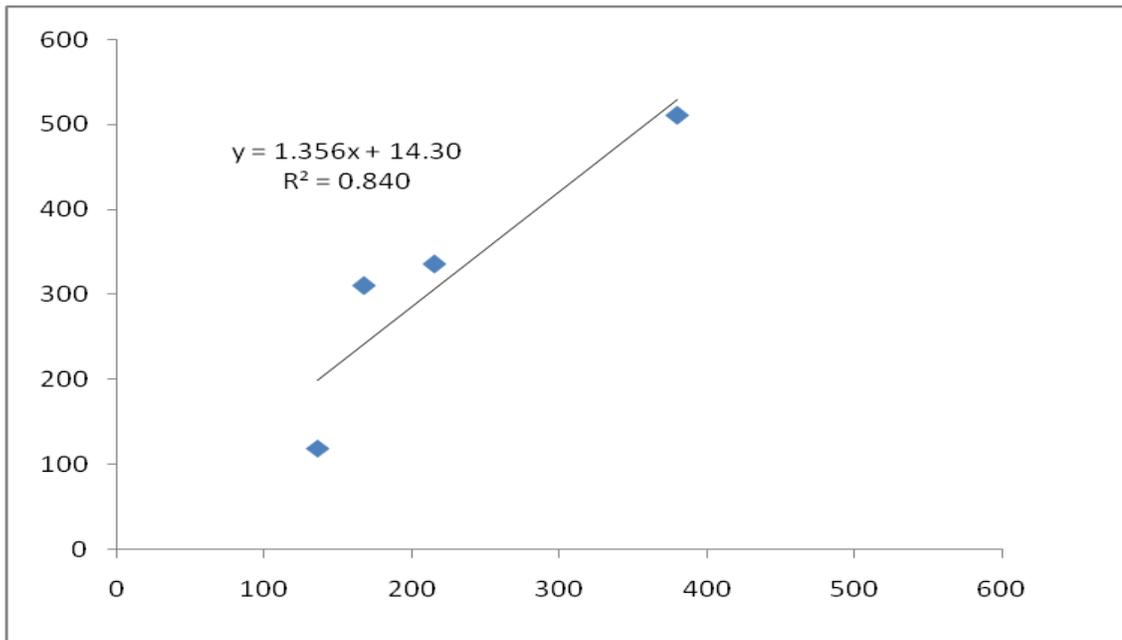


Figura VI.11. Análisis de regresión de los valores medidos y simulados

Una vez calibrado el modelo y con el objeto de tener conocimiento de lo que está ocurriendo actualmente en la cuenca, se simuló el balance de la cuenca hasta el año 2007.

La Figura VI.12, muestra la relación precipitación-escorrimento para un período de 19 años (1989-2007). En la gráfica se aprecia el año con mayor aportación de escurrimientos que corresponden al año de 1991 con 382 mm y el de menor lámina se presenta en el año de 1999 con 91 mm.

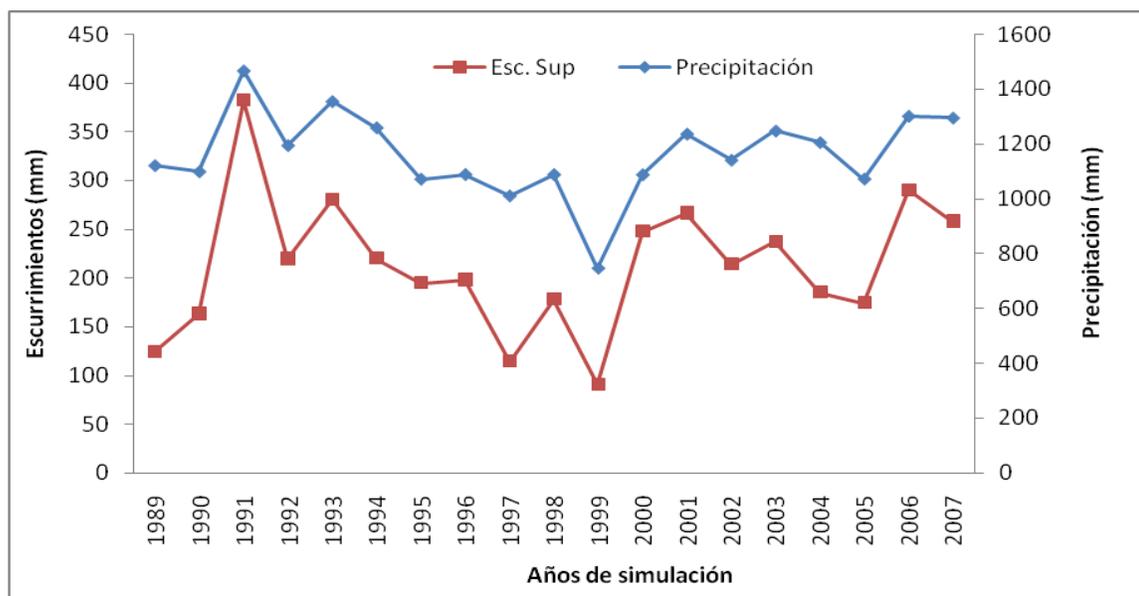


Figura VI.12. Relación precipitación-escorrimento en la Cuenca del Río Valles

La Figura VI.13, muestra el balance hídrico medio mensual simulado para el periodo de 1989 al 2007.

En cuanto a los promedios observados y simulados del ciclo hidrológico de la cuenca (Cuadro VI.6), este es un cuadro resumen obtenido de las salidas que nos arrojó el modelo SWAT en el Anexo E se presentan las salidas por año.

Se puede decir que la mayor cantidad del agua de lluvia esta distribuido de la siguiente forma, el 44% se percola a niveles profundos, el escurrimiento superficial es la principal fuente del escurrimiento el cual representa 41% del agua de lluvia, 15% del agua es devuelta a la atmósfera por medio de la evapotranspiración.

Resultados

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valles, S. L. P."

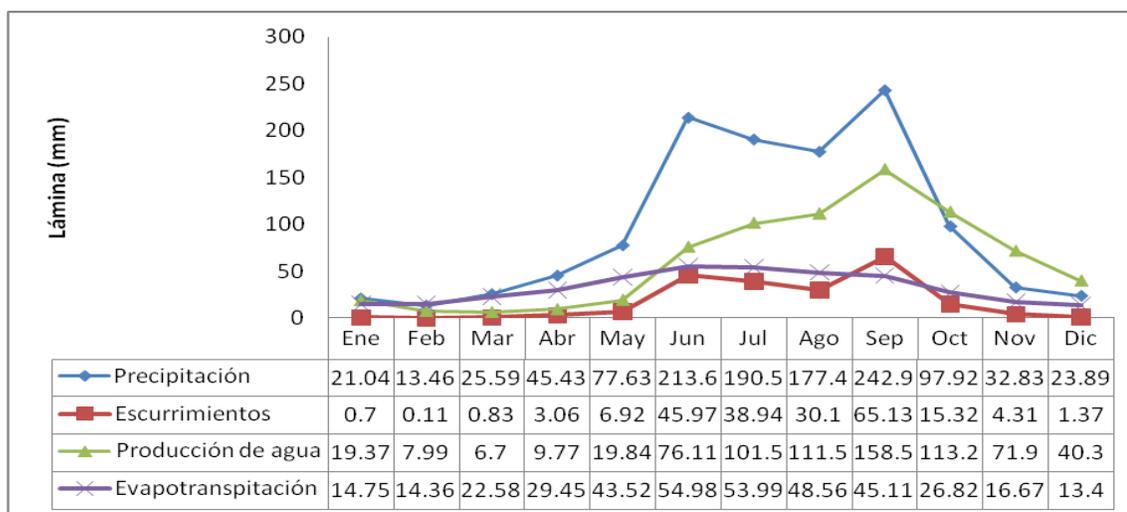


Figura VI.13. Balance hídrico medio mensual simulado en la cuenca del río Valles (1989-2007)

Cuadro VI.6. Promedio anual de valores hidrológicos de la cuenca del río Valles

Año	Precipitación	Escurrimiento Superficial	Escurrimiento Subsuperficial	Percolación	ET	Producción Agua
	mm					
1989	1120.70	124.44	416.04	485.43	437.93	600.23
1990	1098.29	163.77	468.24	492.28	399.28	679.45
1991	1466.10	381.82	590.36	638.83	389.93	1019.67
1992	1193.71	219.63	455.48	507.96	407.48	733.95
1993	1354.31	280.49	571.26	603.48	410.24	910.01
1994	1258.65	220.30	515.70	558.89	418.67	791.94
1995	1071.33	195.17	451.68	464.80	360.00	703.44
1996	1088.24	198.41	450.11	490.84	352.58	690.45
1997	1010.14	114.72	410.40	446.19	399.12	574.32
1998	1087.95	178.28	463.10	532.40	331.51	683.88
1999	746.35	91.35	336.96	329.24	307.32	446.34
2000	1087.20	247.70	422.11	464.20	332.86	705.95
2001	1235.39	266.51	452.80	504.50	406.67	777.82
2002	1140.35	214.33	457.72	489.98	360.19	744.75
2003	1246.82	237.32	543.03	578.23	378.80	831.38
2004	1204.65	185.44	483.42	521.37	442.38	719.47
2005	1071.82	174.75	456.11	488.13	367.76	670.77
2006	1300.67	290.13	495.57	565.91	389.89	835.76
2007	1294.22	257.89	549.28	566.66	399.70	876.60
Promedio	1161.94	212.76	473.12	512.07	383.81	736.64

Para determinar el volumen que se presenta dentro de la cuenca es importante considerar la precipitación por la superficie, en este caso es de la forma siguiente:

Es importante mencionar que la cuenca se volvió a proyectar para determinar la superficie real con los datos siguientes como se muestra en la figura.

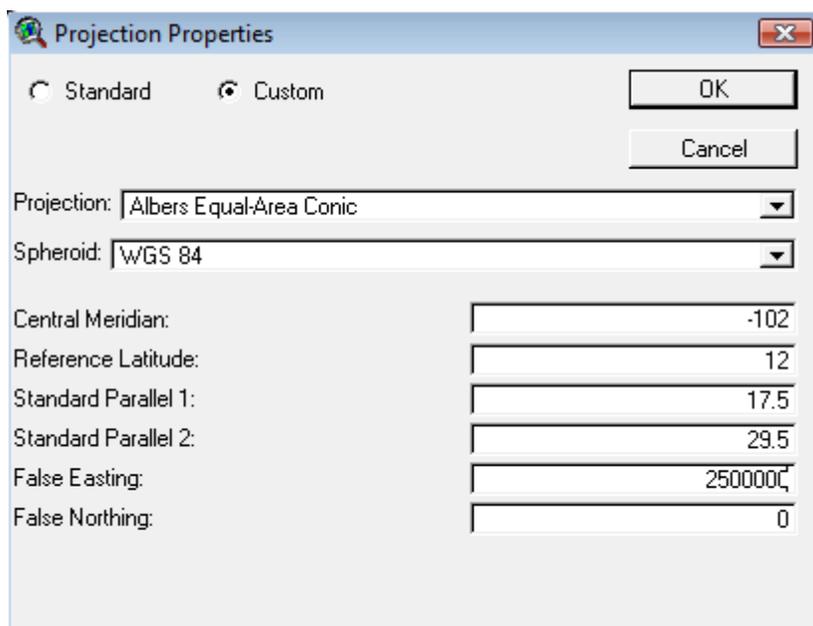


Figura VI.14. Datos para la proyección de la cuenca.

$$1,161.94 \text{ mm} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right) \times (3,958,611,644.292 \text{ m}^2) = 4,599.611 \text{ Mm}^3$$

Ahora trataremos de determinar la producción total de agua que se presenta dentro de la cuenca.

La producción de agua en la cuenca, será el escurrimiento superficial, afectado por las pérdidas de conducción y por el escurrimiento superficial captado por los depósitos y que es el medido y registrado a la salida en la cuenca, el modelo SWAT nos proporciona el valor de la producción de área de la cuenca por lo cual al afectarla con la superficie nos arroja la producción total.

$$736.64 \text{ mm} \times \left(\frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \right) \times (3,958,611,644.292 \text{ m}^2) = 2,916.071 \text{ Mm}^3$$

Finalmente se obtiene el volumen queda al interior de la cuenca:

$$4,599.611 \text{ Mm}^3 - 2,916.071 \text{ Mm}^3 = 1,683.597 \text{ Mm}^3$$

La Figura VI.15, presenta la ubicación de la cuenca en estudio en el acuífero Huasteca Potosina

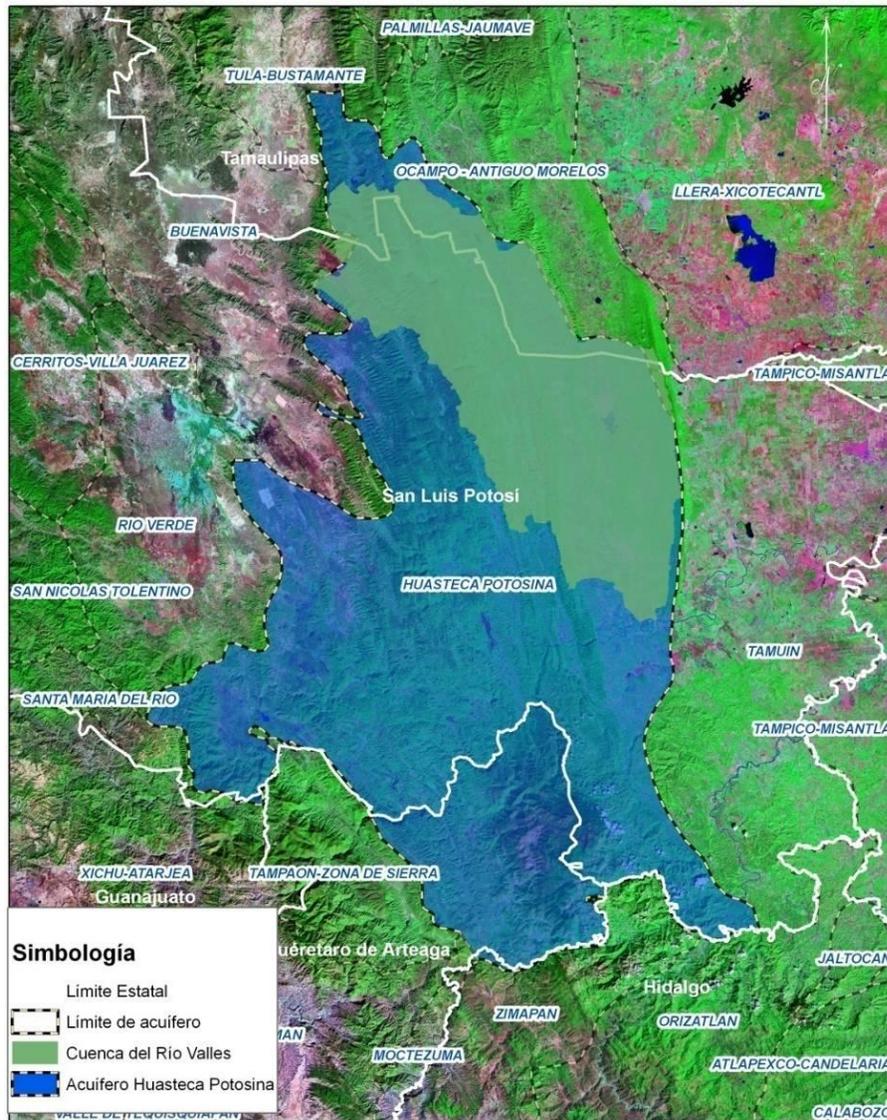


Figura VI.15. Ubicación de la cuenca del río Valles en el acuífero Huasteca Potosina

La superficie total del acuífero es de 1,333,841.748 ha, por lo que la superficie total de la cuenca en estudio corresponde a 29.% de la superficie total del acuífero (395,861.164 ha).

Según reportes de la CONAGUA, 2006 la disponibilidad de agua en el acuífero es de 12,000,000.00 m³año⁻¹, lo anterior indica que 23.26 de la producción de agua del acuífero es proveniente de la cuenca del río Valles.

La cuenca del río Valles tiene una demanda de agua de 11,984,167.00 m³año⁻¹, esto con base a la información extraída de REPDA de este año (2010) lo que indica que existe volumen disponible para satisfacer la demanda requerida (Cuadro VI.7), como se ha mencionado solo en esta área se esta consumiendo la totalidad de agua que se dispone y solo es un cuarto de la superficie total que compone el acuífero.

Cuadro VI.7. Demanda de agua en la cuenca en m³ anuales

Usos	No. De Aprovechamiento	Vol. Titulado m ³
Agrícola	25	5,748,752.00
Múltiple	15	4,575,026.00
Publico Urbano	461	1,593,833.00
Industrial	3	63,237.00
Servicios	1	2,000.00
Pecuario	2	1,319.00
Total	507	11,984,167.00

Fuente: CONAGUA, 2010

Con base a la información obtenida es importante mencionar que aun que en el balance nos proporciona valores muy elevados en volumen, se sabe que las demandas de agua se dan en puntos estratégicos como son en zonas urbanas y en áreas de regadío, en el cuadro siguiente se aprecia que el municipio de ciudad valles es donde se tiene la mayor demanda de agua según información del REPDA.

Los volúmenes que el agua cabe mencionar que los volúmenes proporcionados son las concesiones que la CONAGUA brinda.

Cuadro VI.8. Demanda de agua a nivel municipio en m³ anuales

Usos	Estado	No. De Aprovechamiento	Vol. Titulado m³
Cd. Valles	San Luis Potosí	413	9,767,863.00
Cd. Maiz	San Luis Potosí	15	98,177.00
El Naranjo	San Luis Potosí	75	2,044,484.00
Nuevo Morelos	Tamaulipas	3	72,493.00
Tamasopo	San Luis Potosí	1	1,150.00
Total		507	11,984,167.00

VII. CONCLUSIONES

Existe la carencia de estaciones meteorológicas y registros de precipitaciones insuficientes en el área de estudio.

Se puede concluir que el uso de un SIG permite visualizar de manera ordenada y rápida información acerca del parámetro fisiográfico de las cuencas hidrográficas. Además de simplificar el trabajo en la obtención de los parámetros físicos y de relieve.

La caracterización permite identificar, ubicar y cuantificar los diversos atributos que tiene influencia en las cuencas y subcuencas, y la presión que ejerce sobre los recursos naturales planta, agua y suelo, debido al uso que le dan al recurso suelo, características biofísicas y la presión social que ejercen las comunidades ubicadas en la cuenca o subcuencas. La priorización de las microcuencas, está definida de tal forma que se tenga un balance entre el parámetro físico-bióticos.

El uso de Modelos de Elevación (DEM) en conjunto con los Sistemas de Información Geográfica ArcView y el modelo hidrológico SWAT representa una herramienta en el análisis de sistemas hidrológicos, específicamente cuando se habla de la delimitación de cuencas y el trazo de su hidrografía superficial la que permite reducir el tiempo de ejecución, que en muchos casos es un factor importante.

Los requerimientos de información para el empleo de SWAT pueden ser satisfechos con dificultades sorteables. Siempre será necesario recurrir a funciones de transferencia y criterios de experto, como en los casos de la información de suelo, crecimiento de cultivo y labores de manejo. Debe tenerse presente que las estimaciones de datos de entrada pueden afectar la calidad de las simulaciones, y por lo tanto, es conveniente efectuar análisis de sensibilidad ante ellas para obtener aproximaciones al efecto que causarían errores en su estimación sobre el comportamiento de las salidas de interés.

El SWAT se muestra como una buena herramienta de estudio y conocimiento de una cuenca y los procesos que ocurren dentro de ella. Permite establecer un balance global de los flujos y la distribución espacial y temporal, siempre que se trabaje sobre datos ya

conocidos. Calibrado bajo determinadas situaciones, permite realizar extrapolaciones espaciales y temporales de los datos que se posean durante esas situaciones, e incluso hacer predicciones bajo condiciones similares en las que varíen los consumos o dotaciones para riego, por ejemplo. Sin embargo, la predicción ante situaciones nuevas, extremas (que son muchas veces las que interesa estudiar) ya sea climatológicas, o que afecten evidentemente a las características físico-químicas de alguna parte del área de estudio, no son fiables dado el fuerte carácter empírico con el que trabaja el modelo. Los parámetros de calibración pierden su validez frente a estas condiciones climatológicas o geográficas nuevas. Además el concepto de predicción no puede ser separado del de proceso estocástico, contrario al enfoque determinista de este tipo de modelos. El planteamiento inicial ideal de un modelo de gestión con capacidades predictivas y no simplemente de reproducción como se muestra SWAT, debería empezar a construirse desde un modelo climático regional, donde los eventos asociados a borrascas (Nieto et al, 2004) pueden ser tratados con la base estadística que se demanda.

La conductividad hidráulica afecta sensiblemente al escurrimiento superficial y al flujo de base, por lo que su determinación o estimación debe ser lo más cuidadosa posible.

La modelación hidrológica es una herramienta fundamental en el manejo, planeación y aprovechamiento de los recursos hídricos, ya que muestran de forma cuantificable los puntos o causas de posibles problemas que pueden afectar una región desde el punto de vista del recurso hídrico.

Los resultados obtenidos del procedimiento empleado para la estimación del balance hídrico de la cuenca, resultaron ser una fuente de información a la hora de efectuar la planeación y ordenación de los recursos hídricos.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los modelos de elevación digital de malla rectangular propuestos por el INEGI, sean procesados diferente programa que no sea el programa comercial ArcView versión 3.2, ya que la delimitación del parteaguas se realizan en base de pixel de malla rectangular. En este sentido, es más precisa la delimitación con el pixel de malla hexagonal (Salgado, 2004). Lo que permite posteriormente que la interfase SWAT procese la información de unidades y tipos de suelo mejor precisión.

La información hidrométrica y climatológica existente en la cuenca, en ocasiones resulta poco, por lo que se recomienda recurrir a las instancias que las computan como el Servicio Meteorológico Nacional o la Comisión Nacional del Agua, esto para aumentar la precisión al efectuar el cálculo de los volúmenes precipitados, evaporados y escurridos.

Es necesario contar con información del uso actual del suelo lo más cercano a la realidad, debido al constante crecimiento de la población, la elevada tasa de deforestación y el cambio en el uso del suelo. Esto se logra mediante el reconocimiento en campo y con el auxilio de las imágenes de satélite actualizadas.

El empleo de SIG en las modelaciones facilita la generación de distintos escenarios que dan una mejor concepción de los procesos hidrológicos. Por lo tanto se recomienda el uso de éste en futuros estudios para el mejor entendimiento de la respuesta hidrológica de cuencas.

IX. LITERATURA CITADA

- **Avery, T.E. 1978.** Forester's guide to aerial photo interpretation. U. S. Department of Agriculture Handbook No. 308. 41 p.
- **Aparicio., F. J. 1999.** fundamentos de hidrología de superficies. Ed. LIMUSA. México. D.F.
- **Arnold J. G., Di Luzio, M., and Srinivasan R. 2002.** Soil and Water Assessment Tool (WATER 2000). Blackland Research Center, TAES and USDA-ARS. Temple. Texas. USA.
- **Benavides S., J. de D. 1998.** Calibración y validación del modelo hidrológico SWRRB en la cuenca forestal El Carrizal, Tapalpa, Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Ciencias Forestales. Montecillo, México. 261 p.
- **Campos A., D. F. 1998.** Proceso del ciclo hidrológico. Ed. Universidad Potosina. San Luís Potosí, México.
- **Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W. 1994.** Hidrología aplicada. Ed. McGraw-Hill. Santafé de Bogotá, Colombia.
- **Comisión Nacional del Agua-Colegio de Postgraduados. 2003.** Desarrollo de un Modelo Sistema de Información Geográfica y Modelación Hidrológica de la Cuenca del Río Laja y Río Turbio.
- **CONAGUA. 2006.** Ley de Aguas Nacionales. México, D. F.
http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Estadisticas/Central/Estadisticas_Agua_2006/
- **Environmental Systems Research Institute (ESRI) 2005.** ArcScripts. Disponible en la página:<http://arcscripts.esri.com/>. Fecha de consulta Enero de 2007.
- **Hargreaves, G.H. And Samani, Z. A. 1985.** Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engr. Agric. 1:96-99.
- **Heras, R. 1972.** "Manual de hidrología: hidrología de las crecidas" (tomo 4). Servicio de Edición del Centro de Estudios Hidrográficos y Dirección General de Obras Hidráulicas.
- **Horton, R. E. 1945.** Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative geomorphology. Geol. Soc. Am. Bull. 56. 275-370.

- **Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) 2000.** Extractor Rápido de información climática Versión 2 (ERIC II). México.
- **Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) 2000.** Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) Versión 1.0. México.
- **Infante G., S. y Zarate de Lara, G. P. 1990.** Métodos estadísticos. Ed. Trillas. Ed. 2ª. México, D. F.
- **Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI) 1994.** Geomodelos de Altimétrica del Territorio Nacional (GEMA). Aguascalientes, Ags. México.
- **Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI) 2005.** Modelos digitales de elevación escala 1:50,000. Generalidades y especificaciones. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México. Disponible en la pagina:
<http://mapserver.inegi.gob.mx/gografia/espanol/normatividad/mde/menu.cfm?c=198>
Fecha de consulta: Enero del 2008.
- **Kazmann, R. G. 1975.** Hidrología Moderna. Ed. CEC., S. A. ed. 3ª. México, D.F.
- **Knisel W. G. 1980.** CREAMS, A field scale model chemicals, runoff, and erosion from agricultural management systems. ESDA. Conservation Res. Rept. No. 26. 643. P.
- **Lane, L. J. 1982.** Distributed model for samll semi-arid watersheds. J. Hydraulic Eng. ASCE 108 (HY 10): 114-1131.
- **Leonard, R. A., . G. Knisel and D. A. Sill. 1987.** GLEAMS: Groundwater loading effects on agricultural management systems. Trans. ASAE. 30 (5): 1403-1428.
- **Linsley, R. K. 1977.** Hidrología para Ingenieros. Ed. McGraw. Ed. 2ª. México, D.F.
- **LLamas, J. 1993.** "Hidrología general: Principios y aplicaciones". Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- **Longley, P. A., et al 1999.** Geographical informationsystems. Ed JohnWiley & Sons. Inc. Ed. 2ª. Volumen 1. Printed in the United States of America.
- **López, M. R. 1996.** Estimación del índice de erosividad a partir de la lámina diaria de lluvia. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- **Luque, J. A. 1981.** Hidrología agrícola. Ed. Hemisferio Sur. S. A. Argentina.

- **Maldonado de L. O. A. 1998.** El modelo SWRRB en la planeación del recurso hídrico de la cuenca Itzapa, Departamento de Chimaltenango, Guatemala. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Hidrociencias. Montecillo, México. 270 p.
- **Marco, J.B. y Reyes, M. 1992.** "Hidrología". Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. 1992.
- **Molina, G. M. 1975.** Hidrología. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Departamento de Recursos de Agua y Tierra. Publicación. No. 12 Perú.
- **Monteith, J. L. 1965.** Evaporation and the environment. P. 205-234. In: The state and movement of water in living organisms. 19th symposia of the Society for Experimental Biology. Cambridge Univ. Press, London, U. K.
- **Monsalve S., G. 2000.** Hidrología en la ingeniería. Ed. Alfaomega. ed. 2^a. Santafé de Bogotá, Colombia.
- **Nicks, A. D. 1974.** Stochastic generation of the occurrence, patterns, and location of maximum amount of daily rainfall. In: Proc. Symp. On Statical Hydrology, Aug.-Sept. 1971. Tucson, AZ. USDA. Misc. Publ. No. 1275. Pp. 154-171.
- **Oropeza M., J. L. 1999.** Modelos matemáticos y su aplicación al manejo de cuencas hidrográficas. Memorias del IX Congreso Nacional de Irrigación. Culiacán, Sinaloa.
- **Palacios V., E. 2005.** inédito. Demanda evapotranspirativa. Colegio de Postgraduados, Montecillo México.
- **Remenieras G. 1974.** Tratado de hidrología aplicada. Editores técnicos asociados, S.A. ed 2^a. Barcelona, España.
- **Rivera U., N. J. 1994.** Estudio Hidrológico de la cuenca del río Tonalá; Caracterización física y análisis estadístico de las precipitaciones máximas. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.
- **Rodríguez T., F. 1973.** Elementos del escurrimiento superficial. Tesis de ingeniería en irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.
- **Salazar, L. J. 2000.** Sistema basado en conocimientos y técnicas de información geográfica aplicado al manejo de cuencas hidrográficas. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.

- **Sánchez V., A., Orozco P., L., García N., R. M. y Palma T., a. 2003.** Balance hidrológico y servicios hidrológicos en la cuenca del río Zahuapan, Tlax. Memorias del XII Congreso Nacional de Irrigación. Zacatecas, Zacatecas.
- **Secretaria de recursos hidráulicos (SRH) 1968.** Región Hidrológica No. 26. cuenca del Río Panuco. Datos Hidrométricos/Dirección de Hidrología. Tomo I. México.
- **Springall G., R. 1970.** Hidrología. Primer parte. Instituto de ingeniería de la UNAM. México, D.F.
- **Tetumo G., J. 1993.** Apuntes de Hidrología Superficial. Tesis de ingeniería en irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de irrigación, Chapingo, México.
- **Torres B., E. 2001.** Comparación de los modelos de simulación hidrológica SWRRB y SAW en la cuenca "El Tejocote", Atlacomulco, Edo. México. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- **TRAGSA, TRAGSATEC y ministerio de medio ambiente 1998.** Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión. Ed. Mundi-Prensa. ed 2^a. Madrid, España.
- **Williams, J. R. 1975.** Sediment-Yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: "Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources". pp. 118-125. USDA-ARS. Washington, D. C.
- **Williams, J. R., C. A. Jones and P. T. Dyke. 1984.** A modeling approach to determining the relation ship between erosion and soil productivity. Trans. ASAE 27 (1):129-144.
- **Wischmeier, W. H., and D. D. Smith. 1978.** Predicting rainfall losses: A guide to conservation planning. ESDA Agricultural Handbook No. 537. U. S. Goy. Print. Office, Washington, D. C.
- **Woolhiser, D. A., and L. Brankesiek, 1982.** Hydrologic modeling of small atersheds. In: Hydrologic modeling of small watersheds. Eds. C. T. Haan, H. P. Johnson and D. L. Brankesiek, ASAE. Michigan, 3-16pp.
- **Viessman, W., Knapp, J. W., Lewis, G. L. and Habaugh, T, E. 1977.** Introduction to hydrology. Harper & Row, Publishers. ed. 2^a. New York, U.S.A.

X. ANEXOS

Anexo A.1. Estadísticas climáticas de la estación Ciudad Valles, San Luis Potosí

	Estación											
	240111		Latitud	Longitud	msnm							
			22.40	-99.62	1264.33							
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
TMPMX	23.70	25.60	27.30	30.10	31.60	30.80	29.00	28.60	27.80	26.60	25.50	23.30
TMPMN	6.50	6.60	8.50	10.90	13.40	14.80	14.20	14.20	13.30	10.80	8.80	6.80
TMPSTDMX	6.50	6.20	6.70	6.50	6.70	5.00	4.90	4.70	4.70	4.90	4.80	5.50
TMPSTDMN	4.70	4.40	3.90	3.30	3.00	3.30	2.30	2.30	2.60	3.50	3.60	4.30
PCPMM	14.30	7.80	13.10	24.00	31.90	76.60	112.60	76.00	124.00	45.50	13.70	17.50
PCPSTD	6.76	3.75	8.53	9.45	9.99	10.00	14.83	11.93	17.36	12.99	5.72	5.64
PCPSKW	2.08	1.65	2.10	1.52	2.81	1.95	2.91	4.87	5.84	3.17	2.45	1.87
PR_W	0.04	0.05	0.04	0.05	0.10	0.15	0.20	0.20	0.20	0.09	0.07	0.07
PR_W2	0.42	0.24	0.27	0.43	0.30	0.54	0.57	0.43	0.58	0.49	0.29	0.40
PCPD	2.20	1.70	1.80	2.50	3.90	7.50	9.80	8.10	9.80	4.60	2.80	3.10
RAINHMX	1.80	8.30	14.70	21.20	18.80	21.30	23.40	17.10	22.10	18.80	9.60	11.70
SOLARAV	16.00	19.00	22.00	25.00	26.00	25.00	24.00	23.00	22.00	20.00	18.00	16.00
DEWPT	0.55	0.48	0.46	0.47	0.53	0.59	0.64	0.63	0.65	0.58	0.56	0.58

Anexo A.2. Estadísticas climáticas de la estación Ciudad El Maíz, San Luis Potosí

	Estación												Latitud	Longitud	msnm	
	240121												22.40	-99.62	1264.33	
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre				
TMPMX	23.80	26.30	29.00	34.00	35.80	35.90	33.60	33.50	32.10	29.70	27.70	24.10				
TMPMN	12.10	13.20	15.70	20.00	22.60	23.40	22.60	22.50	22.10	19.00	16.60	13.00				
TMPSTDMX	5.20	5.60	5.60	5.50	4.40	4.70	4.40	3.70	3.70	3.70	4.20	5.10				
TMPSTDMN	3.80	3.80	3.30	2.80	2.20	1.70	1.30	1.20	1.50	3.10	3.30	3.70				
PCPMM	22.50	12.70	29.20	42.40	73.50	162.90	228.00	188.70	233.40	96.90	54.80	28.40				
PCPSTD	5.68	3.53	2.43	12.38	17.21	17.49	28.66	19.79	23.31	15.66	18.19	4.75				
PCPSKW	2.53	1.74	0.84	1.65	2.01	1.67	3.82	1.64	2.16	2.19	3.09	1.93				
PR_W1	0.13	0.09	0.09	0.09	0.11	0.21	0.24	0.20	0.27	0.18	0.13	0.13				
PR_W2	0.29	0.36	0.33	0.38	0.40	0.52	0.62	0.58	0.56	0.44	0.34	0.42				
PCPD	4.70	3.60	3.50	3.90	4.60	9.10	11.90	9.80	11.40	7.40	4.70	5.80				
RAINHHMX	9.60	6.90	16.20	23.60	33.00	39.10	40.30	39.90	36.70	25.70	17.50	8.60				
SOLARAV	14.00	16.00	18.00	22.00	22.00	23.00	21.00	21.00	18.00	17.00	15.00	13.00				
DEWPT	0.71	0.65	0.66	0.64	0.67	0.68	0.74	0.73	0.76	0.73	0.73	0.75				

Anexo A.3. Estadísticas climáticas de la estación Ciudad Valles, San Luis Potosí

	Estación												Latitud	Longitud	msnm	
	240431												22.13	-99.17	481.40	
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre				
TMPMX	22.80	25.00	29.00	32.40	34.00	33.10	31.90	32.20	30.70	28.00	25.50	22.50				
TMPMN	11.00	11.90	15.30	18.70	21.70	22.10	21.40	21.40	20.80	18.20	15.20	12.30				
TMPSTDMX	5.50	5.80	5.70	5.30	4.40	4.20	3.80	3.50	3.70	3.90	4.40	5.00				
TMPSTDMN	3.70	3.50	3.60	3.10	2.30	1.60	1.10	1.10	1.80	3.00	3.70	3.80				
PCPMM	18.80	18.20	28.20	31.70	93.72	91.30	228.20	198.20	256.90	121.70	41.80	38.10				
PCPSTD	4.95	3.90	10.03	12.65	16.87	25.85	25.92	17.58	27.94	14.90	12.14	10.92				
PCPSKW	3.65	2.57	3.37	2.04	1.64	0.65	2.89	1.84	2.52	1.70	4.09	4.19				
PR_W1	0.12	0.14	0.10	0.09	0.15	0.24	0.23	0.23	0.27	0.20	0.14	0.13				
PR_W2	0.42	0.41	0.34	0.20	0.34	0.59	0.65	0.52	0.51	0.43	0.42	0.42				
PCPD	5.30	5.40	4.00	3.00	5.70	11.10	12.30	10.10	10.70	8.00	5.90	5.60				
RAINHHMX	7.60	6.60	11.70	16.10	27.40	48.80	41.40	35.80	42.00	24.50	12.90	9.00				
SOLARAV	14.00	16.00	19.00	21.00	22.00	21.00	21.00	20.00	19.00	16.00	14.00	13.00				
DEWPT	0.70	0.66	0.64	0.65	0.69	0.73	0.74	0.73	0.75	0.75	0.75	0.76				

Anexo A.4. Estadísticas climáticas de la estación Ciudad El Maíz, San Luis Potosí

	Estación												Latitud	Longitud	msnm	
	240491												22.40	-99.45	1264.19	
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre				
TMPMX	21.20	22.40	25.10	27.90	29.10	28.10	26.80	26.80	26.00	24.00	23.00	21.30				
TMPMN	8.30	8.40	10.70	13.70	16.10	17.10	16.50	16.10	15.90	13.70	11.00	8.70				
TMPSTDMX	5.10	5.50	5.60	5.20	4.20	3.30	2.80	2.40	2.80	3.30	4.20	4.70				
TMPSTDMN	3.40	3.30	3.40	3.00	2.60	2.10	1.70	1.80	2.10	3.00	3.20	3.30				
PCPMM	27.80	18.90	24.70	42.80	86.10	263.30	283.30	248.50	302.40	111.50	30.30	24.20				
PCPSTD	5.13	5.23	4.98	12.16	16.82	25.07	20.72	16.48	24.14	13.73	10.18	4.78				
PCPSKW	1.49	2.75	1.54	2.90	3.88	2.69	2.37	1.58	2.89	2.03	5.88	1.89				
PR_W1	0.11	0.12	0.11	0.11	0.17	0.23	0.31	0.31	0.35	0.19	0.12	0.11				
PR_W2	0.47	0.39	0.38	0.38	0.42	0.68	0.69	0.64	0.67	0.50	0.40	0.41				
PCPD	5.20	4.50	4.70	4.60	7.10	12.30	15.50	14.40	15.50	8.60	4.80	5.00				
RAINHHMX	8.80	8.10	10.60	18.70	26.00	46.40	37.50	34.90	37.60	22.20	12.90	9.60				
SOLARAV	14.00	16.00	19.00	22.00	22.00	21.00	20.00	21.00	18.00	17.00	16.00	14.00				
DEWPT	0.68	0.64	0.61	0.62	0.68	0.73	0.75	0.73	0.76	0.74	0.70	0.69				

Anexo A.5. Estadísticas climáticas de la estación Ciudad El Maíz, San Luis Potosí

	Estación												Latitud	Longitud	msnm
	280591												22.58	-99.57	1720.30
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
TMPMX	19.10	21.70	26.00	29.20	31.70	33.50	33.70	33.90	30.20	26.10	23.60	20.40			
TMPMN	7.20	8.60	12.30	16.30	19.70	21.40	21.30	21.20	19.50	15.70	12.30	8.50			
TMPSTDMX	7.50	8.40	7.00	7.50	6.40	6.40	6.30	6.00	7.00	7.30	6.80	6.70			
TMPSTDMN	4.80	5.40	4.90	5.00	4.20	4.50	4.30	3.80	4.90	5.70	5.40	5.00			
PCPMM	24.80	18.40	31.00	49.60	88.70	120.80	80.40	125.30	198.30	84.20	29.00	20.20			
PCPSTD	7.32	5.32	11.22	11.00	14.17	19.40	17.59	21.48	26.79	16.62	11.04	7.73			
PCPSKW	2.99	4.10	4.52	3.16	2.55	2.43	2.70	1.76	2.63	2.52	4.12	3.70			
PR_W1	0.11	0.14	0.11	0.16	0.20	0.18	0.12	0.15	0.12	0.16	0.11	0.09			
PR_W2	0.48	0.44	0.45	0.45	0.52	0.53	0.51	0.48	0.60	0.46	0.46	0.51			
PCPD	5.20	5.50	5.00	6.80	9.10	8.10	6.20	6.90	10.00	7.20	5.00	4.80			
RAINHHMX	8.30	5.50	11.00	15.10	22.20	33.40	26.70	42.00	41.30	19.70	9.90	6.80			
SOLARAV	12.00	14.00	16.00	18.00	18.00	19.00	19.00	19.00	16.00	14.00	13.00	12.00			
DEWPT	0.78	0.75	0.74	0.77	0.80	0.79	0.78	0.77	0.82	0.81	0.79	0.79			

Anexo A.6. Estadísticas climáticas de la estación Nuevo Morelos, Tamaulipas

	Estación												Latitud	Longitud	msnm	
	280661												22.55	-99.20	295.69	
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre				
TMPMX	26.50	29.00	33.40	35.20	37.20	36.10	35.00	35.00	33.40	31.30	29.90	26.20				
TMPMN	10.60	11.70	15.20	17.70	20.00	20.80	20.40	20.30	20.30	17.40	14.40	11.20				
TMPSTDMX	6.60	5.90	5.60	5.80	4.70	4.30	4.10	3.90	4.30	4.70	5.80	6.10				
TMPSTDMN	3.50	3.60	3.40	3.40	3.90	3.70	2.40	2.50	2.70	3.50	3.80	3.80				
PCPMM	19.50	7.00	22.40	39.20	83.40	166.90	247.50	132.90	227.50	72.60	16.30	23.90				
PCPSTD	5.25	4.82	9.15	12.19	19.95	21.33	30.73	14.63	32.48	15.10	9.70	14.43				
PCPSKW	1.44	3.31	2.65	1.37	1.92	2.61	3.73	2.07	5.69	2.35	4.50	3.56				
PR_W1	0.07	0.05	0.07	0.08	0.13	0.16	0.25	0.22	0.29	0.14	0.07	0.06				
PR_W2	0.35	0.32	0.40	0.27	0.60	0.58	0.50	0.58	0.50	0.37	0.25	0.38				
PCPD	3.10	2.00	3.10	3.20	4.80	8.50	11.50	9.60	12.20	5.70	2.70	2.90				
RAINHHMX	10.70	4.40	14.40	21.00	35.70	39.20	46.30	28.00	33.90	26.20	14.80	13.90				
SOLARAV	16.00	18.00	21.00	25.00	26.00	25.00	25.00	24.00	21.00	19.00	17.00	15.00				
DEWPT	0.56	0.52	0.49	0.49	0.51	0.58	0.61	0.61	0.66	0.63	0.60	0.60				

Anexo A.7. Estadísticas climáticas de la estación Tula, Tamaulipas

	Estación												Latitud	Longitud	msnm
	281141												23.00	-99.73	1160.00
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
TMPMX	22.00	23.90	27.40	30.10	32.30	31.20	29.70	29.40	28.90	27.10	25.30	22.70			
TMPMN	7.20	8.00	10.20	12.90	15.60	16.70	16.20	16.00	15.60	13.30	10.50	8.30			
TMPSTDMX	5.10	5.20	5.70	6.00	4.30	4.10	3.60	3.60	3.70	4.30	4.80	5.00			
TMPSTDMN	3.80	3.70	3.20	3.00	2.80	2.50	2.10	2.00	2.40	3.00	3.70	3.70			
PCPMM	11.00	7.40	8.40	20.60	33.30	57.70	74.40	66.20	67.80	29.30	11.80	12.00			
PCPSTD	6.12	6.13	6.96	9.27	7.93	9.44	10.58	9.90	10.83	14.39	9.23	10.66			
PCPSKW	1.85	1.19	1.72	1.73	2.06	2.30	2.55	3.04	2.78	3.65	1.47	3.63			
PR_W1	0.04	0.03	0.03	0.06	0.12	0.15	0.19	0.19	0.17	0.08	0.04	0.04			
PR_W2	0.34	0.24	0.26	0.38	0.34	0.51	0.49	0.47	0.52	0.33	0.24	0.31			
PCPD	1.90	1.10	1.30	2.60	4.80	7.10	8.50	8.30	7.70	3.40	1.50	1.80			
RAINHHMX	10.30	11.00	13.10	16.80	13.70	16.10	17.20	16.20	17.60	16.90	12.10	12.40			
SOLARAV	15.00	17.00	21.00	24.00	25.00	24.00	23.00	23.00	21.00	19.00	17.00	15.00			
DEWPT	0.61	0.56	0.51	0.53	0.56	0.63	0.67	0.66	0.67	0.64	0.61	0.63			

Anexo B.1. Factores fisiotécnicos de los cultivos de la cuenca del río Valles

CPNM	CROPNAME	BIO_E	HVSTI	BLAI	LAIMX1	FRGRW2	LAIMX2	DLAI	CHTMX	RDMX	T_OPT	T_BASE
AGRI	A-riego	30.00	0.59	3.0	0.05	0.50	0.95	0.60	0.5	1.20	26.00	15.00
AGT	A-temporal	39.00	0.50	3.0	0.05	0.50	0.95	0.70	2.5	2.00	25.00	8.00
ENCA	Bencino-vsecprim-arb	15.00	0.76	5.0	0.70	0.25	0.99	0.99	10.0	3.50	30.00	0.00
ENCB	Bencino-veg-sec-arb-arbo	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
ENCC	Bencino-vegsec-arb-herb	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
ENCD	Bencino-vegsec-arb	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
OYAM	B-oyamel	15.00	0.76	5.0	0.70	0.25	0.99	0.99	10.0	3.50	30.00	0.00
PIEA	Bpinenc-vsec-primsec-arb	15.00	0.76	5.0	0.70	0.25	0.99	0.99	10.0	3.50	30.00	0.00
PIEB	Bpinen-vsec-arb-arbo	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
PIEC	Bpinen-vsec-arbu-herb	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
PINA	Bpin-vprim-arbo-sec-arbo	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
PINB	Bpin-vsec-arbo-herb	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
BM	Banco-Material	20.00	0.40	4.0	0.01	0.50	0.95	0.75	0.5	2.00	27.00	14.00
MATO	Mat-vsec-herb	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
PATO	Pastizales	35.00	0.90	4.0	0.05	0.49	0.95	0.99	0.5	2.00	25.00	12.00
PFP	Plant-forest-past	16.10	0.05	1.2	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
PFV	Plant-forest-varb	15.00	0.10	4.0	0.15	0.50	0.75	0.99	3.5	2.00	20.00	7.00
PAMA	Prad-alta-mont	35.00	0.90	2.5	0.05	0.57	0.95	0.50	1.0	2.00	30.00	11.00
VEGA	Veg-galeria	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
URB	Urbano	50.00	0.31	5.0	0.01	0.50	0.95	0.90	2.0	2.00	25.00	10.00
URBV	Urbano-veg	15.00	0.76	5.0	0.05	0.40	0.95	0.99	6.0	3.50	30.00	10.00
SINV	A-sin-veg-aparente	30.00	0.50	1.5	0.05	0.50	0.95	0.60	0.5	2.00	35.00	18.00

Anexo B.2. Factores fisiotécnicos de los cultivos de la cuenca del río Valles

CPNM	CROPNAME	CNYLD	CPYLD	USLE_C	BIOEHI	OV_N	CN2A	CN2B	CN2C	CN2D
AGRI	A-riego	0.0218	0.0041	0.031	39.00	0.14	67.00	77.00	83.00	87.00
AGT	A-temporal	0.0140	0.0016	0.350	45.00	0.14	67.00	78.00	85.00	89.00
ENCA	Bencino-vsecprim-arb	0.0015	0.0003	0.002	16.00	0.10	25.00	55.00	70.00	77.00
ENCB	Bencino-veg-sec-arb-arbo	0.0015	0.0003	0.002	16.00	0.10	36.00	60.00	73.00	79.00
ENCC	Bencino-vegsec-arb-herb	0.0015	0.0003	0.004	16.00	0.10	45.00	66.00	77.00	83.00
ENCD	Bencino-vegsec-arb	0.0015	0.0003	0.003	16.00	0.10	36.00	60.00	73.00	79.00
OYAM	B-oyamel	0.0015	0.0003	0.001	16.00	0.10	25.00	55.00	70.00	77.00
PIEA	Bpinenc-vsec-primsec-arb	0.0015	0.0003	0.002	16.00	0.14	62.00	73.00	81.00	84.00
PIEB	Bpinen-vsec-arb-arbo	0.0015	0.0003	0.005	16.00	0.10	36.00	60.00	73.00	79.00
PIEC	Bpinen-vsec-arbu-herb	0.0015	0.0003	0.003	16.00	0.10	45.00	66.00	77.00	83.00
PINA	Bpin-vprim-arbo-sec-arbo	0.0015	0.0003	0.002	16.00	0.10	36.00	60.00	73.00	79.00
PINB	Bpin-vsec-arbo-herb	0.0015	0.0003	0.003	16.00	0.10	45.00	66.00	77.00	83.00
BM	Banco-Material	0.0505	0.0040	0.290	25.00	0.14	67.00	77.00	83.00	87.00
MATO	Mat-vsec-herb	0.0015	0.0003	0.001	16.00	0.10	45.00	66.00	77.00	83.00
PATO	Pastizales	0.0234	0.0033	0.004	36.00	0.30	31.00	59.00	72.00	79.00
PFP	Plant-forest-past	0.0015	0.0003	0.002	18.00	0.00	65.00	76.00	84.00	87.00
PFV	Plant-forest-varb	0.0019	0.0004	0.002	20.00	0.01	25.00	25.00	25.00	25.00
PAMA	Prad-alta-mont	0.0200	0.0028	0.250	36.00	0.10	31.00	59.00	72.00	79.00
VEGA	Veg-galeria	0.0015	0.0003	0.004	16.00	0.05	45.00	66.00	77.00	83.00
URB	Urbano	0.0650	0.0091	0.250	60.00	0.14	67.00	77.00	83.00	87.00
URBV	Urbano-veg	0.0015	0.0003	0.002	16.00	0.05	45.00	66.00	77.00	83.00
SINV	A-sin-veg-aparente	0.0117	0.0011	0.034	39.00	0.14	67.00	77.00	83.00	87.00

Anexo B.1. Factores edáficos de la cuenca del río Valles

SNAM	NLAYER S	HYDGR P	SOL_ZM X	SOL_Z 1	SOL_BD 1	SOL_AWC 1	SOL_K 1	SOL_CBN 1	CLAY 1	SILT 1	SAND 1	SOL_ALB 1
Be1	2	B	600.00	240.00	1.50	0.15	13.21	0.75	42.00	34.00	24.00	0.13
Bd	4	B	1200.00	160.00	1.50	0.15	13.21	5.40	48.00	32.00	20.00	0.13
Be_D	1	B	260.00	260.00	1.50	0.15	13.21	0.52	44.00	30.00	26.00	0.13
Be_LP	2	B	600.00	240.00	1.50	0.15	13.21	0.75	42.00	34.00	24.00	0.13
Hh	3	B	990.00	330.00	1.50	0.15	13.21	1.21	44.00	38.00	18.00	0.13
Hh_D p	2	C	540.00	210.00	1.60	0.12	4.32	1.09	56.00	24.00	20.00	0.13
Hh_G	3	B	990.00	330.00	1.50	0.15	13.21	1.21	44.00	38.00	18.00	0.13
Hh_L	2	C	500.00	100.00	1.50	0.15	13.21	3.16	42.00	38.00	20.00	0.13
I	1	B	90.00	90.00	1.16	0.19	13.00	0.22	17.80	25.28	56.92	0.13
I_1	1	B	90.00	90.00	1.16	0.19	13.00	0.22	17.80	25.28	56.92	0.13
I_G	1	B	90.00	90.00	1.16	0.19	13.00	0.22	17.80	25.28	56.92	0.13
I_3	1	B	90.00	90.00	1.16	0.19	13.00	0.22	17.80	25.28	56.92	0.13
Re	2	B	600.00	380.00	1.60	0.14	61.21	0.34	78.00	14.00	8.00	0.13
Re_L	1	B	190.00	190.00	1.60	0.14	25.91	0.92	68.00	14.00	18.00	0.13
Vp	2	D	700.00	310.00	1.60	0.13	2.29	0.80	36.00	32.00	32.00	0.13
Vp_D	2	D	700.00	310.00	1.60	0.13	2.29	0.80	36.00	32.00	32.00	0.13
Vp_L	2	D	600.00	250.00	1.40	0.11	0.51	1.26	22.00	32.00	46.00	0.13
Bk	3	C	1250.00	340.00	1.50	0.20	6.86	0.31	12.00	60.00	28.00	0.13
E	2	D	250.00	80.00	1.60	0.08	1.02	6.07	42.00	32.00	26.00	0.13
HI	3	D	700.00	320.00	1.60	0.13	2.29	0.29	50.00	24.00	26.00	0.13
Kk	4	D	1500.00	250.00	1.60	0.14	1.02	0.24	44.00	36.00	20.00	0.13
KI	6	D	1150.00	110.00	1.40	0.11	0.51	0.79	52.00	24.00	24.00	0.13
Lc	2	D	240.00	60.00	1.60	0.13	2.29	2.24	34.00	32.00	34.00	0.13
Lf	4	A	1000.00	210.00	1.60	0.13	2.29	0.78	40.00	22.00	38.00	0.13
XI	3	D	420.00	100.00	1.60	0.13	2.29	0.33	32.00	36.00	32.00	0.13

Anexo C.2. Factores edáficos de la cuenca del río Valles

SNAM	USLE_K1	SOL_EC1	SOL_Z2	SOL_BD2	SOL_AWC2	SOL_K2	SOL_CBN2	CLAY2	SILT2	SAND2	SOL_ALB2	USLE_K2
Be1	0.04	1.00	600.00	1.50	0.15	13.21	0.34	38.00	36.00	26.00	0.13	0.04
Bd	0.04	1.00	460.00	1.50	0.15	13.21	1.21	50.00	30.00	20.00	0.13	0.04
Be_D	0.04	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Be_LP	0.04	1.00	600.00	1.50	0.15	13.21	0.34	38.00	36.00	26.00	0.13	0.04
Hh	0.02	0.50	660.00	1.50	0.15	13.21	1.15	40.00	40.00	20.00	0.13	0.02
Hh_Dp	0.02	1.50	540.00	1.60	0.12	4.32	1.61	50.00	28.00	22.00	0.13	0.02
Hh_G	0.02	0.50	660.00	1.50	0.15	13.21	1.15	40.00	40.00	20.00	0.13	0.02
Hh_L	0.02	1.50	500.00	1.60	0.13	2.29	0.92	32.00	32.00	36.00	0.13	0.01
I	0.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_1	0.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_G	0.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_3	0.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re	0.03	0.00	600.00	1.60	0.14	25.91	0.34	60.00	24.00	16.00	0.13	0.03
Re_L	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp	0.03	0.00	700.00	1.60	0.13	2.29	0.40	34.00	28.00	38.00	0.13	0.03
Vp_D	0.03	0.00	700.00	1.60	0.13	2.29	0.40	34.00	28.00	38.00	0.13	0.03
Vp_L	0.03	0.00	600.00	1.40	0.11	0.51	0.75	22.00	32.00	46.00	0.13	0.03
Bk	0.09	1.00	860.00	1.50	0.20	6.86	0.22	8.00	52.00	40.00	0.13	0.09
E	0.05	2.00	250.00	1.40	0.11	2.29	1.22	58.00	20.00	22.00	0.13	0.05
HI	0.05	3.00	570.00	1.60	0.13	2.29	0.21	52.00	22.00	26.00	0.13	0.05
Kk	0.28	1.00	520.00	1.60	0.14	1.02	0.26	50.00	36.00	14.00	0.13	0.28
KI	0.09	1.00	210.00	1.50	0.14	1.02	0.60	46.00	30.00	24.00	0.13	0.09
Lc	0.09	1.00	240.00	1.40	0.11	0.51	1.84	70.00	8.00	22.00	0.13	0.09
Lf	0.14	1.00	380.00	1.40	0.11	0.51	0.16	72.00	12.00	16.00	0.13	0.14

Anexos

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valle, S. L. P."

XI	0.18	1.00	220.00	1.60	0.13	2.29	0.31	40.00	28.00	32.00	0.13	0.18
----	------	------	--------	------	------	------	------	-------	-------	-------	------	------

Anexo C.3. Factores edáficos de la cuenca del río Valles

SNAM	SOL_EC2	SOL_Z3	SOL_BD3	SOL_AWC3	SOL_K3	SOL_CBN3	CLAY3	SILT3	SAND3	SOL_ALB3	USLE_K3	SOL_EC3
Be1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bd	0.00	800.00	1.50	0.15	13.21	0.80	54.00	28.00	18.00	0.13	0.04	0.00
Be_D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Be_LP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh	0.50	990.00	1.50	0.15	13.21	1.09	48.00	34.00	18.00	0.13	0.02	0.50
Hh_Dp	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_G	0.50	990.00	1.50	0.15	13.21	1.09	48.00	34.00	18.00	0.13	0.02	0.50
Hh_L	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp_D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bk	1.00	1250.00	1.50	0.20	6.86	0.17	10.00	52.00	38.00	0.13	0.09	1.00
E	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HI	3.00	700.00	1.60	0.13	2.29	0.12	42.00	28.00	30.00	0.13	0.05	2.50
Kk	1.00	770.00	1.60	0.14	1.02	0.33	52.00	32.00	16.00	0.13	0.28	1.00
KI	1.00	460.00	1.50	0.14	1.02	0.47	48.00	30.00	22.00	0.13	0.09	2.20
Lc	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexos

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valle, S. L. P."

Lf	1.00	880.00	1.40	0.11	0.51	0.05	70.00	12.00	18.00	0.13	0.14	1.00
XI	1.00	420.00	1.60	0.13	2.29	0.28	36.00	30.00	34.00	0.13	0.18	1.00

Anexo C.4. Factores edáficos de la cuenca del río Valles

SNAM	SOL_Z4	SOL_BD4	SOL_AWC4	SOL_K4	SOL_CBN4	CLAY4	SILT4	SAND4	SOL_ALB4	USLE_K4	SOL_EC4	SOL_Z5
Be1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bd	1200.00	1.50	0.15	13.21	0.80	50.00	32.00	18.00	0.13	0.04	0.00	0.00
Be_D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Be_LP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_Dp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp_D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bk	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kk	1500.00	1.60	0.14	1.02	0.19	54.00	32.00	14.00	0.13	0.28	3.50	0.00
KI	670.00	1.50	0.14	1.02	0.31	54.00	24.00	22.00	0.13	0.09	2.10	810.00

Anexos

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valle, S. L. P."

Lc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lf	1000.00	1.40	0.11	0.51	0.05	68.00	16.00	16.00	0.13	0.14	1.00	0.00
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo C.5. Factores edáficos de la cuenca del río Valles

SNAM	SOL_BD5	SOL_AWC5	SOL_K5	SOL_CBN5	CLAY5	SILT5	SAND5	SOL_ALB5	USLE_K5	SOL_EC5	SOL_Z6
Be1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Be_D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Be_LP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_Dp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp_D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bk	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kk	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexos

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valle, S. L. P."

KI	1.50	0.14	1.02	0.19	50.00	24.00	26.00	0.13	0.09	1.00	1150.00
Lc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lf	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo C.6. Factores edáficos de la cuenca del río Valles

SNAM	SOL_BD6	SOL_AWC6	SOL_K6	SOL_CBN6	CLAY6	SILT6	SAND6	SOL_ALB6	USLE_K6	SOL_EC6
Be1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Be_D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Be_LP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_Dp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hh_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
I_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Re_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp_D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vp_L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bk	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexos

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valle, S. L. P."

Kk	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kl	1.50	0.14	1.02	0.09	26.00	28.00	46.00	0.13	0.09	1.00
Lc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lf	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
XI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo D.1. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	12647	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.84778	-98.97611
Subterráneo	34383	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.11111	-99.21000
Subterráneo	25130	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21667	-99.24000
Subterráneo	18205	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00806	-99.22333
Subterráneo	18204	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00806	-99.22306
Subterráneo	23597	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.16934	-98.91551
Subterráneo	11443	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.90528	-99.00056
Subterráneo	67069	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21667	-99.24000
Subterráneo	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.49583	-99.28444
Subterráneo	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.66333	-99.48972
Subterráneo	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.39528	-99.29444
Subterráneo	50492	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.59528	-99.45722
Subterráneo	2083	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.58972	-99.38333
Subterráneo	2364	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.61306	-99.38528
Subterráneo	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.47417	-99.28750
Subterráneo	16808	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.59306	-99.45722
Subterráneo	55571	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.58056	-99.40417
Subterráneo	15330	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.37417	-99.25417
Subterráneo	31752	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.85694	-98.93333
Subterráneo	800	Industrial	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99528	-99.02611
Superficial	1407	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.52361	-99.34417
Superficial	3603	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.58778	-99.37917
Superficial	1914	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.52333	-99.37278
Superficial	1238	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.52500	-99.35972

Anexos

Caracterización morfométrica y simulación del balance de la cuenca "Tres Valle, S. L. P."

Superficial	64620	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.57056	-99.34167
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.65436	-99.45860
Superficial	7993	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.55694	-99.32778
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.56278	-99.42917
Superficial	1407	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.44611	-99.30556
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.41972	-99.31417
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.31083	-99.22500

Anexo D.2. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Superficial	1745	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.53333	-99.29778
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.53667	-99.34333
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.56500	-99.35639
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.58667	-99.36722
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.59083	-99.36861
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.54472	-99.49333
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.33278	-99.23444
Superficial	19645	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.45444	-99.41222
Superficial	41992	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.40361	-99.33444
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.35083	-99.26222
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.50417	-99.32083
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.48333	-99.31028
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.59222	-99.32667
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.57222	-99.33889
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.34306	-99.25667
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.57167	-99.361940
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.33750	-99.25417
Superficial	9682	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.52083	-99.37889
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.60472	-99.51528
Superficial	3546	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.47556	-99.36083
Superficial	1520	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.33833	-99.36000
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.30002	-99.310140
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.31361	-99.22194
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.31361	-99.22333
Superficial	2589	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.43722	-99.40167
Superficial	1464	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.38667	-99.27306
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.69202	-99.504610
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.30830	-99.23343
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.56889	-99.42250
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.37500	-99.34861
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.54167	-99.42750

Anexo D.3. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.45833	-99.38139
Superficial	2252	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.50139	-99.38139
Superficial	16493	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.59583	-99.47528
Superficial	7261	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.58944	-99.50972
Superficial	1351	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.29500	-99.32556
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.57139	-99.32139
Superficial	1407	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.32139	-99.35417
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.29268	-99.31651
Superficial	2252	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.47500	-99.41472
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.32958	-99.32632
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.64806	-99.41667
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.36444	-99.34556
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.32917	-99.22667
Superficial	1182	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.31916	-99.31360
Superficial	16605	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.51639	-99.37306
Superficial	9007	Público Urbano	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.53722	-99.34278
Superficial	1150	Público Urbano	San Luis Potosí	Tamasopo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13056	-99.28139
Superficial	39694	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.29056	-99.14694
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01694	-99.20750
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.18583	-98.97806
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.90917	-98.95111
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07167	-99.23806
Superficial	12819	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.32861	-99.02944
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.98472	-99.10389
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.20889	-99.20417
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05500	-99.04083
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94278	-98.98417
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99889	-99.07639
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.27861	-98.96333
Superficial	7933	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21111	-99.23028
Superficial	67028	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21194	-99.23389

Anexo D.4. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00361	-99.05333
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99278	-99.04417
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99361	-99.05778
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19028	-99.24694
Superficial	6036	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.37167	-99.05611
Superficial	8565	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.09361	-99.14333
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.24167	-99.27361
Superficial	4254	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.24361	-99.28944
Superficial	2127	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97778	-98.94222
Superficial	7301	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12833	-99.18333
Superficial	8508	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04333	-99.07583
Superficial	1437	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93278	-98.92500
Superficial	9198	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01583	-98.97111
Superficial	602	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19278	-99.11667
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92611	-98.95861
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.10028	-99.13861
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.16722	-99.10389
Superficial	602	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97306	-99.08306
Superficial	602	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93528	-98.93806
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02778	-99.04639
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99444	-99.07972
Superficial	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14111	-99.10667
Superficial	11670	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04250	-99.14000
Superficial	2529	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.88250	-98.97056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02528	-99.14028
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97639	-98.95639
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00722	-98.98444
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94611	-98.99500
Subterráneo	4656	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94861	-99.08528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05083	-99.02056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.95167	-98.99917

Anexo D.5. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.10028	-98.98833
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.31444	-99.05861
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04639	-99.08389
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19500	-99.21750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08778	-99.13278
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.30750	-99.03806
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.24500	-99.23250
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13000	-99.20972
Subterráneo	9830	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06000	-99.11583
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21556	-99.28111
Subterráneo	6783	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19250	-99.10083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93806	-98.97917
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92167	-99.02194
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92194	-98.94833
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.89333	-98.99917
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00806	-98.98528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92667	-99.01778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.28944	-99.28750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.25694	-99.28083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01306	-99.08528
Subterráneo	6381	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04500	-99.13472
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00611	-99.17694
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07806	-99.09083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.15167	-99.20083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.28444	-99.14500
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.95694	-99.06278
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.98278	-99.07917
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01333	-99.16917
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.98667	-98.97667
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05056	-99.06722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19500	-99.21833

Anexo D.6. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.32806	-99.13472
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.98806	-99.03556
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.15722	-99.22556
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.15611	-99.09000
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.25917	-99.27222
Subterráneo	3449	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12583	-99.20694
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04722	-99.09111
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04472	-99.03333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.03000	-99.03167
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05611	-99.23444
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04083	-99.07028
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14000	-99.12611
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.15111	-98.95250
Subterráneo	2472	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.32556	-99.08583
Subterráneo	11727	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07917	-99.13944
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96556	-99.04722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19639	-99.14861
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17222	-99.19444
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.85417	-98.99722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.87917	-98.99083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.37694	-99.20000
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17417	-99.11778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.16583	-99.22028
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.26778	-99.16167
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12556	-99.19444
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.34333	-99.03333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.34306	-99.12972
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.18111	-99.22167
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08111	-99.10222
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04250	-99.22806
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06778	-98.98222

Anexo D.7. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17611	-99.21778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.34778	-99.14278
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.88194	-99.00889
Subterráneo	2702	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00111	-99.12083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05694	-99.23750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.09972	-99.22139
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14361	-99.10667
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02917	-98.98889
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02417	-99.20083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.91889	-98.98750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93444	-99.05333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14250	-99.20944
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12111	-99.09417
Subterráneo	2702	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.83333	-98.93194
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.16833	-99.10639
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04500	-99.04722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.24250	-98.97056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.23417	-99.26861
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94861	-99.05972
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.15333	-98.97861
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02806	-99.06333
Subterráneo	4484	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.40972	-99.06306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.37222	-99.12889
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04333	-99.03000
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12306	-99.09528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21889	-99.12611
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.20861	-99.09667
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.26778	-99.12361
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.26778	-99.14139
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93444	-98.97500
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02278	-99.10833

Anexo D.8. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19639	-99.22667
Subterráneo	1265	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.10222	-99.20528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02500	-99.20361
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05361	-99.23222
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04250	-98.98833
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92722	-98.96278
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.91472	-99.01583
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92861	-98.96611
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04472	-98.98500
Subterráneo	27593	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12139	-98.98361
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.03333	-98.99444
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.34083	-99.08806
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.89861	-99.00472
Subterráneo	47770	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.29056	-99.14861
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00056	-98.98944
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19361	-98.98222
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97528	-99.11306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.86583	-99.01056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06333	-99.23944
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.10778	-98.92333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.86333	-98.98139
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.23028	-99.10306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21778	-99.15528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01306	-99.19944
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14583	-99.25139
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06306	-99.12028
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.39861	-99.13222
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12194	-99.18333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05806	-99.07250
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.03750	-99.03111
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.98111	-99.08111

Anexo D.9. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.95056	-99.06194
Subterráneo	3392	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96111	-99.04583
Subterráneo	1782	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.15778	-99.10472
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17583	-99.19722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.85000	-98.92833
Subterráneo	2587	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06056	-99.09000
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13722	-99.11250
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.87500	-98.98472
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08667	-99.18333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17361	-99.10833
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13111	-99.20056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.91750	-98.96722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13194	-99.20694
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08056	-99.06333
Subterráneo	2644	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.18778	-99.13667
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04250	-99.01750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99222	-99.05306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13111	-99.11167
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.87639	-98.99028
Subterráneo	7646	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96500	-98.95306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96389	-98.96111
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96250	-98.96306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96778	-98.95722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96500	-98.96750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14111	-99.01361
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08667	-99.11306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96972	-99.09611
Subterráneo	11440	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.90528	-99.00056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05500	-99.09333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.26167	-99.22167
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14111	-99.18778

Anexo D.10. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02111	-98.97639
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08417	-98.98139
Subterráneo	25466	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08417	-99.24500
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97750	-99.01972
Subterráneo	9140	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.11139	-99.13750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.22361	-99.20972
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06278	-99.08000
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17639	-99.08528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.35028	-99.13472
Subterráneo	13567	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.37361	-99.10722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93944	-99.01861
Subterráneo	5289	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.85694	-99.00889
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07972	-99.02361
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07667	-99.03722
Subterráneo	602	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19250	-99.11667
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14639	-99.11778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.09278	-99.08056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.38194	-99.12917
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21333	-99.20417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93583	-99.00417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93556	-99.00333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04111	-99.04611
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12639	-99.10944
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.23417	-99.12472
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14083	-99.10694
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21250	-99.20389
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06639	-99.08722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04972	-99.09389
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05750	-98.98472
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.20806	-99.22778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.18417	-99.13917

Anexo D.11. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	36676	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.09778	-98.97639
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.95694	-99.04750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97333	-98.99278
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92639	-98.95944
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96667	-99.03333
Subterráneo	3047	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.03139	-98.96778
Subterráneo	12474	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.03472	-98.98639
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94111	-99.07444
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.95778	-99.10222
Subterráneo	1495	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12333	-99.09611
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.20500	-99.27694
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13833	-99.12389
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12417	-99.18250
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01889	-98.94389
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97389	-99.07722
Subterráneo	2529	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01472	-99.10972
Subterráneo	4944	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.41083	-99.05444
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96417	-99.09083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00639	-98.98444
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07278	-98.98139
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14667	-98.95111
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04722	-98.99361
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.10667	-99.11333
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.29083	-99.24583
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92639	-98.98389
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02333	-99.07083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99222	-99.05417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.87111	-98.99028
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05361	-98.98417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97917	-99.08111
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.16389	-99.19389

Anexo D.12. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94806	-99.06500
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.11917	-99.18028
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99444	-99.05528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.31833	-99.18361
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.91833	-99.00833
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04361	-98.98500
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13139	-99.09750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.27278	-99.28306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04889	-99.06528
Subterráneo	602	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97278	-99.08306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.92778	-99.03306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00417	-99.09306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.90750	-98.95972
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13889	-99.09194
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.84861	-98.92306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.10500	-99.09417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.84333	-98.94306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99139	-99.05194
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99528	-99.05917
Subterráneo	1782	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94861	-99.03472
Subterráneo	602	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93528	-98.93778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06528	-99.23778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.89639	-98.99972
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.09889	-99.03667
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04361	-99.10167
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.91417	-98.98417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08500	-99.09861
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07222	-99.05833
Subterráneo	5978	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94861	-99.10889
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.03139	-99.22417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99639	-99.06639

Anexo B.13. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.25833	-98.95806
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14306	-99.13750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02778	-99.10472
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97111	-99.10556
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.25222	-99.27722
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.16556	-98.97194
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.15028	-99.12528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21306	-99.25806
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.04583	-99.02778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.27222	-99.24028
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99528	-99.06806
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.35472	-99.03389
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.32944	-99.01500
Subterráneo	2357	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07278	-99.10389
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99722	-99.07222
Subterráneo	4369	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99889	-99.22056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.25611	-99.13139
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.85556	-98.97917
Subterráneo	1782	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14139	-99.13583
Subterráneo	5404	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00306	-99.09528
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01111	-99.09167
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.26472	-99.28083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.33806	-99.19222
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07722	-99.06917
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21722	-99.14778
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12972	-99.25556
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.95250	-99.09167
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12250	-99.13806
Subterráneo	1667	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.29278	-99.22417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.22778	-99.00056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.91806	-98.96722

Anexo D.14. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.08194	-99.20306
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.12861	-99.20083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96611	-99.02972
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.98472	-99.08889
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13472	-99.24056
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.26250	-99.13083
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14028	-99.11417
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07639	-99.08472
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.95083	-98.99861
Subterráneo	1897	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.10139	-99.25000
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93556	-98.96278
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.23222	-99.26889
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.06528	-98.96750
Subterráneo	12359	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.95639	-99.01750
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21306	-99.15083
Subterráneo	3277	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14056	-99.11528
Subterráneo	2357	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.93083	-99.01694
Subterráneo	5519	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05833	-99.03500
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.20056	-99.27639
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01667	-98.94833
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.13472	-99.09000
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.03278	-99.03694
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.96667	-99.03556
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.88167	-98.95889
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.98722	-99.05500
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.02722	-99.10861
Subterráneo	1207	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.28333	-99.24528
Zona Federal	25	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.01694	-99.20750
Zona Federal	25	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.18583	-98.97806
Zona Federal	25	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.90917	-98.95111
Zona Federal	25	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.07167	-99.23806

Anexo D.15. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.32861	-99.02944
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.98472	-99.10389
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.20889	-99.20417
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05500	-99.04083
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94278	-98.98417
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99889	-99.07639
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.27861	-98.96333
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21111	-99.23028
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21194	-99.23389
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00361	-99.05333
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99278	-99.04417
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99361	-99.05778
Zona Federal	100	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.19028	-99.24694
Subterráneo	6515	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.85639	-98.96250
Subterráneo	16753	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.05556	-99.13889
Subterráneo	400000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.18333	-99.21381
Subterráneo	240000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.18194	-99.21319
Subterráneo	48000	Agrícola	Tamaulipas	Nuevo Morelos	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.53447	-99.23475
Subterráneo	312000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.14694	-99.20694
Subterráneo	42559	Múltiple	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.10583	-99.20417
Subterráneo	2650	Múltiple	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	1	Huasteca Potosina	21.85722	-98.93333
Subterráneo	230000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.22750	-99.26667
Subterráneo	270	Múltiple	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94417	-99.07028
Subterráneo	12437	Industrial	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00972	-99.03778
Subterráneo	570000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21142	-99.26314
Subterráneo	30000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.20539	-99.25508
Subterráneo	180000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21556	-99.25778
Subterráneo	226000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.22328	-99.26814
Subterráneo	195000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.18833	-99.25472
Subterráneo	240000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.20750	-99.22944
Subterráneo	240000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21667	-99.24611

Anexo D.16. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	600000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.14389	-99.19611
Superficial	1900000	Múltiple	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.22222	-99.22361
Subterráneo	960000	Múltiple	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21667	-99.23556
Punto de descarga	10300	Múltiple	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17917	-99.22333
Superficial	80000	Múltiple	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.52222	-99.33194
Subterráneo	750000	Múltiple	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.51667	-99.33111
Punto de descarga	800000	Múltiple	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.50556	-99.28778
Punto de descarga	3650	Múltiple	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.53361	-99.33000
Punto de descarga	365	Múltiple	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.53278	-99.33111
Punto de descarga	365	Múltiple	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.53222	-99.33111
Punto de descarga	365	Múltiple	San Luis Potosí	El Naranjo	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.53306	-99.33083
Subterráneo	6000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99222	-99.12861
Subterráneo	216000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.99389	-99.11417
Subterráneo	54000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.43512	-99.13833
Subterráneo	225000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.21697	-99.26797
Subterráneo	2000	Servicios	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00833	-99.03889
Subterráneo	18000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.47336	-99.48600
Subterráneo	1100	Pecuario	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.94667	-99.05611
Subterráneo	255000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.24019	-99.27228
Subterráneo	400000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17550	-99.20586
Subterráneo	600000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.21836	-99.24561
Subterráneo	240000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.22283	-99.24567
Subterráneo	12000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	21.97472	-99.07889
Subterráneo	180000	Agrícola	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.17872	-99.21036
Subterráneo	24274	Múltiple	Tamaulipas	Nuevo Morelos	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.53444	-99.23472
Subterráneo	50000	Industrial	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.00083	-99.02500

Anexo D.17. Volúmenes de agua proporcionados por el registro público de derechos de Agua (REPDA)

Tipo de aprovechamiento	Volumen (m ³ /año)	Uso	Estado	Municipio	Región Hidrológica	Cuenca	Acuífero	Latitud	Longitud
Subterráneo	219	Pecuario	Tamaulipas	Nuevo Morelos	Panuco	4	Huasteca Potosina	22.48056	-99.23333
Subterráneo	228	Múltiple	San Luis Potosí	Cd. Valles	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.43371	-99.20256
Subterráneo	59842	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Panuco	2	Huasteca Potosina	22.47250	-99.59222
Superficial	988	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.40389	-99.40250
Superficial	2646	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.47750	-99.51222
Superficial	4234	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.53667	-99.55694
Superficial	2446	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.56778	-99.57722
Superficial	988	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.54306	-99.61278
Superficial	1270	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.61000	-99.60917
Superficial	988	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.53528	-99.56361
Superficial	1835	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.49250	-99.55528
Subterráneo	988	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.59528	-99.60833
Subterráneo	988	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.59556	-99.60833
Subterráneo	988	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.59500	-99.60861
Subterráneo	988	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.59500	-99.60889
Subterráneo	988	Público Urbano	San Luis Potosí	Cd. El Maíz	Salado	1	Huasteca Potosina	22.59528	-99.60861

Anexo E.1. Salida general del proceso de simulación en la cuenca del río Valles

1 SWAT Sept '05 VERSION2005 0/ 0/ 0 0: 0: 0

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Number of years in run: 19
Area of watershed: 3955.621 km2

1 SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 1 of simulation

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(t/ha)	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
	----- (kg nutrient/ha) -----																	
19891120.70	124.44	61.62	416.04	485.43	0.00	35.01	437.93	1064.02	600.23	1.66	0.30	0.86	15.64	16.47	7.84	0.01	0.96	

1 SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 2 of simulation

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(t/ha)	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
	----- (kg nutrient/ha) -----																	
19901098.29	163.77	49.52	468.24	492.28	0.00	28.53	399.28	1080.45	679.45	1.22	0.37	0.41	8.19	5.33	3.61	0.01	0.45	

Anexo E.2. Salida general del proceso de simulación en la cuenca del río Valles

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (t/ha)	NO3 SURQ	NO3 LATQ	NO3 PERC	NO3 CROP	N ORGANIC	P SOLUBLE	P ORGANIC
----- (kg nutrient/ha) -----																		
19911466.10	381.82	49.98	590.36	638.83	0.00	33.51	389.93	1067.50	1019.67	1.73	0.92	0.44	10.75	5.98	6.13	0.02	0.77	

1
 SWAT Sept '05 VERSION2005
 General Input/Output section (file.cio):
 Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 4 of simulation

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (t/ha)	NO3 SURQ	NO3 LATQ	NO3 PERC	NO3 CROP	N ORGANIC	P SOLUBLE	P ORGANIC
----- (kg nutrient/ha) -----																		
19921193.71	219.63	60.69	455.48	507.96	0.00	31.30	407.48	1050.23	733.95	0.98	0.52	0.49	8.78	5.69	2.69	0.01	0.33	

1
 SWAT Sept '05 VERSION2005
 General Input/Output section (file.cio):
 Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 5 of simulation

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (t/ha)	NO3 SURQ	NO3 LATQ	NO3 PERC	NO3 CROP	N ORGANIC	P SOLUBLE	P ORGANIC
----- (kg nutrient/ha) -----																		
19931354.31	280.49	60.82	571.26	603.48	0.00	30.95	410.24	1075.85	910.01	1.45	0.64	0.44	9.19	6.39	2.45	0.01	0.32	

Anexo E.3. Salida general del proceso de simulación en la cuenca del río Valles

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						

19941258.65	220.30	58.17	515.70	558.89	0.00	33.61	418.67	1090.01	791.94	1.08	0.49	0.45	9.41	5.52	1.73	0.01	0.22
-------------	--------	-------	--------	--------	------	-------	--------	---------	--------	------	------	------	------	------	------	------	------

SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 7 of simulation

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						

19951071.33	195.17	58.35	451.68	464.80	0.00	27.32	360.00	1088.18	703.44	1.06	0.47	0.52	7.82	4.79	1.52	0.01	0.22
-------------	--------	-------	--------	--------	------	-------	--------	---------	--------	------	------	------	------	------	------	------	------

SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 8 of simulation

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						

19961088.24	198.41	44.12	450.11	490.84	0.00	29.39	352.58	1088.24	690.45	1.24	0.45	0.43	8.27	5.05	1.66	0.01	0.25
-------------	--------	-------	--------	--------	------	-------	--------	---------	--------	------	------	------	------	------	------	------	------

Anexo E.4. Salida general del proceso de simulación en la cuenca del río Valles

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						

19971010	10.14	114.72	51.13	410.40	446.19	0.00	28.48	399.12	1061.92	574.32	0.70	0.26	0.34	6.73	6.17	0.95	0.00	0.13
----------	-------	--------	-------	--------	--------	------	-------	--------	---------	--------	------	------	------	------	------	------	------	------

SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 10 of simulation

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						

19981087	178.28	44.61	463.10	532.40	0.00	28.60	331.51	1105.71	683.88	0.98	0.46	0.42	9.17	3.78	1.48	0.01	0.20
----------	--------	-------	--------	--------	------	-------	--------	---------	--------	------	------	------	------	------	------	------	------

SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 11 of simulation

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						

1999	746.35	91.35	19.54	336.96	329.24	0.00	28.76	307.32	1082.96	446.34	0.38	0.21	0.20	6.23	3.83	0.69	0.00	0.09
------	--------	-------	-------	--------	--------	------	-------	--------	---------	--------	------	------	------	------	------	------	------	------

Anexo E.5. Salida general del proceso de simulación en la cuenca del río Valles

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (t/ha)	NO3 SURQ	NO3 LATQ	NO3 PERC	NO3 CROP	N ORGANIC	P SOLUBLE	P ORGANIC
----- (kg nutrient/ha) -----																		
20001087.20	247.70	37.86	422.11	464.20	0.00	32.97	332.86	1104.76	705.95	1.48	0.60	0.42	8.29	4.69	1.97	0.01	0.27	

1
SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 13 of simulation

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (t/ha)	NO3 SURQ	NO3 LATQ	NO3 PERC	NO3 CROP	N ORGANIC	P SOLUBLE	P ORGANIC
----- (kg nutrient/ha) -----																		
20011235.39	266.51	60.56	452.80	504.50	0.00	29.76	406.67	1092.90	777.82	1.29	0.67	0.49	8.88	5.73	1.92	0.01	0.24	

1
SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 14 of simulation

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (t/ha)	NO3 SURQ	NO3 LATQ	NO3 PERC	NO3 CROP	N ORGANIC	P SOLUBLE	P ORGANIC
----- (kg nutrient/ha) -----																		
20021140.35	214.33	74.76	457.72	489.98	0.00	30.94	360.19	1096.09	744.75	1.53	0.49	0.71	8.27	4.87	1.50	0.00	0.19	

Anexo E.6. Salida general del proceso de simulación en la cuenca del río Valles

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						
20031246.82	237.32	53.41	543.03	578.23	0.00	29.83	378.80	1085.38	831.38	1.19	0.53	0.45	9.36	5.10	1.83	0.01	0.23	

1
SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 16 of simulation

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						
20041204.65	185.44	52.96	483.42	521.37	0.00	32.42	442.38	1067.06	719.47	1.13	0.41	0.48	8.03	6.26	1.46	0.00	0.18	

1
SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):
Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 17 of simulation

UNIT	PREC	SURQ	LATQ	GWQ	PERCO	TILE	SW	ET	PET	WATER	SED	NO3	NO3	NO3	NO3	N	P	P
TIME	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	LATE	Q	(mm)	(mm)	(mm)	YIELD	YIELD	SURQ	LATQ	PERC	CROP	ORGANIC	SOLUBLE	ORGANIC
					(mm)	(mm)				(mm)	(t/ha)	----- (kg nutrient/ha) -----						
20051071.82	174.75	41.76	456.11	488.13	0.00	32.05	367.76	1074.60	670.77	0.91	0.40	0.33	8.11	4.72	1.31	0.00	0.16	

Anexo E.7. Salida general del proceso de simulación en la cuenca del río Valles

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (t/ha)	NO3 SURQ	NO3 LATQ	NO3 PERC	NO3 CROP	N ORGANIC	P SOLUBLE	P ORGANIC
----- (kg nutrient/ha) -----																		
20061300.67	290.13	52.35	495.57	565.91	0.00	33.56	389.89	1066.90	835.76	1.49	0.65	0.45	9.51	5.57	2.03	0.01	0.25	

1

SWAT Sept '05 VERSION2005

General Input/Output section (file.cio):

Wed Feb 27 18:54:27 2008 AVSWATX2003 MDL

Annual Summary for Watershed in year 19 of simulation

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	SW (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (t/ha)	NO3 SURQ	NO3 LATQ	NO3 PERC	NO3 CROP	N ORGANIC	P SOLUBLE	P ORGANIC
----- (kg nutrient/ha) -----																		
20071294.22	257.89	71.58	549.28	566.66	0.00	32.61	399.70	1066.58	876.60	1.41	0.58	0.64	9.00	5.88	1.70	0.00	0.21	

Anexo E.8. Salida general del proceso de simulación en la cuenca del río Valles

AVE MONTHLY BASIN VALUES								
MON	SNOW			WATER			SED	
	RAIN (MM)	FALL (MM)	SURF Q (MM)	LAT Q (MM)	YIELD (MM)	ET (MM)	YIELD (T/HA)	PET (MM)
1	21.04	0.01	0.70	1.68	19.37	14.75	0.01	52.24
2	13.46	0.13	0.11	0.86	7.99	14.36	0.00	64.22
3	25.59	0.10	0.83	1.81	6.70	22.58	0.01	90.72
4	45.43	0.00	3.06	1.91	9.77	29.45	0.03	109.50
5	77.63	0.22	6.92	3.20	19.84	43.52	0.04	126.23
6	213.69	0.00	45.97	6.66	76.11	54.98	0.23	122.72
7	190.50	0.17	38.94	5.78	101.57	53.99	0.18	126.22
8	177.41	1.90	30.10	8.62	111.50	48.56	0.20	121.60
9	242.92	0.43	65.13	11.19	158.54	45.11	0.36	96.25
10	97.92	0.74	15.32	6.62	113.27	26.82	0.11	69.48
11	32.83	0.00	4.31	2.90	71.90	16.67	0.03	55.79
12	23.89	0.01	1.37	1.62	40.30	13.40	0.01	46.22

AVE ANNUAL BASIN VALUES

PRECIP = 1161.9 MM
 SNOW FALL = 3.69 MM
 SNOW MELT = 3.68 MM
 SUBLIMATION = 0.01 MM
 SURFACE RUNOFF Q = 212.76 MM
 LATERAL SOIL Q = 52.83 MM
 GROUNDWATER (SHAL AQ) Q = 473.12 MM
 REVAP (SHAL AQ => SOIL/PLANTS) = 14.28 MM
 DEEP AQ RECHARGE = 25.56 MM
 TOTAL AQ RECHARGE = 511.19 MM
 TOTAL WATER YLD = 736.64 MM
 PERCOLATION OUT OF SOIL = 512.07 MM
 ET = 383.8 MM
 PET = 1079.4MM
 TRANSMISSION LOSSES = 2.07 MM