



Medio Ambiente

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



**COORDINACIÓN DE GOBERNANZA DEL
AGUA Y FORTALECIMIENTO DE
CAPACIDADES**

**SUBCOORDINACIÓN DE POSGRADO Y
EDUCACIÓN CONTINUA**

T E S I S

**BALANCE HÍDRICO ACTUAL Y FUTURO DE
LA SUBCUENCA DEL LAGO DE TEXCOCO**

que para obtener el grado de
**Maestra en Ciencias y Tecnología del Agua
(Ingeniería en Sistemas Hidráulicos)**

presenta
Quetzalitzli Santos Avila

Tutor: Dr. Rodrigo Roblero Hidalgo
Cotutor: Dr. Héctor Alonso Ballinas González



FG 09 Autorización para la publicación de la Tesis o PIAC

Con fundamento en los artículos 21 y 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor y como titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada “Balance Hídrico Actual y Futuro de la Subcuenca del Lago de Texcoco”, otorgo de manera gratuita y permanente al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua la autorización para la publicación de la obra en cualquier medio, incluido el electrónico, y la divulguen entre su personal, estudiantes, repositorios o terceras personas, sin que pueda percibir por tal divulgación una contraprestación.

QUETZALIZTLI SANTOS AVILA

Jiutepec, Morelos, México a 17 de marzo del 2026



MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DEL AGUA INGENIERIA EN SISTEMAS HIDRÁULICOS

Comité tutorial:

Cargo en el Comité	Cargo y Nombre
Presidente	Dr. Héctor Alonso Ballinas González
Secretario	Dr. Roel Simuta Champo
Vocal 1	Dr. Rodrigo Roblero Hidalgo
Vocal 2	Mtro. José Avidán Bravo Jácome
Vocal 3	Mtro. Juan Fco. Gómez Martínez



Agradecimientos

A **Dios**, por concederme la oportunidad de estudiar un posgrado, por la bendición de cada persona que puso en mi camino y, sobre todo, por mantenerme fuerte y con la vista en el objetivo para no claudicar ante la adversidad.

“Hermanos míos, consideren como un gran gozo el tener que afrontar diversas pruebas, porque ya saben que la prueba de su fe produce constancia”.

Santiago 1:2-3



Índice general

Resumen.	1
Abstract.	2
1. Planteamiento del problema.	3
1.1 Antecedentes.	3
1.2 Descripción de la problemática.	5
2. Justificación.	7
3. Hipótesis.	7
4. Objetivos.	8
4.1 General.	8
4.2 Particulares.	8
5. Revisión de literatura.	9
5.1 Situación de los recursos hídricos en el Valle de México	9
5.2 Marco normativo de la gestión del agua en México.	10
5.3 Análisis de estudios sobre la disponibilidad hídrica en el Lago de Texcoco.	12
6. Marco conceptual.	14
6.1 Fundamento teórico.	14
6.1.1 Ecuación rectora del balance hídrico.	15
6.2 Variables clave.	20
7. Enfoque y metodología	22
7.1 Metodología de la modelación hidrológica.	22
7.2 Análisis de escenarios futuros.	25
7.2.1 Proyección de precipitación y cambio climático.	26
7.2.2 Proyección de la demanda hídrica y variación poblacional.	27
8. Caracterización y configuración del modelo.	28
8.1 Caracterización de la zona de estudio.	28
8.1.1. Localización y delimitación.	28
8.1.2. Geomorfología	29
8.1.3 Litología.	30
8.1.4. Clima	32



8.1.5. Sistema hidrológico.	34
8.1.6. Edafología.	51
8.1.7. Uso del suelo	53
8.1.7.1 El modelo SWMM y su interpretación sobre la escorrentía superficial para el método Green & Ampt	55
8.1.7.2 Parámetros de calibración del suelo.	60
8.2 Construcción del modelo.	63
8.2.1. Diseño de la red de drenaje.	63
8.2.2. Calibración del modelo hidrológico.	74
8.2.2.1 Métricas de desempeño y criterios de ajuste.	74
8.2.2.2 Escala de ajuste y resultados cuantitativos.	76
8.3 Estimación de la demanda hídrica.	86
8.3.1. Protocolo de proyección demográfica.	86
8.3.2. Estimación de la demanda productiva.	89
9. Resultados y discusión.	91
9.1 Balance hídrico base (2022)	91
9.1.1. Componentes de la oferta hídrica.	92
9.1.2. Balance hídrico consolidado 2022.	94
9.2. Proyecciones al 2050 y escenarios.	95
9.2.1. Impacto del Cambio Climático en la oferta.	96
9.2.2. Proyección de la demanda.	104
9.3 Análisis focalizado por microcuenca (2022 vs. 2050)	105
9.3.1. Matriz de resultados del balance hídrico al 2050.	114
9.4 Discusión de implicaciones y propuestas.	115
9.4.1. Inviabilidad de la recuperación y desacople hidrológico.	115
10. Conclusiones y recomendaciones.	117
11. Anexos.	120
A. Estadística del crecimiento poblacional.	121
B. Registros de precipitación, ciclo 2022	149
12. Referencias.	157



Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de los modelos hidrológicos por estructura.	17
Tabla 2. Clasificación de los modelos hidrológicos por procesos espaciales.	18
Tabla 3. Clasificación de los modelos hidrológicos por escala temporal.	19
Tabla 4. Características generales de las nueve microcuencas aportadoras.	34
Tabla 5. Hidrometría Río San Juan Teotihuacan.	46
Tabla 6. Hidrometría Río Papalotla.	46
Tabla 7. Hidrometría Río Xalapango.	47
Tabla 8. Hidrometría Río Coxacoaco.	47
Tabla 9. Hidrometría Río Texcoco.	48
Tabla 10. Hidrometría Río Chapingo.	48
Tabla 11. Hidrometría Río San Bernardino.	49
Tabla 12. Hidrometría Río Santa Mónica.	49
Tabla 13. Hidrometría Río Coatepec.	50
Tabla 14. Categorización del uso y cobertura del suelo.	53
Tabla 15. Parámetros Green-Ampt para calibración inicial.	60
Tabla 16. Parámetros Green-Ampt para diferentes clases de suelos.	61
Tabla 17. Crecimiento porcentual de las zonas urbanas.	62
Tabla 18. Estaciones climatológicas y año de calibración por microcuenca.	63
Tabla 19. Valores de referencia para el índice de concordancia de Wilmott.	76
Tabla 20. Valores de referencia para el Método de los Mínimos Cuadrados.	87
Tabla 21. Porcentajes de dotación hídrica del sector servicios por categoría de localidad.	88
Tabla 21a. Población y demanda de consumo para el sector doméstico- público/servicios año 2022.	88
Tabla 22. Porcentajes recomendados de retorno para diferentes usos del agua.	92
Tabla 23. Demanda hídrica anual por usos consuntivos 2022.	93
Tabla 24. Balance hídrico 2022.	94
Tabla 25. Estrategia territorial y enfoque de expansión urbana por municipio.	95
Tabla 26. Porcentajes de precipitación escenario 2050.	103



Tabla 27. Demanda hídrica anual por usos consuntivos 2050.	104
Tabla 28. Balance hídrico 2050.	114
Tabla 29. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Acolman.	121
Tabla 30. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Atenco.	122
Tabla 31. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Axapusco.	123
Tabla 32. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Chiautla.	123
Tabla 33. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Chicoloapan.	124
Tabla 34. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Chiconcuac.	125
Tabla 35. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Chimalhuacán.	125
Tabla 36. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Ixtapaluca.	126
Tabla 37. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Nopaltepec	127
Tabla 38. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Otumba.	127
Tabla 39. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Papalotla.	128
Tabla 40. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, La Paz.	129
Tabla 41. Proyección de la población por localidad, microcuenca San Juan Teotihuacán.	130
Tabla 42. Proyección de la población por localidad, microcuenca Papalotla.	135
Tabla 43. Proyección de la población por localidad, microcuenca Xalapango.	137
Tabla 44. Proyección de la población por localidad, microcuenca Coxacoaco.	139
Tabla 45. Proyección de la población por localidad, microcuenca Texcoco.	141
Tabla 46. Proyección de la población por localidad, microcuenca Chapingo.	143
Tabla 47. Proyección de la población por localidad, microcuenca San Bernardino.	144
Tabla 48. Proyección de la población por localidad, microcuenca Santa Mónica.	145
Tabla 49. Proyección de la población por localidad, microcuenca Coatepec.	147



Índice de figuras

Figura 1. Comparativo del Lago de Texcoco en 1515 y 1850.	3
Figura 2. Comparativo lago siglo XX-XXI.	4
Figura 3. Disponibilidad per cápita de agua por entidad federativa.	10
Figura 4. Representación ingenieril del ciclo hidrológico global.	14
Figura 5. Ecuaciones y leyes que rigen el balance hídrico según su origen.	16
Figura 6. Comparación de las emisiones de CO2 escenarios CMIP5 y CMIP6.	21
Figura 7. Metodología general para la estimación del balance hídrico en las microcuencas del lago de Texcoco	23
Figura 8. Sensibilidad climática en los modelos CMIP6.	26
Figura 9. Subregión hidrológica Valle de México-Río Tula.	28
Figura 9a. Mapa geológico.	31
Figura 9b. Mapa de régimen climático.	33
Figura 10. Sistema hidrológico del área de estudio.	35
Figura 11. Funcionamiento hidráulico Lago de Texcoco.	36
Figura 12. Configuración territorial microcuenca del Río San Juan Teotihuacán.	37
Figura 13. Configuración territorial microcuenca del Río Papalotla.	38
Figura 14. Configuración territorial microcuenca del Río Xalapango	39
Figura 15. Configuración territorial microcuenca del Río Coxacoaco.	40
Figura 16. Configuración territorial microcuenca del Río Texcoco.	41
Figura 17. Configuración territorial microcuenca del Río Chapingo.	42
Figura 18. Configuración territorial microcuenca del Río San Bernardino	43
Figura 19. Configuración territorial microcuenca del Río Santa Mónica.	44
Figura 20. Configuración territorial microcuenca del Río Coatepec.	45
Figura 21. Mapa de Edafología.	52
Figura 22. Mapa de uso de suelos y vegetación.	54
Figura 23. Visión conceptual del fenómeno de la escorrentía en SWMM.	56
Figura 24. Esquema del funcionamiento básico de SWMM v5.	59
Figura 25. Mapa de ubicación de estaciones climatológicas.	64
Figura 26. Diagramas de precipitación mensual San Juan Teotihuacán 1971.	65



Figura 27. Precipitación anual San Juan Teotihuacán 1971. 65

Figura 28. Diagramas de precipitación mensual Papalotla 1974. 66

Figura 29. Precipitación anual Papalotla 1974. 66

Figura 30. Diagramas de precipitación mensual Xalapango 1961. 67

Figura 31. Precipitación anual Xalapango 1961. 67

Figura 32. Diagramas de precipitación mensual Coxcacacoaco 1972 68

Figura 33. Precipitación anual Coxcacacoaco 1972. 68

Figura 34. Diagramas de precipitación mensual Texcoco 1972. 69

Figura 35. Precipitación anual Texcoco 1972. 69

Figura 36. Diagramas de precipitación mensual Chapingo 1973. 70

Figura 37. Precipitación anual Chapingo 1973. 70

Figura 38. Diagramas de precipitación mensual San Bernardino 1972. 71

Figura 39. Precipitación anual San Bernardino 1972. 71

Figura 40. Diagramas de precipitación mensual Santa Mónica 1973 72

Figura 41. Precipitación anual Santa Mónica 1973 72

Figura 42. Diagramas de precipitación mensual Coatepec 1981 73

Figura 43. Precipitación anual Coatepec 1981. 73

Figura 44. Gráfico de valores acumulados. Corriente: San Juan Teotihuacán. 77

Figura 45. Gráfico de valores acumulados. Corriente: Papalotla. 78

Figura 46. Gráfico de valores acumulados. Corriente: Xalapango. 79

Figura 47. Gráfico de valores acumulados. Corriente: Coxcacacoaco. 80

Figura 48. Gráfico de valores acumulados. Corriente: Texcoco. 81

Figura 49. Gráfico de valores acumulados. Corriente: Chapingo. 82

Figura 50. Gráfico de valores acumulados. Corriente: San Bernardino. 83

Figura 51. Gráfico de valores acumulados. Corriente: Santa Mónica. 84

Figura 52. Gráfico de valores acumulados. Corriente: Coatepec. 85

Figura 53. Mapa de ubicación de concesiones REPDA. 90

Figura 54. Tendencia de la evaporación microcuena San Juan Teotihuacán. 98

Figura 55. Tendencia de la evaporación microcuena Papalotla. 98

Figura 56. Tendencia de la evaporación microcuena Xalapango 99

Figura 57. Tendencia de la evaporación microcuena Coxcacacoaco. 99

Figura 58. Tendencia de la evaporación microcuena Texcoco. 100

Figura 59. Tendencia de la evaporación microcuena Chapingo. 100



Figura 60. Configuración territorial microcuenca del Río San Bernardino101

Figura 61. Configuración territorial microcuenca del Río Santa Mónica.101

Figura 62. Configuración territorial microcuenca del Río Coatepec.102

Figura 63. Malla espacial modelo EC-Earth3 SSP2-4.5 año 2050.102

Figura 64. Hidrograma comparativo microcuenca San Juan Teotihuacán 2022 -2050.105

Figura 65. Hidrograma comparativo microcuenca Papalotla 2022 -2050.106

Figura 66. Hidrograma comparativo microcuenca Xalapango 2022 -2050.107

Figura 67. Hidrograma comparativo microcuenca Coxcacoco 2022 -2050.108

Figura 68. Hidrograma comparativo microcuenca Texcoco 2022 -2050.109

Figura 69. Hidrograma comparativo microcuenca Chapingo 2022 -2050.110

Figura 70. Hidrograma comparativo microcuenca San Bernardino 2022 -2050.111

Figura 71. Hidrograma comparativo microcuenca Santa Mónica 2022 -2050112

Figura 72. Hidrograma comparativo microcuenca Coatepec 2022 -2050113

Figura 73. Diagramas de precipitación mensual San Juan Teotihuacán 2022. 149

Figura 74. Precipitación anual San Juan Teotihuacán 2022.149

Figura 75. Diagramas de precipitación mensual Papalotla 2022.150

Figura 76. Precipitación anual Papalotla 2022.150

Figura 77. Diagramas de precipitación mensual Xalapango 2022.151

Figura 78. Precipitación anual Xalapango 2022.151

Figura 79. Diagramas de precipitación mensual Coxcacoco 2022152

Figura 80. Precipitación anual Coxcacoco 2022.152

Figura 81. Diagramas de precipitación mensual Texcoco 2022.153

Figura 82. Precipitación anual Texcoco 2022.153

Figura 83. Diagramas de precipitación mensual Chapingo 2022.154

Figura 84. Precipitación anual Chapingo 2022.154

Figura 85. Diagramas de precipitación mensual San Bernardino 2022.155

Figura 86. Precipitación anual San Bernardino 2022.155

Figura 87. Diagramas de precipitación mensual Santa Mónica/Coatepec 2022156

Figura 88. Precipitación anual Santa Mónica/Coatepec 2022156



Resumen

La subcuenca del Lago de Texcoco, a pesar de su reciente declaratoria como Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) en 2022, enfrenta un escenario crítico de incertidumbre sobre la disponibilidad real de agua superficial. Esta investigación tiene como objetivo proyectar el balance hídrico de las nueve microcuencas aportadoras y del vaso del lago hacia el año 2050, considerando las variaciones de precipitación por cambio climático y el crecimiento poblacional. La metodología empleó un enfoque mixto, utilizando el Storm Water Management Model (SWMM) con el método de infiltración Green-Ampt para la modelación hidrológica, y el modelo climático global EC-EARTH3 bajo el escenario de emisiones intermedias SSP2-4.5.

Los resultados del balance base (2022) revelaron un déficit operativo en microcuencas urbanizadas y una pérdida masiva por evaporación en el lago de -141.54 Mm³. La proyección al 2050 indica una crisis estructural generalizada: la demanda hídrica superará la oferta natural en todas las microcuencas, destacando un déficit de -374.04 Mm³ en la microcuenca de Coatepec. Se concluye que la recuperación del lago basada en aportes fluviales es inviable, dado que los escurrimientos serán interceptados por la demanda urbana. Por tanto, se propone un "desacople hidrológico", donde la subsistencia del lago dependa exclusivamente de la captación pluvial directa y el tratamiento de aguas in situ, abandonando el modelo actual de extracción y descarga.

Palabras clave: Lago de Texcoco, balance hídrico, modelación hidrológica, cambio climático, gestión de recursos hídricos.



Abstract

The Lake Texcoco sub-basin, despite its 2022 designation as a Natural Resources Protection Area (APRN), faces a critical scenario of uncertainty regarding actual surface water availability. This research aims to project the water balance of the nine contributing micro-basins and the lake vessel towards the year 2050, considering precipitation variations due to climate change and population growth. The methodology employed a mixed approach, using the Storm Water Management Model (SWMM) with the Green-Ampt infiltration method for hydrological modeling, and the EC-EARTH3 global climate model under the intermediate emissions scenario SSP2-4.5.

The results of the baseline balance (2022) revealed an operational deficit in urbanized micro-basins and a massive evaporation loss in the lake of -141.54 Mm^3 . The projection to 2050 indicates a generalized structural crisis: water demand will exceed natural supply in all micro-basins, highlighting a deficit of -374.04 Mm^3 in the Coatepec micro-basin. It is concluded that lake recovery based on river contributions is unfeasible, as runoff will be intercepted by urban demand. Therefore, a "hydrological decoupling" is proposed, where the lake's subsistence depends exclusively on direct rainwater harvesting and in situ water treatment, abandoning the current extraction and discharge model.

Keywords: Lake Texcoco, water balance, hydrological modeling, climate change, water resource management.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

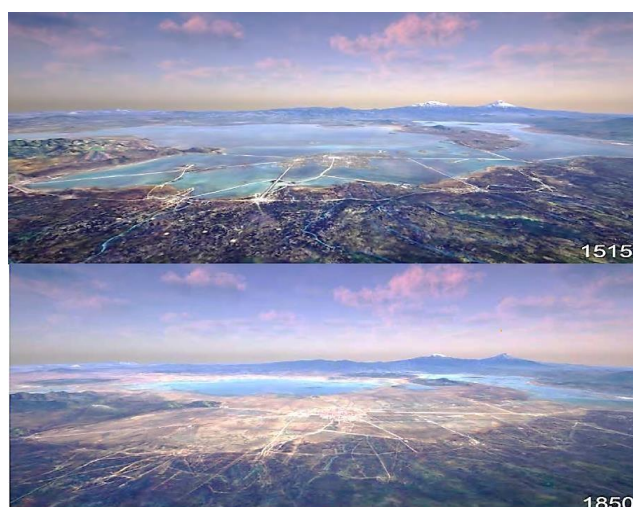
1.1 Antecedentes

El Lago de Texcoco, alguna vez un vasto cuerpo de agua que sustentaba civilizaciones, ha sufrido una transformación radical a lo largo de los siglos, pasando de un ecosistema vital a un sistema hídrico alterado por la intervención humana (Montero - García, 2021).

La historia del lago es, en esencia, la historia de esta relación con los asentamientos humanos. Los cambios en la subcuenca se remontan a los primeros pobladores, quienes construyeron las chinampas, el albarradón de Nezahualcóyotl y tres calzadas que unían la isla de Tenochtitlán con la ribera del lago. Estas obras, diseñadas para regular el nivel de las aguas, dejaron de funcionar tras la Conquista. Poco tiempo después, el sector occidental del lago desapareció (Gómez, 2015).

El colapso de estos sistemas de regulación, sumado a una nueva visión de ocupación territorial, dio paso a proyectos hidráulicos más ambiciosos y destructivos. A principios del siglo XVII, el ingeniero alemán Heinrich Martín fue encargado de la gran empresa de desagüe del Valle de México, conocida como el Tajo de Nochistongo. Esta obra, diseñada para evitar las crecidas del río Cuautitlán, fue devastadora, ya que abrió de manera artificial la cuenca endorreica para drenarla. La construcción de este túnel se desarrolló durante casi un siglo y sentó un precedente que se extendería en los siglos siguientes (Gómez, 2015).

Figura 1. Comparativo del Lago de Texcoco



Nota: recuperado de ceiba.org.mx



La política de desecación se mantuvo e incluso se aceleró. Aunque la inestabilidad política del siglo XIX impidió la construcción de grandes obras, en marzo de 1900 se pusieron en marcha los primeros trabajos de desagüe. Sin embargo, en la década de 1920 el sistema ya presentaba fallas debido a la pérdida de pendiente, resultado de la extracción de agua de los acuíferos. En los primeros años del siglo XX, la ampliación de colectores y el sellado de canales y ríos que alimentaban el lago provocaron un aumento de las tolveneras, una extensión desmedida de la mancha urbana, mayor contaminación e inestabilidad ambiental (ver figura 2). Si algo más faltaba, la construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) llevó la desecación y el desequilibrio ecológico de la subcuenca a otro nivel (Gómez, 2015).

Figura 2. Comparativo lago siglo XX – XXI.



Nota: Recuperado de <https://earthengine.google.com/timelapse>

En este contexto de deterioro histórico se produce un cambio importante en la política territorial. El 22 de marzo de 2022, el Gobierno Federal emite el Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) la zona conocida como Lago de Texcoco.

Este decreto revierte legalmente la visión de ocupación territorial predominante y otorga protección legal al ecosistema.:



- **Categoría y extensión:** formaliza la protección del Lago de Texcoco bajo la figura de Área de Protección de Recursos Naturales (APRN), abarcando más de 14,000 hectáreas en cinco municipios del Estado de México.
- **Reconocimiento ecológico:** reconoce el sitio como un regulador hidrológico, climático y de hábitat vital para el Valle de México, esencial para aves migratorias, lo que justifica la intervención y el gasto público en su conservación.
- **Prohibiciones legales:** otorga un marco legal sólido para prohibir actividades destructivas, como la urbanización desmedida, el cambio de uso de suelo no compatible con la conservación y la descarga de contaminantes, buscando frenar la extensión de la mancha urbana y la inestabilidad ambiental.

Alcances y limitaciones relevantes

La declaratoria se convierte en el antecedente inmediato que marca el inicio de esta investigación, pero también delimita su justificación.

Alcance como marco de gestión: el decreto establece la obligatoriedad de crear un Programa de Manejo enfocado en la restauración ecológica y la protección hídrica. Este es el principal mecanismo institucional para revertir el colapso de los antiguos sistemas de regulación y mitigar los efectos del Tajo de Nochistongo y obras subsecuentes.

Limitación y vacío de información: A pesar de ser una herramienta legal robusta, la declaratoria no resuelve por sí misma los problemas crónicos de la zona (contaminación, salinidad, subsidencia). Su efectividad real está condicionada a la ejecución del programa de manejo, el cual requiere de información técnica actualizada sobre la disponibilidad de agua superficial.

1.2 Descripción de la problemática

La desecación histórica del Lago de Texcoco ha culminado en un complejo escenario hídrico y ambiental. A pesar de los esfuerzos por mitigar el daño, como la reciente



declaratoria del área como Área Natural Protegida (ANP) en 2022, el sistema hidrológico sigue afectado.

El polígono de la ANP, con una extensión de más de 14,000 hectáreas en una región de alta densidad poblacional, coexiste con la expansión urbana y una infraestructura hidráulica diseñada para el drenaje en lugar de la conservación. Esta situación se complejiza ante la falta de datos actualizados sobre la disponibilidad de agua superficial en el lago y sus cuencas.

Sin una estimación precisa del recurso hídrico, la restauración ecológica y la gestión integral de la ANP presentan dificultades operativas significativas. Por ello, esta investigación analiza la disponibilidad de agua superficial actual y proyectada, considerando los efectos del cambio climático bajo el escenario previsto para el año 2050.



2. JUSTIFICACIÓN.

La importancia que tiene el Lago de Texcoco como vaso regulador hídrico y climático en la Cuenca del Valle de México ha sido parteaguas en su declaratoria de Área Natural Protegida; la presente investigación se justifica en la necesidad de generar información técnica actualizada sobre el balance hídrico del Lago de Texcoco y sus cuencas aportadoras, integrando herramientas de modelación hidrológica y análisis espacial que permitan proyectar escenarios hacia 2050.

3. HIPÓTESIS.

La tendencia de la disponibilidad hídrica superficial en el Lago de Texcoco para el año 2050 será menor, a pesar de que su condición se modificó a ANP; elementos como el cambio climático, la variación poblacional y sus necesidades alimentarias e industriales en las cuencas aportadoras transitarán periodos de adaptación que se reflejarán en los volúmenes de agua que reciba el lago.



4. OBJETIVOS.

4.1 General.

Proyectar el balance hídrico superficial de la subcuenca del Lago de Texcoco bajo la característica de área natural protegida al 2050 considerando las variaciones de la precipitación debida al cambio climático y la transformación de las condiciones económicas y poblacionales de las subcuencas aportadoras.

4.2 Particulares.

- Delimitar y caracterizar las subcuencas de aportación al ANP del Lago de Texcoco.
- Determinar el balance hídrico superficial en cada una de las subcuencas de aportación, así como del Lago de Texcoco al 2022.
- Estimar el balance hídrico futuro utilizando la precipitación al 2050 de acuerdo con las estimaciones de las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas del escenario SSP2-4.5



5. REVISIÓN DE LITERATURA.

Aunque se ha escrito extensamente sobre la problemática hídrica en la Cuenca del Valle de México, la mayoría de estos estudios se han enfocado en la sobreexplotación de los mantos acuíferos o en los problemas de calidad del agua. Se han propuesto diversas estrategias de manejo, pero la mayoría carece de una evaluación actualizada de la disponibilidad de agua superficial en el contexto de escenarios de cambio climático futuros.

A pesar de los esfuerzos normativos, como la declaración del Lago de Texcoco como Área Natural Protegida, la literatura carece de proyecciones específicas sobre cómo la disponibilidad de agua superficial en la zona se verá afectada por las variaciones de precipitación y el crecimiento poblacional. Por ello, el presente estudio está dirigido a simular como complemento a los hallazgos existentes desde un análisis prospectivo para la toma de decisiones en la gestión del recurso hídrico en la región del lago de Texcoco y sus subcuencas vertientes.

5.1 Situación actual de los recursos hídricos en el Valle de México.

En el reporte “Modernizar la regulación de aguas en México”, (Instituto Mexicano para la Competitividad, 2023) se menciona lo siguiente:

De acuerdo con el Banco Mundial, la disponibilidad promedio de agua por persona en México disminuyó de forma significativa, al pasar de 10 mil metros cúbicos (m^3) en 1960, a 4 mil m^3 en 2000. Actualmente, se encuentra en 3.2 mil m^3 y de continuar la tendencia, se estima que para 2030 se ubique por debajo de 3 mil m^3 , a medida que aumenta la población, las sequías y la sobreexplotación. En términos geográficos, el sur del país tiene la mayor disponibilidad de agua (70% de este recurso se ubica en esa región) en contraste con el norte (20%) y centro de México (10%). La entidad con mayor disponibilidad es Chiapas, mientras que la Ciudad de México está en último lugar (Figura 3).



Figura 3.
Disponibilidad per cápita de agua por entidad federativa



Nota: Recuperado de Modernizar la regulación de aguas en México, por IMCO. 2023, [Figura]

El informe del IMCO proporciona el contexto a nivel nacional, revelando la alarmante disminución de la disponibilidad de agua por persona en el país, especialmente en las regiones del centro y norte. Esta situación de escasez general se magnifica en la Ciudad de México, la cual, según el informe, es la entidad con la menor disponibilidad per cápita de agua a nivel nacional. Esta realidad establece la base del desafío administrativo. (IMCO, 2023).

La gestión del agua en el Valle de México debe enfrentar directamente esta escasez y conocer la manera en que se han administrado los recursos a nivel regional, les permite a las autoridades identificar el problema general de la sobreexplotación de los acuíferos y saber dónde exactamente se encuentra el déficit. En el siguiente apartado se presenta parte del contexto de dicha gestión.

5.2 Marco Normativo de la gestión del agua en México

El marco normativo mexicano juega un papel crucial en la administración del agua y,



para el propósito de este análisis, es fundamental entender que no todos los aspectos son igualmente relevantes. Este estudio se centra exclusivamente en la disponibilidad del recurso para determinar si el lago tendrá agua en 2050, sin considerar variables de calidad del agua o el caudal ecológico. El análisis se basa en la normativa que rige la cuantificación del recurso disponible.

La norma mexicana específica que para la determinación de la disponibilidad de agua superficial la NOM-011-CONAGUA-2015 es la más relevante. En ella se establecen las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, tanto superficiales como subterráneas. Su objetivo principal es proveer una metodología base que debe ser utilizada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y por los usuarios que realicen estudios de disponibilidad hídrica para fines de explotación, uso o aprovechamiento (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

Esta norma es crucial para el marco de gestión del agua en México, ya que el cálculo de la disponibilidad es un requisito obligatorio para el otorgamiento o la negación de títulos de concesión o asignación de agua. El documento detalla los métodos para calcular el volumen medio anual de escurrimiento natural en cuencas hidrológicas y la recarga de acuíferos, así como las definiciones de términos clave y los procedimientos a seguir.

Existen otros instrumentos legales que complementan su aplicación y que establecen el marco general de la gestión del agua en el país, como:

- **Ley de Aguas Nacionales:** Este es el principal marco legal que rige la materia. Su reglamento, así como la propia ley, definen términos como "Disponibilidad media anual de aguas superficiales" y establecen que la cuenca hidrológica es la unidad básica para la gestión de los recursos.
- **NOM-001-CONAGUA-2011:** Aunque no se enfoca en la disponibilidad, esta norma es importante porque establece las especificaciones y los métodos de prueba de hermeticidad para sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Esto influye indirectamente en la eficiencia de la distribución y, por



lo tanto, en la disponibilidad real del agua para el consumo.

- **NMX-AA-159-SCFI-2012:** Esta norma es complementaria, ya que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. El caudal ecológico es el volumen de agua necesario para mantener los ecosistemas acuáticos, lo cual debe restarse de la disponibilidad total de una cuenca.

5.3 Análisis de estudios sobre la disponibilidad hídrica en el Lago de Texcoco.

El diagnóstico de sobreexplotación de los acuíferos en la cuenca del Valle de México revela un déficit anual de 639 hm³ [CONAGUA (2023, 17 de noviembre)]; lo que evidencia una extracción insostenible del recurso subterráneo. Ante este panorama, diversos estudios recientes han abordado el balance hídrico desde una perspectiva restaurativa y prospectiva, posicionando al lago de Texcoco como un componente clave en la reconfiguración del sistema hidrológico regional.

La importancia del lago de Texcoco ha sido objeto de múltiples estudios en materia de gestión hídrica. Los informes de diversas instituciones oficiales proporcionan una visión integral de la situación del lago y las estrategias para su recuperación.

El proyecto de rescate hidrológico del lago de Texcoco, por ejemplo, propone una estrategia integral de recuperación del sistema lacustre, basada en el análisis de entradas y salidas hídricas. Este estudio plantea un balance hídrico conceptual que considera la captación de agua pluvial, la infiltración controlada para recarga de acuíferos y la regulación de escurrimientos superficiales (CONAGUA, 2020).

La propuesta se alinea con el desarrollo del Parque Ecológico Lago de Texcoco, centrado en un estudio técnico del balance hídrico local. Su objetivo es estabilizar el sistema hídrico ante el cambio climático. Esto se logrará mediante el aumento de la capacidad de almacenamiento de excedentes pluviales, la reducción de escorrentías contaminadas y la inyección de buena calidad de agua al acuífero (CONAGUA, 2023).



Asimismo, la CONAGUA a través de documentos como la Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Texcoco (1507), presenta detalladamente la situación del acuífero. Estos reportes analizan el balance hídrico, la recarga y la extracción de agua, y señalan que el acuífero se encuentra sobreexplotado y que su uso principal es el público-urbano, lo cual ha provocado un continuo descenso en los niveles de agua en una proporción que varía entre 1.2 a 3.8 metros de abatimiento por año (CONAGUA, 2019).

Por su parte, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha desarrollado estudios como el Programa Hídrico Lago de Texcoco y el Diagnóstico y Alternativas para la Gestión de los Recursos Hídricos en las Subcuencas de los Nueve Ríos Vertientes al Lago de Texcoco. Estos informes se centran en la hidrología y proponen un manejo integral de las cuencas que incluye la restauración de humedales para que el área funcione como un vaso regulador, mitigando así el riesgo de inundaciones (IMTA, 2024).

Finalmente, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), a través de su Programa de Manejo del Área de Protección de Recursos Naturales Lago de Texcoco, ofrece una descripción detallada de las características hidrológicas de la zona. El documento subraya el papel del lago como vaso regulador y describe las fuentes hídricas que lo alimentan, destacando la resiliencia del ecosistema y su potencial para la restauración (CONANP, 2024).

Estas iniciativas no solo complementan el análisis técnico del balance hídrico subterráneo y superficial, sino que también ofrecen una visión prospectiva de gestión hídrica sostenible. En este sentido, el análisis de estos reportes e informes oficiales ofrece una visión integral de la situación hídrica del Lago de Texcoco, desde el estado de su acuífero y la sobreexplotación, hasta el potencial de recuperación de sus humedales como una medida clave para la gestión hídrica y la prevención de inundaciones en la región.



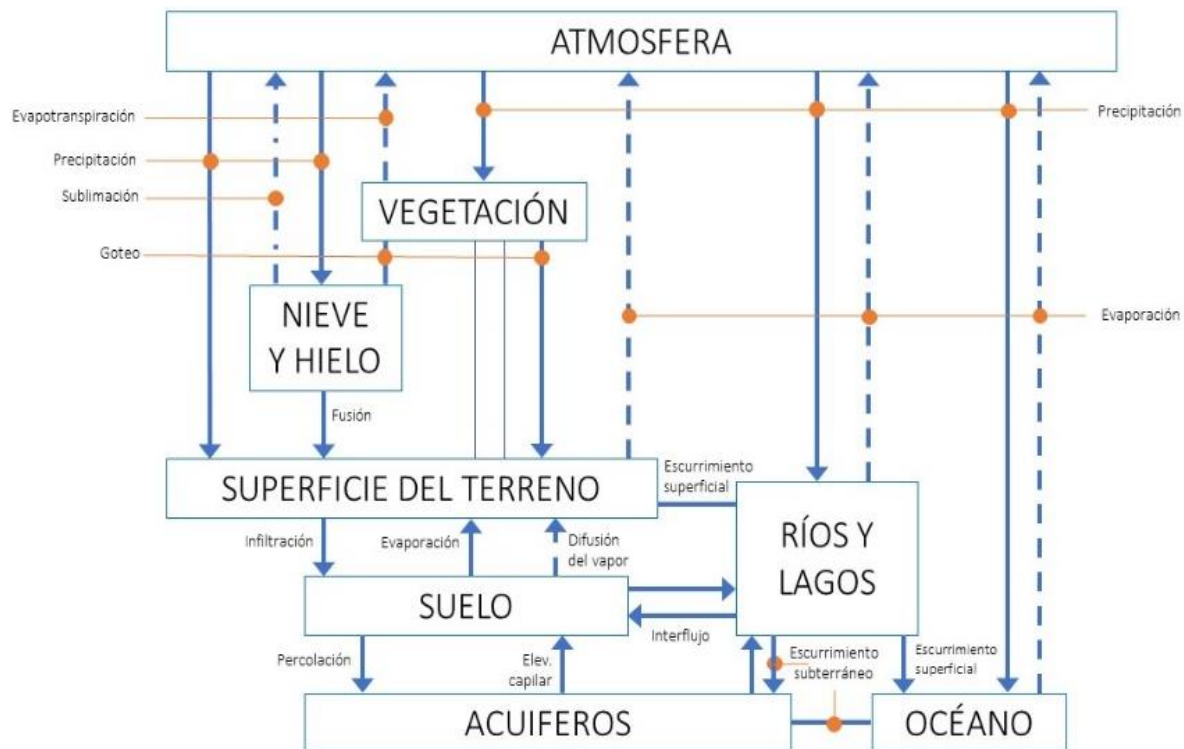
6. MARCO CONCEPTUAL.

6.1 Fundamento teórico.

El estudio de la disponibilidad de agua en cualquier región se fundamenta en la comprensión del **ciclo hidrológico**, que se define como el sistema en el que las aguas de la Tierra circulan y se interrelacionan entre sí. Este proceso es un sistema complejo, ya que todas sus partes se encuentran en constante transformación. Una de las explicaciones más claras lo describe como un ciclo continuo de evaporación, condensación en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua (UNESCO Staff, 1992).

Los procesos del ciclo hidrológico pueden ser identificados por el espacio en el que suceden, uno de los diagramas más desarrollados al respecto lo encontramos en la Figura 4 con la propuesta de Peter S. Eagleson (1970)

Figura 4.
Representación ingenieril del ciclo hidrológico global



Nota: Adaptado de Dynamic Hydrology, por Peter S. Eagleson, 1970



Para cuantificar este proceso, **la teoría del balance hídrico** es una herramienta esencial en la ingeniería, ya que permite identificar las fortalezas y carencias de las redes de monitoreo, facilitando la planeación de estrategias para la distribución integral del recurso. El balance hídrico puede ser estimado para eventos específicos o para largos períodos de análisis, siendo crucial para la agricultura y la planificación en centros de población.

6.1.1 Ecuación rectora del balance hídrico.

Estimar los componentes del balance hídrico de manera experimental suele ser costoso, además de que requiere mucho tiempo y sus resultados pueden no ser aplicables a grandes escalas espaciales ni largos periodos; por ello, generalmente se simulan en modelos comparados con observaciones realizadas en campo. Estos modelos suelen reproducirse de manera integral, considerando todos los componentes del sistema hidrológico y sus interacciones en los procesos superficiales y subsuperficiales, manteniendo un balance hídrico continuo en el área de estudio en base a la siguiente ecuación que están en función del volumen de control. (Mohajerani et al., 2021)

$$\Delta V = (Cp + Ar + Re + Im) - (Ab + U + Ev + Ex) \quad Ec.1$$

Donde:

ΔV Variación de volumen,

Cp Escurrimiento natural por cuenca propia,

Ar Escurrimiento aguas arriba,

Re Retornos de agua

Im Importaciones desde cuencas vecinas,

Ab Escurrimiento a la salida de la cuenca (aguas abajo)

U Usos del agua

Ev Evaporación en cuerpos de agua, y

Ex Exportaciones hacia cuencas vecinas. (UNESCO, 2006)

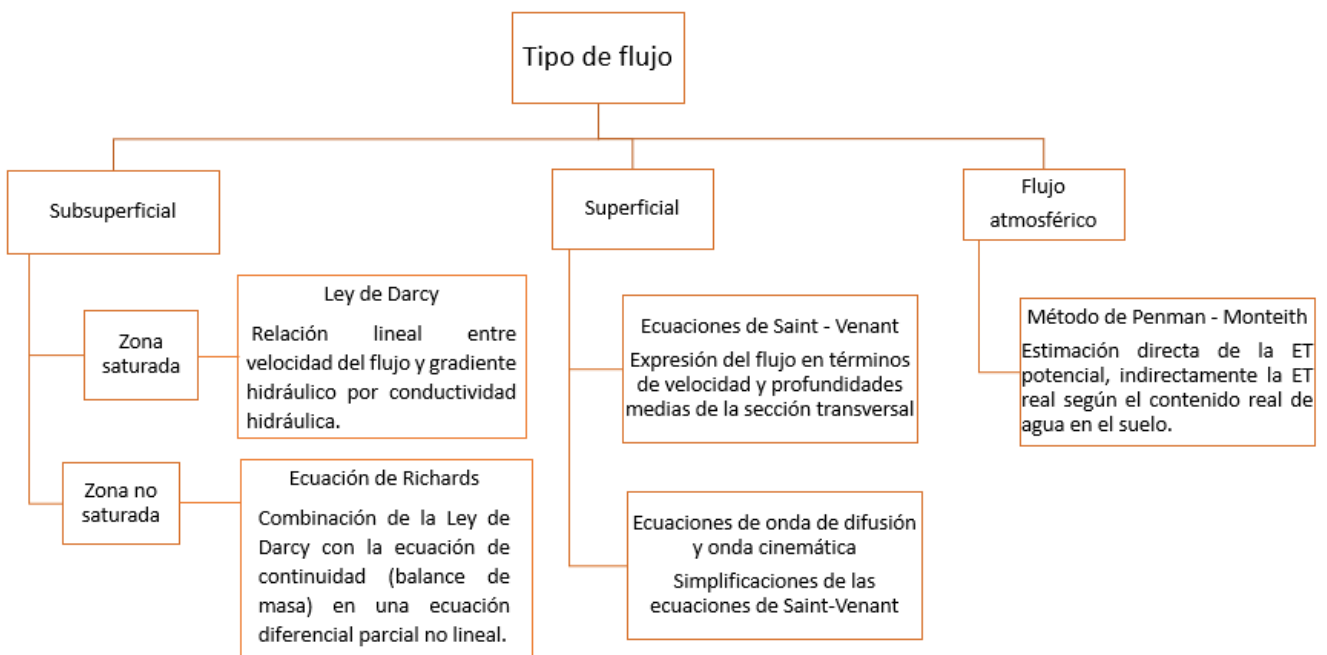
La estructura general de los modelos de balance hídrico, mejor conocidos como *modelos*



hidrológicos, son muy similares entre sí; para establecerlos se debe partir de la formulación de las ecuaciones que relacionen las variaciones en el almacenamiento de agua en el volumen de control con los flujos hidrológicos de superficie externa durante un período de referencia. Las ecuaciones más comunes para dichas relaciones en la estimación del balance hídrico se muestran en la Figura 5.

Figura 5.

Ecuaciones y leyes que rigen el balance hídrico según su origen



Nota: elaboración propia, adaptada de Understanding the water balance and its estimation methods, por Mohajerani et al., 2021.

La elección de un método para realizar el balance hídrico superficial está ligada a la disponibilidad de datos medidos en el área de estudio. Uno de los elementos más sensibles es la estimación de la evapotranspiración potencial, pues subestimarla o sobrestimarla puede representar un comportamiento muy distante del que la cuenca presente realmente (Martín Clemente et al., 2015). Debido a esto, el uso de modelos hidrológicos y herramientas informáticas ha permitido reducir la incertidumbre, sobre todo en lugares donde los datos son escasos (Wheater et al., 2007). En las Tablas 1, 2



y 3 se presenta la clasificación de los modelos hidrológicos según su estructura, proceso y escala. Para validar y determinar la pertinencia de aplicabilidad de los modelos siempre deberán considerarse procesos como el análisis de sensibilidad y la calibración /validación. Estos procesos permiten identificar aquellos parámetros a los que es más sensible el modelo, así como la fiabilidad de su aproximación (Moriasi, et al., 2007, como citado en Mohajerani et al., 2021).

Tabla 1. Clasificación de los modelos hidrológicos por estructura.

Características	Modelo hidrológico		
	Empírico	Conceptual	De base física (basados en procesos o mecanicista)
Enfoque metodológico	Relación estadística no lineal entre entradas y salidas; orientado a la observación; concepto de caja negra.	Ecuaciones simplificadas del balance hídrico que representan los componentes hidrológicos de la cuenca de captación.	Leyes físicas formuladas como ecuaciones diferenciales parciales hidrodinámicas y de flujo en medios porosos y resueltas mediante técnicas numéricas.
Ventajas	Número reducido de parámetros de entrada; tiempo de cálculo rápido	Estructura sencilla del modelo; fácil de calibrar	Muy precisa; la conexión entre los parámetros del modelo y las características físicas de la cuenca.
Limitaciones	Falta de significación física entre los parámetros del modelo y las propiedades de la cuenca; falsificación de los datos de entrada	La variabilidad espacial dentro de la cuenca no se aborda en su totalidad; falta de significado físico de las ecuaciones rectoras y los parámetros	Gran cantidad de datos y parámetros necesarios para el funcionamiento y la calibración específicos de cada cuenca.
Aplicaciones más adecuadas	Cuencas sin aforar, escurrimiento deseado: salida, rugosidad estimada de salida	Tiempo de cálculo limitado; escaso detalle de las características de las cuencas hidrográficas	Disponibilidad de datos de entrada amplios y precisos; escalas espaciales y temporales finas.
Ejemplos	Número de curva SCS; redes neuronales artificiales	TOPMODEL; HSPF; HBV; Stanford	MIKE-SHE; KINEROS; VIC; WaSiM-ETH



Tabla 2. Clasificación de los modelos hidrológicos por procesos espaciales.

Características	Modelo hidrológico		
	Agrupado	Semidistribuido	Distribuido
Enfoque metodológico	No se tiene en cuenta la variabilidad espacial; toda la cuenca se modela como una unidad; cálculo de un valor de escorrentía para toda la cuenca de salida; todos los datos son constantes en el espacio y el tiempo.	Reflejar cierta variabilidad espacial; dividir la cuenca en subcuencas más pequeñas (unidades de respuesta hidrológica), con parámetros diferentes para cada una; calcular la escorrentía en el punto de vertido para cada subcuenca, pero no calcular la escorrentía en cada celda de la cuadrícula.	Tiene en cuenta la heterogeneidad espacial detalla de las entradas y los parámetros por celdas de la cuadrícula (elementos pequeños); calcula la respuesta hidrológica distinta para cada celda por separado.
Datos de entrada	Todos los datos promediados para toda la cuenca	Separados dentro de la cuenca, pero homogéneos dentro de las subcuencas	Todos los datos específicos en la celda de la cuadrícula: DEM; uso del suelo, precipitaciones; propiedades del suelo; topografía y características de la cuenca hidrográfica
Ventajas	Tiempo de cálculo rápido; ideal para simular condiciones medias	Representa características importantes de la cuenca; tiempo de cálculo rápido; se necesitan menos datos y parámetro que en un modelo distribuido	Relacionados físicamente con los procesos hidrológicos
Limitaciones	Pérdida de variabilidad espacial; no representativo de grandes zonas; parametrización excesiva o insuficiente.	Los datos de las subcuencas se promedian y es posible manipular los datos de entrada; pérdida de resolución espacial.	Datos intensivos; tiempo de cálculo largo
Aplicaciones más adecuadas	Fines reglamentarios que examinan las condiciones a largo plazo		Para las prácticas de gestión mediante el suministro de datos detallados sobre pequeños elementos.
Ejemplos	Modelos empíricos y conceptuales; aprendizaje automático	Modelos conceptuales y algunos modelos físicos; TOPMODEL, SWAT	Modelos físicamente distribuidos; MIKE SHE, VELMA, WASIM-ETH



Tabla 3. Clasificación de los modelos hidrológicos por escala temporal.

Características	Método hidrológico		
	Eventos aislados	Procesos continuos	Mixtos
Enfoque metodológico	Son de corto plazo, diseñados para simular eventos individuales	Toma en cuenta todos los componentes del escurrimiento. El objetivo de este tipo de modelos es tener en cuenta el balance de humedad a largo plazo de toda la cuenca.	Intentan representar ambas escalas temporales con un acuerdo razonable con la realidad.
Datos de entrada	Precipitación (minutos a días)	Precipitación (días, meses, años), infiltración, evapotranspiración	
Ventajas	Estimación del escurrimiento directo.	Intenta simular la evolución de todo el proceso hidrológico	
Limitaciones	No considera abstracciones o pérdidas.		



6.2 Variables clave.

Para determinar la disponibilidad hídrica en una cuenca, la teoría del balance hídrico considera la relación entre las entradas (como la precipitación) y las salidas (como la evaporación, la transpiración y la escorrentía) de agua dentro de un área delimitada. Específicamente, para estimar las salidas en el contexto nacional, el punto más relevante es analizar la distribución del uso del recurso hídrico entre los principales sectores consumidores.

Según el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) de 2020, la mayor presión sobre el recurso hídrico proviene de tres sectores principales: el agrícola (que representa el 76% del consumo), el de abastecimiento público (14%), y el industrial (10%).

La conjunción del constante crecimiento poblacional y los efectos del cambio climático es una variable clave que impone una presión directa sobre la disponibilidad de agua superficial en la zona. Por consiguiente, el análisis detallado de estos usos y sus dinámicas es fundamental para proyectar con precisión el escenario futuro de los recursos hídricos en la región.

El cambio climático, como variable ineludible en el análisis del balance hídrico dadas sus amplias repercusiones en los sistemas socioeconómicos y ecológicos, se posiciona como factor clave en la estimación del comportamiento de las alteraciones en la precipitación, considerando que las variaciones en los patrones de lluvia no solo obedecen a ciclos naturales, sino también a la influencia de las actividades humanas a nivel local (Jawerth, 2019). Esta doble causa puede intensificar la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos y afectar directamente la disponibilidad del recurso hídrico.

Para comprender y proyectar estos impactos la comunidad científica ha desarrollado herramientas de modelado climático. El Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP) es la iniciativa más relevante y exhaustiva en este campo.

El CMIP como marco de colaboración internacional, actualmente en su sexta fase (CMIP6), se encarga de coordinar y estandarizar las simulaciones de múltiples modelos

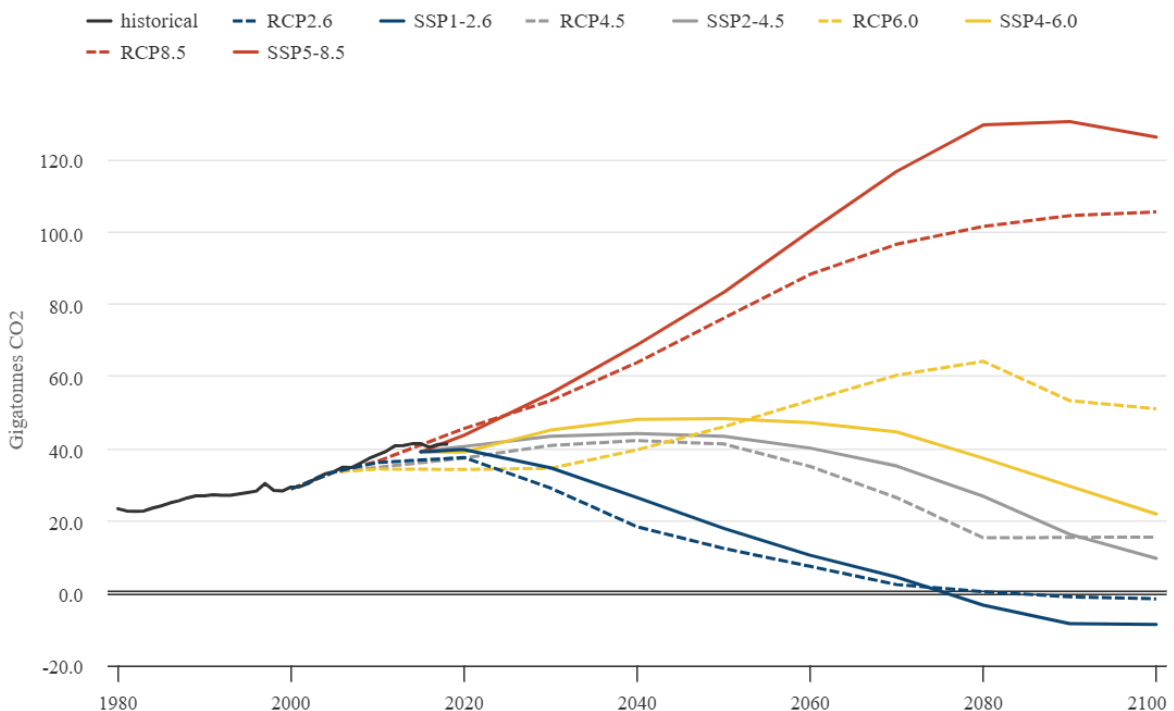


climáticos globales para evaluar su rendimiento y servir como la principal fuente de escenarios futuros de cambio climático, como las Vías Socioeconómicas Compartidas (SSPs), utilizadas por el IPCC en su Sexto Informe (AR6).

La diferencia clave de los escenarios CMIP6 respecto a los anteriores radica en que adoptan un nivel de emisiones inicial más alto, reflejando que las emisiones reales entre 2007 y 2014 superaron significativamente las proyecciones previas del Quinto Informe del IPCC. En la figura 6 se muestra el gráfico comparativo entre las proyecciones de los escenarios del informe CMIP5 y los valores reales al año 2014, previos a la publicación del informe CMIP6

Figura 6.

Comparación de las emisiones de CO2 escenarios CMIP5 y CMIP6



Nota. Adaptado de *CMIP6: the next generation of climate models explained*, por Z. Hausfather, 2019, Carbon Brief (<https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/>). Derechos de autor 2019 por Carbon Brief.



7 ENFOQUE Y METODOLOGÍA.

El presente estudio, en alineación con los objetivos establecidos en el Capítulo 4, se fundamenta en un enfoque mixto de investigación, combinando un análisis documental y de datos históricos con la modelación hidrológica para proyectar la disponibilidad de agua superficial en las subcuencas del lago de Texcoco. La metodología aquí descrita sigue un proceso secuencial y riguroso, diseñado para responder a la hipótesis de investigación.

Para una comprensión clara de este proceso, el diagrama de flujo presentado a continuación (Figura 7) resume los pasos clave: desde la recopilación de datos y la construcción del modelo base, hasta la proyección de escenarios futuros y el análisis final para la toma de decisiones. Este capítulo detallará cada uno de estos pasos, las bases de datos consultadas y las herramientas informáticas empleadas para analizar las variables clave que influyen en el balance hídrico superficial de la zona, como la precipitación, la variación poblacional y el cambio climático.

7.1 Metodología de la modelación hidrológica.

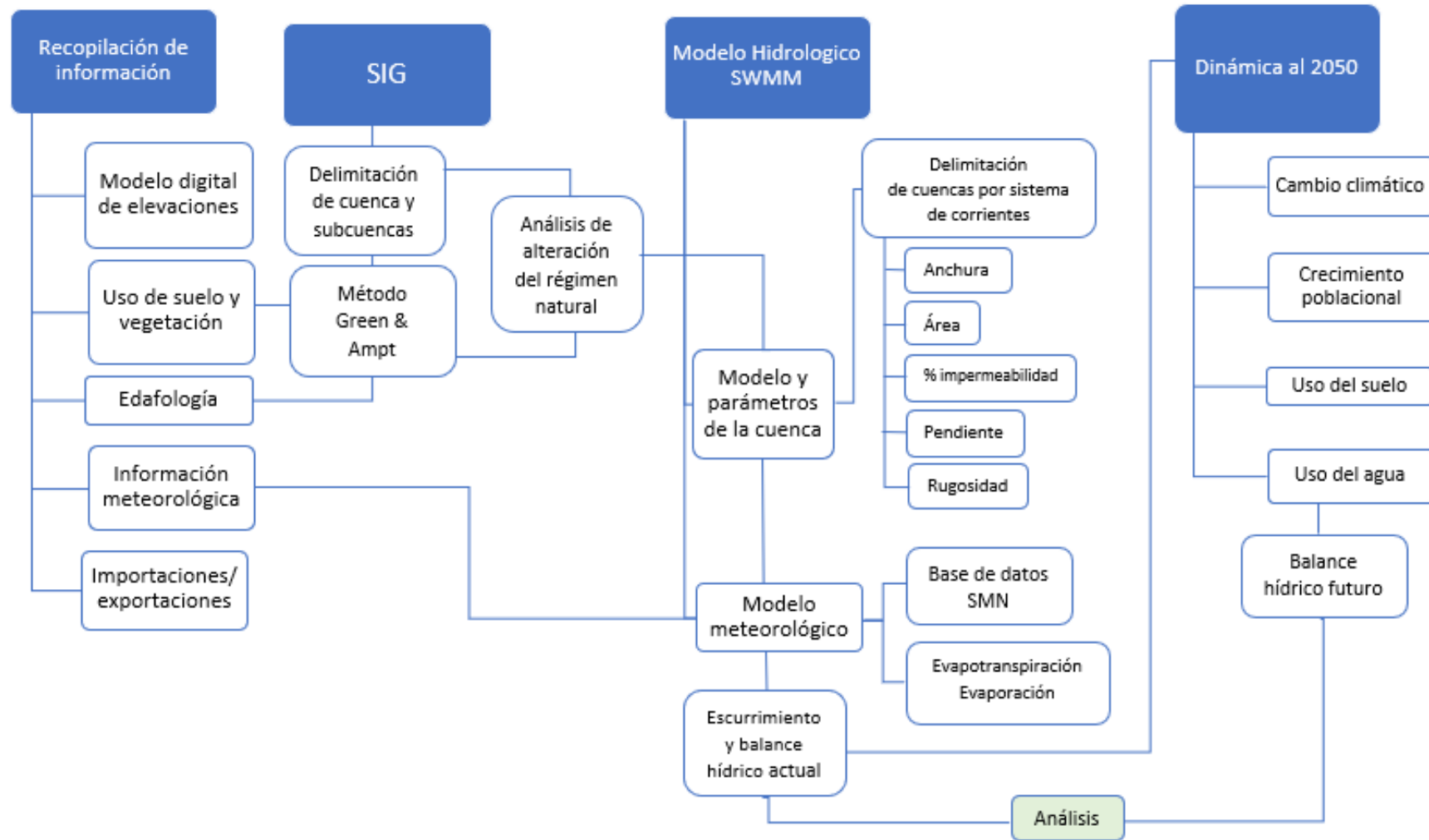
Para la realización de esta investigación se siguieron los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, que establece los métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural. Aunque esta norma no es limitativa, se utilizó como base para el diseño metodológico debido a que, al igual que en muchos estudios de cuencas en México, se consideró la falta de datos hidrométricos.

Dado que la información en las estaciones hidrométricas era escasa y no se contaba con al menos 20 años consecutivos de datos, se optó por el método indirecto de precipitación-escurrimiento, el cual requiere información pluviométrica que se distribuye en las cuencas y coeficientes de escurrimiento del suelo.

El desarrollo de este enfoque metodológico se dividió en dos fases principales: la recopilación y procesamiento de datos, y la modelación hidrológica.



Figura 7. Metodología general para la estimación del balance hídrico en las microcuencas del lago de Texcoco.





Fase 1: Recopilación y Procesamiento de Datos

Para la construcción del modelo hidrológico de la subcuenca del Lago de Texcoco al 2022 se utilizaron datos de diversas fuentes oficiales, con el objetivo de asegurar la pertinencia y confiabilidad de la información:

- **INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía):** Para la delimitación de la cuenca y sus características físicas se emplearon las bases de datos geográficas del INEGI. Se utilizó la cartografía topográfica para obtener las curvas de nivel y el Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) versión 4.0 de resolución 15m para definir la dirección del flujo de agua y las pendientes del terreno.
- **BANDAS (Banco de Datos de Aguas Superficiales):** Los datos de escorrentía superficial de la cuenca fueron obtenidos del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) de la CONAGUA. Se extrajeron los caudales medios históricos de los ríos principales que aportan agua al Lago de Texcoco para calibrar y validar el modelo hidrológico.
- **SMN (Servicio Meteorológico Nacional):** La precipitación, la variable más importante para la modelación, se obtuvo del Servicio Meteorológico Nacional. Se emplearon los registros históricos de lluvia diaria de las estaciones meteorológicas ubicadas dentro y en la cercanía de la cuenca. Esta información sirvió como el principal dato de entrada al modelo para simular los eventos de lluvia. En el subcapítulo 8.2 *Construcción del modelo* se especifican las estaciones utilizadas para cada subcuenca.



Fase 2: Modelación hidrológica con SWMM

Una vez procesados los datos, se procedió a la construcción del modelo hidrológico de la subcuenca de estudio. Para ello, se utilizaron dos herramientas principales:

- **QGIS (Sistema de Información Geográfica):** Se empleó para la delimitación de la subcuenca, el procesamiento del MDE y la creación de las capas de usos del suelo y vegetación. QGIS fue una herramienta fundamental para preparar la información geográfica que se requería como entrada en el modelo hidrológico.
- **SWMM (Storm Water Management Model):** Se utilizó esta plataforma para simular la escorrentía superficial histórica de las subcuencas y para el análisis de los escenarios futuros. Dentro de SWMM, se optó por el método de infiltración de Green-Ampt, ya que se fundamenta en principios físicos del suelo y es ideal para este tipo de proyecciones

Para establecer el balance hídrico del año 2022 previo a la proyección al 2050, se realizó la estimación de la demanda de agua. Este proceso incluyó la determinación de la dotación de consumo de la población a partir de los censos históricos del INEGI y la cuantificación de los usos en los sectores industrial y agrícola, basándose en la información de las concesiones de aguas subterráneas y superficiales del REPDA.

7.2 Análisis de escenarios futuros.

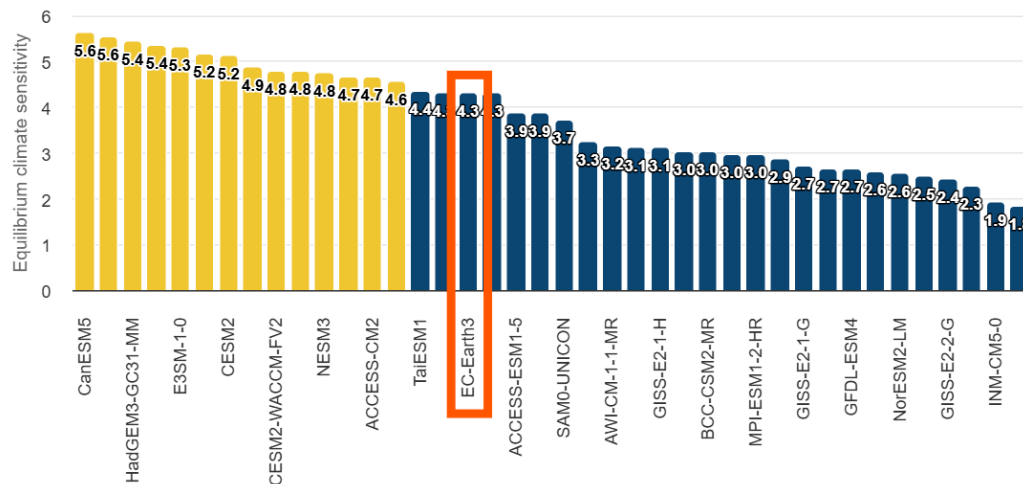
Una vez que se ha construido y calibrado el modelo hidrológico para representar las condiciones actuales (2022), el siguiente paso metodológico es proyectar el balance hídrico de la subcuenca del Lago de Texcoco al año 2050. Esta proyección se basa en dos variables clave que influyen directamente en la disponibilidad hídrica: el cambio climático y la variación poblacional. Para este análisis, se consideraron las siguientes bases de datos y herramientas:



7.2.1 Proyección de precipitación y cambio climático

- **Modelo de predicción climática:** Se utilizaron los datos del modelo **EC-EARTH**, disponible en la plataforma **DataPINCC**. Este modelo fue seleccionado por ser el más idóneo y de mayor resolución para el área de estudio. El EC-EARTH es un modelo acoplado de atmósfera-océano-hielo-tierra, desarrollado por un consorcio europeo, que proporciona una robusta base de datos sobre los escenarios climáticos futuros.
- **Escenario socioeconómico:** la simulación está basada en el escenario **SSP2-4.5**, mismo que forma parte de las vías socioeconómicas compartidas (SSPs) del sexto informe del IPCC y representa un futuro de "desarrollo intermedio". Se eligió porque se considera una trayectoria plausible para el siglo XXI y permite evaluar cómo un crecimiento poblacional moderado y un aumento de emisiones impactan los patrones de precipitación.

Figura 8.
Sensibilidad climática en los modelos CMIP6



Nota. Adaptado de *CMIP6: the next generation of climate models explained*, por Z. Hausfather, 2019, Carbon Brief (<https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/>). Derechos de autor 2019 por Carbon Brief.



- **Aplicación al modelo:** Los datos de precipitación del modelo EC-EARTH3, adaptados para el escenario SSP2-4.5, se utilizarán como los datos de entrada para la simulación del modelo hidrológico en SWMM.

7.2.2 Proyección de la demanda hídrica y variación poblacional

- **Datos de crecimiento poblacional:** para estimar la demanda futura del recurso hídrico se hizo el análisis de crecimiento exponencial de la población con base en los censos de 1970 a 2020 del INEGI. Estos valores definieron el escenario inicial de 2022 y permitieron realizar la proyección hacia el año 2050.
- **Cálculo de la demanda:** con base en las proyecciones de población, se calculó la demanda de agua para uso público-urbano y de servicios. Para los sectores de servicios, agricultura e industria, se adoptó un criterio conservador manteniendo los volúmenes de 2022 constantes hacia el horizonte 2050.
- **Cálculo de la demanda productiva:** la estimación se basó en los volúmenes del REPDA (CONAGUA). Para asegurar la representatividad, se filtraron exclusivamente títulos con estatus vigente, omitiendo registros vencidos o en trámite. El estudio se focalizó en los usos de mayor impacto consuntivo: el agrícola (riego y agropecuarios en zonas de pie de monte y planicie) y el industrial (transformación y servicios).



8 CARACTERIZACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL MODELO

8.1 Caracterización de la zona de estudio

8.1.1 Localización y delimitación.

La Región Administrativa XIII Aguas del Valle de México tiene una superficie aproximada de 18, 229 km², dicho territorio abarca 105 municipios de tres entidades federativas (México, Hidalgo y Tlaxcala) y las 16 delegaciones de la Ciudad de México. Se integra por dos Subregiones hidrológicas: Valle de México-Río Tula y Río Pánuco; compuestas por 13 y 64 cuencas hidrológicas respectivamente. Está catalogada como la región más poblada y de menor extensión.

Figura 9. Subregión hidrológica Valle de México-Río Tula



Valle de México. Revisado en diciembre 13, 2022, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/624777/Estadisticas_Agua_RHA_XIII_Aguas_del_Valle_de_M_xico_Edicion_2013.pdf



El área de estudio se localiza dentro de la subcuenca hidrológica de Texcoco, la cual forma parte de la subregión hidrológica del Valle de México. La zona se organiza superficialmente en nueve microcuencas, identificadas con el nombre de su corriente predominante, cuyas descargas superficiales convergen en la planicie lacustre central.

8.1.2 Geomorfología

La subcuenca de Texcoco se caracteriza por un fuerte contraste entre su porción oriental, montañosa, y su amplia zona occidental, plana y lacustre.

Planicie lacustre central: constituye el núcleo de la subcuenca, con altitudes muy bajas (alrededor de 2200 msnm) y pendientes casi nulas (0° a 10°).

Función hidrológica: el sistema se asienta primordialmente sobre el acuífero Texcoco (clave 1507), recibiendo también un aporte subterráneo significativo desde el colindante Acuífero Cuautitlán-Pachuca (clave 1508). Esta interacción define el régimen hidrológico subterráneo del área. Esta planicie es el punto más bajo y el vaso regulador hídrico natural (o artificial) de la Cuenca de México.

Rasgos Menores: Presenta elevaciones topográficas menores y aisladas como el Cerro de Huatepec o Tepetzingo, que rompen la homogeneidad de la planicie.

Pie de Monte y Zonas Montañosas: Hacia el este, la subcuenca se eleva hacia las estribaciones de la Sierra Nevada (como el Iztaccíhuatl). Estas áreas presentan pendientes moderadas a fuertes y actúan como zonas de captación y origen de los escurrimientos fluviales que alimentaban el antiguo lago de Texcoco.



8.1.3 Litología

La litología de Texcoco es notoriamente compleja y es el principal factor que determina su inestabilidad geotécnica y las condiciones hidrológicas superficiales.

Sedimentos lacustres profundos: el subsuelo de la planicie está dominado por un paquete espeso (hasta más de 60 m de profundidad) de arcillas lacustres altamente compresibles del Pleistoceno-Holoceno, con intercalaciones de limos, arenas y cenizas volcánicas.

- Alta salinidad: estos sedimentos son ricos en salmueras, lo que los hace altamente corrosivos para la infraestructura y explica la composición salobre o salina del agua remanente.

Implicación hidrológica: las capas de arcilla lacustre son prácticamente impermeables (acuitard). Esto tiene dos consecuencias fundamentales:

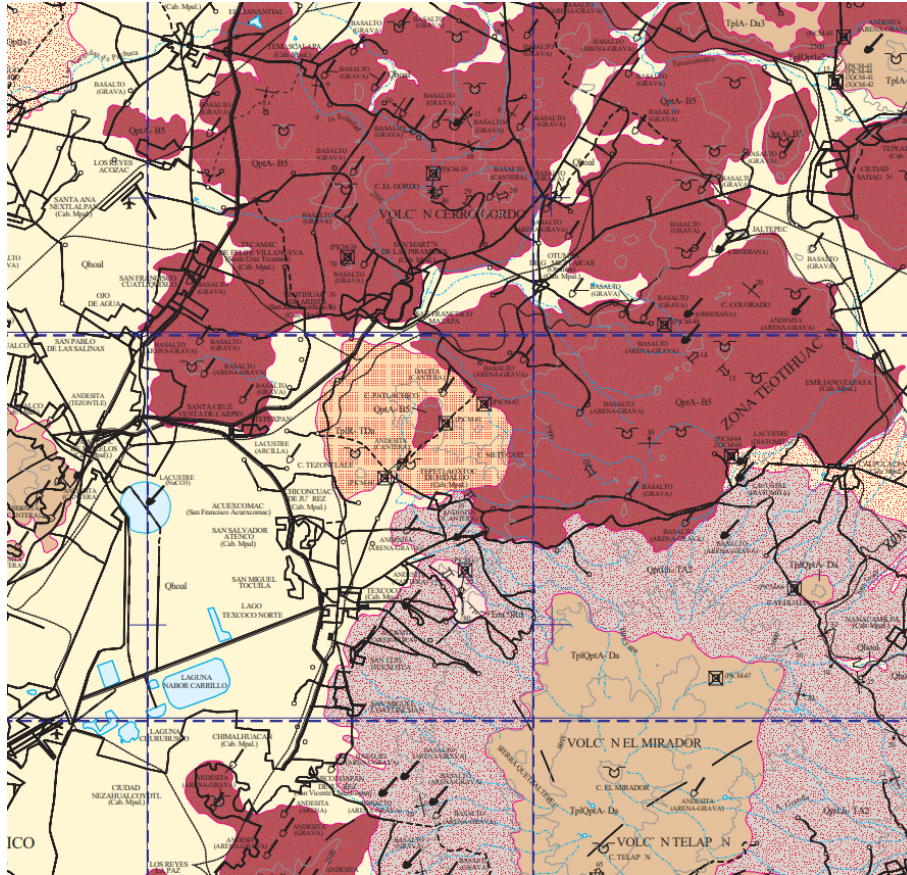
- Mínima infiltración: evitan la recarga natural del acuífero profundo desde la superficie de la planicie.
- Subsistencia aguda: la extracción de agua del acuífero subyacente provoca la compactación permanente de las arcillas. La subsistencia en el ex-lago de Texcoco ha sido históricamente una de las más severas de la cuenca de México, lo que dificulta el drenaje y potencia el riesgo de inundación.

Litología periférica: en las orillas de la planicie y el pie de monte, la litología es más heterogénea, con secuencias sedimentológicas variables (aluviales) que facilitan la infiltración y la recarga en los acuíferos someros.

En la figura 9a se muestra el mapa geológico de la zona de estudio para mayor claridad de la geomorfología y litología.



Figura 9a. Mapa geológico



SIMBOLOGÍA CUATERNARIO

Qh0a1	ALUVIÓN	Qopt0-a0Da	ANDESITA - DACITA	Qopt0-l0-a0	LAHAR - TOBA ANDESÍTICA	Tp1	TOBA ANDESÍTICA - ANDESITA
Qh0-lmar	LIMO - ARENA	Qopt0-lDa	TOBA DACÍTICA	Qopt0-l0-a0	LAHAR - TOBA ANDESÍTICA	Tp1	TOBA ANDESÍTICA - ANDESITA
Qh0-ls	LACUSTRE	Qopt0-ls-A	BASALTO - ANDESITA	TERCIARIO NEÓGENO		Tp1A	ANDESITA
Qh0-a01	ANDESITA - BASALTO	Qopt0-a01	ANDESITA - BASALTO	Tp1Qopt0-l0-l	LACUSTRE	Tp1	LAHAR - TOBA ANDESÍTICA
Qh0-a02	ANDESITA - BASALTO	Qopt0-a02	ANDESITA - BASALTO	Tp1Qopt0-l0-l2	LACUSTRE	Tp1	LAHAR - TOBA ANDESÍTICA
Qh0-a03	ANDESITA - BASALTO	Qopt0-a03	ANDESITA - BASALTO	Tp1Qopt0-l0-lA	ANDESITA	Tp1	TOBA DACÍTICA - RIOLITA
Qh0-a04	ANDESITA - BASALTO	Qopt0-a04	ANDESITA - BASALTO	Tp1Qopt0-l0-lDa	ANDESITA - DACITA	Tp1	RIOLITA - TOBA DACÍTICA
Qh0-a05	ANDESITA - BASALTO	Qopt0-a05	ANDESITA - BASALTO	Tp1A-l0	ANDESITA - BASALTO	Tm0A-l0	ANDESITA - DACITA
Qh0-lDa05	DACITA - ANDESITA	Qopt0-a06	ANDESITA - BASALTO	Tp1D-l0	DACITA - ANDESITA	Tm1	RIODACITA
Qh0-lTA	TOBA ANDESÍTICA	Qopt0-a07	ANDESITA - BASALTO	Tp1	ANDESITA - DACITA	PALEÓGENO	
Qh0-l0-a0	LAHAR - TOBA ANDESÍTICA	Qopt0-a08	TOBA ANDESÍTICA - ANDESITA	Tp1	ANDESITA - DACITA	Tp0-l0	RIOLITA - TOBA RIOLÍTICA
Qopt0-l0-a0	DACITA - ANDESITA	Qopt0-ls	LACUSTRE	Tp1	ANDESITA - DACITA	Tp0-l0	CONGLOMERADO POLIMICTICO - ARENOSCA

Nota. Adaptado de Carta Geológica-Minera San Luis Potosí E14-2 [Mapa], por el Servicio Geológico Mexicano, 1996 (https://mapserver.sgm.gob.mx/CartasOnline/geologia/89_E14-2_GM.pdf).



8.1.4 Clima

El régimen climático del área de estudio se clasifica conforme al sistema de Köppen modificado por Enriqueta García (1964), presentando un marcado gradiente altitudinal y térmico que define tres subregiones hidro-climáticas (figura 9b).

Clima predominante en la planicie: el clima dominante en la superficie corresponde al seco templado o árido templado con verano cálido, designado como BS1 kw (w)(i'). Este tipo se caracteriza por su condición de aridez con una estación cálida en verano. La precipitación está fuertemente concentrada en el verano, con un porcentaje de lluvia invernal inferior al 5% del total anual.

Esta estacionalidad impone una recarga hídrica limitada y temporal a los acuíferos, haciéndolo vulnerable a la variabilidad interanual de las lluvias estivales. Presenta una baja oscilación anual en las temperaturas medias mensuales, entre 5° y 7°, lo que indica una cierta estabilidad térmica a lo largo del año.

Clima en las zonas de transición (estribaciones serranas): en las estribaciones de las sierras de altitud media, se establece un clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual se sitúa entre 5° y 12°.

La condición subhúmeda y las temperaturas más bajas sugieren una menor tasa de evapotranspiración potencial en comparación con la planicie, lo que dota a esta zona de una función crucial como área principal de captación y origen de la escorrentía superficial y subsuperficial que alimenta el sistema hidrológico regional.

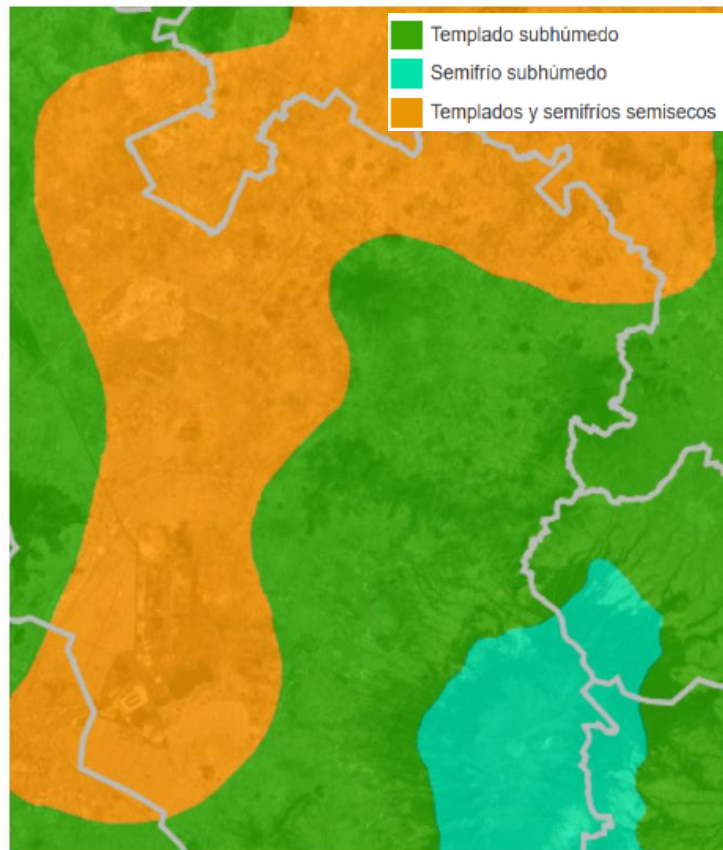
Clima de máxima altitud (cumbres): En la parte más alta, ejemplificada por el Monte Tláloc, el clima se torna frío, caracterizado por una temperatura media anual baja (entre -2° y 5°) y un invierno muy marcado. Este clima, con las temperaturas más frías de la región, es el que presenta la mínima pérdida hídrica por evaporación. Su condición es fundamental para la conservación del stock de agua (posiblemente en forma de nieve o hielo estacional), liberando un flujo de agua gradual y sostenido que contribuye a la



recarga de base de los acuíferos inferiores y al mantenimiento del caudal de los cuerpos de agua locales.

El contraste geomorfológico, caracterizado por una planicie lacustre de arcillas impermeables y un pie de monte elevado de materiales más permeables, impone un régimen hidrológico bifásico en la subcuenca. La baja infiltración en la planicie y la consecuente dependencia de la escorrentía superficial y subsuperficial desde las zonas altas definen la importancia crítica de la red de drenaje natural. Esta red está estructurada por nueve microcuencas que nacen en las estribaciones de la Sierra Nevada y convergen hacia la planicie central. (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2024).

Figura 9b. Mapa de régimen climático



Nota: Adaptado de *Espacio y Datos de México* [Mapa interactivo], por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2026 (<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/>).



8.1.5 Sistema hidrológico

El sistema de drenaje que confluye hacia el antiguo Lago de Texcoco está estructurado por nueve microcuencas. Estas unidades hidrológicas se definen y nombran por su corriente principal, siendo los ríos: San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango, Coxcacoaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica y Coatepec (figura 10).

En la Tabla 4 se presenta un breve resumen de las principales características de las microcuencas aportadoras y sus corrientes principales.

Tabla 4. Características generales de las nueve microcuencas aportadoras.

Microcuenca	Sup (km ²)	Long (km)	S
San Juan Teotihuacán	521.00	46.435	0.007
Papalotla	210.00	48.197	0.002
Xalapango	73.00	31.636	0.005
Coxcacoaco	63.00	33.019	0.003
Texcoco	56.00	23.221	0.005
Chapingo	27.00	20.296	0.001
San Bernardino	33.00	29.791	0.005
Santa Mónica	78.00	23.129	0.009
Coatepec	100.00	30.916	0.003

Nota: elaboración propia

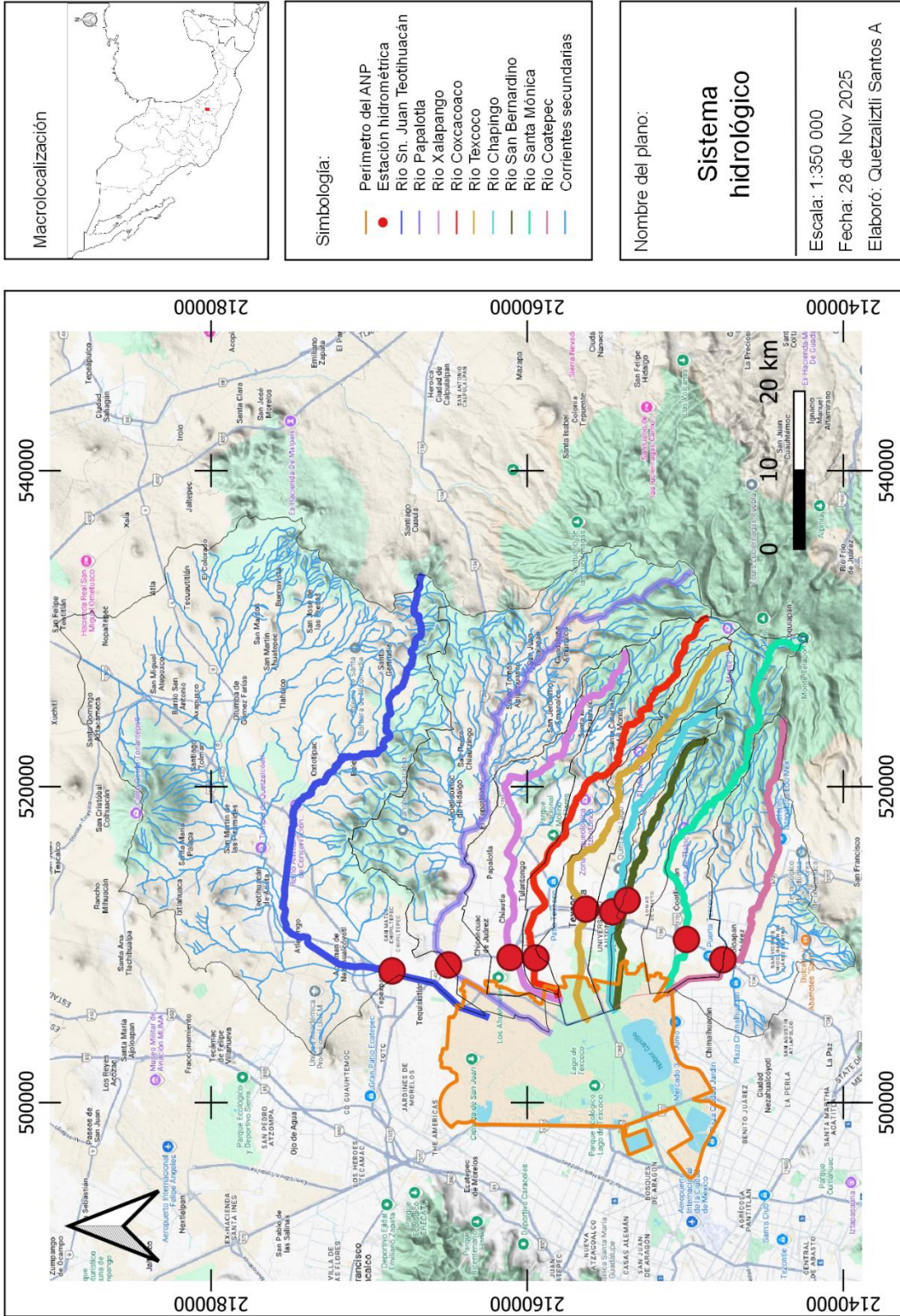
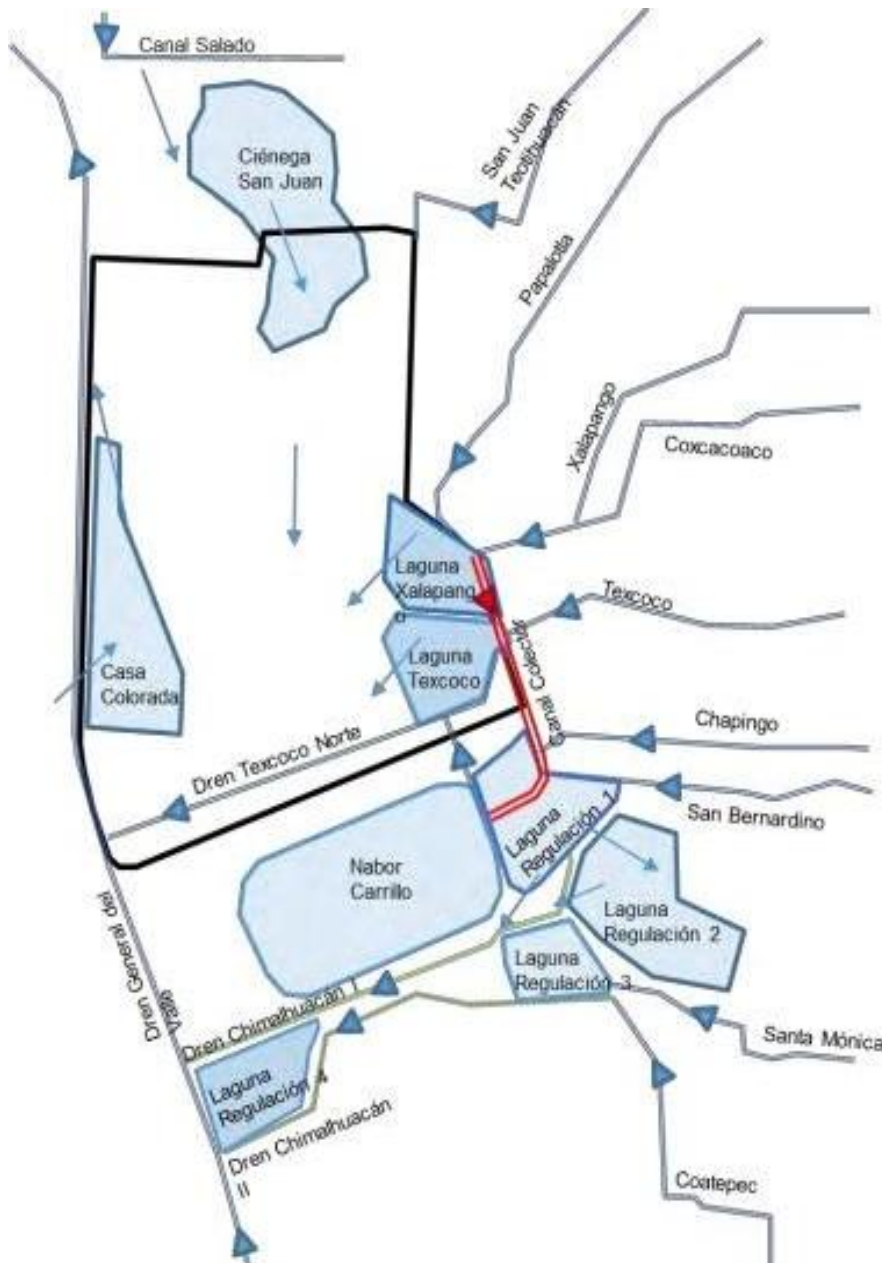


Figura 10. Sistema hidrológico del área de estudio.



Actualmente dos de las nueve corrientes depositan sus aguas en la laguna de Xalapango, cinco drenan a través del Canal Colector para después descargar en el lago Nabor Carrillo y los últimos dos drenan sus aguas hacia el Dren ChimalhuacánII; el funcionamiento hidráulico se presenta en la siguiente figura.

Figura 11. Funcionamiento hidráulico lago de Texcoco

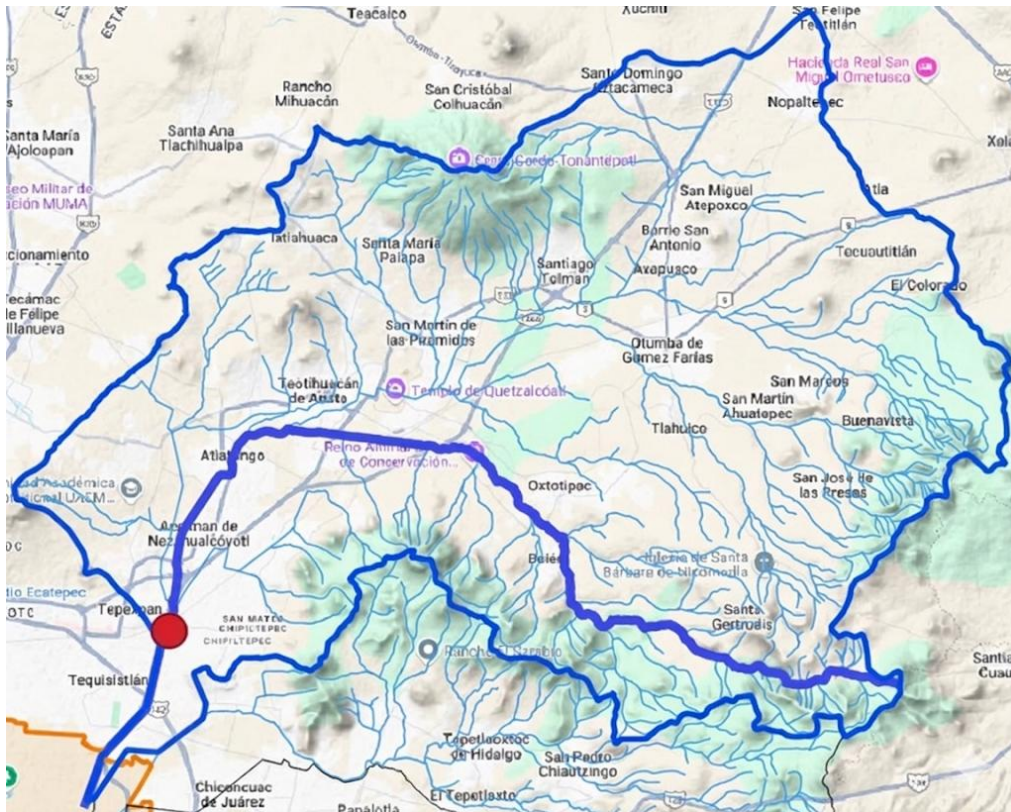


Nota: Recuperado de Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2021.



Para comprender completamente el funcionamiento e impacto de las microcuencas en el vaso regulador es necesario analizar el recorrido de cada cauce. A continuación, se presenta la descripción individual de cada microcuenca, ordenadas geográficamente de norte a sur, iniciando con el Río San Juan Teotihuacán.

Figura 12. Configuración territorial microcuenca del Río San Juan Teotihuacán



Nota: elaboración propia.

La microcuenca del **Río San Juan Teotihuacán** drena una extensión aproximada de **521 km²** en la porción nororiental del Valle de México y que se extiende sobre los municipios de: Acolman, Axapusco, Chiautla, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Teotihuacán y Tezoyuca.

Nace de la confluencia de varios arroyos, principalmente: arroyo San Martín, barranca



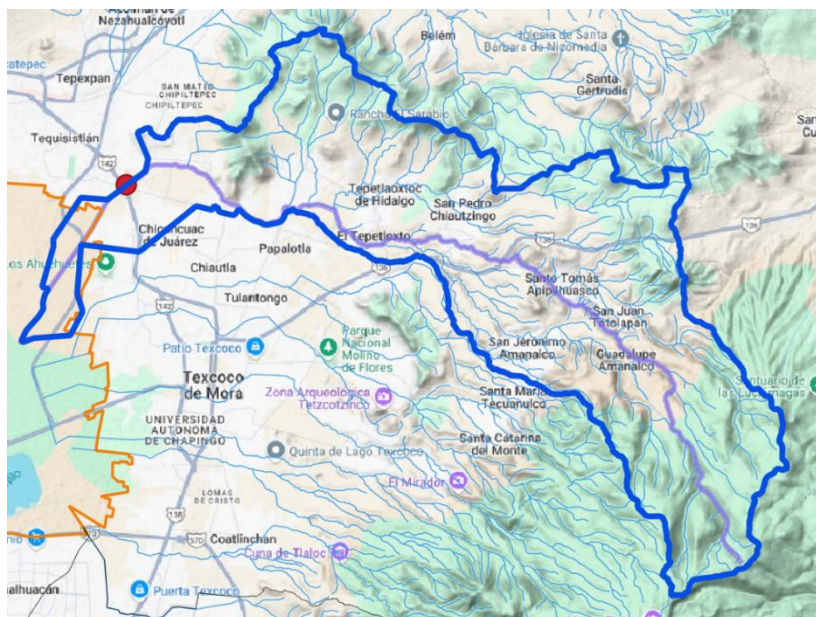
de Atlamajac.y barranca de Tlalchichinamitl. Estos arroyos descienden desde las cumbres de los cerros Grande, Cuello y Jagüey, donde alcanzan altitudes de hasta 3,000 m.sn.m. marcando el inicio de la cuenca alta.

Su curso inicial sigue una subdirección nornoroeste que pasa por la población de San Juan Teotihuacán. Aguas abajo, recibe su principal aporte por la margen izquierda: el Río Metepec. Tras esta confluencia, el río cambia su orientación hacia el sursuroeste y penetra en una zona de topografía plana. En esta sección de la cuenca el cauce del río fue encauzado artificialmente.

Finalmente descarga sus aguas a la altura de la población de Nexquipayac, México; El control y medición del caudal de sus escurrimientos se lleva a cabo en la estación hidrométrica 26194 Tepexpan. Para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 5.

La microcuenca del **Río Papalotla**, cuya superficie aproximada es de **210 km²**, se extiende sobre los municipios de Acolman, Atenco, Chiautla, Chiconcuac, Papalotla, Tepetlaoxtoc, Texcoco y Tezoyuca.

Figura 13. Configuración territorial microcuenca del Río Papalotla



Nota: elaboración propia.

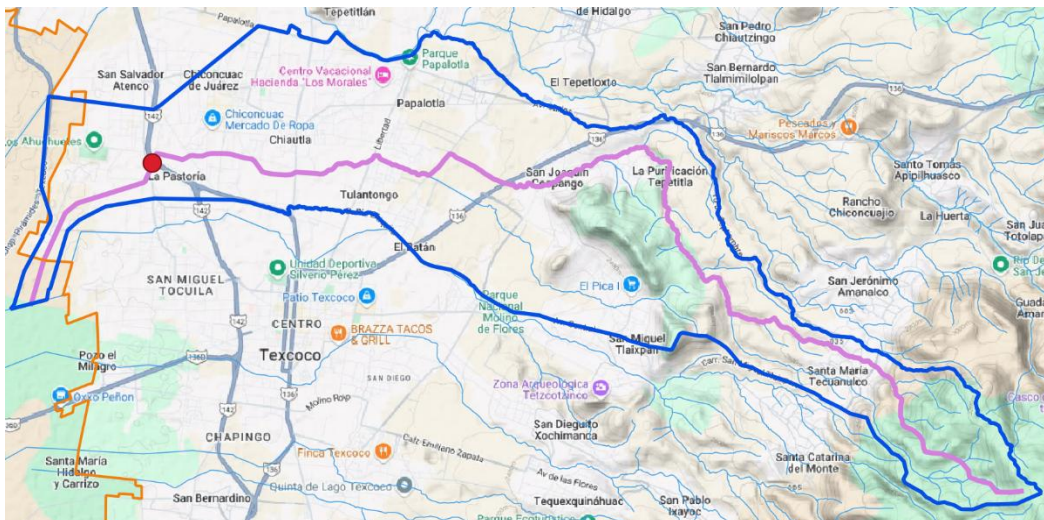


Tiene su origen en las faldas del Cerro Tláloc, conformada por las corrientes Barraca de Xanco y el arroyo Xalistaca. Al inicio de su curso mantiene una dirección hacia el norte hasta alcanzar las cercanías de la población de Totolpan, México; luego cambia su rumbo hacia el noroeste para recibir los afluentes algunos arroyos, como el Tecuatitla, Tepetlaoxtoc, Piedras Negras y la Barranca de las Mesas.

A partir del punto donde sus caudales se miden en la estación hidrométrica 26193 La Grande, el río discurre hacia el suroeste. En esta etapa final, atraviesa terrenos dedicados a la agricultura. Para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 6.

La microcuenca del **Río Xalapango** tiene una superficie aproximada de **73 km²** que se extiende sobre los municipios de Atenco, Chiautla, Chiconcuac, Papalotla, Tepetlaoxtoc y Texcoco.

Figura 14. Configuración territorial microcuenca del Río Xalapango



Nota: elaboración propia.



Su origen se ubica en el cerro de Tláloc donde tiene el nombre de Arroyo Comunidad. Fluye en dirección noroeste hasta alcanzar las inmediaciones de la población de San Juan Texontla para después modificar su curso y dirigirse hacia el oeste. En esta nueva dirección, recibe un aporte importante por su margen izquierda: las aguas del Arroyo Purificación.

Mantiene su dirección hacia el oeste hasta el punto de descarga, que se localiza a la altura de la población de La Magdalena Panohaya, México. Su caudal es medido en la estación hidrométrica 26178 Atenco. Para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 7.

La siguiente microcuenca es la del **Río Coxacoaco**, con una superficie estimada en **63 km²** que se extienden sobre los municipios de Atenco y Texcoco.

La corriente tiene su origen en las estribaciones nororientales del Cerro Tláloc. En su curso alto, el agua escurre con una dirección hacia el noreste, atravesando las cañadas conocidas como Cuaquia y Zocotamaltepec. Pasa al sur de la población de San Miguel Tlaixpan y luego por Tlaminca, donde se le identifica localmente como Arroyo Palmilla. Recibe por la margen izquierda el caudal de un pequeño tributario denominado Arroyo Tlacauteuco para, posteriormente, cruzar la Carretera Federal No. 136 Texcoco-Calpulalpan, marcando la transición hacia zonas de menor pendiente.

Figura 15. Configuración territorial microcuenca del Río Coxacoaco



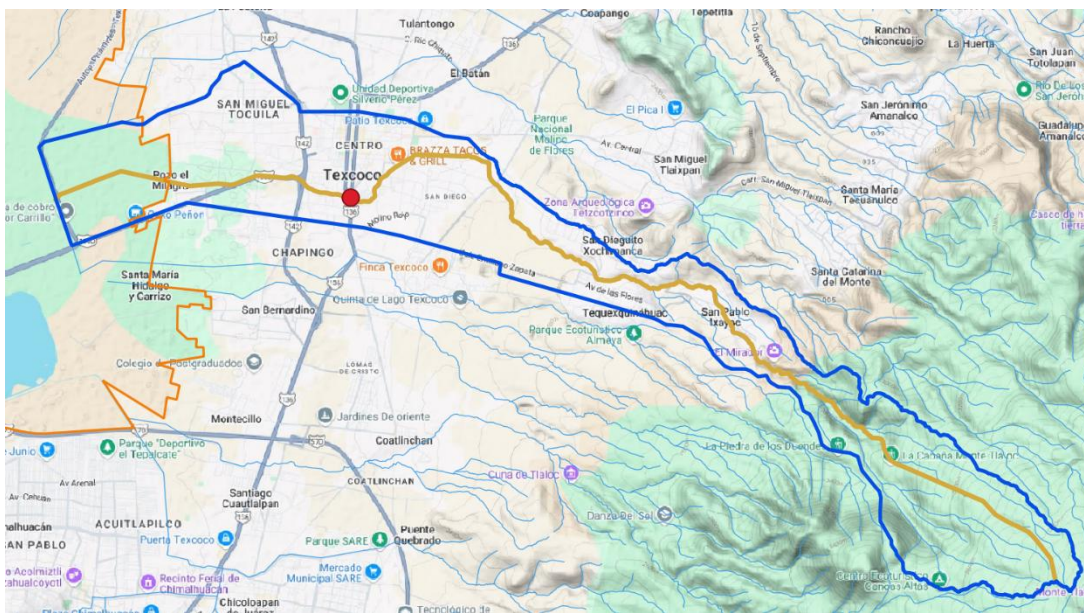
Nota: elaboración



Después de pasar por la población de Tulantongo, el río corrige su rumbo definitivamente hacia el oeste. Escurre por el Norte de la Ciudad de Texcoco y, aguas abajo, atraviesa las poblaciones de La Magdalena y San Andrés, donde es medido su caudal en la estación hidrométrica 24184 San Andrés (para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 8). Después de estos poblados, su cauce fue rectificado para unirse al del Río Xalapango y desembocar en una misma corriente al vaso regulador.

La microcuenca del **Río Texcoco** o San Lorenzo, con una superficie aproximada de **56 km²** se extiende sobre la superficie de los municipios de Atenco y Texcoco. Esta corriente de agua, que forma parte de los llamados ríos del Oriente, tiene su nacimiento en el Cerro Tláloc, específicamente a partir de la unión de los arroyos que descienden de las cañadas de San José Aticla y Atlapulco. Inicialmente, las corrientes fluyen hacia el Noroeste. A la altura de San Pablo Ixayoc, Estado de México, reciben los nombres de arroyo Los Hornos y La Cantera.

Figura 16. Configuración territorial microcuenca del Río Texcoco



Nota: elaboración propia.

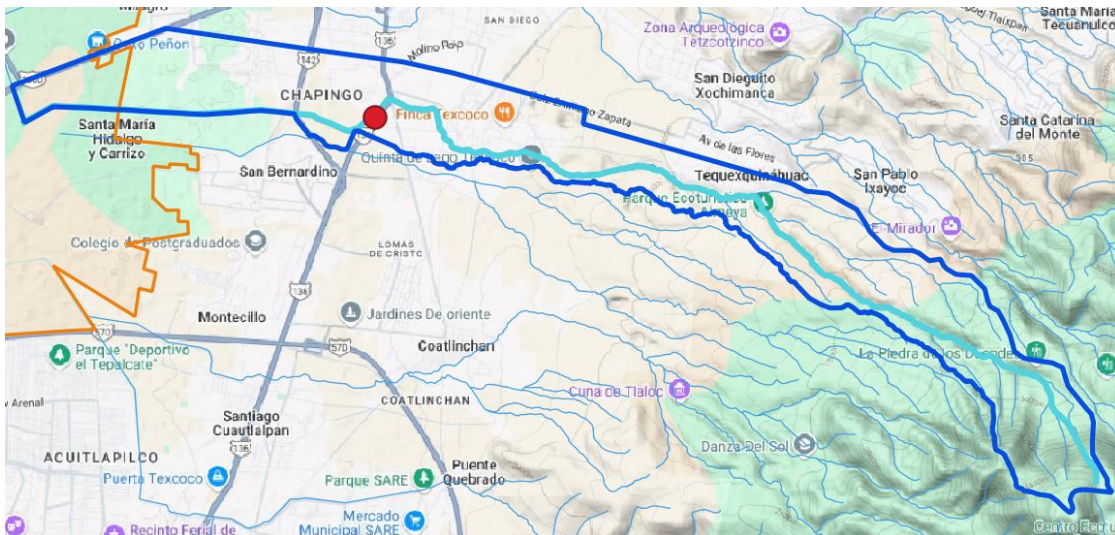


Más adelante, estas corrientes se unen cerca de Tequexquahuac, donde el cuerpo de agua toma el nombre de arroyo Aculco. Este arroyo cruza por el Parque Nacional Molino de Flores, momento en el que su curso cambia, primero hacia el Oeste y luego hacia el Sureste.

Al pasar al sur de la Ciudad de Texcoco, se le denomina Río San Lorenzo o Texcoco. Finalmente, el río atraviesa terrenos agrícolas en las afueras de la ciudad antes de desembocar. Su caudal se mide en la estación hidrométrica 26071 Texcoco, para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 9.

La microcuenca del **Río Chapingo** de superficie estimada en **27 km²** en el municipio de Texcoco. Se forma a partir de una serie de torrentes que bajan en dirección norte desde los cerros Tearco y Tecorral. Estas corrientes se unen más adelante en la cañada de Carcaces, donde forman el arroyo Tepetlaya con un curso noroeste hasta recibir un pequeño afluente por la derecha, el arroyo Almeya.

Figura 17. Configuración territorial microcuenca del Río Chapingo



Nota: elaboración propia.

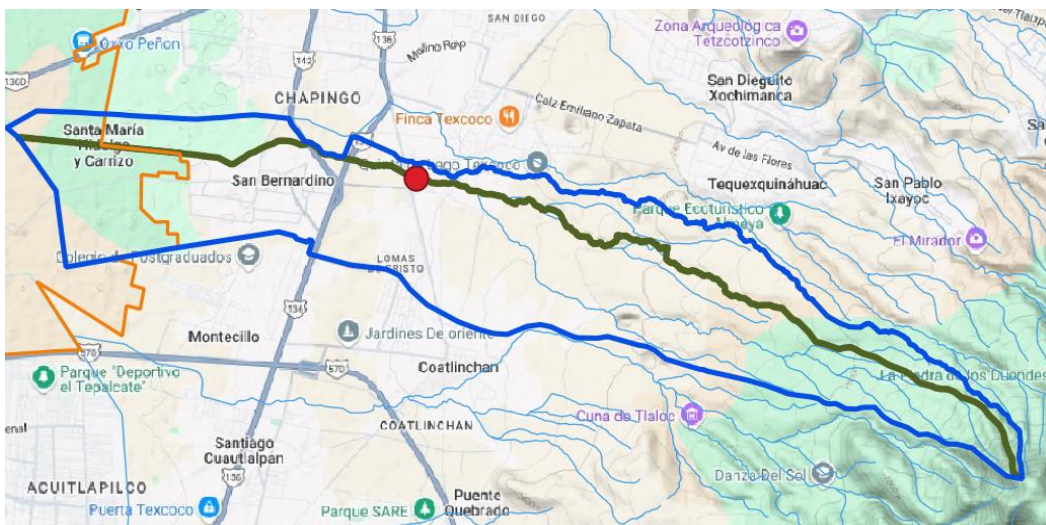


Después de recibir al arroyo Almeya, el curso de agua cambia su dirección hacia el Oeste y es renombrado oficialmente como Río Chapingo. pasa al sur de Tequexquináhuac, y continúa su recorrido por San Luis Huexotla y San Xate Huexotla. En su tramo final, cruza la carretera federal México-Texcoco y se adentra en una zona agrícola, donde su cauce se encuentra canalizado. Su caudal es medido en la estación hidrométrica 26183 Chapingo. Para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 10.

Más hacia el sur, la superficie de la microcuenca del **Río San Bernardino** con aproximadamente **33 km²** se extiende sobre el municipio de Texcoco.

Este río, otro más en el conjunto de los ríos del oriente, se origina en el Pico de Texaltepec, el cual forma parte del Cerro Tláloc. Desciende en dirección general al noreste. La cuenca alta es una zona accidentada con una densa cubierta vegetal de bosques lo que la hace impermeable, mientras que en la cuenca media presenta escasa vegetación y una permeabilidad media. Asimismo, en su parte baja recibe al Río Olipantla por su margen derecha.

Figura 18. Configuración territorial microcuenca del Río San Bernardino



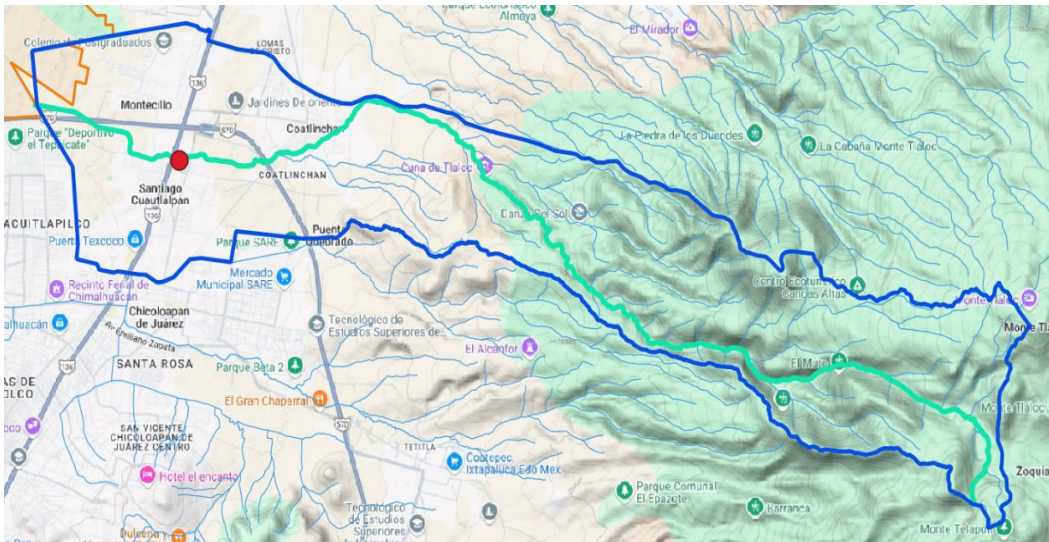
Nota: elaboración propia.



Finalmente, cerca de la población de Huexotla, este río descarga sus aguas en el Río Chapingo. Su caudal es medido en la estación hidrométrica 26274 San Mateo. Para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 11.

En el penúltimo sitio se extiende la microcuenca del **Río Santa Mónica**, con una superficie aproximada de **78 km²** sobre los municipios de Chicoloapan y Texcoco. Esta es una pequeña corriente que nace en las faldas del Cerro Tláloc, específicamente en la zona del Pico de Texaltepec, Durante sus primeros 3 kilómetros, el agua fluye hacia el sur. Posteriormente, la corriente vira hacia el noroeste y en este tramo se le conoce como Cañada de Agua.

Figura 19. Configuración territorial microcuenca del Río Santa Mónica



Nota: elaboración propia.

Al llegar a la población de San Miguel Coatlinchán, toma el nombre de Río Santa Mónica. Continúa su paso por la ranchería de Santa Mónica y cruza la carretera que conecta Los Reyes La Paz con Texcoco para finalmente descargar sus aguas. Su



caudal se mide en la estación hidrométrica 26195 Tejocote. Para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 12.

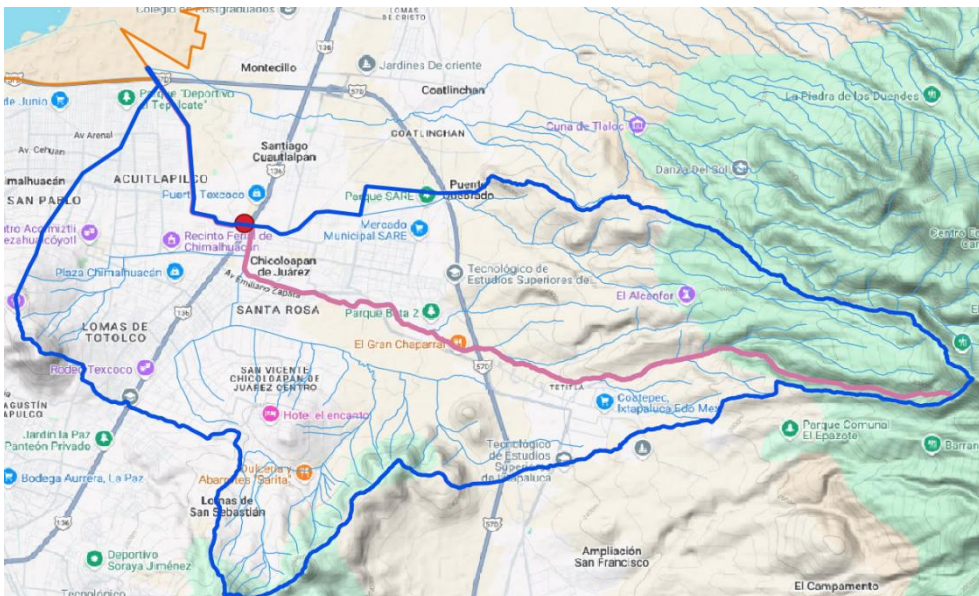
Para finalizar el listado de las nueve microcuencas aportadoras tenemos la perteneciente al **Río Coatepec**, con una superficie estimada de **100 km²** sobre los municipios de Chicoloapan, Chimalhuacán, Ixtapaluca, La Paz y Texcoco.

Esta corriente de agua, conocida como Río Coatepec, se forma en el Cerro Xaltzipizila, parte de la Sierra Quetzaltepec. Su origen es la confluencia de varios torrentes que descienden de cañadas como Zocotula, Chichicaxtle, Salitre, Tres Bueyes, El Agua y La Majada.

El río cruza al norte de Coatepec, México, donde toma su nombre, y fluye en dirección nornoreste a través de una zona agrícola. Al sur de San Vicente Chicoloapan, México, el río se canaliza, realiza un giro de 180° y se une al arroyo Manzano.

Tras cruzar la carretera México- Texcoco, descarga sus aguas en el ex-vaso de Texcoco, específicamente al norte de Chimalhuacán, México. Su caudal es medido en la estación hidrométrica 26445 Garces. Para consultar el historial utilizado en el año de calibración ver tabla 13.

Figura 20. Configuración territorial microcuenca del Río Coatepec



Nota: elaboración propia.



Tabla 5. Hidrometría Río San Juan Teotihuacán

Estación: 26194 Tepexpan																																
Año	Mes	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1971	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	0.03	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.05	0.01
1971	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.03	0.04	0.03	0.05	0.03	0.04			
1971	3	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	
1971	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.06	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.01	0.01		
1971	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
1971	6	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02	0.47	0.15	0.47	0.96	0.48	3.20	4.66	2.96	0.88	1.71		
1971	7	0.90	0.25	0.28	0.22	0.29	0.28	0.24	0.19	0.12	0.19	0.18	0.18	0.25	0.37	0.25	0.24	0.20	0.12	0.14	0.15	0.22	0.17	0.20	0.17	0.12	0.17	0.53	0.27	2.36	0.22	0.07
1971	8	0.00	0.03	0.03	0.14	0.07	0.02	0.16	0.10	0.16	0.30	0.30	0.25	0.31	0.25	0.21	0.21	0.10	0.07	0.07	0.54	0.42	0.88	0.66	0.19	0.24	0.19	0.21	0.15	0.11	0.06	0.08
1971	9	0.20	0.16	0.15	0.10	0.01	0.14	1.20	0.38	0.07	0.08	0.08	0.11	0.12	0.20	0.19	0.19	0.14	0.11	0.09	0.11	0.11	0.11	0.11	0.08	0.09	0.10	0.18	0.19	0.24	0.19	
1971	10	0.32	0.34	0.07	0.18	0.19	0.14	0.07	0.06	0.07	0.04	0.13	0.16	0.16	0.23	0.18	0.10	0.07	0.12	0.14	0.13	0.13	0.14	0.16	0.15	0.13	0.12	0.09	0.07	0.06	0.04	0.02
1971	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.06	0.06	0.06	0.09		
1971	12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.15	0.13	0.12	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.14	0.13	0.09	0.00	

Tabla 6. Hidrometría Río Papalotla

Estación: 26193 La Grande																																
Año	Mes	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1974	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1974	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
1974	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1974	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1974	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1974	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.48	0.47	0.68	1.21	2.14	2.87	0.91	0.43	0.51	0.32	0.11	0.09	0.06	0.13	0.19	0.42	
1974	7	0.30	4.66	2.85	0.99	3.68	3.44	1.08	0.61	1.66	0.40	0.26	0.83	0.79	0.27	1.83	0.98	5.58	2.39	0.55	0.44	0.54	0.40	0.20	0.31	0.63	3.43	1.03	0.27	1.02	0.46	0.91
1974	8	2.99	0.90	1.57	1.14	1.08	0.28	0.22	0.35	1.10	0.52	0.23	0.19	0.23	0.29	0.11	0.28	0.23	0.57	0.20	0.16	0.11	0.07	0.08	0.09	0.26	0.64	0.26	0.31	0.38	0.14	0.06
1974	9	0.03	0.12	0.06	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.08	0.03	0.00	0.00	3.36	1.15	0.51	0.84	1.67	8.40	6.62	1.19	0.39	0.28	
1974	10	0.19	0.15	0.14	0.11	0.08	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	2.47	0.62	0.02	0.01	0.00	0.00	1.95	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1974	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1974	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Tabla 7. Hidrometría Río Xalapango

Estación: 26178 Atenco		D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1961	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1961	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1961	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1961	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1961	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1961	6	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.08	0.04	0.07	0.13	0.15	0.15	0.08	0.09	0.07	0.28	2.60	0.60	0.04	0.44	0.74	0.14	0.14	0.41	0.86	0.17	0.60	
1961	7	0.14	0.05	0.05	0.06	0.03	0.03	0.03	0.04	0.33	0.09	0.03	0.46	0.95	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	1.12	2.16	0.12	0.06	0.05	0.03	0.03	0.12	0.31	0.02	0.02	0.01
1961	8	0.01	0.44	0.07	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.02	0.02	0.01	0.00	0.37	0.13	0.03	0.02	0.02	0.58	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00
1961	9	0.51	0.41	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1961	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1961	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1961	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tabla 8. Hidrometría Río Coxcacoco

Estación: 24184 San Andrés		D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1972	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.02	0.14	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	5	0.00	1.45	0.57	0.00	1.05	0.91	0.08	0.06	0.12	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.08	0.24	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08	0.51
1972	6	0.14	0.02	0.02	0.01	0.01	0.07	0.47	0.07	0.06	0.14	0.20	0.44	0.25	5.19	0.92	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
1972	7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.07	0.10	0.01	0.01	0.09	0.08	0.39	1.10	0.19	0.12	0.08	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00	0.59
1972	8	0.20	0.04	1.16	0.64	0.04	0.00	0.00	0.10	0.06	0.06	0.17	0.05	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.06	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.63	0.10	0.08	0.02	0.00	0.02	0.02	0.23	0.01	0.00	4.45	2.39	0.30	0.00	0.00	0.00	
1972	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	



Tabla 9. Hidrometría Río Texcoco

Estación: 26071 Texcoco		D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1972	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1972	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.53	0.43	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	2.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	
1972	6	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.07	0.00	0.00	0.08	0.05	0.08	0.04	2.35	0.38	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.14	0.06	0.04	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	
1972	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	1.33	0.70	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.07
1972	8	0.03	0.03	0.08	0.12	0.06	0.02	0.00	0.72	0.57	0.09	0.66	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.13	0.04	
1972	9	0.00	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.09	0.05	0.00	0.49	0.09	0.02	0.06	0.03	0.00	0.04	0.05	0.15	0.03	0.45	3.85	0.99	0.16	0.00	0.00	0.00		
1972	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1972	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1972	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Tabla 10. Hidrometría Río Chapingo

Estación: 26183 Chapingo		D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1973	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	5	0.00	0.02	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.37	0.00	
1973	7	0.16	0.03	0.02	0.01	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01	0.06	0.05	0.01	1.32	0.24	0.13	0.02	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.26	0.15	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	
1973	8	0.01	0.01	0.04	0.05	0.10	0.05	0.60	0.27	1.53	0.36	0.11	0.18	0.16	1.19	0.32	0.13	0.28	0.19	0.06	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.49	0.09	0.03	1.34	0.46	0.13	0.07
1973	9	0.04	0.03	0.06	0.25	0.15	0.05	0.04	0.06	0.09	0.60	0.26	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.51	0.08	0.04	0.03	
1973	10	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.11	0.03	0.02	0.02	
1973	11	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	



Tabla 11. Hidrometría San Bernardino

Estación: 26274 San Mateo																																
Año	Mes	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1972	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.05	0.39	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05	0.20	0.00	0.00	0.44	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.08	0.00	0.02	0.08	0.04	0.00	0.00	1.79	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.02	0.04	0.07	0.03	0.00	0.21	0.08	0.11	0.59	0.23	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.04
1972	8	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.24	0.06	0.00	1.23	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	9	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.03	0.01	0.02	0.29	0.05	0.17	1.16	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.04	0.28	0.00	1.61	0.74	0.89	0.08	0.00	0.00	0.00	
1972	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1972	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Tabla 12. Hidrometría Santa Mónica

Estación: 26195 Tejocote																																
Año	Mes	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1973	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	5	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.18	0.77	0.00	
1973	7	0.74	0.06	0.04	0.04	0.03	0.19	0.20	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	3.25	0.33	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	8	0.08	2.63	0.48	0.06	0.14	0.07	0.96	1.14	0.43	0.14	0.34	0.47	0.34	1.17	0.57	0.50	1.23	0.49	0.20	0.16	0.13	0.12	0.11	0.10	0.82	0.25	0.10	3.94	1.85	0.33	0.09
1973	9	0.06	0.11	0.12	0.89	0.23	0.06	0.06	0.06	0.26	1.54	0.65	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	
1973	10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.38	0.02	1.18	0.46	0.01	0.00	0.00	
1973	11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.27	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1973	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	



Tabla 13. Hidrometría Coatepec

Estación: 26445 Garcés

Año	Mes	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31
1981	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
1981	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981	5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.25	0.11	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.16
1981	6	0.06	0.06	0.03	0.06	0.11	0.54	1.07	0.40	0.19	0.16	0.09	0.08	0.13	0.07	0.05	0.05	0.06	0.12	0.08	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	1.09	0.49	0.23	0.08	0.08	
1981	7	0.06	0.06	0.03	0.06	0.11	0.54	1.07	0.40	0.19	0.16	0.09	0.08	0.13	0.07	0.05	0.05	0.06	0.12	0.08	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	1.09	0.49	0.23	0.08	0.08	0.07
1981	8	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.18	0.05	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.19	0.30	0.05	0.04	0.00	0.00	0.10	0.66	0.45	0.17	0.08	0.03	0.14	0.12	0.03	0.03	0.03
1981	9	0.03	0.23	0.16	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.07	0.08	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.01	0.05	0.04	0.04	0.05	0.10	0.11	0.13	0.12	0.10	0.14	
1981	10	0.08	0.05	0.03	0.03	0.08	0.18	0.11	0.09	0.23	0.09	0.09	0.11	0.16	0.12	0.15	0.11	0.16	0.13	0.11	0.08	0.10	0.11	0.36	0.24	0.10	0.10	0.09	0.17	0.25	0.14	0.39
1981	11	0.19	0.16	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1981	12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



8.1.6 Edafología

Del conjunto de datos vectorial edafológico, escala 1:250 000, serie II del INEGI, se observa que los suelos predominantes corresponden a diez diferentes tipos de materiales, siendo los cambisoles y feozems los predominantes, seguidos por superficies menores de andosol, litosol, regosol, vertisol y solonchak. La distribución espacial y la cuantificación porcentual de cada unidad edafológica se detalla en la Figura 21.

La fertilidad de los suelos Feozem y Vertisol consolida la vocación agrícola de la región. Datos del SIAP estiman una superficie de cultivo de 123 km², cifra que se valida técnicamente al mostrar consistencia con el número de concesiones vigentes en el REPDA, confirmando así la relevancia de este sector en la demanda hídrica total.

Un factor crítico que afecta el manejo y la dinámica del agua en la cuenca es la permeabilidad de su terreno. Las zonas alta y media de las microcuencas son inherentemente permeables, lo que genera una respuesta hídrica rápida en la cuenca.

Esto se debe a dos factores clave: la carencia de cubierta vegetal que reduce la interceptación y aumenta la escorrentía superficial y, principalmente, la composición edáfica: los Litosoles y Regosoles observados en el mapeo de suelos, junto con el predominio superficial de basaltos fracturados y rellenos areno-arenosos en las zonas de captación, son materiales que permiten una infiltración y escorrentía rápidas.

Esta alta permeabilidad en las zonas de captación sugiere una importante recarga de los acuíferos subterráneos. No obstante, la falta de vegetación y este tipo de suelo también pueden propiciar la erosión y la escorrentía superficial acelerada, generando inundaciones en la parte baja, como los eventos confirmados en los municipios de Ecatepec, Nezahualcóyotl, Texcoco y La Paz durante los temporales de lluvia.



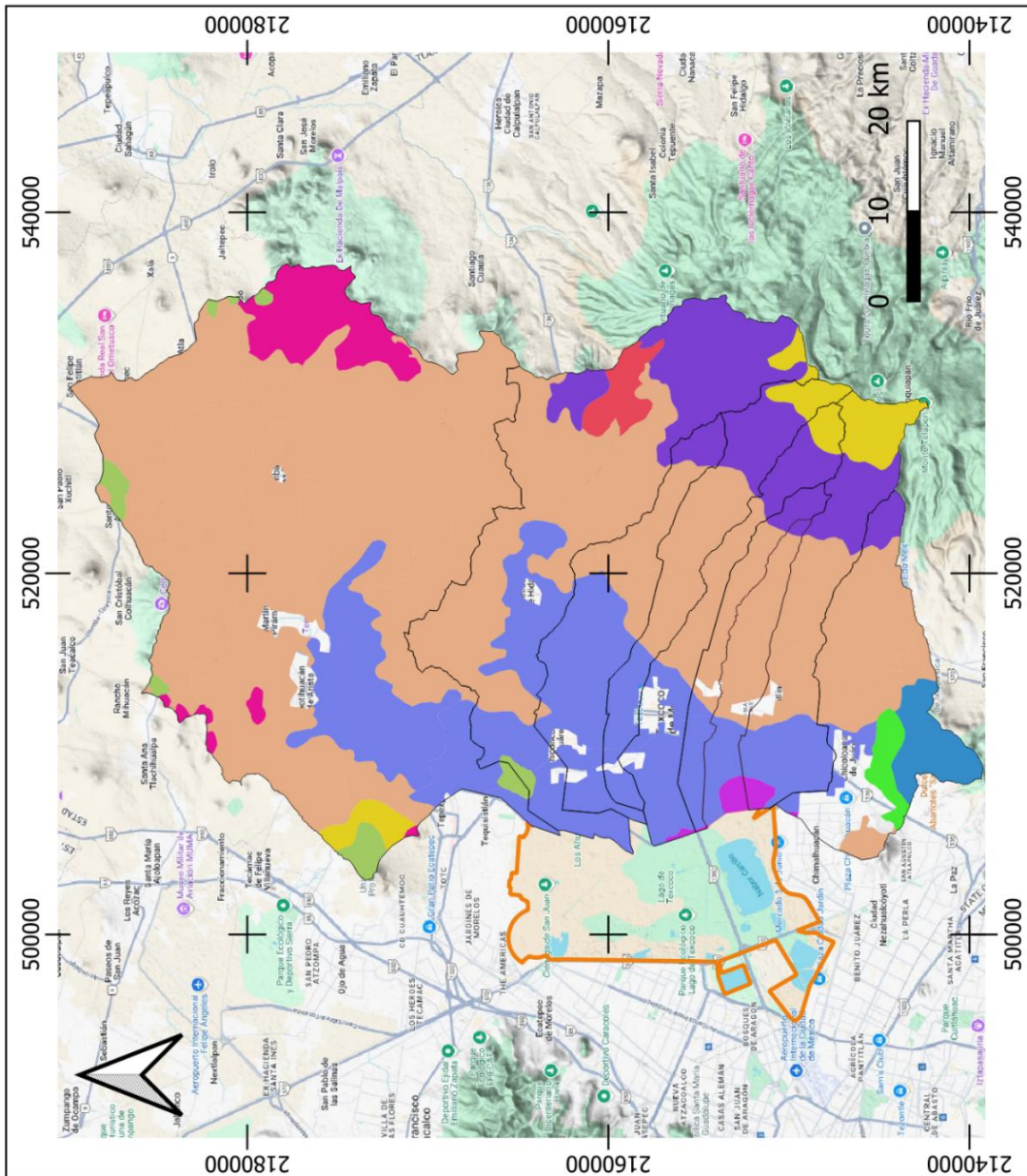
Simbología:

Nombre del suelo	% superficie
Frozem	54.8
Verisol	21.4
Durisol	8.6
Andosol	5.5
Leptosol	3.1
Cambisol	2.4
Regosol	0.9
Umbrisol	0.6
Arenosol	0.4
Solonchak	0.3

Nombre del plano:
Plano de edafología

Escala: 1:350 000
Fecha: 28 de Nov 2025
Elaboró: Quetzalitzli Santos A

Figura 21. Mapa de edafología.





8.1.7 Uso del suelo

El uso del suelo refleja una dinámica de conflicto territorial, donde la principal función del área como vaso regulador para el control de inundaciones de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se enfrenta a una alta presión por la expansión urbana.

A partir del conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000, serie V, ed. 2013 para el área de estudio, se observó que el suelo se clasifica en cuatro categorías principales que influyen en el comportamiento del escurrimiento y la infiltración (Tabla 14). Asimismo, el análisis de la actualización y crecimiento de las zonas urbanas entre 2013 y 2022 fue considerable (Figura 22)

Tabla 14. Categorización del uso y cobertura suelo

Categoría de Uso del Suelo	Localización e Impacto Hidrológico
Humedal / Vaso Regulador	Planicie Central (Ex-Lago de Texcoco). A pesar de la desecación, los remanentes son un humedal intermitente vital. Su principal función actual es la de vaso regulador hídrico para el control de avenidas y el saneamiento de las aguas residuales y pluviales de la ZMVM.
Agricultura-Pastizales	Periferia y laderas bajas. Históricamente importante, sobre todo la agricultura de riego en el pie de monte. Sin embargo, en la planicie, el crecimiento urbano y la alta salinidad han limitado la actividad, manteniéndose pastizales halófilos.
Uso Urbano y Expansión	Zonas limítrofes con la planicie. La expansión urbana ha avanzado sobre las tierras agrícolas y sobre el borde del antiguo lago. La impermeabilización de estas áreas ha reducido la ya escasa capacidad de infiltración y ha incrementado los volúmenes de escorrentía superficial hacia el vaso regulador.
Zonas de Conservación	Sierras (Este). Áreas boscosas esenciales para la protección del suelo, la mitigación de la erosión y la regulación de los caudales que alimentan la subcuenca.

Nota: elaboración propia




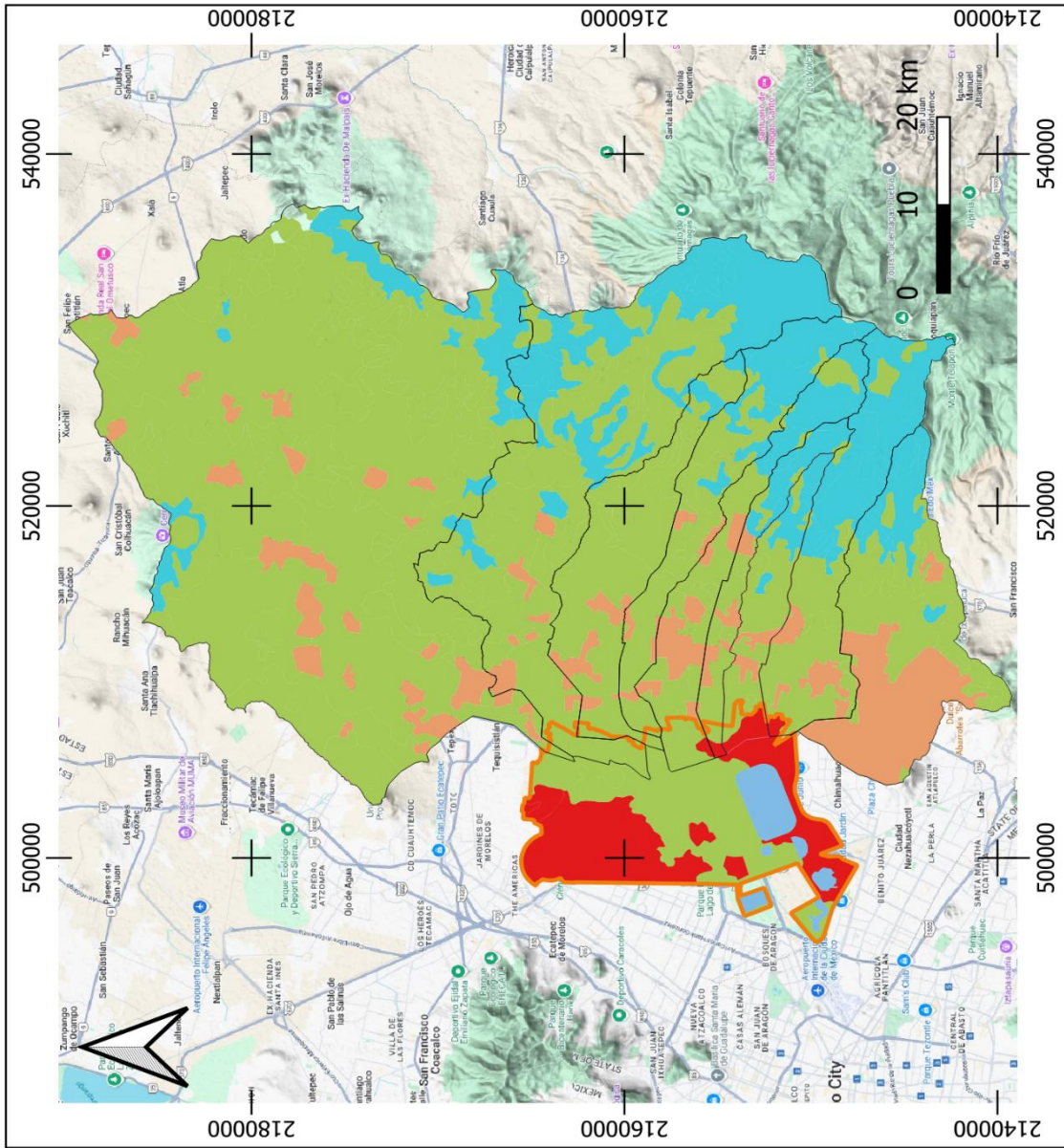
<p>Macrolocalización</p> 	<p>Simbología:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Uso urbano ■ Humedal/Vaso regulador ■ Agricultura/pastizales ■ Conservación 	<p>Nombre del plano: Plano de uso de suelos y vegetación</p> <p>Escala: 1:350 000 Fecha: 28 de Nov 2025 Elaboró: Quetzalitzil Santos A</p>
--	---	---

Figura 22. Mapa de uso de suelos y vegetación





8.1.7.1 El modelo SWMM y su interpretación sobre la escorrentía superficial para el método Green & Ampt.

El modelo SWMM y su interpretación sobre la escorrentía superficial para el método Green & Ampt.

El manual del usuario describe el software SWMM como un modelo dinámico de simulación de precipitación-escorrentía, utilizado para reproducir la cantidad y calidad de la escorrentía de zonas principalmente urbanas en un solo evento o a largo plazo (continuo). Este componente opera sobre un conjunto de subcuencas que reciben precipitaciones y generan los escurrimientos, mismos que son transportados por un sistema de tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento/tratamiento, bombas y reguladores. El SWMM registra la cantidad y calidad del escurrimiento, el caudal, profundidad de caudal y calidad del agua en cada tubería y canal durante un periodo de tiempo de simulación compuesto por múltiples pasos temporales a través de los siguientes procesos físicos, de los cuales solo se detallan aquellos que fueron considerados en este proyecto.

- Escorrentía superficial.
- Infiltración.
- Evapotranspiración (estimada como un promedio de las estaciones totales de cada subcuenca con información disponible).
- Comportamiento hidráulico del sistema.

Escorrentía superficial:

La visión conceptual del fenómeno de la escorrentía utilizado por SWMM se ilustra en la Figura 23. Cada una de las cuencas se trata como un depósito no lineal. Los aportes de caudal provienen de los diferentes tipos de precipitación (lluvia, nieve) y de cualquier otra cuenca situada aguas arriba. Existen diferentes caudales de salida tales como la

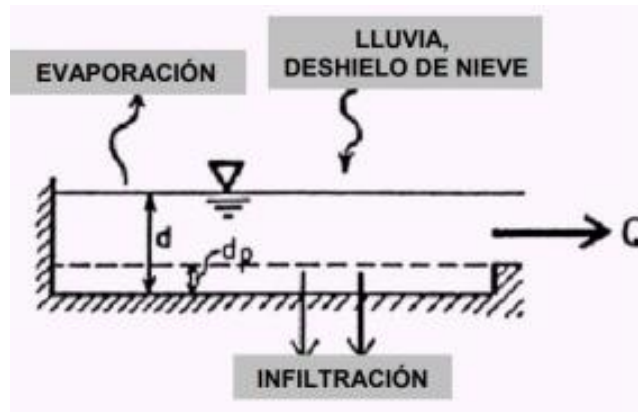


infiltración, la evaporación y la escorrentía superficial.

La capacidad de este “depósito” es el valor máximo de un parámetro denominado almacenamiento en depresión, que corresponde con el máximo almacenamiento en superficie debido a la inundación del terreno, el mojado superficial de la superficie del suelo y los caudales interceptados en la escorrentía superficial por las irregularidades del terreno.

La escorrentía superficial por unidad de área, Q , se produce únicamente cuando la profundidad del agua en este “depósito” excede el valor del máximo almacenamiento en depresión, d_p , en cuyo caso el caudal de salida se obtiene por aplicación de la ecuación de Manning. La profundidad o calado de agua en la cuenca (d expresado en pies) se actualiza continuamente en cada uno de los instantes de cálculo (con el tiempo expresado en segundos) mediante la resolución numérica del balance de caudales en la cuenca.

Figura 23. Visión conceptual del fenómeno de la escorrentía en SWMM



Nota: Adaptada de SWMM Modelo de Gestión de Aguas Pluviales 5.0 vE Manual Grupo Multidisciplinario de Modelación de Fluidos. (2005). [Figura]



Infiltración:

La infiltración es el fenómeno por el cual el agua de lluvia penetra la superficie del terreno de los suelos no saturados de las áreas permeables de la cuenca. SWMM permite trabajar con los modelos de infiltración:

- Método de Horton.
- Método de Horton modificado.
- Método de Green-Ampt.
- Método de Green-Ampt modificado.
- Método del Número de Curva.

De los modelos de infiltración disponibles, se optó por el método de Green-Ampt, ya que, a diferencia de otros enfoques empíricos, este modelo se basa en principios físicos del suelo. Esta cualidad lo convierte en una solución analítica más exacta para modelar de manera precisa la infiltración en la subcuenca (Chow et al., 1994). Su uso permite una simulación más realista por tres razones fundamentales:

Mayor precisión: Al considerar las propiedades físicas del suelo, como la succión capilar, la conductividad hidráulica y el contenido de humedad inicial, el modelo de Green-Ampt proporciona una representación más fiel de la realidad, lo que resulta en proyecciones más confiables.

Reflejo de las propiedades del suelo: Este método te permite ingresar parámetros específicos del suelo de tu área de estudio, lo cual es crucial para simular cómo la infiltración varía en una cuenca.

Efectividad en simulaciones a largo plazo: El modelo de Green-Ampt es especialmente adecuado para simular eventos de lluvia prolongados, lo cual es esencial para proyectar escenarios de cambio climático a largo plazo.



Comportamiento hidráulico del sistema:

El transporte de agua por el interior de cualquiera de los conductos representados en SWMM está gobernado por las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento tanto para el flujo gradualmente variado como para el flujo transitorio (es decir, las ecuaciones de Saint Venant). El usuario de SWMM puede seleccionar el nivel de sofisticación con que desea resolver estas ecuaciones. Por ello existen tres modelos o análisis hidráulicos de transporte:

- El Flujo Uniforme.
- La Onda Cinemática.
- La Onda Dinámica

Modelo de la Onda Dinámica:

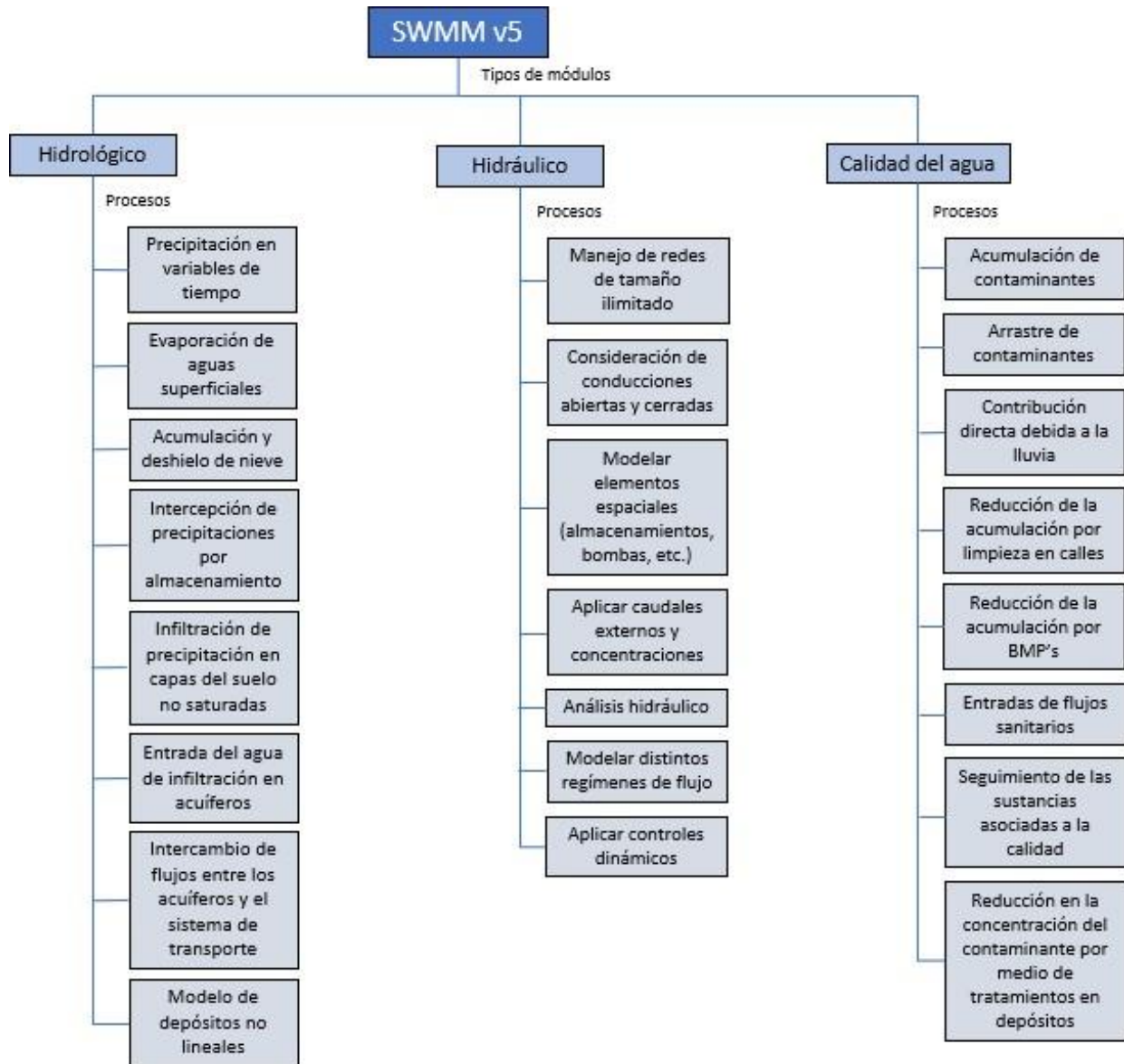
El modelo de transporte de la Onda Dinámica (Dynamic Wave Routing) resuelve las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant y por tanto teóricamente genera los resultados más precisos. Estas ecuaciones suponen la aplicación de la ecuación de continuidad y de cantidad de movimiento en las conducciones y la continuidad de los volúmenes en los nudos.

Así mismo, también puede contemplar efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos, las pérdidas en las entradas y salidas de los pozos de registro, el flujo inverso y el flujo presurizado. Durante el cálculo SWMM reducirá automáticamente el incremento de tiempo de cálculo máximo definido por el usuario si es necesario para mantener la estabilidad numérica del análisis.

El programa está dividido en tres módulos: hidrológico, hidráulico y de calidad del agua; de los cuales solo se utilizaron los módulos hidrológico e hidráulico. A continuación, se presenta un esquema general del funcionamiento y base del programa. (United States Environmental Protection Agency, 2016).



Figura 24. Esquema del funcionamiento básico de SWMM v5.





8.1.7.2 Parámetros de calibración del suelo

Como se detalló en la sección de Metodología, el modelo hidrológico se construyó utilizando el método de infiltración de Green-Ampt. Para este método, se utilizaron los valores de referencia presentados en la Tabla 15, y los suelos se agruparon según la clasificación de la Tabla 16.

Tabla 15. Parámetros Green-Ampt para calibración inicial.

Grupo del suelo	Tipo textural	Porosidad efectiva θ_e	Cabezal de succión Ψ (in)	Cond. Hidráulica saturada K_s (in/h)
Andosol	Arenas	0.417	1.95	4.74
Phaeozem	Marga arenosa	0.412	4.33	0.43
Vertisol	Areno - arcillosa	0.32	9.41	0.02
Cambisol	Franco - arcillosa	0.309	8.22	0.04
Litosol / leptosol	Arenas	0.417	1.95	4.74
Rugosol	Arenas	0.417	1.95	4.74
Solonchak	Arcillas	0.385	12.45	0.01

Nota: elaboración propia

Debido a que el método de Green & Ampt solo toma en cuenta las superficies impermeables que corresponden a sectores poblacionales, la carta de uso de suelos no fue considerada con otros fines más que el de establecer dichas superficies tanto en los años de calibración como en la última carta de uso de suelos disponible que corresponde al 2021*.

**Tabla 16.** Parámetros Green-Ampt para diferentes clases de suelo (Rawls et al., 1983)

Clase de suelo	Porosidad, ϕ	Porosidad efectiva, ϕ_{e^*}	Cabezal de aspiración frontal humectante, ψ_s (en)	Conductividad hidráulica saturada, K_s (pulg./h)
Arena	0.437 (0.374-0.500)	0.417 (0.354-0.480)	1.95 (0.38-9.98)	4.74
Arena limosa	0.437 (0.363-0.506)	0.401 (0.329-0.473)	2.41 (0.53-11.00)	1.18
Franco arenoso	0.453 (0.351-0.555)	0.412 (0.283-0.541)	4.33 (1.05-17.90)	0.43
Marga	0.463 (0.375-0.551)	0.434 (0.334-0.534)	3.50 (0.52-23.38)	0.13
Franco limoso	0.501 (0.420-0.582)	0.486 (0.394-0.578)	6.57 (1.15-37.56)	0.26
Arcilla arenosa marga	0.398 (0.332-0.464)	0.330 (0.235-0.425)	8.60 (1.74-42.52)	0.06
Franco arcilloso	0.464 (0.409-0.519)	0.309 (0.279-0.501)	8.22 (1.89-35.87)	0.04
Arcilla limosa marga	0.471 (0.418-0.524)	0.432 (0.347-0.517)	10.75 (2.23-51.77)	0.04
Arcilla arenosa	0.430 (0.370-0.490)	0.321 (0.207-0.435)	9.41 (1.61-55.20)	0.02
Arcilla limosa	0.479 (0.425-0.533)	0.423 (0.334-0.512)	11.50 (2.41-54.88)	0.02
Arcilla	0.475 (0.427-0.523)	0.385 (0.269-0.501)	12.45 (2.52-61.61)	0.01

*La porosidad efectiva es la diferencia entre la porosidad ϕ y el contenido de humedad residual ϕ_r que queda después de dejar que un suelo saturado drene completamente.

Nota: Adaptada de Storm Water Management Model Reference Manual Volume 1 - Hydrology (Revised) (p. 114), por United States Environmental Protection Agency, 2016). [Tabla]



En la Tabla 17 se muestra el crecimiento en porcentaje de las zonas urbanas entre el año de calibración y el 2022 para cada cuenca, pudiendo apreciarse que en la mayoría de los casos este crecimiento no es significativo. Cabe mencionar que tomar los valores en el formato de porcentaje está relacionado a la manera en que deben ser introducidos en el software

Tabla 17. Crecimiento porcentual de las zonas urbanas

Microcuenca	Superficie urbana %		Dif %
	Año de calibración	2022	
San Juan Teotihuacán	2.45	7.77	5.32
Papalotla	1.04	2.58	1.53
Xalapango	1.57	14.17	12.60
Coxcacoaco	0.42	9.22	8.80
Texcoco	-	11.33	11.33
Chapingo	-	10.83	10.83
San Bernardino	0.30	4.77	4.47
Santa Mónica	0.88	4.56	3.69
Coatepec	0.42	23.91	23.48

Nota: elaboración propia



8.2 Construcción del modelo

8.2.1 Diseño de la red de drenaje

Para un manejo focalizado de la red de drenaje se consideró una discretización por microcuenca para superficies de hasta 30 km², obedeciendo a la configuración del terreno y a los escurrimientos. Se verificaron los datos históricos en las estaciones climatológicas dentro del área de estudio, así como de los alrededores, para obtener datos aproximados de precipitación para cada microcuenca.

Fueron considerados aquellos años que tenían registros completos, por lo que cada microcuenca contó con un año diferente de calibración. En la Tabla 18 se presentan un resumen de las estaciones climatológicas y el año de calibración para cada una. Asimismo, en la Figura 25 se muestra la distribución y ubicación de las estaciones climatológicas. En las figuras 26 a 43 se presentan los datos históricos de precipitación.

Tabla 18. Estaciones climatológicas y año de calibración por microcuenca.

Microcuenca	No. Estación		Año de calibración
San Juan Teotihuacán	29023	15123	1971
	15065	15055	
	15097	15090	
	15124	15022	
Papalotla	29013	15123	1974
	15044	15091	
Xalapango	15163	15101	1961
	15008		
Coxcacoaco	15083	15163	1972
	15101	15008	
Texcoco	15101	15163	1972
Chapingo	15101	15170	1973
San Bernardino	15101	15170	1972
	15017		
Santa Mónica	15167	15018	1981
	15017	15082	
Coatepec	15167	15017	1979
	15023	15018	

Nota: elaboración propia

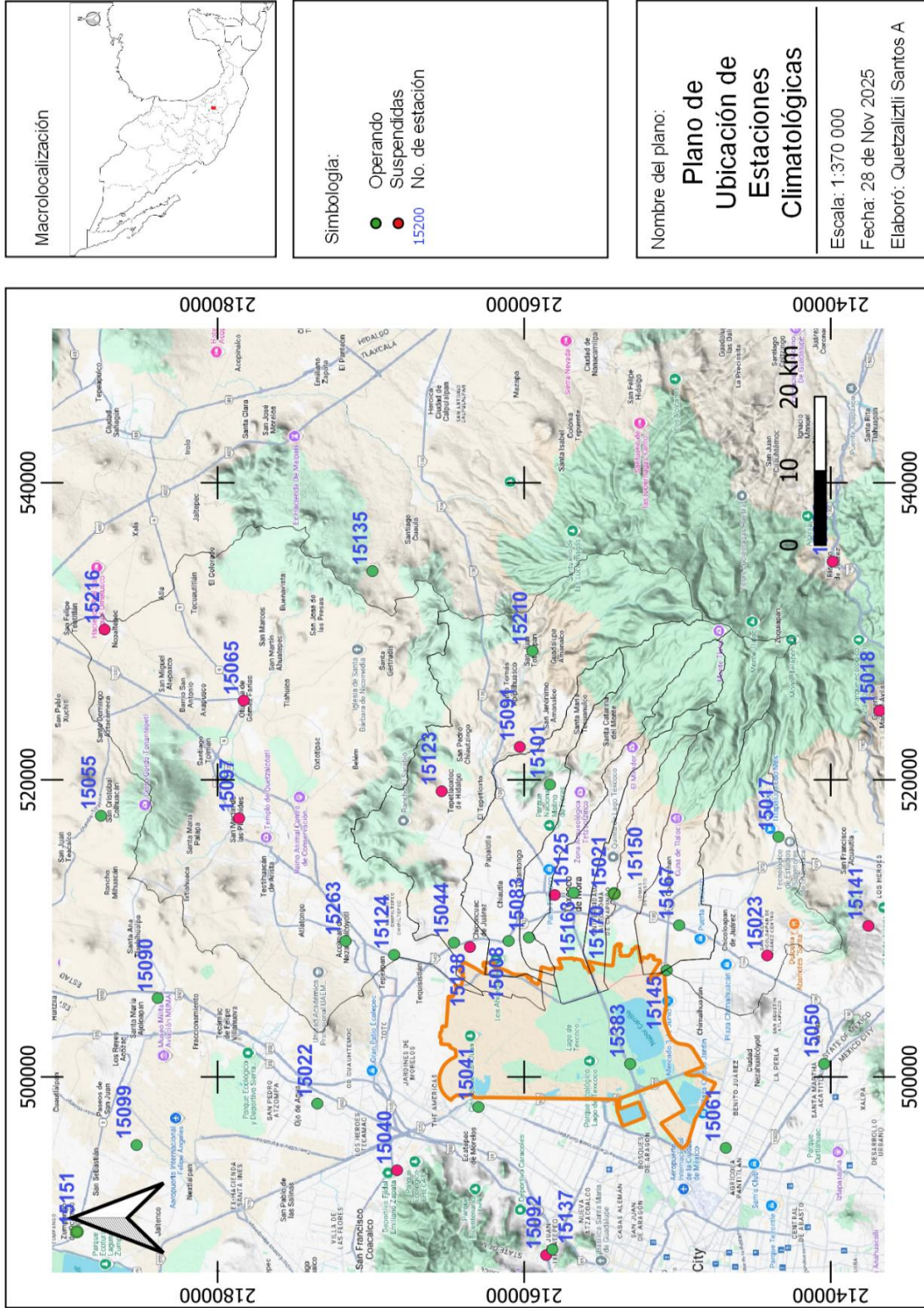


Figura 25. Mapa de ubicación de Estaciones Climatológicas.



Figura 26. Diagrama de precipitación mensual
San Juan Teotihuacán 1971

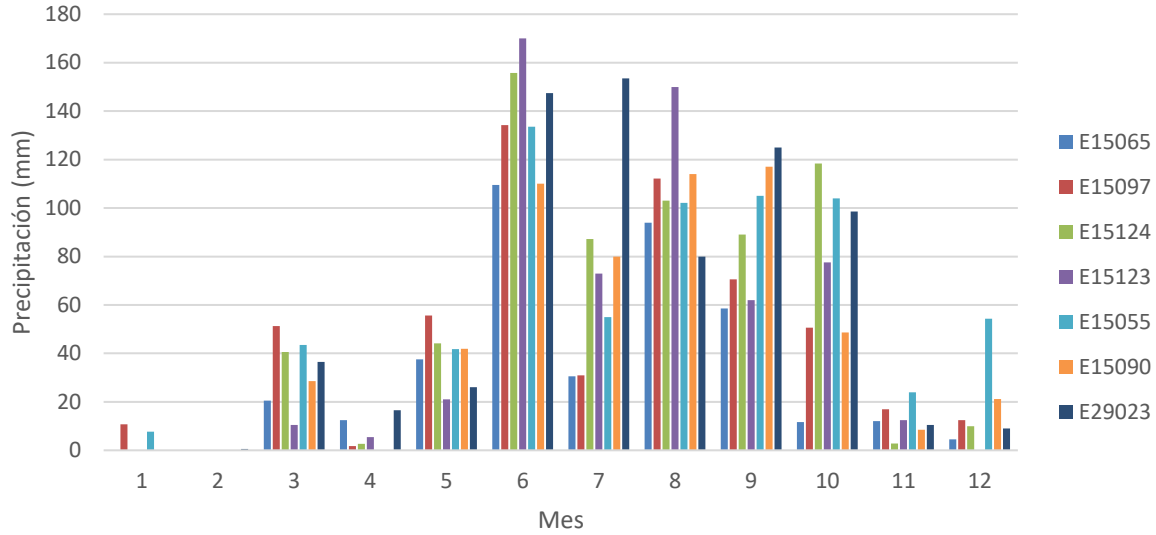


Figura 27. Precipitación anual
San Juan Teotihuacán 1971

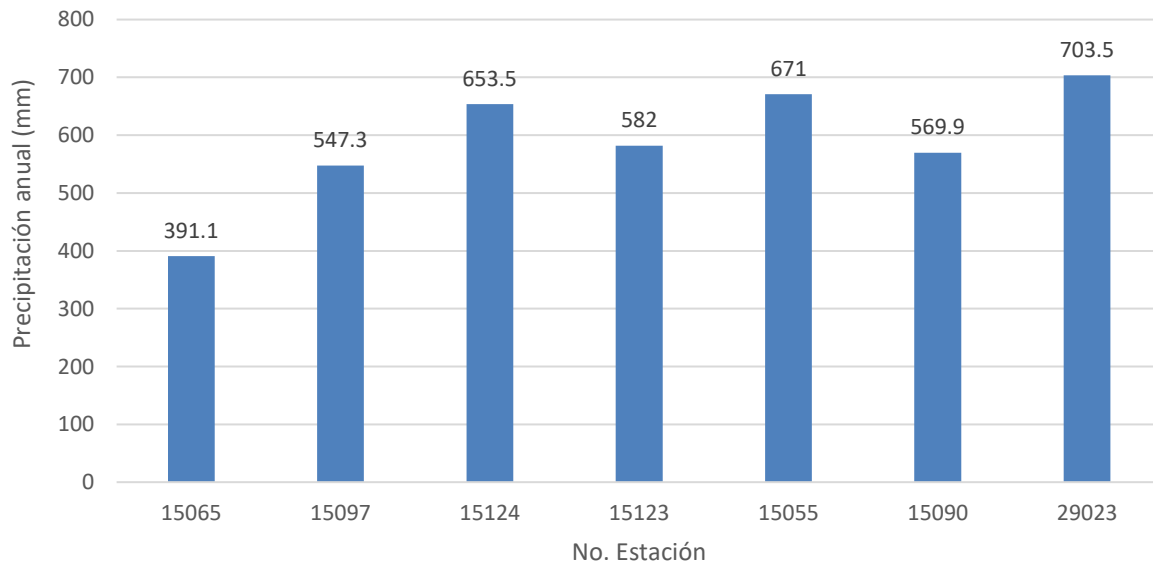




Figura 28. Diagrama de precipitación mensual
Papalotla 1974

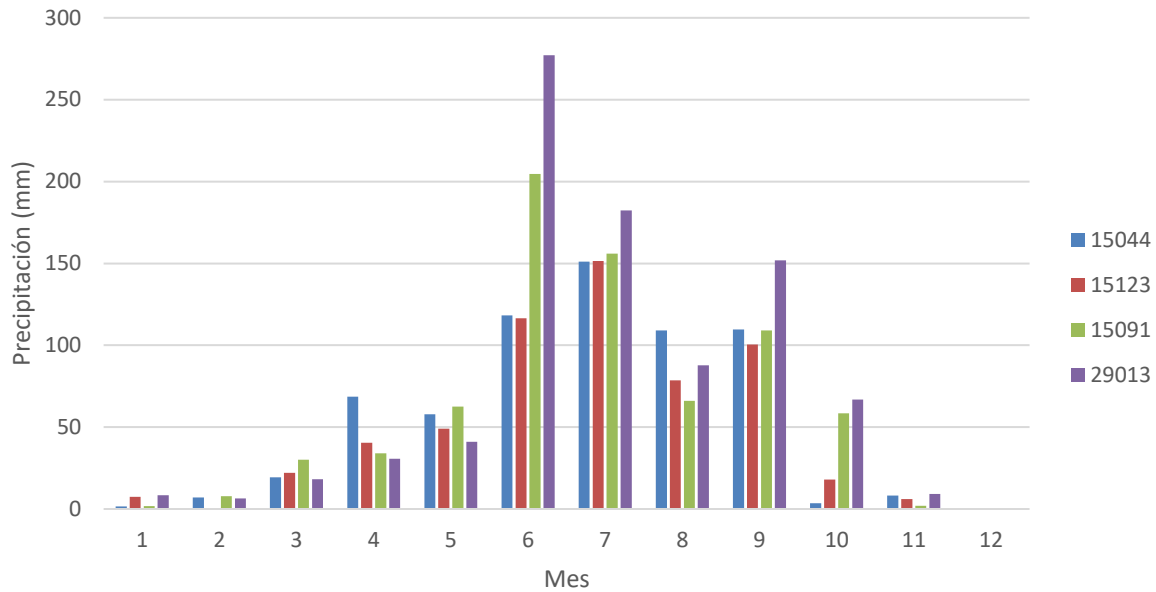


Figura 29. Precipitación anual
Papalotla 1974

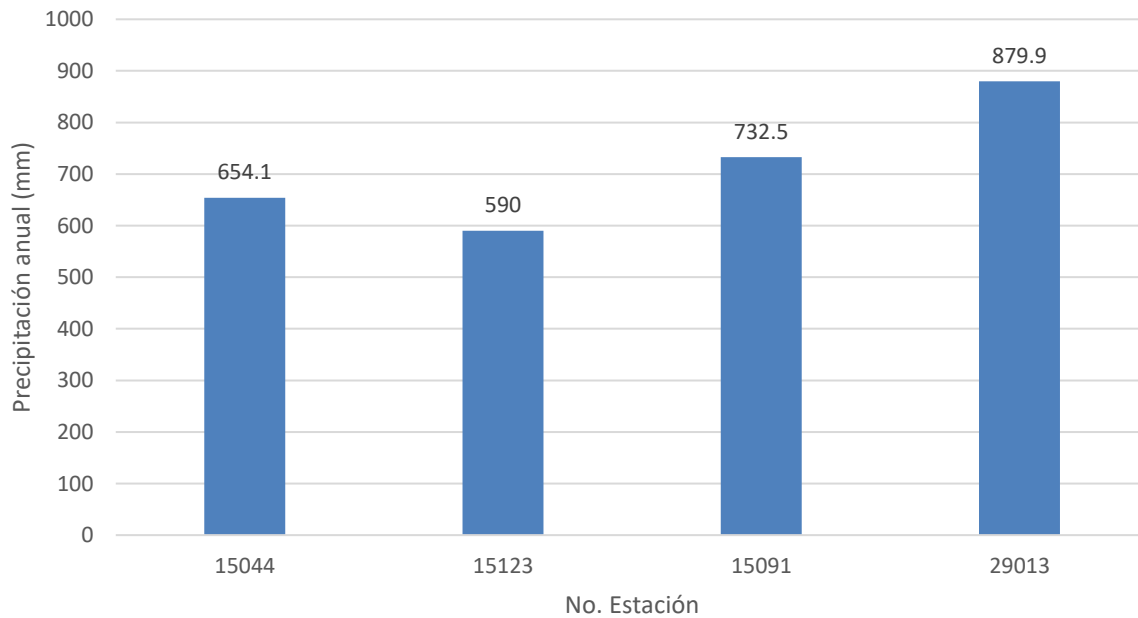




Figura 30. Diagrama de precipitación mensual
Xalapango 1961

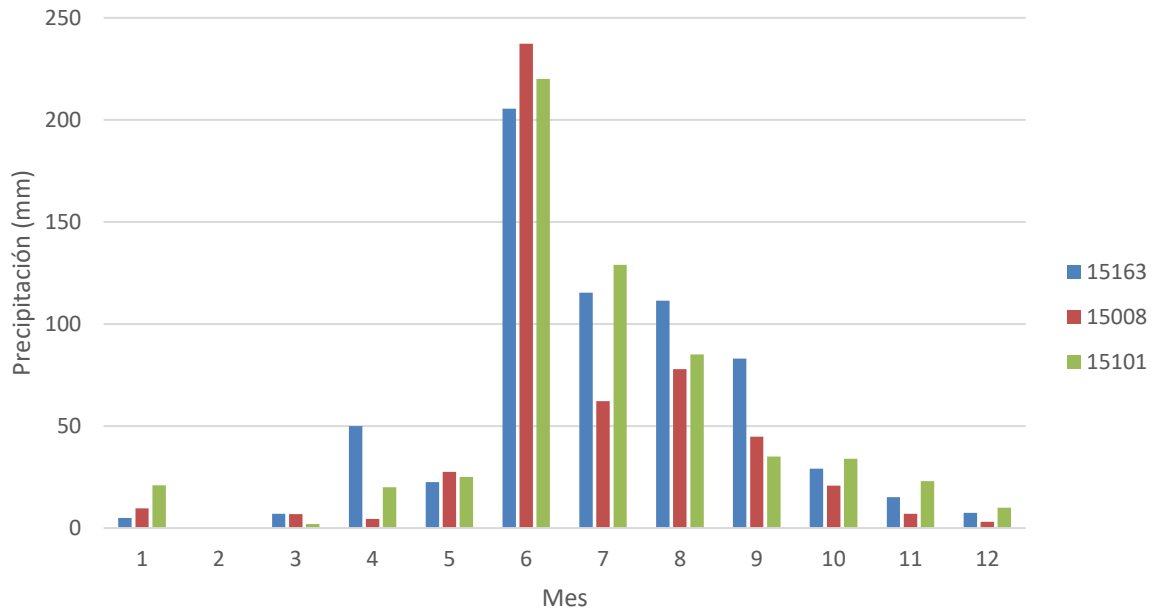


Figura 31. Precipitación anual
Xalapango 1961

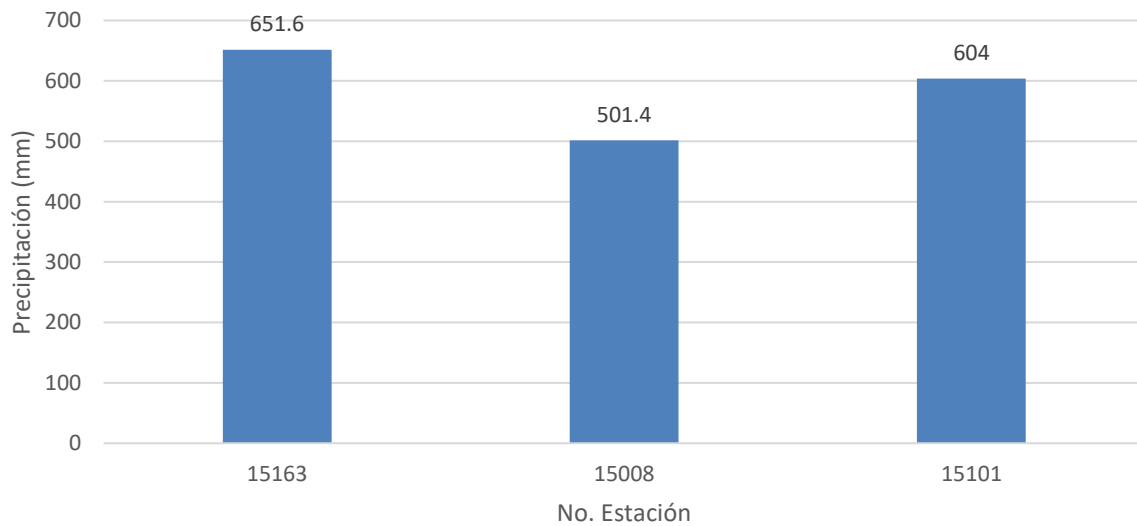




Figura 32. Diagrama de precipitación mensual
Coxcacoaco 1972

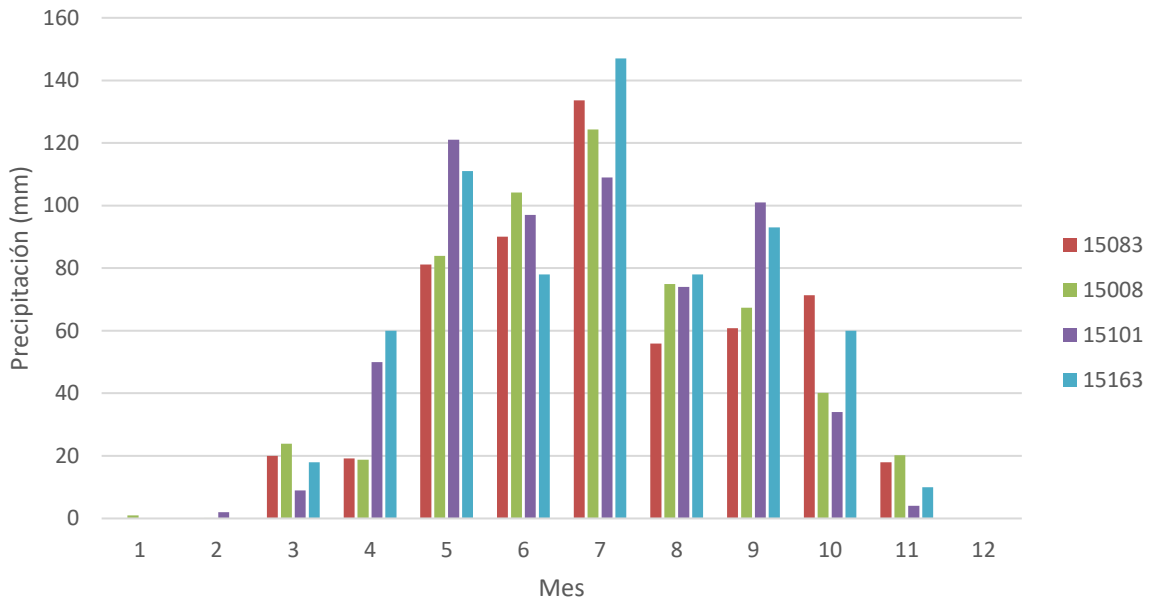


Figura 33. Precipitación anual
Coxcacoaco 1972

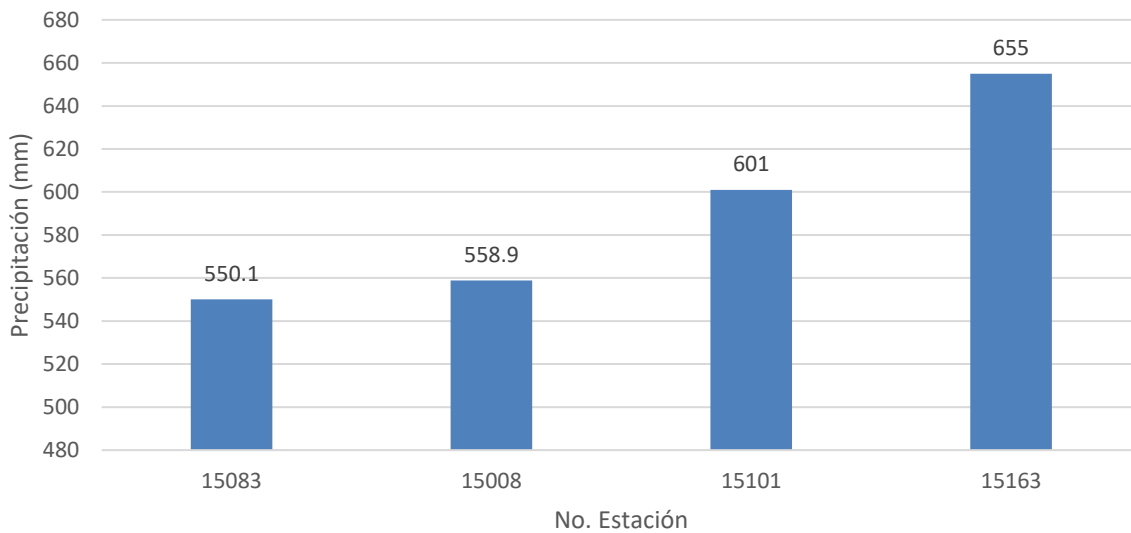




Figura 34. Diagrama de precipitación mensual
Texcoco 1972

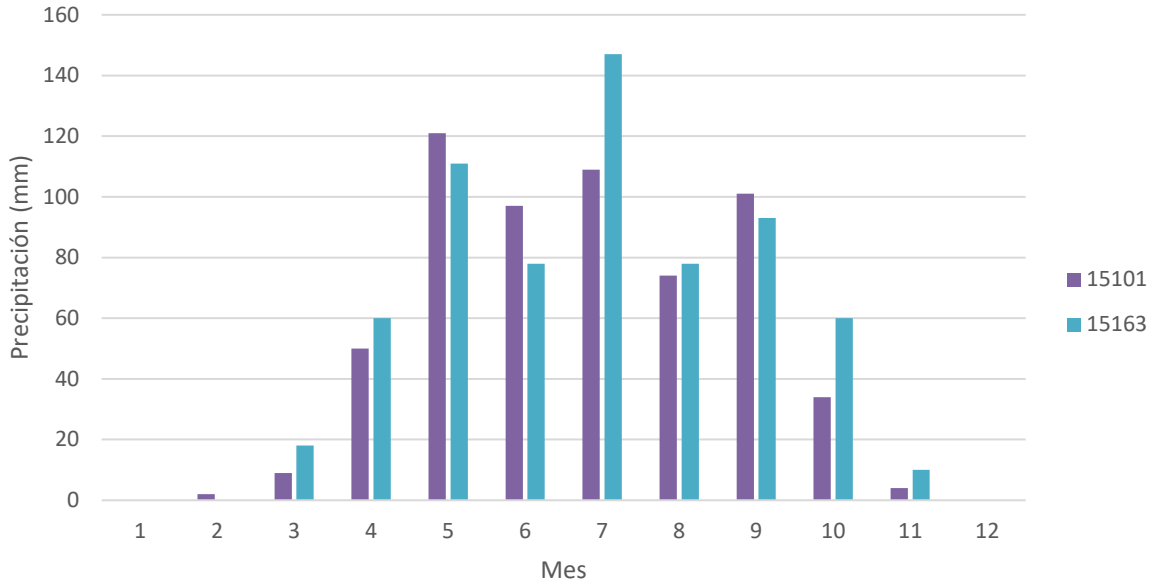


Figura 35. Precipitación anual
Texcoco 1972

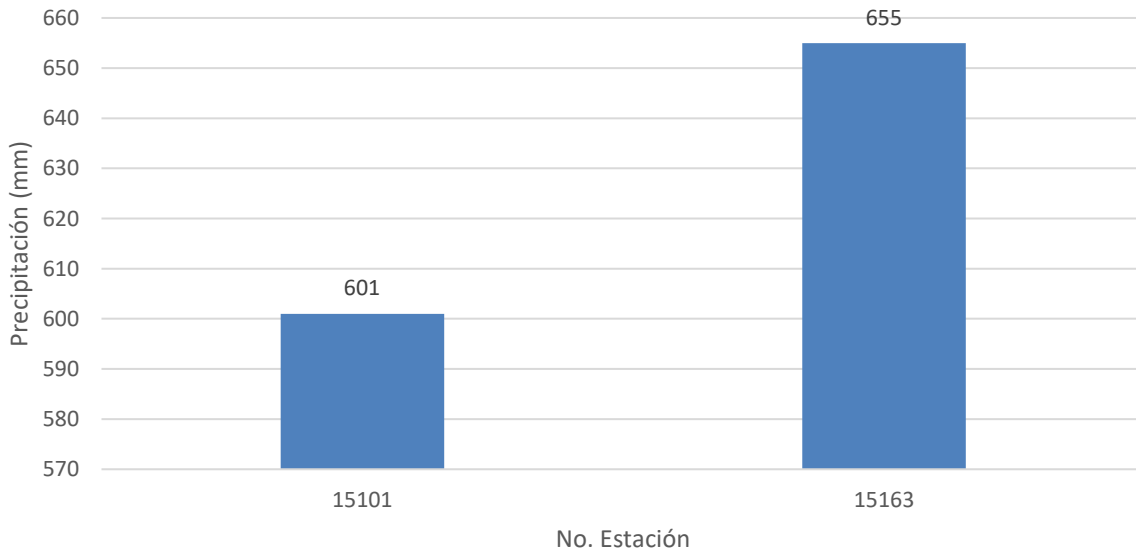




Figura 36. Diagrama de precipitación mensual
Chapingo 1973

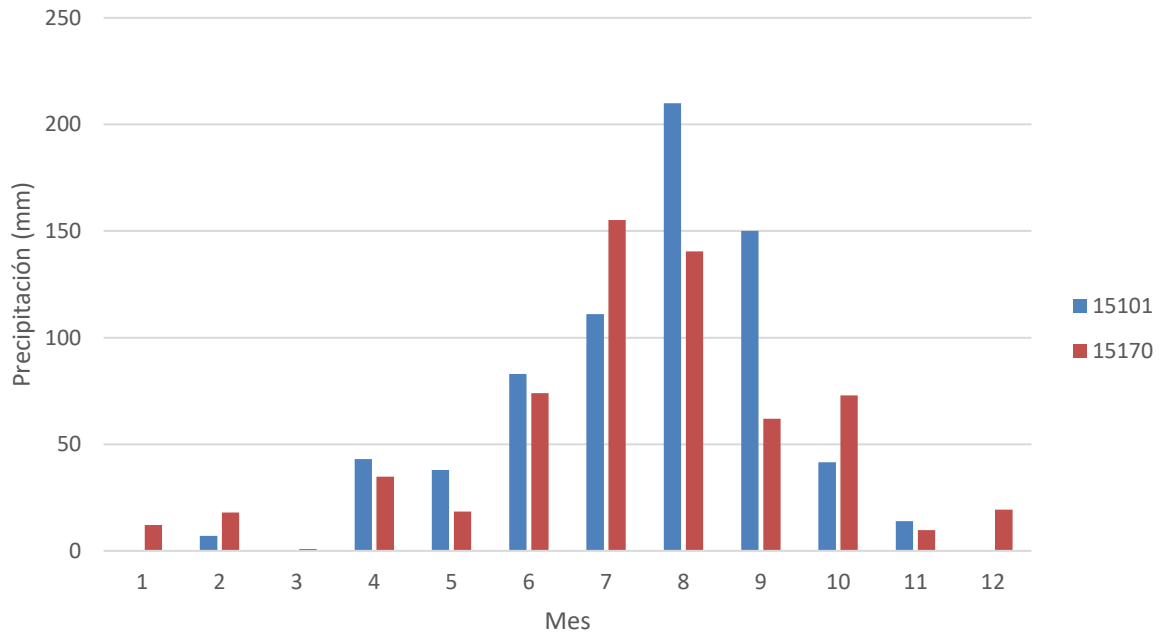


Figura 37. Precipitación anual
Chapingo 1973

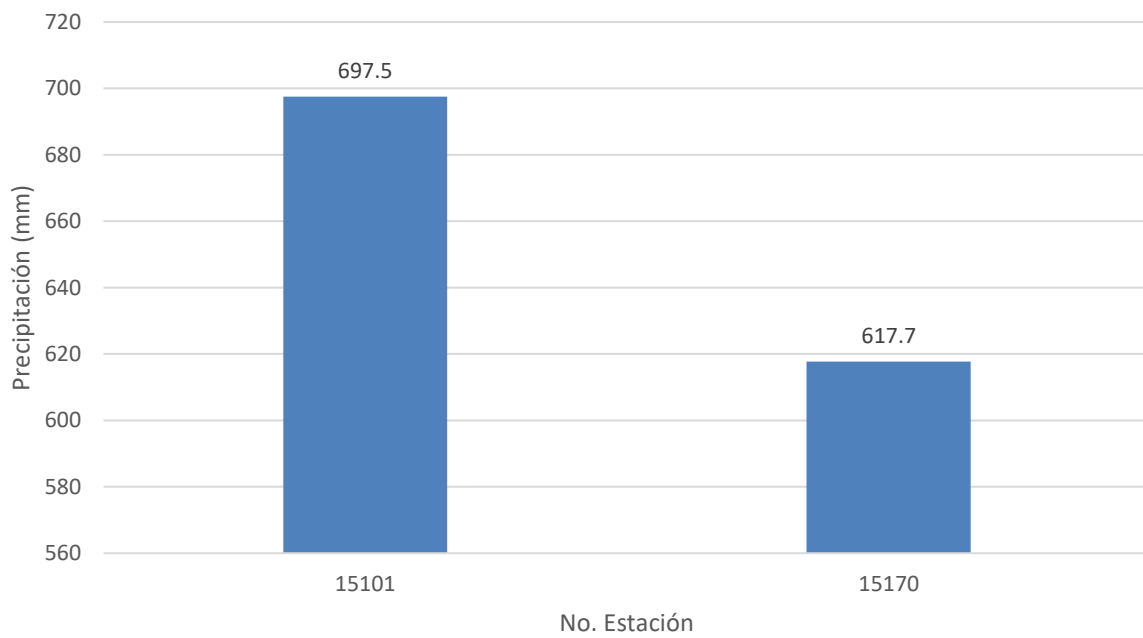




Figura 38. Diagrama de precipitación mensual
San Bernardino 1972

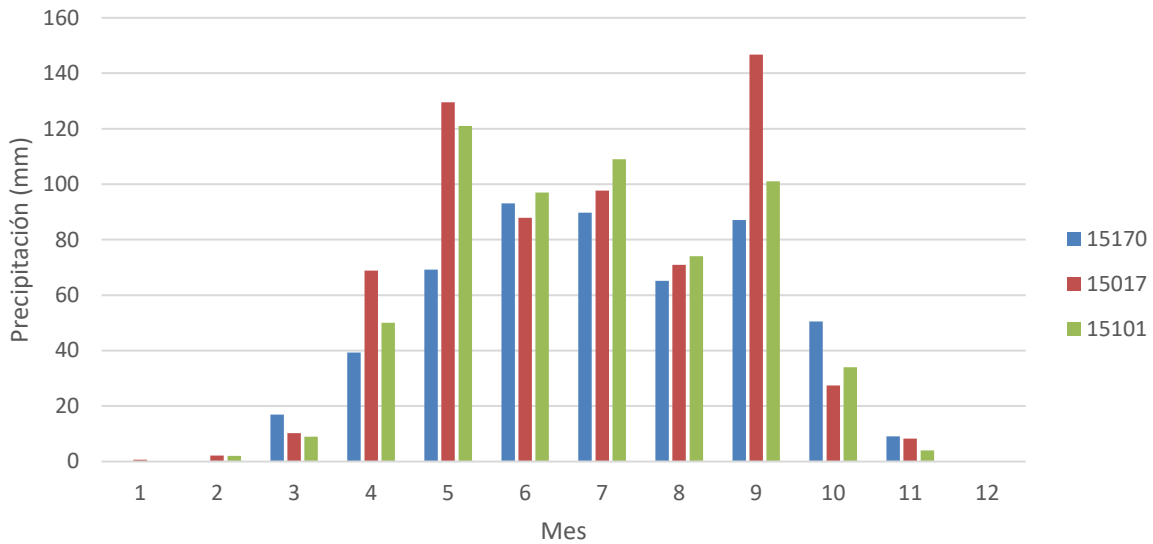


Figura 39. Precipitación anual
San Bernardino 1972

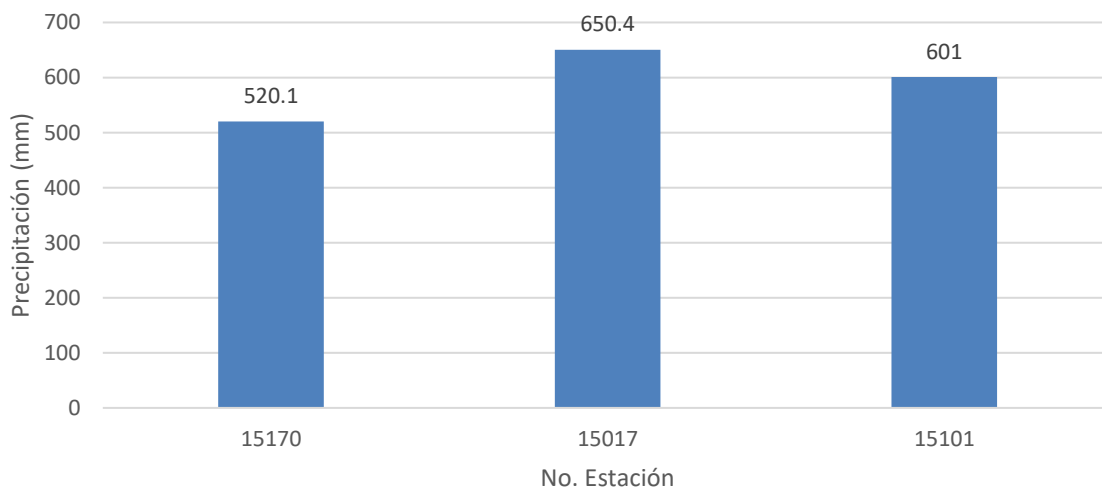




Figura 40. Diagrama de precipitación mensual
Santa Mónica 1973

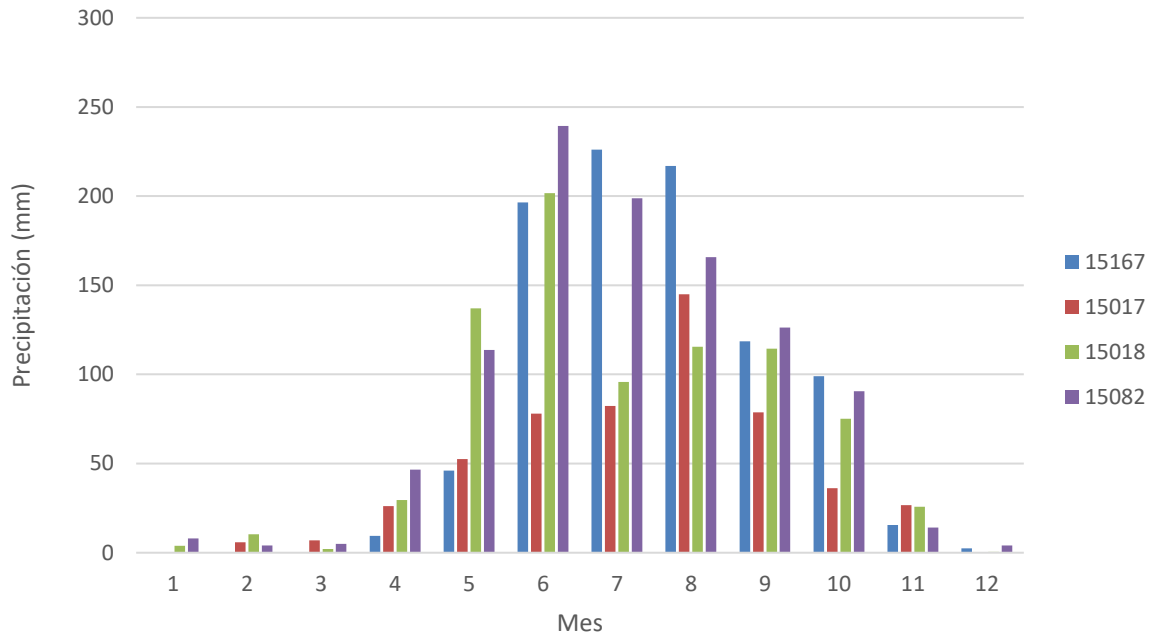


Figura 41. Precipitación anual
Santa Mónica 1973

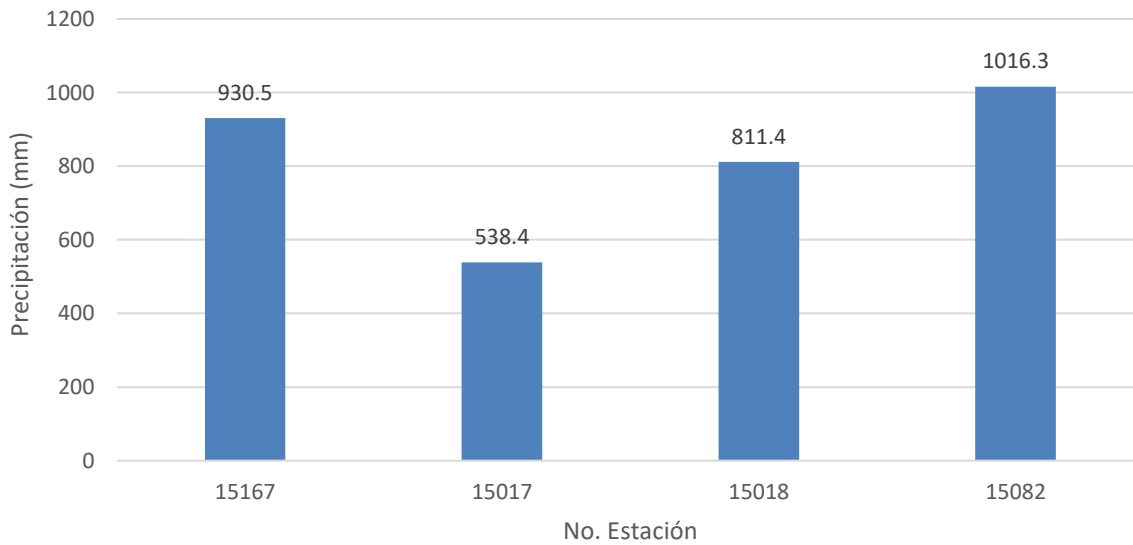




Figura 42. Diagrama de precipitación mensual
Coatepec 1981

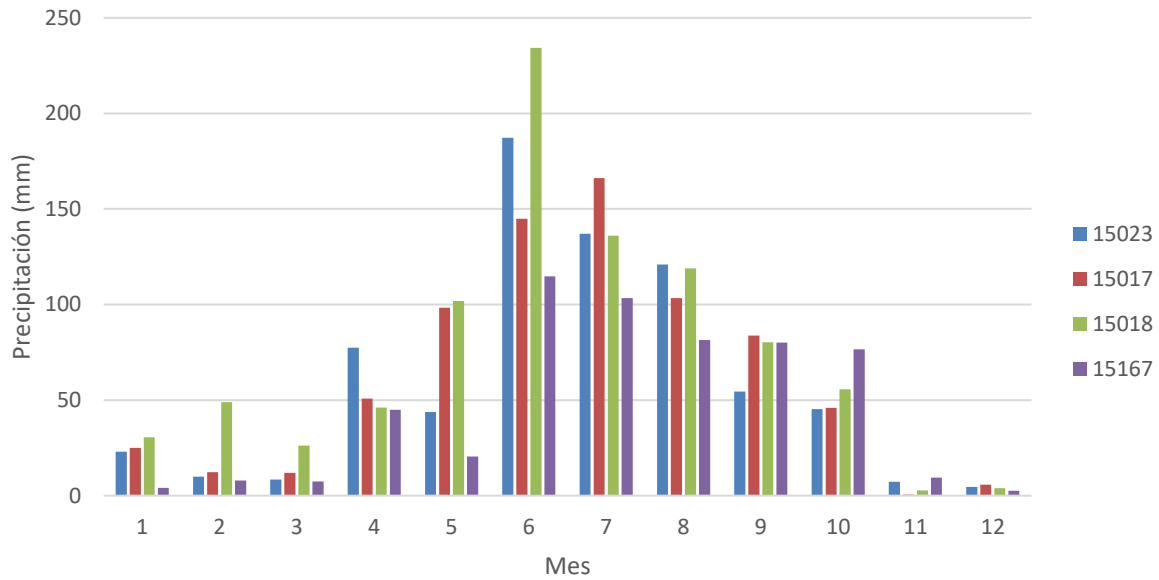
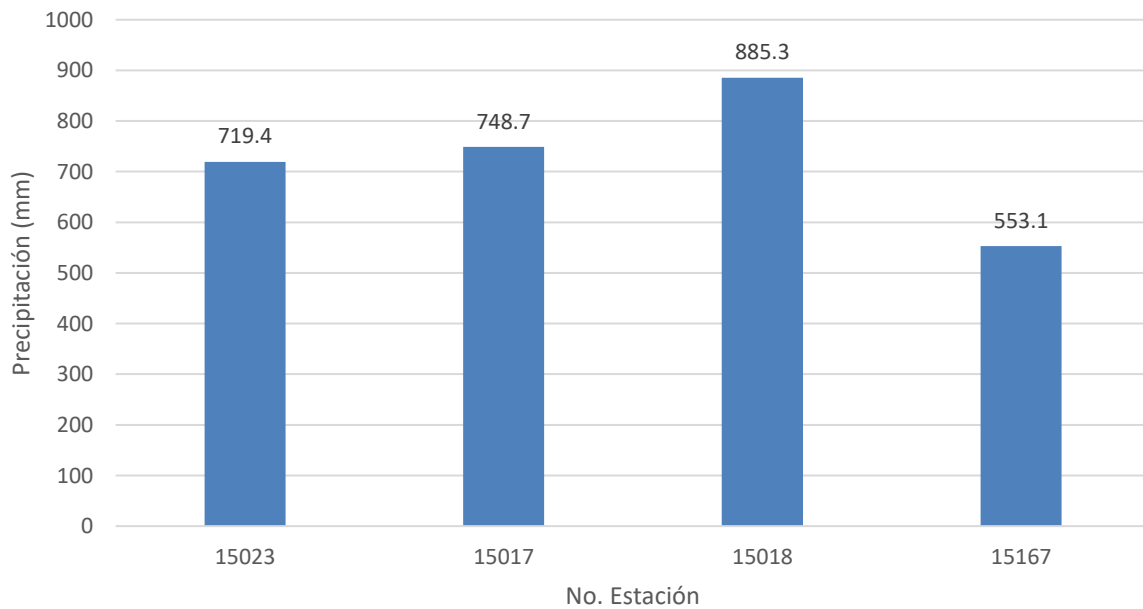


Figura 43. Precipitación anual
Coatepec 1981





8.2.2 Calibración del modelo hidrológico

La calibración tiene como objetivo principal mejorar la capacidad predictiva del modelo. Este proceso se realizó mediante el ajuste sistemático de sus parámetros internos para que el comportamiento simulado de los caudales coincidiera de manera aproximada con los datos hidrométricos medidos en las descargas de cada corriente.

Los resultados fueron sometidos a un análisis estadístico multicriterio para verificar su validez y pertinencia. A continuación, se describen brevemente los métodos utilizados.

8.2.2.1 Métricas de desempeño y criterios de ajuste

A. Gráfico de Valores Acumulados y Error de Balance de Masas

Para evaluar la precisión del modelo hidrológico y asegurar la conservación de la masa de agua a largo plazo, se empleó el *Error de Balance de Masas*. Este indicador, equivalente al *Percent Bias* (PBIAS) descrito por Moriasi et al. (2007), permite cuantificar visual y estadísticamente el sesgo volumétrico acumulado. Un porcentaje de error bajo indica un desempeño robusto, confirmando que el modelo no sobreestima ni subestima significativamente los caudales observados, validando así su capacidad predictiva.

$$m = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sm} - Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

Donde Q_{sim} = Caudal simulado, Q_i = Caudal observado

Si m es bajo (5-10%), el volumen se mantiene estable a lo largo del tiempo; si m es alto (30-50% o más), el volumen es inestable o fluctuante.



En cuanto al sesgo, los valores negativos indican que los resultados caen por debajo del volumen observado, y los números positivos que se sitúan por encima de él. Cabe mencionar que no necesariamente porque un valor sea negativo quiere decir que el volumen simulado acumulado quedará por debajo del valor observado, pues la distribución de los eventos no mantiene una relación cercana con los valores arrojados por la simulación en SWMM.

La validación del modelo no se limitó a índices numéricos, sino que incorporó un ajuste visual mediante *Gráficos de Valores Acumulados*. Según Arnold et al. (2012), la inspección gráfica es una etapa crítica en la calibración, ya que permite identificar desviaciones sistemáticas y errores en la tendencia de la conservación de masa que las métricas globales podrían omitir. Este análisis visual confirma la estabilidad del volumen a lo largo del periodo de estudio.

B. Índice de concordancia de Wilmott (d)

El índice de concordancia (d) es una métrica de ajuste muy utilizada que indica el grado en que los valores simulados se aproximan a los observados. Este índice varía entre 0 (sin concordancia) y 1 (concordancia perfecta), y a diferencia de otros, es menos sensible a la sobreestimación de valores extremos (picos de crecida). A través de la aplicación de la ecuación

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

Donde O_i = Valores observados, P_i = Valores simulados



8.2.2.2 Escala de ajuste y resultados cuantitativos

Como referencia para la aceptación del modelo, se presenta la escala de ajuste común utilizada en estudios de calibración (Tabla 19), la cual permite clasificar la calidad predictiva del modelo en función del valor del Índice de Wilmott (d) (*Silva et al., 2018; Marquezan et al., 2019*).

Tabla 19. Valores de referencia para el índice de concordancia de Wilmott (d).

Valor de d	Interpretación	Calidad del Ajuste
1.0 - 0.95	Excelente	El modelo replica casi exactamente los datos observados.
0.94 - 0.85	Muy Bueno	El modelo captura bien la variabilidad y magnitud con errores menores.
0.84 - 0.75	Bueno	El modelo es funcional y representa la dinámica general correctamente.
0.74 - 0.60	Satisfactorio/ Regular	Aceptable para análisis preliminares, pero con sesgos visibles.
0.59 - 0.50	Pobre	El modelo tiene errores significativos; requiere recalibración.
< 0.50	Insatisfactorio	El modelo no representa la realidad del sistema.

Nota: elaboración propia

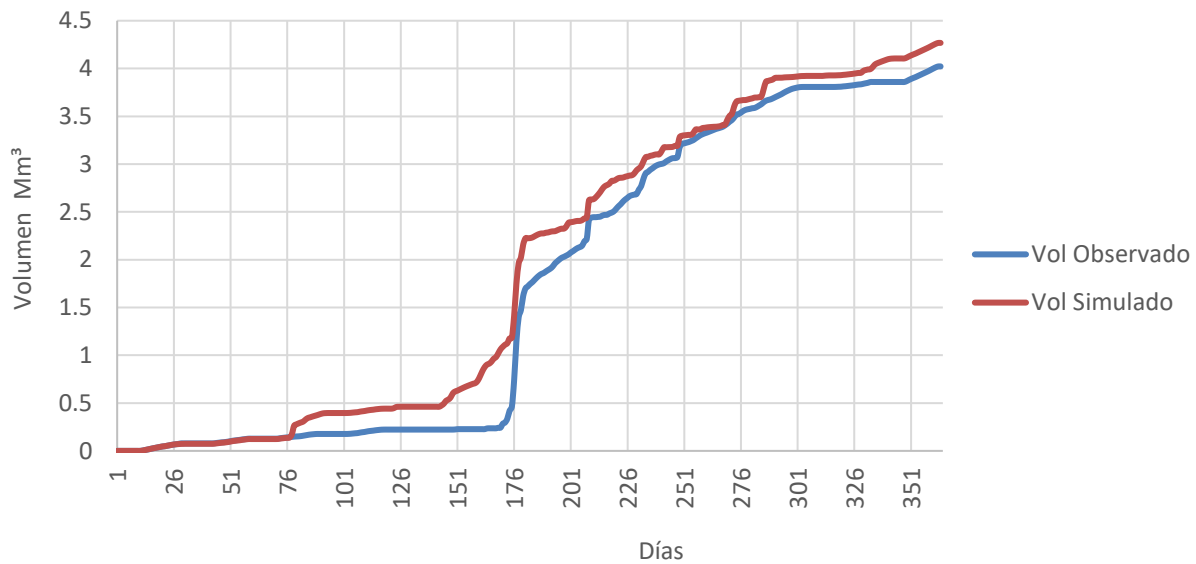


Microcuenca Río San Juan Teotihuacán

El modelo muestra un ajuste visual muy bueno con las observaciones acumuladas a largo plazo, demostrando una conservación de masa adecuada. El valor del Error de Balance de Masas para este análisis fue de -0.04%, muy por debajo del umbral del 5-10%, lo que confirma un volumen estable y una buena predicción del volumen total.

Según el Índice de Wilmott $d=0.45$, el modelo se considera dentro de un rango insatisfactorio, situación que se debe a la simplificación de los procesos de infiltración en el modelo SWMM y a la información disponible de la precipitación que realmente cae en cada microcuenca.

Figura 44. Gráfico de Valores Acumulados
Corriente: San Juan Teotihuacán
Año de calibración: 1971

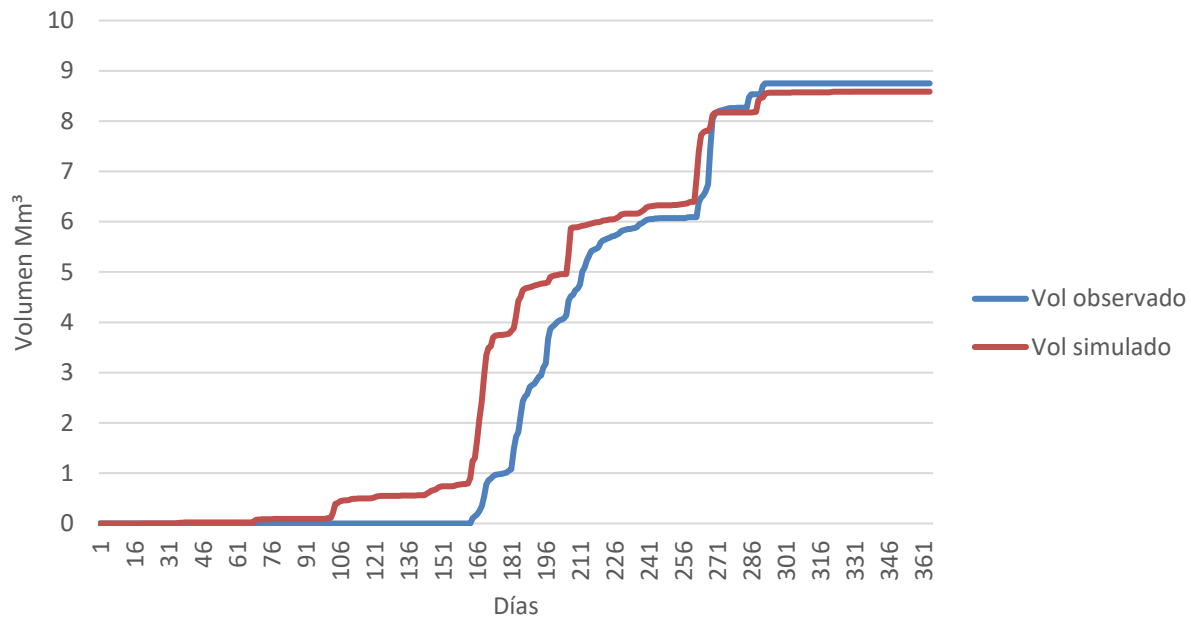




Microcuenca Río Papalotla

El modelo exhibe un ajuste visual favorable respecto a las observaciones acumuladas a largo plazo, demostrando una conservación de masa adecuada. El Error de Balance de Masas arrojó un valor de -1.87, situándose por debajo del umbral del 5-10%, lo que garantiza un volumen hídrico estable y una predicción confiable del total. Por su parte, el Índice de Wilmott $d=0.61$ clasifica el desempeño como satisfactorio, lo cual sugiere que la disponibilidad de datos de entrada para este año de calibración fue más robusta.

Figura 45. Gráfico de Valores Acumulados
Corriente: Papalotla
Año de calibración: 1974

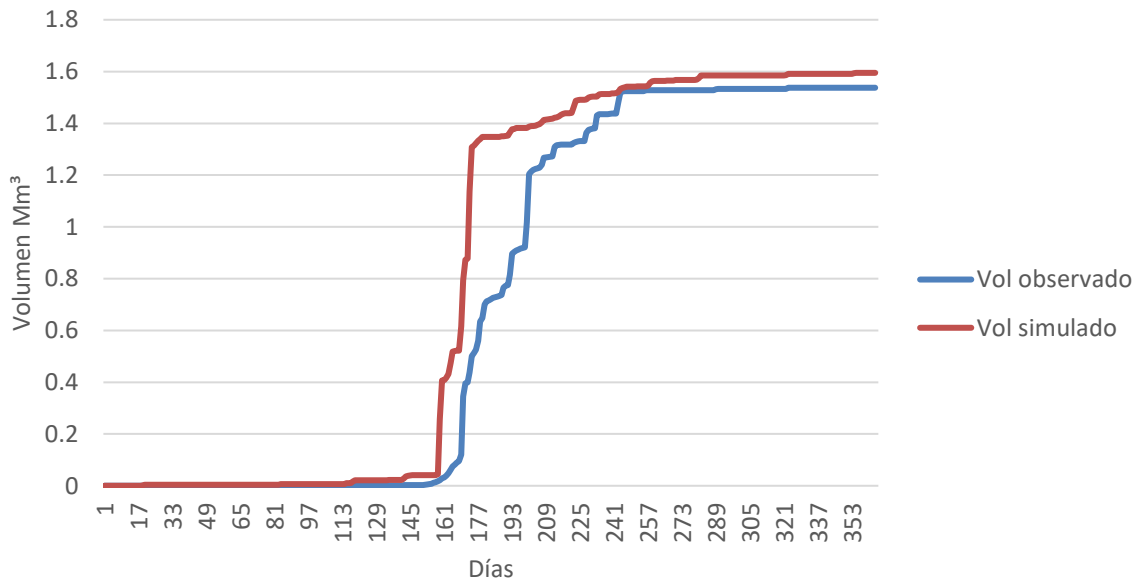




Microcuenca Río Xalapango

Para esta subcuenca, se mantiene un buen comportamiento visual en la conservación de masa a largo plazo. El indicador volumétrico resultó en 3.73%, confirmando la estabilidad de la simulación al mantenerse dentro del rango óptimo de aceptación. Aunque el estadístico de Wilmott $d=0.59$ cae en la categoría de ajuste pobre según la escala, la inspección gráfica corrobora que no existe una disparidad grande entre los volúmenes totales acumulados al final del periodo.

Figura 46. Gráfico de Valores Acumulados
Corriente: Xalapango
Año de calibración: 1961

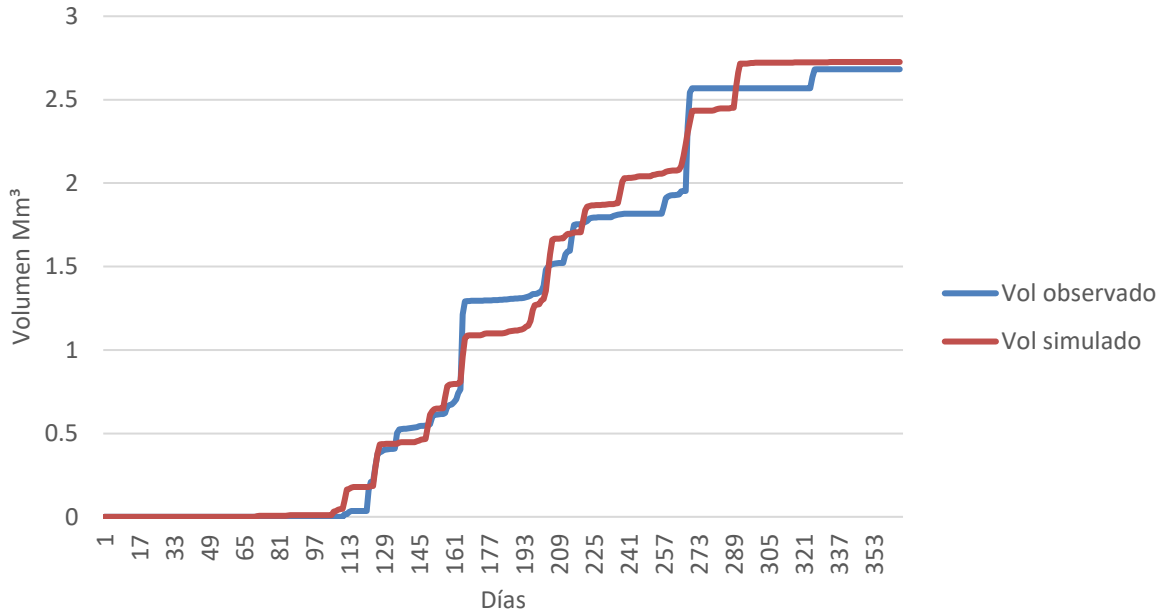




Microcuenca Río Coxcacoco

La representación gráfica evidencia un seguimiento visual muy preciso a largo plazo, con variaciones mínimas entre las curvas. Esta estabilidad se ratifica numéricamente mediante un $m=1.62\%$, indicando una predicción óptima de los volúmenes totales. En congruencia con la gráfica, el índice $d=0.61$ avala un nivel de ajuste satisfactorio para la dinámica de escurrimiento de esta corriente.

Figura 47. Gráfico de Valores Acumulados
Corriente: Coxcacoco
Año de calibración: 1972

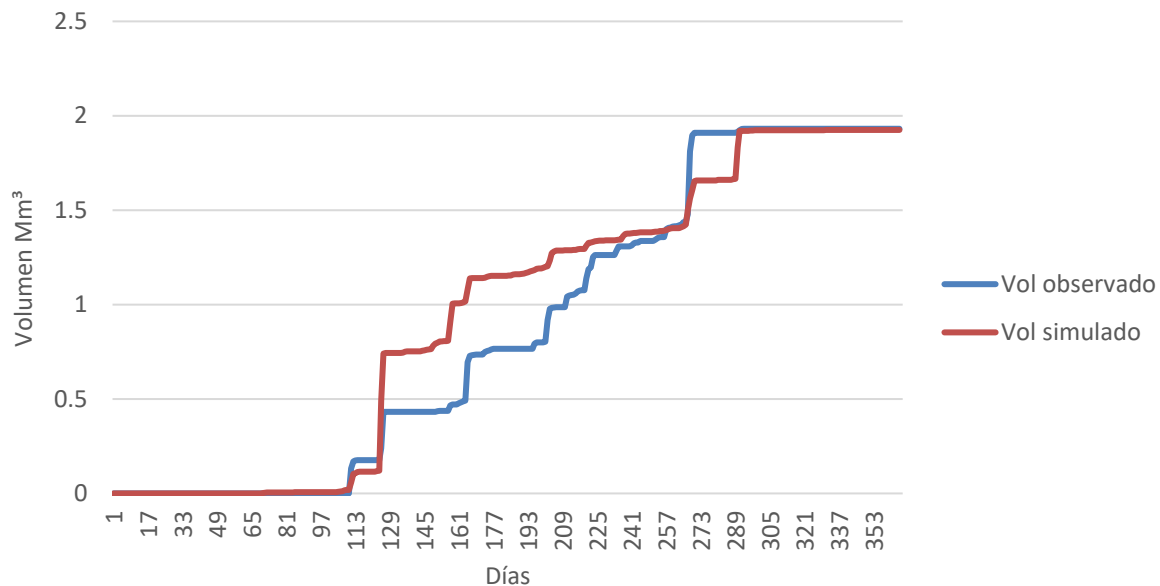




Microcuenca Río Texcoco

La simulación refleja una apropiada conservación de masa en la evaluación visual de valores acumulados. El error volumétrico m fue apenas de -0.32%, indicando una alta estabilidad predictiva general. Asimismo, el ajuste temporal evaluado por el Índice de Wilmott $d=0.64$ se reporta en el rango satisfactorio.

Figura 48. Gráfico de Valores Acumulados
Corriente: Texcoco
Año de calibración: 1972

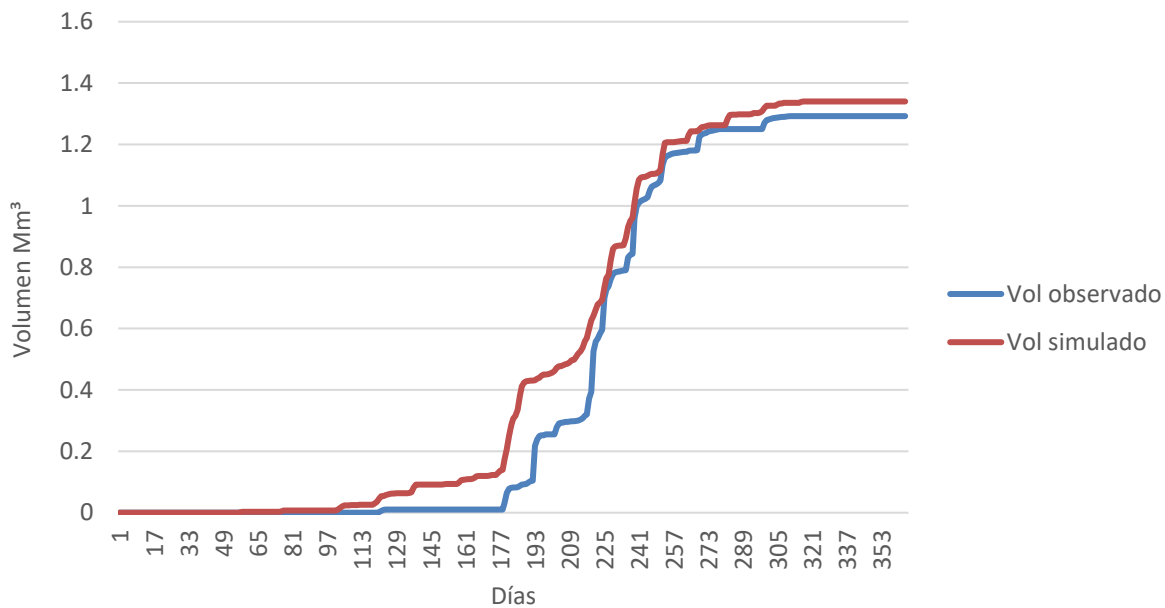




Microcuenca Río Chapingo

En esta corriente, el ajuste de los volúmenes simulados versus los observados sigue siendo altamente propicio para la conservación de la masa a largo plazo. La estabilidad general queda demostrada con un valor m de 3.70%, asegurando un buen cierre de balance. Adicionalmente, el modelo logra capturar de forma adecuada la variabilidad temporal de la cuenca, obteniendo un índice de concordancia $d=0.68$, clasificado como satisfactorio.

Figura 49. Gráfico de Valores Acumulados
Corriente: Chapingo
Año de calibración: 1973

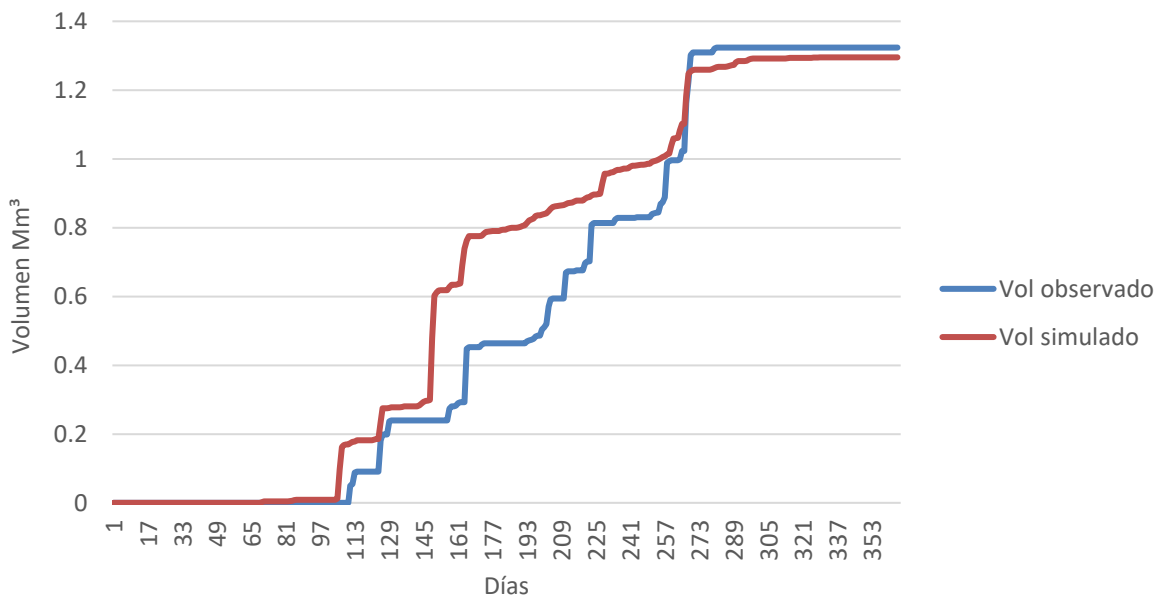




Microcuenca Río San Bernardino

Gráficamente, el modelo logra seguir la tendencia del volumen observado con un buen comportamiento asintótico. El cálculo de balance de masas arrojó un m de -2.15%, un valor sumamente estable que avala la cuantificación final del recurso en la cuenca. Sin embargo, la distribución del flujo en el tiempo resultó en un índice $d=0.44$ (insatisfactorio), condicionado nuevamente por las restricciones paramétricas de la infiltración en SWMM y la representatividad espacial de la lluvia.

Figura 50. Gráfico de Valores Acumulados
 Corriente: San Bernardino
 Año de calibración: 1972

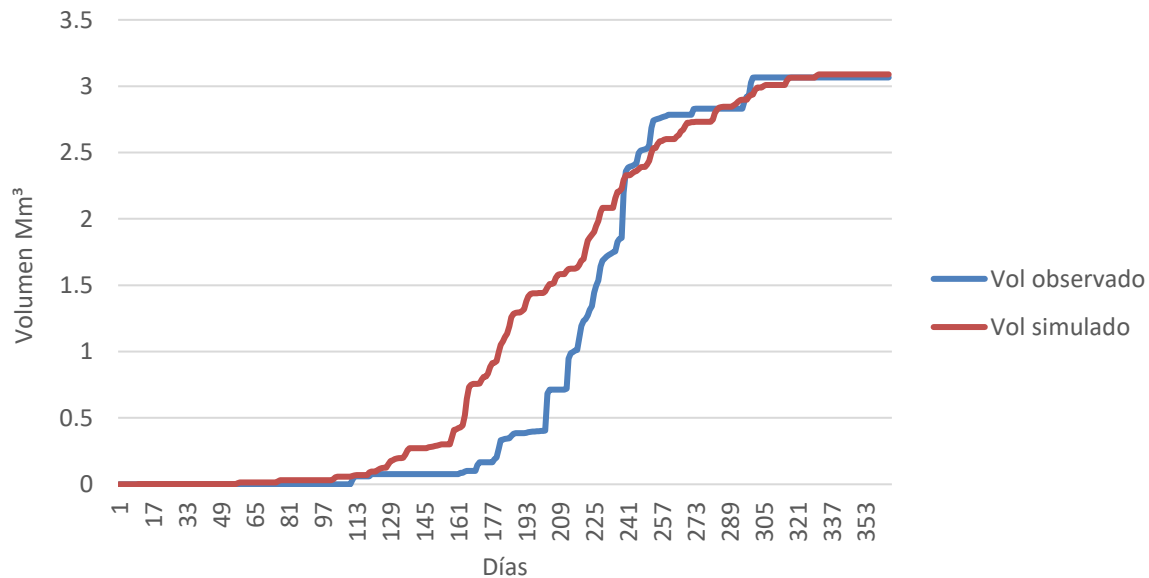




Microcuenca Río Santa Mónica

La inspección a largo plazo denota una correcta retención y simulación de la masa hídrica acumulada. El parámetro m se situó en un sobresaliente 0.74%, reafirmando una predicción altamente estable para el volumen anual. Al igual que en San Bernardino, la variabilidad diaria arroja un Índice de Wilmott insatisfactorio $d=0.50$, originado por las simplificaciones inherentes del modelo hidrológico empleado y las limitantes pluviométricas de la región.

Figura 51. Gráfico de Valores Acumulados
Corriente: Santa Mónica
Año de calibración: 1973

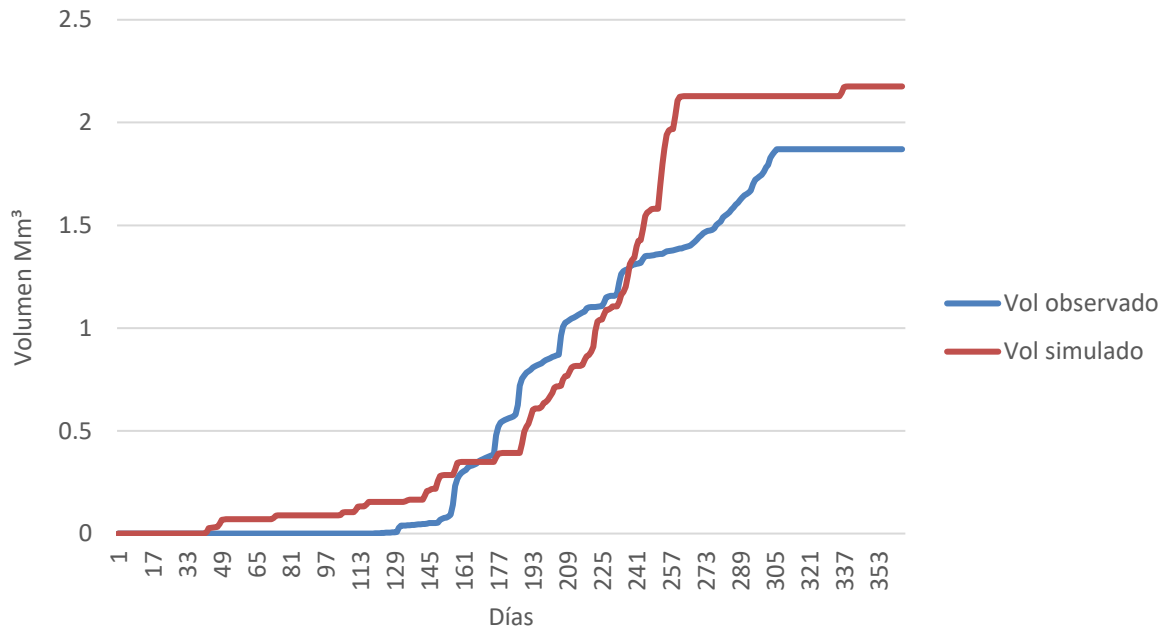




Microcuenca Río Coatepec

A pesar de conservar un ajuste visual continuo con las observaciones a largo plazo, esta es la única zona de estudio que presenta un porcentaje de transición en su Error de Balance de Masas, con un m equivalente al 16.33%. Al alejarse de la estabilidad del 10%, el volumen muestra mayores fluctuaciones. Consecuentemente, su Índice de Wilmott refleja el valor más bajo del grupo $d=0.38$, (insatisfactorio), fuertemente impactado por la abstracción de la infiltración en el software y los datos climáticos de entrada.

Figura 52. Gráfico de Valores Acumulados
Corriente: Coatepec
Año de calibración: 1979





8.3 Estimación de la demanda Hídrica

8.3.1 Protocolo de proyección demográfica

Para la proyección demográfica, se adoptó inicialmente el método del promedio de la tasa de crecimiento, tomando como base la información histórica de los censos disponibles por municipio. Posteriormente, con el fin de corroborar la consistencia de las estimaciones y asegurar un ajuste estadístico robusto, se verificó la pertinencia de los resultados mediante el método de los mínimos cuadrados. Este enfoque dual permite contrastar la inercia histórica con la tendencia matemática más ajustada.

Método del Promedio de la Tasa de Crecimiento

Este método inicial adopta como base la información histórica de los censos disponibles a nivel municipal. Su funcionamiento consiste en calcular la velocidad de cambio poblacional entre diferentes periodos censales para obtener un promedio de estas variaciones. El método asume que la dinámica de crecimiento del pasado inmediato se mantendrá en el futuro cercano. Es ampliamente aceptado en el campo de la demografía para estimaciones a corto y mediano plazo, debido a que respeta la historia real del comportamiento de la población. Las bases matemáticas y demográficas de las tasas de crecimiento poblacional han sido ampliamente documentadas en la literatura académica estándar de la demografía (Siegel et al., 2004).

Método de los Mínimos Cuadrados

El método de los mínimos cuadrados es un procedimiento estadístico clásico para el análisis de regresión y tendencias (Anderson et al., 2008). En este estudio se utilizó para corroborar la consistencia de las estimaciones. Es una técnica que busca trazar



la "línea de mejor ajuste" lo más cerca posible de los datos históricos, con el objetivo de minimizar el error entre el dato real y el proyectado. Destaca por ser matemáticamente robusto al reducir la influencia de valores atípicos o errores de medición de un censo específico.

Al aplicarlo como método de verificación, se garantiza que la proyección no se desvíe drásticamente de la tendencia estadística a largo plazo. Los parámetros de validación no pueden ser aplicables para resultados menores al 90% como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Valores de referencia para el Método de los Mínimos Cuadrados

Valor de R^2	Interpretación
1.0 - 0.95	Excelente. El crecimiento es claramente lineal. El método es seguro para proyectar
0.94 - 0.90	Bueno. Aceptable para proyecciones a corto/mediano plazo
< 0.90	Deficiente. La población probablemente no crece de forma aritmética.

Nota: elaboración propia

En la Tabla 21 se presentan los criterios de porcentajes para el rubro de dotaciones público y de servicios sugeridos en el documento: Seminario-taller "Información para la toma de decisiones: Población y Medio Ambiente" (Cervera y Rangel, 2015).

Asimismo, en la Tabla 21a se presentan los datos de población para 2022 por microcuenca, siendo la dotación base 170 l/hab/día. Para verificar la estadística detrás de la proyección demográfica, consultar el apartado A en la sección de Anexos.



Tabla 21. Porcentajes de dotación hídrica del sector servicios por categoría de localidad.

Margen de población	Tipo de localidad	Denominación coloquial	Porcentaje volumétrico para el sector servicios
249 o menos	Rural	Caserío	0
250 - 499	Rural	Aldea	1
500 - 999	Rural	Ranchería	2
1,000 - 2,499	Rural	Pueblo Rural	3
2,500 - 4,999	Semiurbano	Pueblo Urbano	5
5,000 - 9,999	Semiurbano	Comarca	8
10,000 - 19,999	Semiurbano	Villa	10
20,000 - 49,999	Urbano	Ciudad	12
50,000 - 99,999	Urbano	Pequeña urbe	15
100,000 - 249,999	Urbano	Gran urbe	25
250,000 o más	Urbano	Metrópoli	30

Nota: adaptación hecha a partir de *Cervera y Rangel (2015)*

Tabla 21a. Población y demanda de consumo para el sector doméstico – público/servicios año 2022.

Microcuenca	Población (Hab)	Tipo de localidad	Demanda doméstica (Mm ³)	Demanda público-servicios (Mm ³)
San Juan Teotihuacán	260834	Metrópoli	16184.8	4855.4
Papalotla	83125	Pequeña urbe	5157.9	773.7
Xalapango	103559	Gran urbe	6425.9	1606.5
Coxcacoaco	51016	Ciudad	3165.6	379.9
Texcoco	89485	Pequeña urbe	5552.6	832.9
Chapingo	26657	Ciudad	1654.1	198.5
San Bernardino	27355	Ciudad	1697.4	203.7
Sta. Mónica	71740	Pequeña urbe	4451.4	667.7
Coatepec	722215	Metrópoli	44813.4	13444.0

Nota: elaboración propia



8.3.2 Estimación de la demanda productiva.

Para determinar la componente productiva de la demanda hídrica dentro de la zona de estudio, se realizó un análisis de los volúmenes concesionados registrados en la base de datos del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), administrada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Debido a la dinámica administrativa de las concesiones, el procesamiento de la información se rigió bajo criterios estrictos para asegurar la representatividad de la demanda actual. Se filtraron y contabilizaron únicamente aquellos títulos de concesión con estatus vigente, descartando registros vencidos, cancelados o en trámite que pudieran distorsionar el balance final.

Asimismo, el análisis se focalizó en los dos sectores de uso consuntivo con mayor impacto en el balance hídrico de la subcuenca, clasificando la extracción de la siguiente manera:

- **Uso Agrícola:** Comprende los volúmenes destinados al riego de parcelas y actividades agropecuarias, las cuales representan una fracción significativa de la extracción, particularmente en las zonas de pie de monte y la periferia de la planicie lacustre.
- **Uso Industrial:** Agrupa las concesiones otorgadas a unidades económicas de transformación y servicios industriales presentes en la región.

Los volúmenes anuales autorizados fueron georreferenciados y agrupados por microcuenca para determinar la ubicación espacial de la presión hídrica productiva en la Figura 53. En la Tabla 23 se presenta el resumen de los volúmenes concesionados vigentes en el 2022.




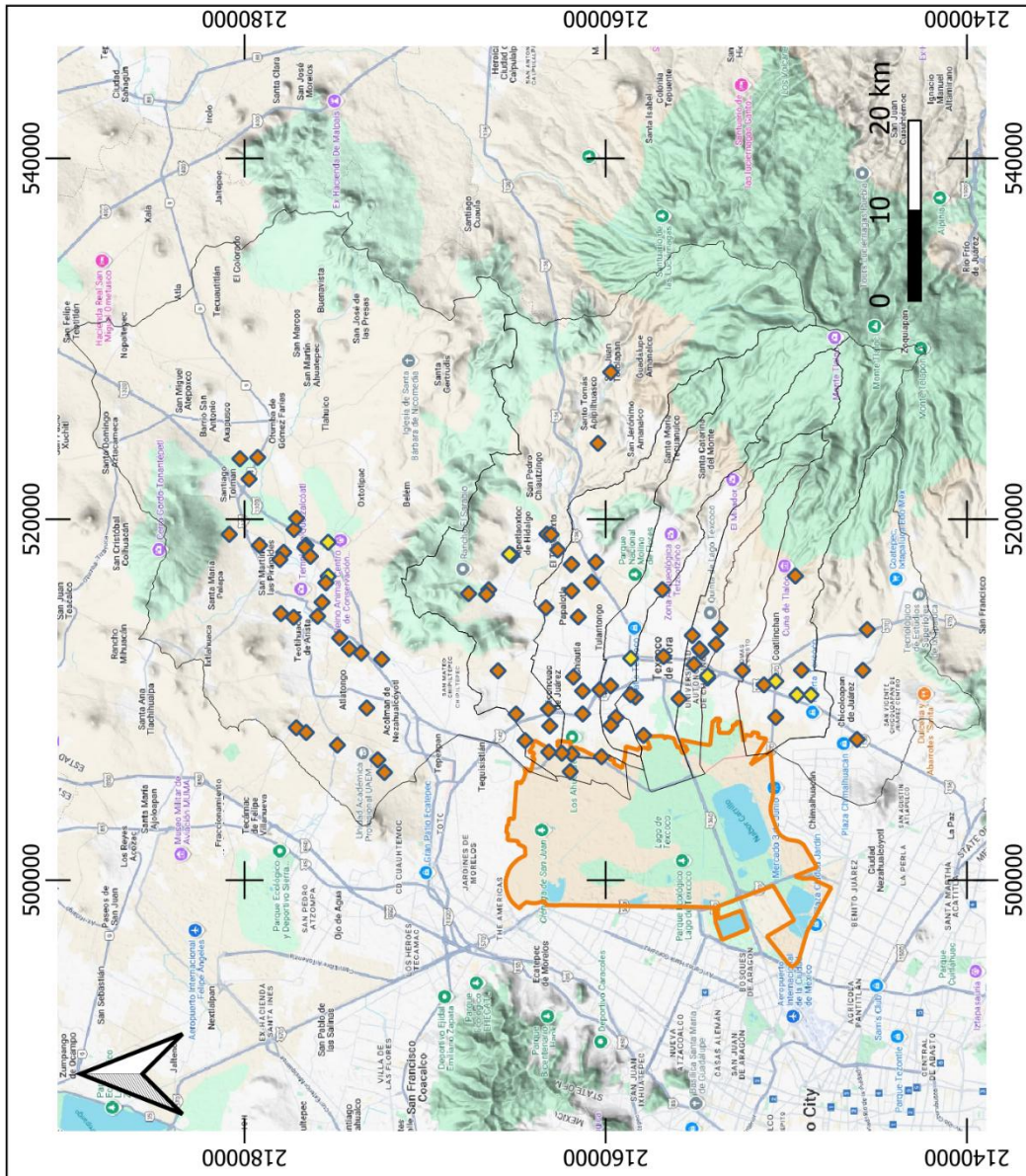
<p>Macrolocalización</p> 	<p>Simbología:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Concesión pl agricultura ◆ Concesión pl industria 	<p>Nombre del plano: Plano de Ubicación de Concesiones REPDA</p> <p>Escala: 1:350 000 Fecha: 28 de Nov 2025 Elaboró: Quetzaltili Santos A</p>
--	---	--

Figura 53. Mapa de ubicación de concesiones REPDA.





9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Este capítulo presenta los resultados cuantitativos y el análisis del balance hídrico de la subcuenca del lago de Texcoco, cumpliendo con el objetivo de establecer la disponibilidad de agua superficial y su proyección a mediano plazo.

Con base en el modelo hidrológico calibrado, esta sección cuantifica la oferta de cada microcuenca aportadora y la contrasta con la demanda hídrica proyectada (público-urbana, agrícola e industrial).

El capítulo se estructura en tres ejes principales: la cuantificación del balance hídrico base (2022), la proyección del balance al 2050 bajo el escenario de SSP2-4.5, y finalmente, la discusión de las implicaciones para la gestión del agua.

9.1 Balance hídrico base (2022)

A nivel nacional, el 2022 se consideró un año normal en precipitaciones, con una mínima diferencia de 4.2 mm por debajo del promedio. No obstante, la distribución espacial de las lluvias fue heterogénea en la cuenca de estudio. Específicamente, en el oriente del Estado de México, el municipio de Ecatepec de Morelos registró eventos de inundación lo que sugiere que, más allá del acumulado anual, la intensidad de las precipitaciones en lapsos cortos superó la capacidad de infiltración y drenaje, saturando la infraestructura hidráulica de la zona.

El balance hídrico base de 2022 se cuantificó a partir de tres componentes clave: la oferta hídrica (escurrimiento), los retornos y los usos del agua. Para este análisis, se utilizaron exclusivamente las estaciones climatológicas que se encontraban en operación durante dicho periodo, las cuales pueden ser consultadas en el mapa de la Figura 53.



9.1.1 Componentes de la oferta hídrica

La cuantificación de la disponibilidad hídrica debe considerar las transferencias en el sistema, sin embargo, en la consulta realizada en el Atlas de Cuencas Hidrológicas de la Secretaría del Agua del Estado de México no se identificó información que abordara estos conceptos para las microcuencas en estudio. Ante la falta de datos oficiales, se asumió el escurrimiento pluvial como la principal fuente de aporte hídrico. En la Tabla 15 el concepto Cp se refiere al escurrimiento natural por cuenca propia y resume los resultados de la simulación en SWMM, mostrados en los hidrogramas de las figuras 64 a 72, mismos que fueron construidos a partir de datos de precipitación 2022, presentados en el Anexo B.

Retornos

El volumen de retornos también es considerado como parte de las entradas al sistema. La zona de estudio es una superficie que no cuenta con aforo, por lo que este volumen se determinó mediante la aplicación de un porcentaje fijo que es dependiente del uso específico del agua

Tabla 22. Porcentajes recomendados de retorno para diferentes usos del agua

Usos	% Rango	% Retorno
Agrícola	10-30	20
Público Urbano	70-80	75
Industrial	50-60	55
Doméstico	70-80	75
Pecuario	10-30	15
Acuacultura	95-100	100
Generación de	95-100	100

Nota: Adaptado de Cuadro 1., Norma Oficial Mexicana NOM 011 CONAGUA 2015.



Usos del agua

Los usos del agua se clasificaron en cuatro grandes rubros, los de mayor consumo: doméstico, público-servicios, agrícola e industrial. La siguiente tabla muestra los volúmenes de demanda correspondientes a 2022 para cada uso por microcuenca.

Tabla 23. Demanda hídrica anual por usos consuntivos 2022

Microcuenca	Demanda doméstica (Mm ³)	Demanda público-servicios (Mm ³)	Agricultura (Mm ³)	Industria (Mm ³)	Demanda Total (Mm ³)
San Juan Teotihuacán	16.18	4.86	4.56	0.97	26.57
Papalotla	5.16	0.77	8.96	0.57	15.47
Xalapango	6.43	1.61	2.85	-	10.88
Coxcacoaco	3.17	0.38	0.34	0.02	3.90
Texcoco	5.55	0.83	1.71	-	8.10
Chapingo	1.65	0.20	0.84	0.02	2.71
San Bernardino	1.70	0.20	0.22	-	2.13
Santa Mónica	4.45	0.67	1.69	0.17	6.98
Coatepec	44.81	13.44	1.43	-	59.69
Lago	-	-	1.39	-	1.39

Nota: elaboración propia

El análisis de la demanda hídrica anual por usos consuntivos revela grandes disparidades entre las microcuencas:

Mayor demanda general: la microcuenca de Coatepec registra la mayor demanda, con 44.81 Mm³ en el uso doméstico y 13.44 Mm³ en el uso público-urbano.

Demanda agrícola dominante: la microcuenca de Papalotla presenta el mayor consumo en el rubro agrícola, con 8.96 Mm³

Demanda industrial: el uso industrial es el de menor volumen total; la mayor demanda se concentra en San Juan Teotihuacán 0.97 Mm³



Zona del lago: la microcuenca del lago no registra demandas domésticas o público/servicios, pero sí una demanda agrícola de 1.39 Mm³.

9.1.2 Balance hídrico consolidado 2022

La tabla 24 resume los componentes principales del balance hídrico anual, donde todos los valores están expresados en Millones de metros cúbicos Mm³.

Tabla 24. Balance hídrico 2022

Microcuenca	Cp	Re	U	Ev	Δv
San Juan Teotihuacán	8.34	17.23	26.57	-	-1.01
Papalotla	5.22	6.56	15.47	-	-3.69
Xalapango	4.81	6.59	10.88	-	0.53
Coxcacoaco	4.43	2.74	3.90	-	3.27
Texcoco	2.90	5.13	8.10	-	-0.07
Chapingo	1.72	1.57	2.71	-	0.58
San Bernardino	2.04	1.47	2.13	-	1.38
Santa Mónica	1.47	4.27	6.98	-	-1.24
Coatepec	4.77	43.98	59.69	-	-10.94
Lago	87.78	0.28	1.39	228.21	-141.54

Nota: elaboración propia

- Cp** Ecurrimiento natural por cuenca propia (Oferta hídrica superficial).
- Re** Retornos (Agua que regresa al sistema tras ser usada).
- U** Uso o Demanda Hídrica Consuntiva total (Suma de demandas doméstica, público-urbana, agrícola e industrial).
- Ev** Evaporación (Solo aplica a la microcuenca del Lago).
- Δv** Balance: Superávit (positivo) o Déficit (negativo).

El análisis revela un panorama heterogéneo donde las microcuencas altamente urbanizadas, como Coatepec y San Juan Teotihuacán, están bajo estrés hídrico y operan con un déficit estructural. Este déficit implica que el agua para estas zonas debe provenir de fuentes externas, generalmente la sobreexplotación del acuífero o transferencias intercuenas, lo cual es insostenible a largo plazo.



Por otro lado, las microcuencas con menor demanda ayudan a compensar parcialmente el balance, pero el gran déficit del lago por evaporación demuestra el alto riesgo hidrológico y la vulnerabilidad del sistema en su conjunto.

9.2 Proyecciones al 2050 y escenarios

Para la proyección, se consideró el crecimiento de la población, aunque se aplicó un decremento en la dotación diaria de agua por persona (150 l/hab/día). Sin embargo, para la modelación hidrológica en SWMM, no se consideró un crecimiento significativo de la mancha urbana, una decisión justificada por la limitada disponibilidad de agua prevista para las microcuencas.

En la Tabla 25 se resume la revisión de los Planes de Desarrollo Urbano y/o Municipales disponibles para algunos municipios que componen el área de estudio ⁽¹⁾

Tabla 25. Estrategia territorial y enfoque de expansión urbana por municipio

Municipio	¿Considera Expansión?	Enfoque Principal del Plan
Otumba	SÍ	Nuevas áreas al O y SO; vivienda e industria.
Papalotla	SÍ	Incorporación planificada de suelo.
Tezoyuca	SÍ	Crecimiento por etapas y redensificación.
Teotihuacán	SÍ (Limitada)	Reservas para crecimiento de poblados.
Tecámac	SÍ (Ordenamiento)	Gestionar impacto AIFA y frenar desorden.
Ixtapaluca	NO (Consolidación)	Contener crecimiento horizontal; regularizar.
Chicoloapan	NO (Consolidación)	Mejorar infraestructura existente.
Chiconcuac	NO	Ordenar comercio y servicios.

Nota: elaboración propia con base en los Planes de Desarrollo Municipal y Urbano de Otumba (2022), Papalotla (2022), Tezoyuca (2022), Teotihuacán (2023), Tecámac (2022), Ixtapaluca (2021), Chicoloapan (2025) y Chiconcuac (2025).

¹ La revisión de los instrumentos de planeación con vigencia 2025-2027 se realizó en la etapa final del estudio (2025) para confirmar la persistencia de las tendencias de crecimiento urbano en el área de estudio.



El análisis de estos documentos reveló una divergencia de estrategias:

- Solo cinco municipios (Otumba, Papalotla, Tezoyuca, Teotihuacán y Tecámac) proyectan alguna forma de expansión o crecimiento, aunque en algunos casos sea limitada o enfocada al ordenamiento.
- Los municipios restantes (Ixtapaluca, Chicoloapan y Chiconcuac) centran su estrategia en la consolidación y ordenamiento de la infraestructura existente.

En consecuencia, el crecimiento de la mancha urbana es previsiblemente pequeño respecto al volumen proyectado de población al 2022.

9.2.1 Impacto del Cambio Climático en la oferta

La proyección del Balance Hídrico al 2050 se basó en el modelo de circulación global EC-Earth3 bajo el escenario de emisiones SSP2-4.5 (un escenario de mitigación intermedia). La selección de este modelo se realizó bajo un criterio de doble robustez metodológica:

1. **Justificación por sensibilidad climática e ICU:** El EC-Earth3 pertenece al subgrupo de modelos CMIP6 con alta Sensibilidad Climática de Equilibrio (ECS), lo que proyecta un mayor calentamiento global. Este sesgo se utilizó intencionalmente para absorber el efecto de la Isla de Calor Urbana (ICU).

Como menciona (Estrada Porrúa, s.f.; Jáuregui, 1997):

"Estudios regionales demuestran que el efecto de Isla de Calor Urbana en la ZMVM incrementa las temperaturas superficiales del aire hasta en 3° a 5°..."



Cabe aclarar que no se realizó un análisis de las proyecciones de temperatura; la selección del modelo solo sirvió para respaldar la tendencia de un aumento en las tasas de evaporación.

2. **Criterio cuantitativo de evaporación:** A fin de mantener un volumen de evaporación conservador y asegurar la robustez del balance, se implementaron dos medidas:

- **Evaporación del lago (superficie):** se utilizó el valor máximo de evaporación registrado históricamente para la zona del lago, que es de 2,300 mm/año. Comisión Nacional del Agua. (2024)
- **Evaporación de microcuencas (proyección):** El cálculo mensual se basó en un incremento de 0.5 mm sobre el promedio de 2022. Se optó por este valor para reflejar la tendencia de la microcuenca de San Juan (que constituye el 50% de la zona de estudio y mostró un alza de 1 mm desde la calibración), proporcionando un escenario más conservador y realista frente a las proyecciones extremas del modelo EC-Earth3.

Este enfoque metodológico asegura que la conclusión sobre la inviabilidad de la recuperación del lago no sea producto de una sobreestimación de pérdidas, sino de un déficit estructural. Al confirmarse un balance hídrico negativo incluso bajo parámetros conservadores de pérdida en las microcuencas y utilizando el máximo histórico para el espejo de agua, los resultados adquieren un mayor grado de certeza técnica. Los detalles de los valores utilizados en cada microcuenca se presentan en las figuras 54 a 62.



Figura 54. Tendencia de la evaporación
Microcuenca San Juan Teotihuacán

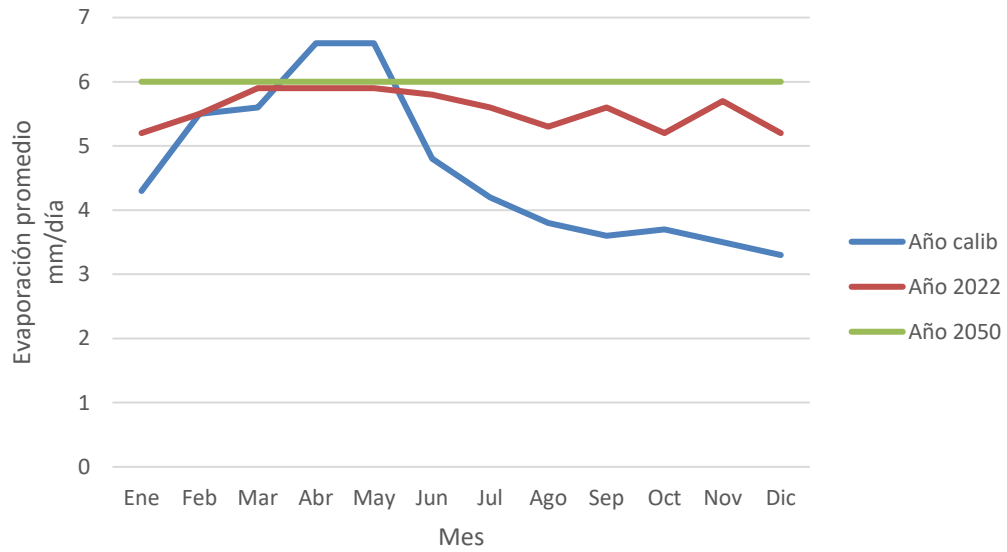


Figura 55. Tendencia de la evaporación
Subcuenca Papalotla

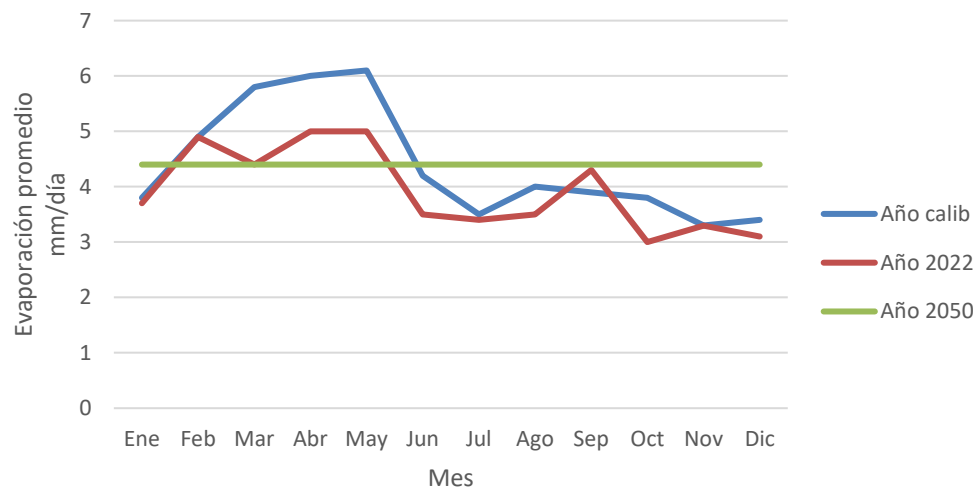




Figura 56. Tendencia de la evaporación
Subcuenca Xalapango

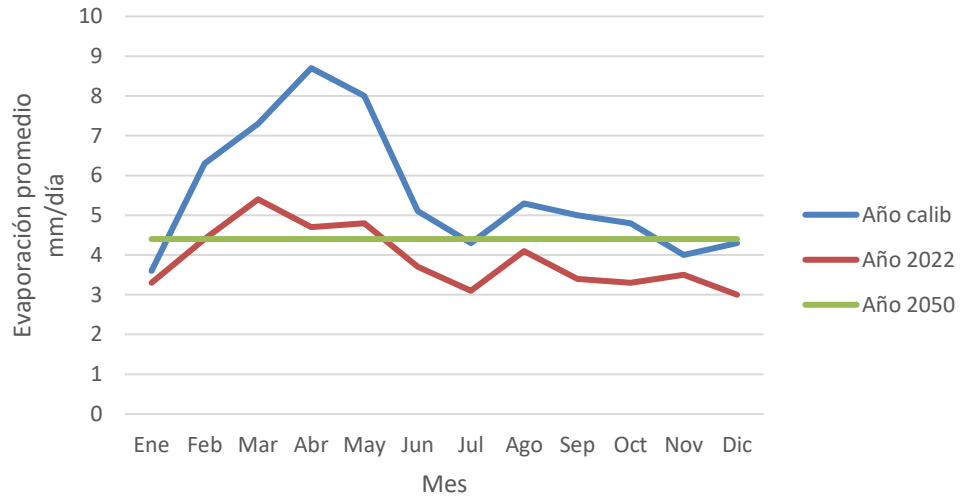


Figura 57. Tendencia de la evaporación
Subcuenca Coxacoaco

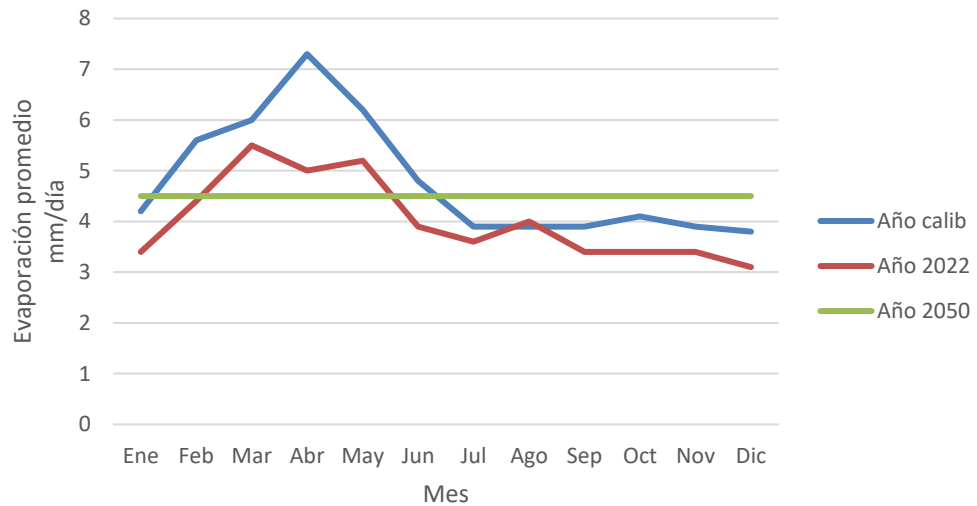




Figura 58. Tendencia de la evaporación
Subcuenca Texcoco

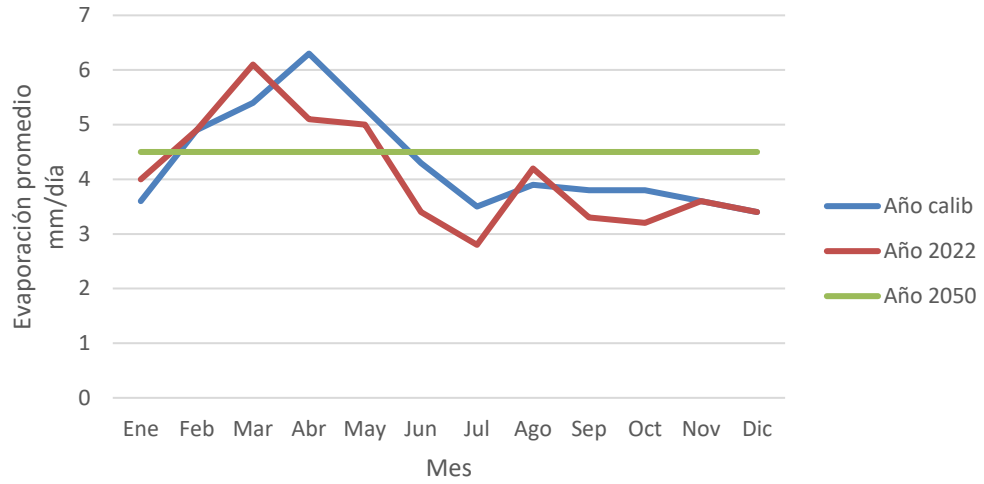


Figura 59. Tendencia de la evaporación
Subcuenca Chapingo

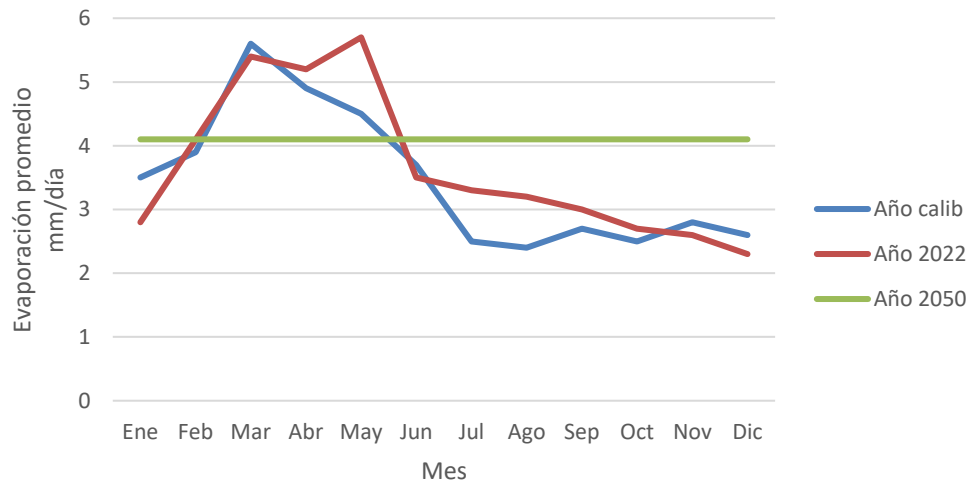




Figura 60.Tendencia de la evaporación
Subcuenca San Bernardino

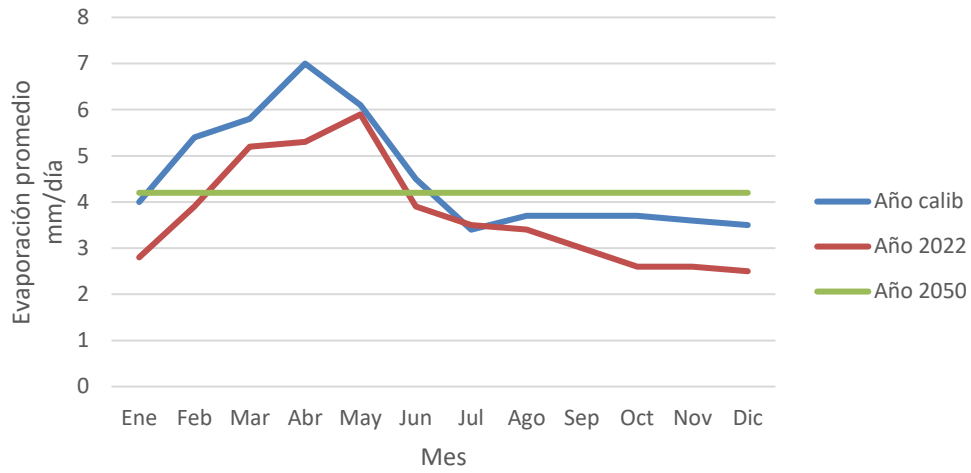


Figura 61.Tendencia de la evaporación
Subcuenca Santa Mónica

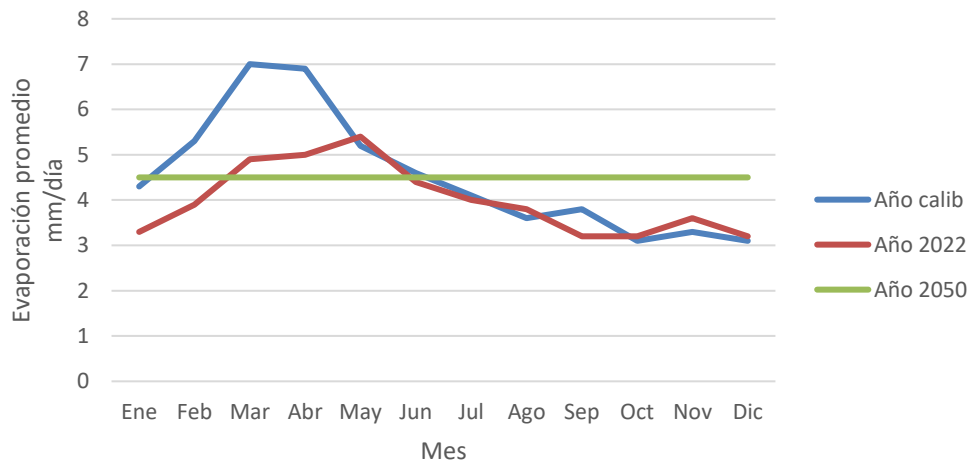
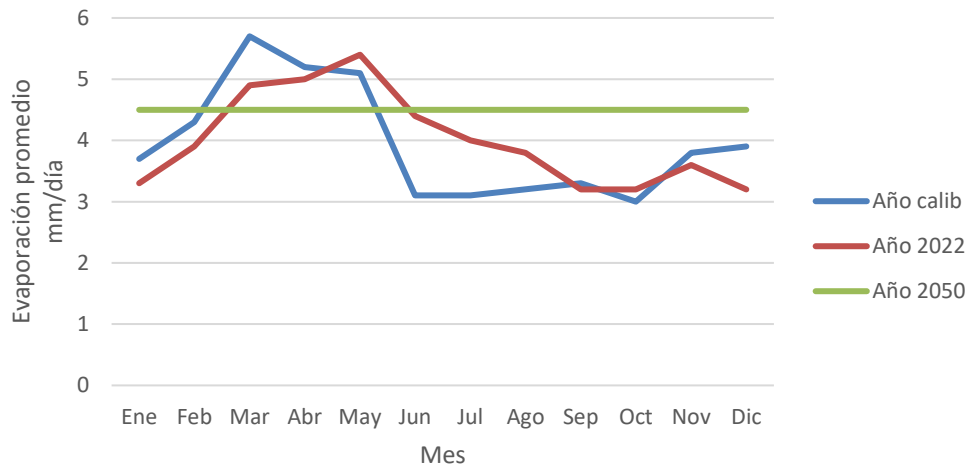




Figura 62. Tendencia de la evaporación
Subcuenca Coatepecc



Análisis de precipitación (Modelo EC-Earth3): La proyección de precipitación para el modelo SWMM (horizonte 2050) se obtuvo aplicando los factores de cambio porcentual del modelo EC-Earth3 a los datos observados de 2022. Dichos factores provienen de las dos celdas del mallado que cubren la zona de estudio (Figura 63), cuyos valores mensuales se detallan en la Tabla 26.

Figura 63. Malla espacial modelo EC-Earth3 SSP2-4.5 año 2050



Nota: Adaptado de *Programa de Investigación en Cambio Climático [PINCC] de la UNAM, s.f.*



Tabla 26. Porcentajes de precipitación escenario 2050

Mes	Cuadro Lago	Cuadro Volcanes
Enero	189.31	94.69
Febrero	-75.3	-58.35
Marzo	-15.53	-12.58
Abril	45.29	66.24
Mayo	47	69.55
Junio	43.09	56.05
Julio	17.93	17.76
Agosto	50.01	79.91
Septiembre	44.84	46.71
Octubre	131	107.38
Noviembre	-33.15	-48.75
Diciembre	7.39	12.39

Fuente: elaboración propia con datos de:
Programa de Investigación en Cambio Climático [PINCC] de la UNAM, s.f.



9.2.2 Proyección de la demanda

Utilizando el procedimiento descrito en el *Anexo A* para la proyección del crecimiento de la población, se tiene que para 2050 la población continuará su crecimiento de manera exponencial, así como la demanda del recurso hídrico, reportando los siguientes valores estimados para una dotación ajustada de 150 l/día/hab. Asimismo, dentro de las consideraciones para el volumen de aguas concesionadas se utilizó la previsión de que se mantendrán en el tiempo, tanto para agricultura como para industria.

Tabla 27. Demanda hídrica anual por usos consuntivos 2050

Microcuenca	Demanda doméstica (Mm ³)	Demanda público-servicios (Mm ³)	Agricultura (Mm ³)	Industria (Mm ³)	Demanda Total (Mm ³)
San Juan Teotihuacán	51.58	15.47	4.56	0.97	72.58
Papalotla	13.79	4.14	8.96	0.57	27.46
Xalapango	16.00	4.80	2.85	-	23.64
Coxcacoaco	7.57	1.89	0.34	0.02	9.82
Texcoco	12.88	3.22	1.71	-	17.81
Chapingo	3.84	0.58	0.84	0.02	5.27
San Bernardino	3.94	0.59	0.22	-	4.75
Santa Mónica	23.28	6.98	1.69	0.17	32.12
Coatepec	1156.66	347.00	1.43	-	1505.08
Lago	-	-	1.39	-	1.39

Nota: elaboración propia

La proyección de la demanda al 2050 indica que, si no se implementan políticas de gestión muy estrictas, la subcuenca enfrentará una fuerte crisis hídrica. Los volúmenes proyectados, especialmente en Coatepec, sugieren que la demanda superará ampliamente la capacidad de oferta natural de escurrimiento (Cp) y retornos (Re) del sistema, lo que obligará a una dependencia casi total de la sobreexplotación del acuífero, importaciones de otras cuencas, o la implementación de una fuerte política



de reducción de la dotación per cápita.

9.3 Análisis focalizado por microcuenca (2022 vs. 2050)

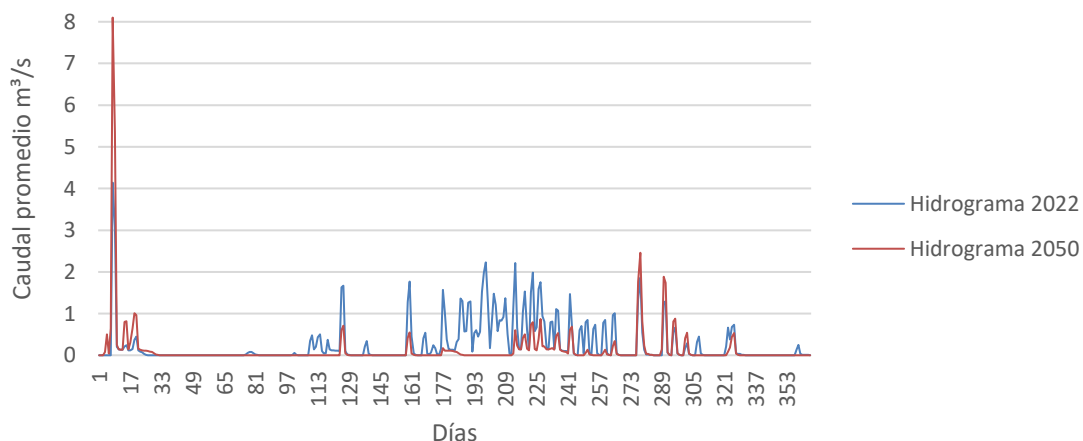
Una vez establecido el balance de 2022, el análisis se centra en contrastar la situación actual con la demanda proyectada al año 2050 bajo el escenario **SSP2-4.5**. El objetivo primordial es evaluar la sostenibilidad de las microcuencas, verificando si la oferta hídrica superficial y sus retornos son suficientes para cubrir el consumo futuro.

Este contraste entre la disponibilidad actual y la demanda futura se materializa a través de la simulación de escenarios hidrológicos. En la siguiente sección, se presentan los resultados de este proceso mediante una comparativa directa de los hidrogramas de salida generados para 2022 y 2050, facilitando la visualización de los cambios en el régimen hídrico de cada microcuenca.

Microcuenca San Juan Teotihuacán

Se observa un pico de caudal muy pronunciado a principios de año (antes del día 16) para el escenario 2050, el cual se acerca a los 8 m³/s. Durante el resto del año los caudales se mantienen mucho más bajos. El escenario 2022 presenta picos moderados más frecuentes a la mitad del periodo.

Figura 64. Hidrograma comparativo
Microcuenca San Juan Teotihuacán
2022-2050

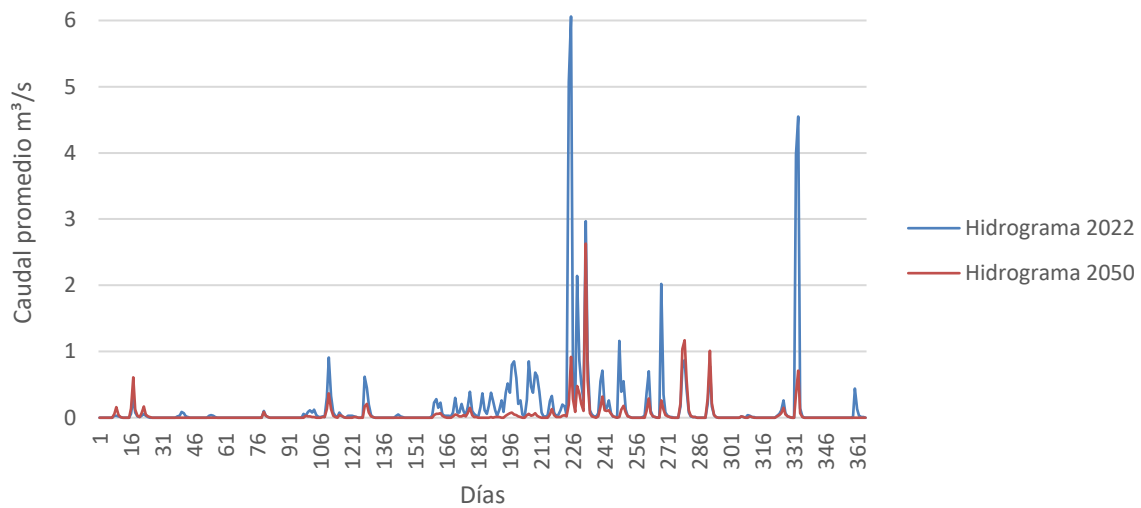




Microcuenca Papalotla

El registro de 2022 destaca por picos mayores, alcanzando aproximadamente los 6 m³/s cerca del día 226 y los 4.5 m³/s hacia el día 331. En contraste, la proyección para 2050 muestra caudales más reducidos a lo largo del año, sin superar los 3 m³/s en sus niveles máximos.

Figura 65. Hidrograma comparativo
Microcuenca Papalotla
2022-2050

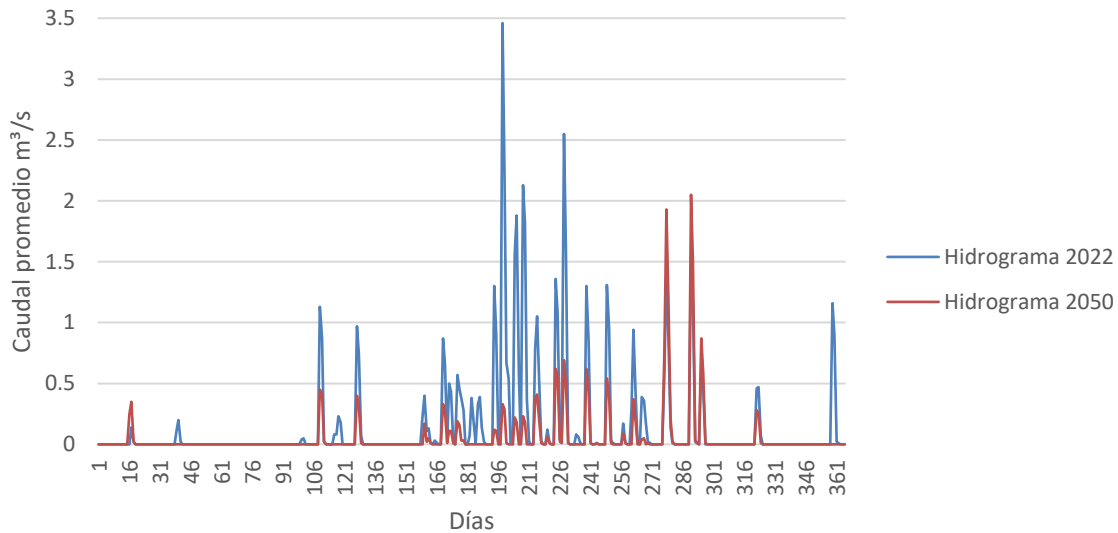




Microcuenca Xalapango

El año 2022 presenta sus caudales más altos alrededor de los días 196 (casi 3.5 m³/s) y 226 (alrededor de 2.5 m³/s). Para 2050, la actividad principal del caudal se desplaza hacia el final del año, mostrando un pico prominente cercano a los 2 m³/s alrededor del día 286.

Figura 66. Hidrograma comparativo
Microcuenca Xalapango
2022-2050

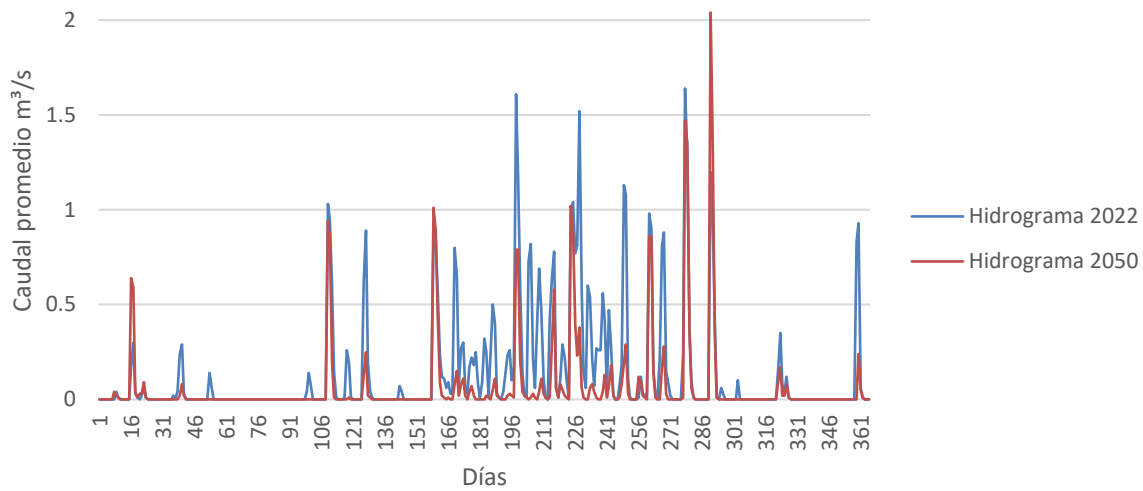




Microcuenca Coxcacoco

Durante 2022 se observan variaciones frecuentes a mitad de año, con un caudal máximo que ronda los 1.6 m³/s. El escenario 2050 proyecta una disminución general en la frecuencia del flujo, pero introduce un pico abrupto y aislado que supera los 2 m³/s cerca del día 286.

Figura 67. Hidrograma comparativo
Microcuenca Coxcacoco
2022-2050

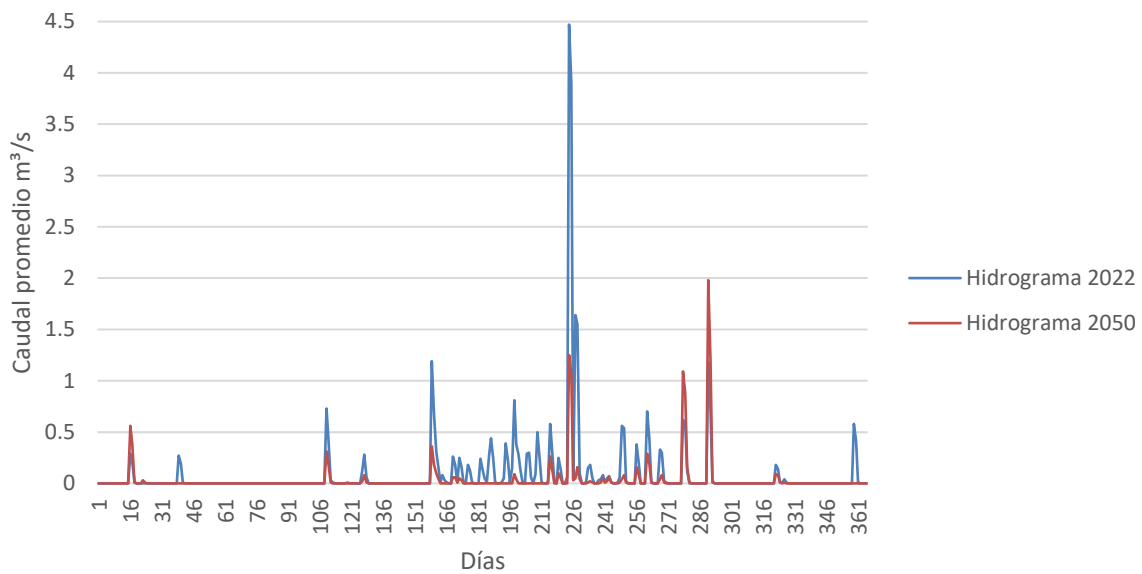




Microcuenca Texcoco

Destaca un pico masivo en 2022 cerca del día 226, el cual alcanza casi los 4.5 m³/s. La proyección para 2050 indica una reducción importante en el flujo máximo de este periodo, logrando su punto más alto (cerca de 2 m³/s) alrededor del día 286.

Figura 68. Hidrograma comparativo
Microcuenca Texcoco
2022-2050

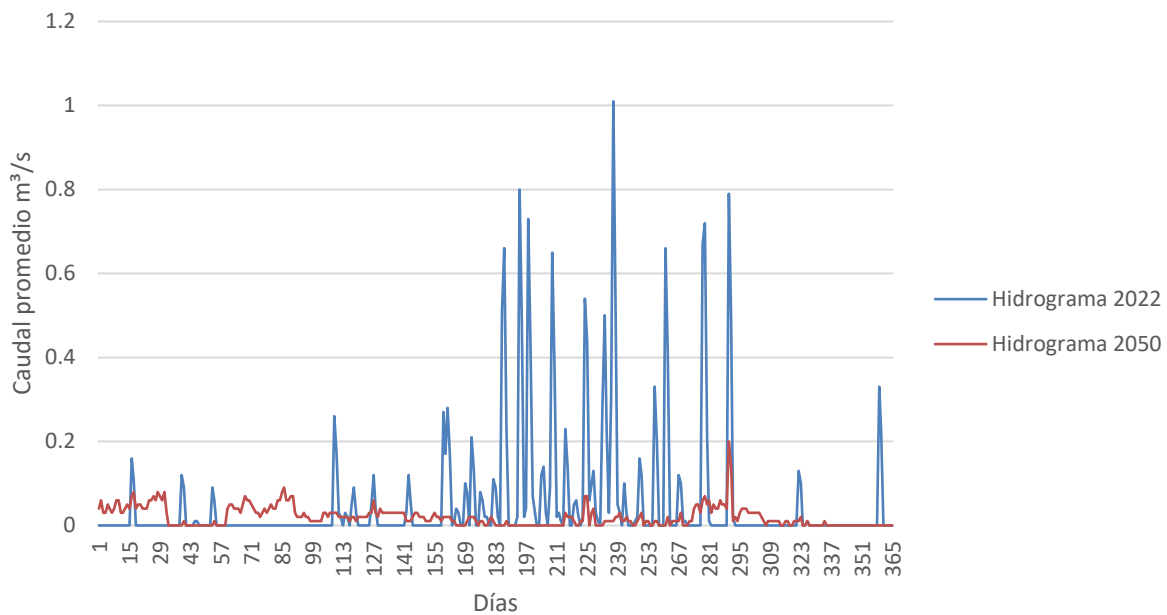




Microcuenca Chapingo

Los datos de 2022 muestran picos moderados y muy constantes en la segunda mitad del año, alcanzando un nivel máximo de aproximadamente 1 m³/s. La proyección de 2050 es notablemente baja, exhibiendo un flujo casi plano y con variaciones mínimas durante todo el año en comparación con 2022.

Figura 69. Hidrograma comparativo
Microcuenca Chapingo
2022-2050

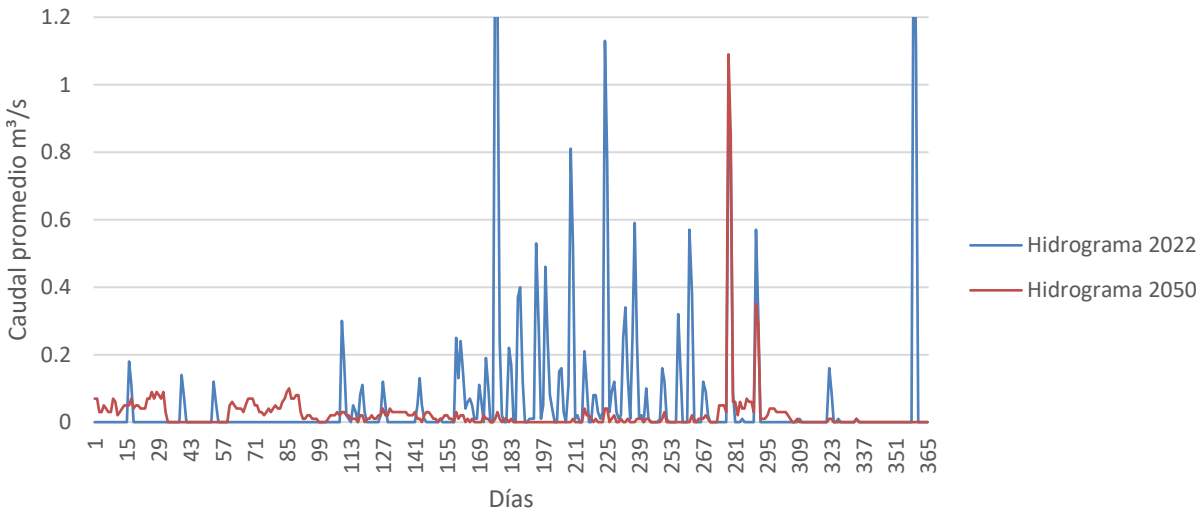




Microcuenca San Bernardino

El escenario 2022 exhibe múltiples picos a lo largo de los días que llegan a rozar los 1.2 m³/s. Aunque el caudal proyectado para 2050 es generalmente escaso o nulo en su mayoría, presenta un único y pronunciado pico que se acerca a 1.1 m³/s cerca del día 281.

Figura 70. Hidrograma comparativo
Microcuenca San Bernardino
2022-2050

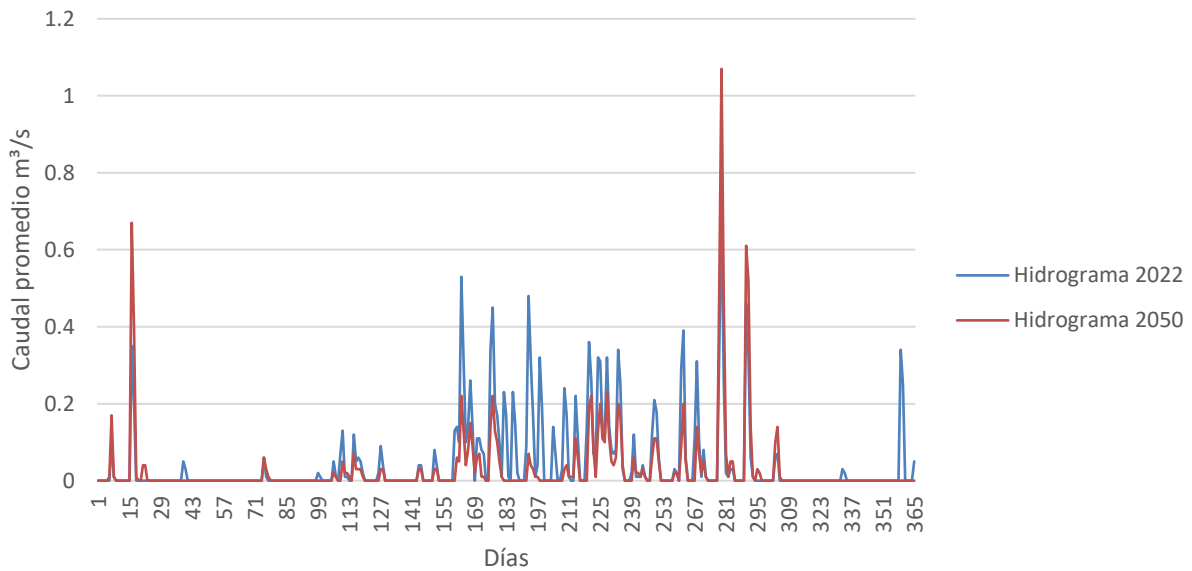




Microcuenca Santa Mónica

El escenario 2050 presenta dos momentos clave: un pico temprano (cerca del día 15) y un pico tardío muy elevado cerca del día 281, el cual supera 1 m³/s. Los caudales registrados para 2022 se mantienen de forma más constante, pero a niveles bajos, generalmente por debajo de los 0.6 m³/s.

Figura 71. Hidrograma comparativo
Microcuenca Santa Mónica
2022-2050

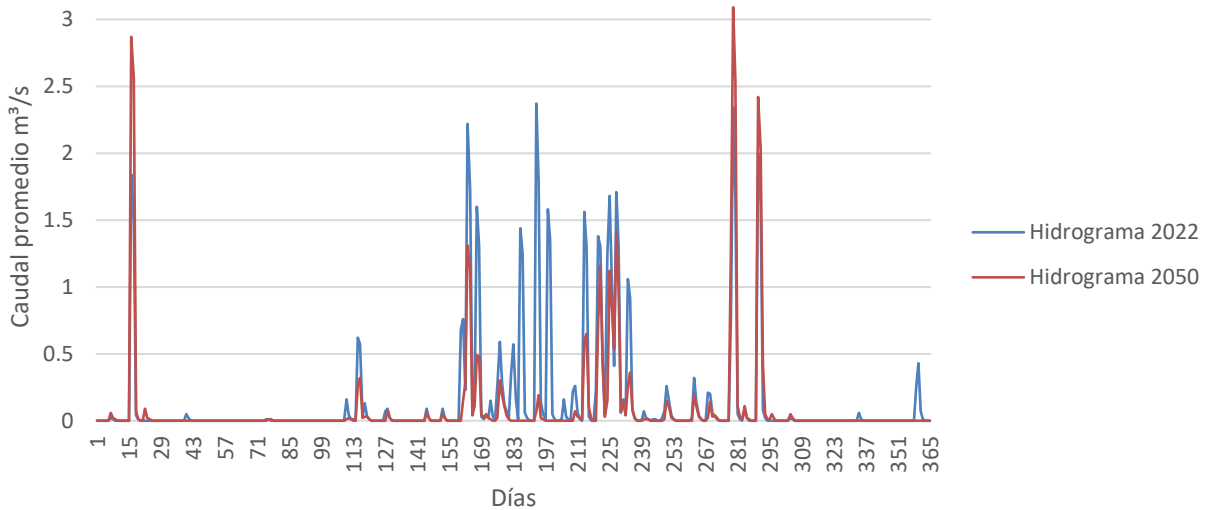




Microcuenca Coatepec

Ambos años muestran un incremento drástico a principios de año (alrededor del día 15), rozando los 2.8 m³/s. Mientras que el 2022 mantiene flujos altos a mitad de año (con picos superiores a 2 m³/s), el 2050 concentra su mayor intensidad hacia el día 281, donde llega a superar los 3 m³/s.

Figura 72. Hidrograma comparativo
Microcuenca Coatepec
2022-2050





9.3.1 Matriz de resultados del balance hídrico al 2050

A continuación, la Tabla 28 detalla los componentes principales del balance hídrico anual, donde todas las cifras se presentan en Millones de metros cúbicos (Mm³).

Tabla 28. Balance hídrico 2050

Microcuenca	Cp	Re	U	Ev	Δv
San Juan Teotihuacán	4.15	51.74	72.58	-	-16.70
Papalotla	1.67	15.55	27.46	-	-10.24
Xalapango	1.85	16.17	23.64	-	-5.63
Coxcacoaco	2.17	7.18	9.82	-	-0.47
Texcoco	2.90	12.41	17.81	-	-2.50
Chapingo	0.63	3.49	5.27	-	-1.15
San Bernardino	0.76	3.44	4.75	-	-0.55
Santa Mónica	0.94	23.13	32.12	-	-8.05
Coatepec	3.01	1128.03	1505.08	-	-374.04
Lago	120.82	0.28	1.39	322.01	-202.30

Nota: elaboración propia

- Cp** Esgurrimiento natural por cuenca propia (Oferta hídrica superficial).
- Re** Retornos (Agua que regresa al sistema tras ser usada).
- U** Uso o Demanda Hídrica Consuntiva total (Suma de demandas doméstica, público-urbana, agrícola e industrial).
- Ev** Evaporación (Solo aplica a la microcuenca del Lago).
- Δv** Balance: Superávit (positivo) o Déficit (negativo).

El hallazgo más importante de la proyección es el déficit hídrico extremo y generalizado en la subcuenca, que afecta a todas las microcuencas sin excepción.

El balance hídrico al 2050, bajo un escenario de crecimiento socioeconómico intermedio (SSP2-4.5), proyecta que la subcuenca del lago de Texcoco no será capaz de auto sustentar su demanda de agua.

El modelo sugiere que las políticas de ordenamiento territorial y la contención de la



expansión urbana (como las propuestas por municipios como Ixtapaluca o Chicoloapan) serán insuficientes si el crecimiento de la demanda poblacional no se acompaña de una estrategia agresiva de reducción del consumo per cápita y/o la incorporación de nuevas fuentes hídricas (como el reúso avanzado) para compensar el déficit proyectado.

Como se mencionó anteriormente, los acuíferos sobre los que se asienta la zona de estudio ya son acuíferos sobreexplotados y el balance superficial denota que ninguno de los planes de gestión les permite a las fuentes de agua mantener un volumen sustentable y limpio para el medio ambiente ni para cubrir las demandas que sobre ella se ejercen.

9.4 Discusión de implicaciones y propuestas

El análisis del balance hídrico 2022 y su proyección al 2050 bajo el escenario SSP2-4.5 revela que la subcuenca del lago de Texcoco enfrenta una crisis hídrica estructural e ineludible. Los resultados no solo confirman la vulnerabilidad actual del sistema, sino que proyectan una inviabilidad para cubrir la demanda si se mantienen las tendencias de crecimiento urbano.

9.4.1 Inviabilidad de la recuperación y desacople hidrológico

Los datos proyectados al 2050 demuestran que la expectativa de recuperar el sistema hidrológico de Texcoco basándose en las aportaciones de las microcuencas es insostenible y metodológicamente inviable.

El lago debe ser autónomo

La microcuenca del lago presenta un déficit proyectado de **-202.30 Mm³**, lo que se suma al déficit base de **-141.54 Mm³** en 2022. Este desequilibrio es impulsado, en gran



medida, por las pérdidas por evaporación (**Ev**).

De forma más crítica, las microcuencas que históricamente deberían aportar al Lago, como **Coatepec**, proyectan un déficit de **-374.04 Mm³**. Ante una demanda total de **1505.08 Mm³** y una oferta superficial (Cp) de apenas **3.01 Mm³** en Coatepec al 2050, las aportaciones de escurrimiento están completamente comprometidas.

La única conclusión posible es el desacople hidrológico: el futuro del lago de Texcoco no puede depender de las aportaciones de sus subcuencas urbanizadas. Su subsistencia debe basarse en la captación directa de precipitación y en el manejo técnico y planificado de su volumen interno, asumiendo su rol como un vaso regulador y ecosistémico que opera con autonomía del resto de la subcuenca.

Realidad territorial

La realidad de la presión urbana reitera la necesidad del desacople. Los déficits críticos proyectados en microcuencas como San Juan Teotihuacán (-16.70 Mm³) y Santa Mónica (-8.05 Mm³) indican que cualquier volumen de agua superficial será inevitablemente interceptado por las necesidades de la población, servicios o por la infraestructura de drenaje antes de llegar al Lago.

La persistencia de asentamientos irregulares y extracciones internas al polígono del Área Natural Protegida (ANP) compromete aún más cualquier volumen proyectado que pudiera llegar. La gestión no solo debe ser hídrica, sino también territorial, deteniendo de forma efectiva cualquier uso consuntivo dentro del área de conservación.



10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión 1:

Se concluye de forma afirmativa respecto a la hipótesis de trabajo: la tendencia de disponibilidad hídrica para el 2050 es decreciente. Los datos recolectados evidencian que el lago de Texcoco se encuentra en una fase de vulnerabilidad donde el cambio climático y la variación poblacional son fuerzas de mayor impacto que la normativa de protección actual.

La evidencia sostiene que el lago recibirá menores caudales debido a que las cuencas de origen deberán priorizar el autoconsumo humano durante sus propios periodos de adaptación.

Conclusión 2: la insostenibilidad del modelo actual

El análisis del balance hídrico revela una situación difícil en la gestión de las fuentes de abastecimiento. Actualmente, la seguridad hídrica de la región depende casi exclusivamente de la extracción de agua subterránea, ejerciendo una presión insostenible sobre el Acuífero Texcoco (1507), el cual ya presenta un déficit considerable.

Contrastantemente, el agua superficial, a pesar de representar un volumen potencial significativo en las microcuencas altas, es sistemáticamente desperdiciada. Esta subutilización no obedece a una falta de disponibilidad física, sino a una barrera de calidad: los cauces naturales han sido degradados a canales de desagüe para las descargas residuales municipales, inhabilitando su uso para consumo humano y obligando a mantener la sobreexplotación del subsuelo.

Conclusión 3: el cambio de paradigma

Ante la imposibilidad física de que el acuífero sostenga la demanda proyectada a



2050, se concluye que la única vía para garantizar el abasto futuro es la sustitución de fuentes mediante el saneamiento integral. Es imperativo transitar de un modelo de 'extracción y descarga' a uno de 'tratamiento y aprovechamiento in situ'. Cada microcuenca debe responsabilizarse de la calidad de sus escurrimientos; la implementación de plantas de tratamiento a nivel local permitiría potabilizar o reutilizar el agua superficial antes de que esta se mezcle con contaminantes aguas abajo. Esta estrategia aliviaría la presión de extracción sobre el acuífero, permitiendo su eventual estabilización y recuperación.

Conclusión 4: la redefinición hidrológica del lago de Texcoco

El Lago de Texcoco transitará de receptor de excedentes hacia un esquema de autonomía hídrica. Bajo esta reingeniería, la sostenibilidad lacustre dependerá primordialmente de la precipitación directa sobre su espejo, mientras que los aportes fluviales —tradicionalmente considerados desechos— serán interceptados aguas arriba para el consumo humano. Este cambio redefine al lago como un sistema independiente del drenaje de las microcuencas tributarias.

Conclusión 5: inviabilidad del proyecto original por conflicto territorial

La recuperación integral del lago de Texcoco, bajo la concepción original del proyecto de Área Natural Protegida (ANP), enfrenta una barrera de inviabilidad socio-territorial irreversible. La identificación de nuevos asentamientos humanos dentro del polígono de protección introduce una demanda hídrica interna no planificada que compite directamente con el volumen ecológico.

La presencia de esta población no solo reduce el área física inundable, sino que implica una extracción activa de recursos en una zona destinada teóricamente a la conservación, haciendo que el restablecimiento del lago sea incompatible con la dinámica demográfica actual dentro del vaso.



Conclusión 6: vulnerabilidad volumétrica ante la evaporación

El comportamiento hidrológico observado durante el ciclo de lluvias de 2025 permite caracterizar la dinámica del espejo de agua como un sistema de alta sensibilidad morfológica. Los datos de campo indican que, aun con incrementos puntuales en la precipitación, la batimetría del Área de Protección de Recursos Naturales (APN) limita los tirantes hidráulicos a rangos de entre 0.20 m y 1.00 m. Esta configuración genera una "lámina somera" de amplia extensión superficial.

Esta geometría maximiza la exposición del recurso a la tasa de evaporación, compensando los volúmenes captados por escurrimiento. Al integrar el factor de evaporación y la demanda por derechos de extracción vigentes, los registros de 2025 confirman una tendencia hacia el déficit estructural. En este escenario, el balance hídrico resultante dificulta la sostenibilidad de un cuerpo de agua permanente a corto plazo.



Medio Ambiente
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales



11. ANEXOS



A. Estadística del crecimiento poblacional.

Las bases de datos que permitieron la construcción de la población de referencia para el análisis corresponden a los datos obtenidos en los censos INEGI de 1970 al 2020. Para cada municipio comprendido dentro de la zona de estudio se calculó el índice de crecimiento por el método aritmético, partiendo de la fórmula:

$$Pf = P_0 \left(1 + \frac{i \cdot t}{100} \right)$$

De la cual se despejó el índice de crecimiento, quedando como:

$$i = \left(\frac{Pf}{P_0} - 1 \right) \cdot t^{-1}$$

Fue corroborada la estimación de dicho índice con el método de los mínimos cuadrados, para verificar su pertenencia con el crecimiento histórico. Se obtuvieron los datos mostrados en las Tablas 29 a 40

Tabla 29. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Acolman

Acolman		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	20964		
1980	32316	0.0541	5.4
1990	43276	0.0339	3.4
2000	61250	0.0415	4.2
2010	136558	0.1230	12.3
2020	171507	0.0256	2.6
		0.0556	5.6



No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	20964	41299080	3880900	439489296
2	1980	32316	63985680	3920400	1044323856
3	1990	43276	86119240	3960100	1872812176
4	2000	61250	122500000	4000000	3751562500
5	2010	136558	274481580	4040100	1.8648E+10
6	2020	171507	346444140	4080400	2.9415E+10
Sumatoria	11970	465871	934829720	23881900	5.5171E+10
r= 0.939					

Tabla 30. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Atenco

Atenco		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	10616		
1980	16418	0.0547	5.5
1990	21219	0.0292	2.9
2000	34435	0.0623	6.2
2010	56243	0.0633	6.3
2020	75489	0.0342	3.4
		0.0487	4.9

No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	10616	20913520	3880900	112699456
2	1980	16418	32507640	3920400	269550724
3	1990	21219	42225810	3960100	450245961
4	2000	34435	68870000	4000000	1185769225
5	2010	56243	113048430	4040100	3163275049
6	2020	75489	152487780	4080400	5698589121
Sumatoria	11970	214420	430053180	23881900	1.088E+10
r= 0.963					



Tabla 31. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Axapusco

Axapusco		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	9256		
1980	12207	0.0319	3.2
1990	15803	0.0295	2.9
2000	20516	0.0298	3.0
2010	25559	0.0246	2.5
2020	29128	0.0140	1.4
		0.0259	2.6

No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	9256	18234320	3880900	85673536
2	1980	12207	24169860	3920400	149010849
3	1990	15803	31447970	3960100	249734809
4	2000	20516	41032000	4000000	420906256
5	2010	25559	51373590	4040100	653262481
6	2020	29128	58838560	4080400	848440384
Sumatoria	11970	112469	225096300	23881900	2407028315
r= 0.997					

Tabla 32. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Chiautla

Chiautla		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	7266		
1980	10618	0.0461	4.6
1990	14764	0.0390	3.9
2000	19620	0.0329	3.3
2010	26191	0.0335	3.3
2020	30045	0.0147	1.5
		0.0333	3.3



No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	7266	14314020	3880900	52794756
2	1980	10618	21023640	3920400	112741924
3	1990	14764	29380360	3960100	217975696
4	2000	19620	39240000	4000000	384944400
5	2010	26191	52643910	4040100	685968481
6	2020	30045	60690900	4080400	902702025
Sumatoria	11970	108504	217292830	23881900	2357127282
r= 0.995					

Tabla 33. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Chicoloapan

Chicoloapan		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	8750		
1980	27354	0.2126	21.3
1990	57306	0.1095	10.9
2000	77579	0.0354	3.5
2010	175053	0.1256	12.6
2020	200750	0.0147	1.5
		0.0996	10.0

No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	8750	17237500	3880900	76562500
2	1980	27354	54160920	3920400	748241316
3	1990	57306	114038940	3960100	3283977636
4	2000	77579	155158000	4000000	6018501241
5	2010	175053	351856530	4040100	3.0644E+10
6	2020	200750	405515000	4080400	4.0301E+10
Sumatoria	11970	546792	1097966890	23881900	8.1071E+10
r= 0.963					



Tabla 34. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Chiconcuac

Chiconcuac Método aritmético			
Año	Poblacion	I	I %
1970	8399		
1980	11371	0.0354	3.5
1990	14179	0.0247	2.5
2000	17972	0.0268	2.7
2010	22819	0.0270	2.7
2020	27692	0.0214	2.1
		0.0270	2.7

No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	8399	16546030	3880900	70543201
2	1980	11371	22514580	3920400	129299641
3	1990	14179	28216210	3960100	201044041
4	2000	17972	35944000	4000000	322992784
5	2010	22819	45866190	4040100	520706761
6	2020	27692	55937840	4080400	766846864
Sumatoria	11970	102432	205024850	23881900	2011433292
r= 0.993					

Tabla 35. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Chimalhuacán

Chimalhuacan Método aritmético			
Año	Poblacion	I	I %
1970	19946		
1980	61816	0.2099	21.0
1990	242317	0.2920	29.2
2000	490772	0.1025	10.3
2010	614453	0.0252	2.5
2020	705193	0.0148	1.5
		0.1289	12.9



No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	19946	39293620	3880900	397842916
2	1980	61816	122395680	3920400	3821217856
3	1990	242317	482210830	3960100	5.8718E+10
4	2000	490772	981544000	4000000	2.4086E+11
5	2010	614453	1235050530	4040100	3.7755E+11
6	2020	705193	1424489860	4080400	4.973E+11
Sumatoria	11970	2134497	4284984520	23881900	1.1786E+12
r= 0.984					

Tabla 36. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Ixtapaluca

Ixtapaluca		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	36722		
1980	77862	0.1120	11.2
1990	137357	0.0764	7.6
2000	297570	0.1166	11.7
2010	467361	0.0571	5.7
2020	542211	0.0160	1.6
		0.0756	7.6

No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	36722	72342340	3880900	1348505284
2	1980	77862	154166760	3920400	6062491044
3	1990	137357	273340430	3960100	1.8867E+10
4	2000	297570	595140000	4000000	8.8548E+10
5	2010	467361	939395610	4040100	2.1843E+11
6	2020	542211	1095266220	4080400	2.9399E+11
Sumatoria	11970	1559083	3129651360	23881900	6.2724E+11
r= 0.978					



Tabla 37. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Nopaltepec

Nopaltepec		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	2681		
1980	3929	0.0465	4.7
1990	5234	0.0332	3.3
2000	7512	0.0435	4.4
2010	8895	0.0184	1.8
2020	10351	0.0164	1.6
		0.0316	3.2

No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	2681	5281570	3880900	7187761
2	1980	3929	7779420	3920400	15437041
3	1990	5234	10415660	3960100	27394756
4	2000	7512	15024000	4000000	56430144
5	2010	8895	17878950	4040100	79121025
6	2020	10351	20909020	4080400	107143201
Sumatoria	11970	38602	77288620	23881900	292713928
r= 0.996					

Tabla 38. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Otumba

Otumba		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	12349		
1980	14509	0.0175	1.7
1990	21834	0.0505	5.0
2000	29097	0.0333	3.3
2010	34232	0.0176	1.8
2020	36331	0.0061	0.6
		0.0250	2.5



No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	12349	24327530	3880900	152497801
2	1980	14509	28727820	3920400	210511081
3	1990	21834	43449660	3960100	476723556
4	2000	29097	58194000	4000000	846635409
5	2010	34232	68806320	4040100	1171829824
6	2020	36331	73388620	4080400	1319941561
Sumatoria	11970	148352	296893950	23881900	4178139232
r= 0.986					

Tabla 39. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, Papalotla

Papalotla		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	1088		
1980	1769	0.0626	6.3
1990	2387	0.0349	3.5
2000	3469	0.0453	4.5
2010	4147	0.0195	2.0
2020	4862	0.0172	1.7
		0.0359	3.6

No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	1088	2143360	3880900	1183744
2	1980	1769	3502620	3920400	3129361
3	1990	2387	4750130	3960100	5697769
4	2000	3469	6938000	4000000	12033961
5	2010	4147	8335470	4040100	17197609
6	2020	4862	9821240	4080400	23639044
Sumatoria	11970	17722	35490820	23881900	62881488
r= 0.997					



Tabla 40. Análisis histórico y estimación del índice de crecimiento, La Paz

La Paz		Método aritmético	
Año	Poblacion	I	I %
1970	32258		
1980	99436	0.2083	20.8
1990	134782	0.0355	3.6
2000	212694	0.0578	5.8
2010	253845	0.0193	1.9
2020	304088	0.0198	2.0
		0.0681	6.8

No	x	y	x*y	x^2	y^2
1	1970	32258	63548260	3880900	1040578564
2	1980	99436	196883280	3920400	9887518096
3	1990	134782	268216180	3960100	1.8166E+10
4	2000	212694	425388000	4000000	4.5239E+10
5	2010	253845	510228450	4040100	6.4437E+10
6	2020	304088	614257760	4080400	9.247E+10
Sumatoria	11970	1037103	2078521930	23881900	2.3124E+11
r= 0.996					

Una vez calculados los índices de cada municipio, se procedió a verificar las localidades situadas en cada microcuenca, de tal manera que la población base 2022 se constituye de un promedio general sobre localidades. En las tablas 41 a 49 se presentan los datos obtenidos.



Tabla 41. Proyección de la población por localidad, microcuenca San Juan Teotihuacán.

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localicad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Quinta las Flores	Rural	Acolman	34	Quinta las Flores	475	0.493	0.493	49%	475	5.6	531	2520
San José	Rural	Acolman	38	San José	608	0.076	0.076	8%	608	5.6	680	3226
La Concepción (Xometla)	Rural	Acolman	53	La Concepción (Xometla)	186	0.078	0.078	8%	186	5.6	208	987
El Pastal (San Damián)	Rural	Acolman	67	El Pastal (San Damián)	318	0.245	0.245	25%	318	5.6	355	1687
Ejido de San Marcos Nepantla	Rural	Acolman	66	Ejido de San Marcos Nepantla	499	0.72	0.72	72%	499	5.6	558	2648
San Lucas Tepango	Rural	Acolman	7	San Lucas Tepango	1390	0.45	0.45	45%	1390	5.6	1554	7375
Nueva Colonia el Calvario	Rural	Acolman	68	Nueva Colonia el Calvario	182	0.062	0.062	6%	182	5.6	203	966
Misión San Agustín [Conjunto Urbano]	Urbana	Acolman	69	Misión San Agustín [Conjunto Urbano]	5561	0.404	0.404	40%	5561	5.6	6215	29507
Las Huertas (Pozo San Isidro)	Rural	Acolman	60	Las Huertas (Pozo San Isidro)	222	0.054	0.054	5%	222	5.6	248	1178
Acolman de Nezahualcóyotl	Urbana	Acolman	1	Acolman de Nezahualcóyotl	6449	2.944	2.944	294%	6449	5.6	7208	34219
San Bartolo	Urbana	Acolman	5	San Bartolo	6148	3.775	3.775	378%	6148	5.6	6872	32622
San Marcos Nepantla	Urbana	Acolman	8	San Marcos Nepantla	5462	2.454	2.454	245%	5462	5.6	6105	28982
San Pedro Tepetitlán	Urbana	Acolman	11	San Pedro Tepetitlán	3605	1.379	1.379	138%	3605	5.6	4029	19129
Santa Catarina	Urbana	Acolman	12	Santa Catarina	6708	2.16	2.16	216%	6708	5.6	7497	35593
Tepexpan	Urbana	Acolman	15	Tepexpan	120778	20.008	5.835	29%	35223	5.6	39368	186897
San Miguel Xometla	Urbana	Acolman	16	San Miguel Xometla	5410	2.084	2.084	208%	5410	5.6	6047	28706



San Cristóbal Nexquipayac	Urbana	Atenco	2	San Cristóbal Nexquipayac	7744	1.518	1.499	99%	7647	4.9	8430	33006
Ejido de Nexquipayac	Rural	Atenco	19	Ejido de Nexquipayac	1771	0.327	0.222	68%	1202	4.9	1325	5188
Tezoncalli	Rural	Axapusco	23	Tezoncalli	134	0.057	0.057	6%	134	2.6	141	292
Colonia Cuauhtémoc	Rural	Axapusco	28	Colonia Cuauhtémoc	237	0.047	0.047	5%	237	2.6	250	516
Colonia los Remedios	Rural	Axapusco	63	Colonia los Remedios	1636	0.627	0.627	63%	1636	2.6	1723	3563
Barrio San Bartolo Alto	Rural	Axapusco	40	Barrio San Bartolo Alto	755	0.381	0.381	38%	755	2.6	795	1644
Tlamapa	Rural	Axapusco	24	Tlamapa	628	0.155	0.155	16%	628	2.6	661	1368
Hacienda Soapayuca	Rural	Axapusco	34	Hacienda Soapayuca	1	0.058	0.058	6%	1	2.6	1	2
Barrio San Antonio	Rural	Axapusco	50	Barrio San Antonio	865	0.721	0.721	72%	865	2.6	911	1884
San Nicolás Tetepantla	Rural	Axapusco	14	San Nicolás Tetepantla	425	0.207	0.207	21%	425	2.6	448	926
Río Bravo	Rural	Axapusco	60	Río Bravo	473	0.161	0.053	33%	156	2.6	164	340
Axapusco	Urbana	Axapusco	1	Axapusco	3802	1.895	1.895	190%	3802	2.6	4004	8279
Santo Domingo Aztacameca	Urbana	Axapusco	17	Santo Domingo Aztacameca	3413	2.488	2.163	87%	2967	2.6	3125	6461
La Concepción	Rural	Chiautla	14	La Concepción	1325	0.141	0.075	53%	705	3.3	753	1912
San Miguel Atepoxco	Rural	Nopaltepec	5	San Miguel Atepoxco	1494	1.136	1.136	114%	1494	3.2	1592	3857
Nopaltepec	Urbana	Nopaltepec	1	Nopaltepec	3941	3.151	2.92	93%	3652	3.2	3890	9428
San Felipe Teotitlán	Urbana	Nopaltepec	4	San Felipe Teotitlán	4758	2.515	0.192	8%	363	3.2	387	937
Belém	Rural	Otumba	3	Belém	2230	0.638	0.638	64%	2230	2.5	2344	4722



Buenavista	Rural	Otumba	4	Buenavista	311	0.122	0.122	12%	311	2.5	327	658
Coyotepec	Rural	Otumba	6	Coyotepec	272	0.147	0.147	15%	272	2.5	286	576
Poyoxco	Rural	Otumba	13	Poyoxco	178	0.099	0.099	10%	178	2.5	187	377
San Francisco Tlaltica	Rural	Otumba	14	San Francisco Tlaltica	2309	1.616	1.616	162%	2309	2.5	2427	4889
San Juan Tocuila (Tocuila)	Rural	Otumba	22	San Juan Tocuila (Tocuila)	326	0.06	0.06	6%	326	2.5	343	690
Tlalmimilolpa	Rural	Otumba	30	Tlalmimilolpa	690	0.249	0.249	25%	690	2.5	725	1461
Colonia Chacalco	Rural	Otumba	58	Colonia Chacalco	149	0.038	0.038	4%	149	2.5	157	315
San Martín Ahuatepec	Rural	Otumba	2	San Martín Ahuatepec	1569	0.564	0.564	56%	1569	2.5	1649	3322
San Marcos (San Marcos Tlaxuchilco)	Rural	Otumba	16	San Marcos (San Marcos Tlaxuchilco)	2166	1.545	1.545	155%	2166	2.5	2277	4586
San Miguel Xolco	Rural	Otumba	17	San Miguel Xolco	551	0.214	0.214	21%	551	2.5	579	1167
Santa Bárbara	Rural	Otumba	18	Santa Bárbara	396	0.115	0.115	12%	396	2.5	416	838
Barrio Xamimilolpa (Xolpa)	Rural	Otumba	23	Barrio Xamimilolpa (Xolpa)	379	0.131	0.131	13%	379	2.5	398	802
Otumba de Gómez Farías	Urbana	Otumba	1	Otumba de Gómez Farías	9925	5.214	5.214	521%	9925	2.5	10434	21014
Cuautlancingo	Urbana	Otumba	7	Cuautlancingo	3781	1.893	1.893	189%	3781	2.5	3975	8005
Oxtotipac	Urbana	Otumba	11	Oxtotipac	3574	3.138	3.138	314%	3574	2.5	3757	7567
Santiago Tolman	Urbana	Otumba	19	Santiago Tolman	5369	1.62	1.62	162%	5369	2.5	5644	11368
San José Cerro Gordo	Rural	San Martín de las Pirámides	3	San José Cerro Gordo	285	0.069	0.069	7%	285	3.3	304	759
San Pablo Ixquitián	Rural	San Martín de las Pirámides	8	San Pablo Ixquitián	2108	0.507	0.507	51%	2108	3.3	2250	5611



Santiago Tepetitlán	Rural	San Martín de las Pirámides	10	Santiago Tepetitlán	1829	0.43	0.43	43%	1829	3.3	1952	4868
Tlachinolpa	Rural	San Martín de las Pirámides	14	Tlachinolpa	408	0.241	0.241	24%	408	3.3	436	1086
Predio Palma y Raya	Rural	San Martín de las Pirámides	27	Predio Palma y Raya	115	0.126	0.126	13%	115	3.3	123	306
El Saltito	Rural	San Martín de las Pirámides	29	El Saltito	531	0.211	0.211	21%	531	3.3	567	1413
Chimalpa (Kilómetro 34 Carretera México-Tulancingo)	Rural	San Martín de las Pirámides	32	Chimalpa (Kilómetro 34 Carretera México-Tulancingo)	240	0.174	0.174	17%	240	3.3	256	639
Ixtlahuaca	Rural	San Martín de las Pirámides	6	Ixtlahuaca	1060	0.958	0.958	96%	1060	3.3	1131	2821
San Antonio de las Palmas	Rural	San Martín de las Pirámides	7	San Antonio de las Palmas	2052	0.861	0.861	86%	2052	3.3	2190	5462
Santa María Palapa	Rural	San Martín de las Pirámides	9	Santa María Palapa	2457	1.491	1.491	149%	2457	3.3	2623	6540
Santa María Tezompa	Rural	San Martín de las Pirámides	13	Santa María Tezompa	813	0.383	0.383	38%	813	3.3	868	2164
Ejido San Martín	Rural	San Martín de las Pirámides	24	Ejido San Martín	1020	0.572	0.572	57%	1020	3.3	1089	2715
Cozotlán Norte	Rural	San Martín de las Pirámides	31	Cozotlán Norte	1136	0.426	0.426	43%	1136	3.3	1213	3024
Colonia Álvaro Obregón	Rural	San Martín de las Pirámides	2	Colonia Álvaro Obregón	537	0.209	0.189	90%	486	3.3	519	1294
San Martín de las Pirámides	Urbana	San Martín de las Pirámides	1	San Martín de las Pirámides	14283	3.485	3.485	349%	14283	3.3	15246	38016
Colonia San Isidro Citlalcóatl	Rural	Tecámac	80	Colonia San Isidro Citlalcóatl	1182	0.41	0.41	41%	1182	11.0	1473	32188
San Pablo Tecalco	Urbana	Tecámac	9	San Pablo Tecalco	6025	1.685	0.37	22%	1323	11.0	1649	36028
Santa María Cozotlán	Rural	Teotihuacán	5	Santa María Cozotlán	1159	0.351	0.351	35%	1159	3.2	1236	3060
San Agustín Actipac	Rural	Teotihuacán	12	San Agustín Actipac	963	0.337	0.235	70%	672	3.2	717	1774
San Isidro del Progreso	Rural	Teotihuacán	14	San Isidro del Progreso	584	0.125	0.07	56%	327	3.2	349	863
Colonia Azteca	Rural	Teotihuacán	25	Colonia Azteca	201	0.562	0.562	56%	201	3.2	214	531



Colonia el Cayahual	Rural	Teotihuacán	31	Colonia el Cayahual	325	0.076	0.076	8%	325	3.2	347	858
Ejido de San Sebastián	Rural	Teotihuacán	40	Ejido de San Sebastián	655	0.458	0.458	46%	655	3.2	699	1729
El Potrero (Ejido Purificación)	Rural	Teotihuacán	42	El Potrero (Ejido Purificación)	753	0.572	0.572	57%	753	3.2	803	1988
Loma del Cerro Colorado	Rural	Teotihuacán	109	Loma del Cerro Colorado	243	0.331	0.331	33%	243	3.2	259	642
Santiago Zacualuca	Rural	Teotihuacán	22	Santiago Zacualuca	2913	0.996	0.232	23%	679	3.2	724	1793
Palomar Atlatongo	Rural	Teotihuacán	33	Palomar Atlatongo	3866	1.48	1.48	148%	3866	3.2	4124	10207
Ejido Atlatongo	Rural	Teotihuacán	36	Ejido Atlatongo	761	0.541	0.541	54%	761	3.2	812	2009
Ejido de San Lorenzo	Rural	Teotihuacán	39	Ejido de San Lorenzo	599	0.45	0.45	45%	599	3.2	639	1581
Ampliación San Francisco	Rural	Teotihuacán	107	Ampliación San Francisco	357	0.357	0.357	36%	357	3.2	381	943
Teotihuacán de Arista	Urbana	Teotihuacán	1	Teotihuacán de Arista	24575	7.369	7.369	737%	24575	3.2	26218	64881
Atlatongo	Urbana	Teotihuacán	2	Atlatongo	4486	1.475	1.475	148%	4486	3.2	4786	11844
San Francisco Mazapa	Urbana	Teotihuacán	13	San Francisco Mazapa	3332	1.146	1.146	115%	3332	3.2	3555	8797
San Lorenzo Tlalmimilolpan	Urbana	Teotihuacán	19	San Lorenzo Tlalmimilolpan	6042	2.038	2.038	204%	6042	3.2	6446	15952
San Sebastián Xolalpa	Urbana	Teotihuacán	20	San Sebastián Xolalpa	5743	2.125	2.125	213%	5743	3.2	6127	15162
Tercera Sección de Atlatongo (Cerro Ocuilán)	Rural	Teotihuacán	101	Tercera Sección de Atlatongo (Cerro Ocuilán)	228	0.071	0.071	7%	228	3.2	243	602
El Oasis	Rural	Tezoyuca	6	El Oasis	423	0.434	0.434	43%	423	5.9	476	2482
Ampliación Tezoyuca	Rural	Tezoyuca	10	Ampliación Tezoyuca	1163	0.512	0.512	51%	1163	5.9	1309	6824
Tezoyuca	Urbana	Tezoyuca	1	Tezoyuca	17892	4.388	3.111	71%	12685	5.9	14273	74435

Total	Promedio	Total	Total
239892	3.7	260834	942092



Tabla 42. Proyección de la población por localidad, microcuenca Papalotla.

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localiad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Tepexpan	Urbana	Acolman	15	Tepexpan	120778	20.008	0.158	1%	954	5.6	1066	5062
Ejido San Salvador Acuexcomac (Ejido la Purísima)	Rural	Atenco	21	Ejido San Salvador Acuexcomac (Ejido la Purísima)	1795	0.791	0.641	81%	1455	4.9	1604	6280
Francisco I. Madero	Rural	Atenco	6	Francisco I. Madero	1084	0.234	0.038	16%	176	4.9	194	760
San Salvador Atenco	Urbana	Atenco	1	San Salvador Atenco	19823	4.331	1.907	44%	8728	4.9	9622	37672
San Cristóbal Nexquipayac	Urbana	Atenco	2	San Cristóbal Nexquipayac	7744	1.518	0.019	1%	97	4.9	107	419
Ejido de Nexquipayac	Rural	Atenco	19	Ejido de Nexquipayac	1771	0.327	0.105	32%	569	4.9	627	2456
Atenguillo	Rural	Chiautla	2	Atenguillo	1124	0.526				3.3	0	0
La Concepción	Rural	Chiautla	14	La Concepción	1325	0.141	0.065	46%	611	3.3	653	1657
San Bartolo	Rural	Chiautla	17	San Bartolo	797	3.775	0.236	6%	50	3.3	53	136
Tepetitlán	Rural	Chiautla	7	Tepetitlán	2428	0.641	0.639	100%	2420	3.3	2586	6563
Tlaltecahuacán	Rural	Chiautla	8	Tlaltecahuacán	1769	0.388	0.388	39%	1769	3.3	1891	4797
San Lucas Huitzilhuacán	Rural	Chiautla	5	San Lucas Huitzilhuacán	2789	0.625	0.625	63%	2789	3.3	2981	7564
Ocopulco	Urbana	Chiautla	4	Ocopulco	4308	1.353	1.353	135%	4308	3.3	4604	11683
Santiago Chimalpa (Chimalpa)	Urbana	Chiautla	6	Santiago Chimalpa (Chimalpa)	4157	2.56	1.897	74%	3080	3.3	3292	8353
Chiconcuac de Juárez	Urbana	Chiconcuac	1	Chiconcuac de Juárez	25868	5.254	1.247	24%	6140	2.7	6481	13815
Papalotla	Urbana	Papalotla	1	Papalotla	4784	2.181	0.042	2%	92	3.6	99	270
San Bernardo Tlalmimilolpan	Rural	Tepetlaotoc	7	San Bernardo Tlalmimilolpan	2634	0.822	0.822	82%	2634	3.7	2834	7903



Colonia la Loma (La Loma San Isidro)	Rural	Tepetlaoxtoc	18	Colonia la Loma (La Loma San Isidro)	720	0.096	0.096	10%	720	3.7	775	2160
Colonia Santiago	Rural	Tepetlaoxtoc	60	Colonia Santiago	1171	0.083	0.077	93%	1086	3.7	1169	3258
San Juan Totolapan	Rural	Tepetlaoxtoc	10	San Juan Totolapan	1722	0.296	0.296	30%	1722	3.7	1853	5167
Colonia Tulteca Teopan	Rural	Tepetlaoxtoc	39	Colonia Tulteca Teopan	2201	0.704	0.014	2%	44	3.7	47	132
San Andrés de las Peras	Rural	Tepetlaoxtoc	6	San Andrés de las Peras	1566	0.493	0.493	49%	1566	3.7	1685	4699
San Pedro Chiautzingo	Rural	Tepetlaoxtoc	13	San Pedro Chiautzingo	3209	1.943	1.943	194%	3209	3.7	3453	9628
La Venta (La Loma)	Rural	Tepetlaoxtoc	40	La Venta (La Loma)	274	0.112	0.112	11%	274	3.7	295	822
Los Reyes Nopala	Rural	Tepetlaoxtoc	5	Los Reyes Nopala	678	0.204	0.204	20%	678	3.7	730	2034
Tepetlaoxtoc de Hidalgo	Urbana	Tepetlaoxtoc	1	Tepetlaoxtoc de Hidalgo	6738	3.864	3.864	386%	6738	3.7	7250	20216
Concepción Jolalpan	Urbana	Tepetlaoxtoc	3	Concepción Jolalpan	6538	5.34	5.23	98%	6403	3.7	6890	19211
Santo Tomás Apipilhuasco (Santo Tomás)	Urbana	Tepetlaoxtoc	14	Santo Tomás Apipilhuasco (Santo Tomás)	4234	2.495	2.495	250%	4234	3.7	4556	12704
Guadalupe Amanalco	Rural	Texcoco	6	Guadalupe Amanalco	510	0.097	0.097	10%	510	3.5	546	1436
Santa Inés	Rural	Texcoco	39	Santa Inés	1751	0.699	0.075	11%	188	3.5	201	529
San Agustín	Rural	Texcoco	143	San Agustín	263	0.122	0.122	12%	263	3.5	282	741
San Jerónimo Amanalco	Urbana	Texcoco	24	San Jerónimo Amanalco	7719	4.289	4.289	429%	7719	3.5	8271	21737
Santa María Tecuanulco	Urbana	Texcoco	41	Santa María Tecuanulco	3671	2.532	0.367	14%	532	3.5	570	1498
Tezoyuca	Urbana	Tezoyuca	1	Tezoyuca	17892	4.388	1.277	29%	5207	5.9	5859	30555

Total	Promedio	Total	Total
76965	3.8	83125	251916



Tabla 43. Proyección de la población por localidad, microcuenca Xalapango.

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localidad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Ejido San Salvador Acuexcomac (Ejido la Purísima)	Rural	Atenco	21	Ejido San Salvador Acuexcomac (Ejido la Purísima)	1795	0.791	0.15	0.189633375	340	4.9	375	1468
Zapotlán	Urbana	Atenco	5	Zapotlán	4137	0.687	0.681	0.991266376	4101	4.9	4521	17701
La Pastoría	Urbana	Atenco	23	La Pastoría	3649	0.987	0.978	0.990881459	3616	4.9	3986	15607
El Amanal	Rural	Atenco	32	El Amanal	774	0.647	0.647	0.647	774	4.9	853	3341
Francisco I. Madero	Rural	Atenco	6	Francisco I. Madero	1084	0.234	0.196	0.837606838	908	4.9	1001	3919
San Salvador Atenco	Urbana	Atenco	1	San Salvador Atenco	19823	4.331	2.424	0.559685985	11095	4.9	12231	47888
Ejido la Magdalena Panoaya	Rural	Atenco	33	Ejido la Magdalena Panoaya	4374	2.082	0.701	0.336695485	1473	4.9	1624	6358
Atenguillo	Rural	Chiautla	2	Atenguillo	1124	0.526	0.524	0.996197719	1120	3.3	1197	3037
San Bartolo	Rural	Chiautla	17	San Bartolo	797	3.775	0.047	0.012450331	10	3.3	11	27
Ejido de Chiautla (Colonia Guadalupe)	Rural	Chiautla	19	Ejido de Chiautla (Colonia Guadalupe)	538	0.388	0.388	0.388	538	3.3	575	1459
Tepetitlán	Rural	Chiautla	7	Tepetitlán	2428	0.641				3.3	0	0
Chiautla	Urbana	Chiautla	1	Chiautla	10810	4.736	4.736	4.736	10810	3.3	11553	29316
Santiago Chimalpa (Chimalpa)	Urbana	Chiautla	6	Santiago Chimalpa (Chimalpa)	4157	2.56	0.663	0.258984375	1077	3.3	1151	2921
Ejido San Cristóbal	Rural	Chiconcuac	9	Ejido San Cristóbal	1824	1.584	1.584	1.584	1824	2.7	1925	4104
Chiconcuac de Juárez	Urbana	Chiconcuac	1	Chiconcuac de Juárez	25868	5.254	4.007	0.762657023	19728	2.7	20824	44388
Mazatla (Barrio de Mazatla)	Rural	Papalotla	6	Mazatla (Barrio de Mazatla)	70	0.139	0.139	0.139	70	3.6	75	206
Papalotla	Urbana	Papalotla	1	Papalotla	4784	2.181	2.138	0.980284273	4690	3.6	5039	13781



Colonia Santiago	Rural	Tepetlaoxtec	60	Colonia Santiago	1171	0.083	0.006	0.072289157	85	3.7	91	255
Colonia Tulteca Teopan	Rural	Tepetlaoxtec	39	Colonia Tulteca Teopan	2201	0.704	0.69	0.980113636	2157	3.7	2321	6472
Concepción Jolalpan	Urbana	Tepetlaoxtec	3	Concepción Jolalpan	6538	5.34	0.109	0.020411985	133	3.7	143	399
Pentecostés La Resurrección	Rural	Texcoco	15	Pentecostés La Resurrección	1838	0.73	0.73	0.73	1838	3.5	1969	5176
San José Texopa	Rural	Texcoco	17	San José Texopa	3397	0.568	0.564	0.992957746	3373	3.5	3614	9498
San Juan Tezontla	Rural	Texcoco	26	San Juan Tezontla	2320	0.567	0.567	0.567	2320	3.5	2486	6533
San Simón	Rural	Texcoco	27	San Juan Tezontla	2402	1.067	1.067	1.067	2402	3.5	2574	6764
Santa Inés	Urbana	Texcoco	34	San Simón	3619	0.82	0.815	0.993902439	3597	3.5	3854	10129
San Isidro	Rural	Texcoco	39	Santa Inés	1751	0.699	0.625	0.894134478	1566	3.5	1678	4410
Los Reyes San Salvador	Rural	Texcoco	69	San Isidro	69	0.228	0.228	0.228	69	3.5	74	194
Ejido los Reyes San Salvador	Rural	Texcoco	18	Los Reyes San Salvador	1394	0.381	0.381	0.381	1394	3.5	1494	3925
La Magdalena Panoaya	Rural	Texcoco	168	Ejido los Reyes San Salvador	567	0.133	0.133	0.133	567	3.5	608	1597
La Purificación Tepetitla	Urbana	Texcoco	8	La Magdalena Panoaya	5597	1.219	0.166	0.136177194	762	3.5	816	2146
San Joaquín Coapango	Urbana	Texcoco	16	La Purificación Tepetitla	3817	2.349	2.349	2.349	3817	3.5	4090	10749
San Miguel Tlaixpan	Urbana	Texcoco	25	San Joaquín Coapango	2825	1.413	1.413	1.413	2825	3.5	3027	7955
Santa María Tecuanulco	Urbana	Texcoco	30	San Miguel Tlaixpan	7824	3.075	1.341	0.436097561	3412	3.5	3656	9608
Santa María Tulantongo	Urbana	Texcoco	41	Santa María Tecuanulco	3671	2.532	2.112	0.834123223	3062	3.5	3281	8623
	Urbana	Texcoco	45	Santa María Tulantongo	7039	5.255	0.587	0.11170314	786	3.5	842	2213

Total	Promedio	Total	Total
96339	3.7	103559	292166



Tabla 44. Proyección de la población por localidad, microcuenca Coxacoaco.

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localidad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Zapotlán	Urbana	Atenco	5	Zapotlán	4137	0.687	0.007	0.010189229	42	4.9	46	181
La Pastoría	Urbana	Atenco	23	La Pastoría	3649	0.987	0.009	0.009118541	33	4.9	36	142
Francisco I. Madero	Rural	Atenco	6	Francisco I. Madero	1084	0.234				4.9	0	0
Ejido la Magdalena Panoaya	Rural	Atenco	33	Ejido la Magdalena Panoaya	4374	2.082	1.378	0.661863593	2895	4.9	3191	12495
La Resurrección	Rural	Texcoco	17	La Resurrección	3397	0.568	0.004	0.007042254	24	3.5	26	68
San Nicolás Tlaminca	Rural	Texcoco	31	San Nicolás Tlaminca	2133	1.092	1.092	1.092	2133	3.5	2285	6006
San Simón	Urbana	Texcoco	34	San Simón	3619	0.82	0.005	0.006097561	22	3.5	24	62
Santa María Nativitas	Urbana	Texcoco	40	Santa María Nativitas	2807	1.296	0.254	0.195987654	550	3.5	589	1549
Texcoco de Mora	Urbana	Texcoco	1	Texcoco de Mora	35491	5.484	1.078	0.196571845	6977	3.5	7476	19647
La Magdalena Panoaya	Urbana	Texcoco	8	La Magdalena Panoaya	5597	1.219	1.053	0.863822806	4835	3.5	5181	13615
San Dieguito Xochimanca	Urbana	Texcoco	22	San Dieguito Xochimanca	3033	0.894	0.626	0.700223714	2124	3.5	2276	5981
San Miguel Tlaixpan	Urbana	Texcoco	30	San Miguel Tlaixpan	7824	3.075	1.734	0.563902439	4412	3.5	4727	12424
San Sebastián	Urbana	Texcoco	33	San Sebastián	3714	1.295	0.63	0.486486486	1807	3.5	1936	5088
Santa Catarina del Monte	Urbana	Texcoco	35	Santa Catarina del Monte	6587	3.543	3.543	3.543	6587	3.5	7058	18549
Santa Cruz de Arriba	Urbana	Texcoco	37	Santa Cruz de Arriba	2564	1.079	0.948	0.878591288	2253	3.5	2414	6344



Santa María Tecuanulco	Urbana	Texcoco	41	Santa María Tecuanulco	3671	2.532	0.053	0.02093207	77	3.5	83	217
San Miguel Tocuila	Urbana	Texcoco	44	San Miguel Tocuila	13442	2.618	0.014	0.005347594	72	3.5	77	203
Santa María Tulantongo	Urbana	Texcoco	45	Santa María Tulantongo	7039	5.255	4.666	0.88791627	6250	3.5	6697	17600
Vicente Riva Palacio	Urbana	Texcoco	47	Vicente Riva Palacio	3251	0.523	0.294	0.562141491	1828	3.5	1959	5148
Xocotlán	Urbana	Texcoco	48	Xocotlán	2460	1.726	1.726	1.726	2460	3.5	2636	6927
Santiaguito	Urbana	Texcoco	62	Santiaguito	2147	1.428	1.428	1.428	2147	3.5	2300	6046
									Total	Promedio	Total	Total
									47528	3.7	51016	138293



Tabla 45. Proyección de la población por localidad, microcuenca Texcoco.

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localidad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Ejido la Magdalena Panoaya	Rural	Atenco	33	Ejido la Magdalena Panoaya	4374	2.082	0.004	0.00192123	8	4.9	9	35
San Pablo Ixayoc	Rural	Texcoco	32	San Pablo Ixayoc	2725	0.857	0.857	0.857	2725	3.5	2920	7674
Santa Cruz de Abajo	Rural	Texcoco	36	Santa Cruz de Abajo	2054	0.445	0.445	0.445	2054	3.5	2201	5784
Santa María Nativitas	Urbana	Texcoco	40	Santa María Nativitas	2807	1.296	1.043	0.804783951	2259	3.5	2420	6361
Colonia Guadalupe Victoria	Urbana	Texcoco	96	Colonia Guadalupe Victoria	3036	0.531	0.386	0.72693032	2207	3.5	2365	6215
Colonia Lázaro Cárdenas	Rural	Texcoco	126	Colonia Lázaro Cárdenas	2785	0.646	0.646	0.646	2785	3.5	2984	7842
Los Sauces	Rural	Texcoco	144	Los Sauces	626	1.039	1.039	1.039	626	3.5	671	1763
Texcoco de Mora	Urbana	Texcoco	1	Texcoco de Mora	35491	5.484	4.406	0.803428155	28514	3.5	30552	80295
El Cooperativo	Urbana	Texcoco	3	El Cooperativo	3565	1.997	0.01	0.005007511	18	3.5	19	51
San Luis Huexotla	Urbana	Texcoco	7	San Luis Huexotla	12327	4.415	0.004	0.000906002	11	3.5	12	31
Colonia Nezahualcóy otl (Boyeros)	Urbana	Texcoco	14	Colonia Nezahualcóy otl (Boyeros)	3832	1.197	0.145	0.121136174	464	3.5	497	1307



San Diego	Urbana	Texcoco	21	San Diego	7266	2.039	2.039	2.039	7266	3.5	7785	20461
San Dieguito Xochimanca	Urbana	Texcoco	22	San Dieguito Xochimanca	3033	0.894	0.268	0.299776286	909	3.5	974	2560
San Felipe	Urbana	Texcoco	23	San Felipe	3603	0.785	0.785	0.785	3603	3.5	3860	10146
San Sebastián	Urbana	Texcoco	33	San Sebastián	3714	1.295	0.665	0.513513514	1907	3.5	2043	5370
Santa Cruz de Arriba	Urbana	Texcoco	37	Santa Cruz de Arriba	2564	1.079	0.131	0.121408712	311	3.5	333	876
Tequexquiná huac	Urbana	Texcoco	43	Tequexquiná huac	6423	3.548	2.347	0.661499436	4249	3.5	4553	11965
San Miguel Tocuila	Urbana	Texcoco	44	San Miguel Tocuila	13442	2.618	2.604	0.994652406	13370	3.5	14325	37650
Santa María Tulantongo	Urbana	Texcoco	45	Santa María Tulantongo	7039	5.255	0.001			3.5	0	0
Unidad Habitacional Emiliano Zapata- ISSSTE	Urbana	Texcoco	46	Unidad Habitacional Emiliano Zapata- ISSSTE	3205	0.242	0.001	0.004132231	13	3.5	14	37
Vicente Riva Palacio	Urbana	Texcoco	47	Vicente Riva Palacio	3251	0.523	0.228	0.435946463	1417	3.5	1518	3990
La Trinidad	Urbana	Texcoco	64	La Trinidad	4586	3.061	2.054	0.671022542	3077	3.5	3297	8665
Salitrería	Urbana	Texcoco	173	Salitrería	3999	0.785	0.785	0.785	3999	3.5	4285	11261
Unidad Habitacional Embotellados	Urbana	Texcoco	174	Unidad Habitacional Embotellados	1725	0.085	0.085	0.085	1725	3.5	1848	4858

Total	Promedio	Total	Total
83517	3.5	89485	235194



Tabla 46. Proyección de la población por localidad, microcuenca Chapingo.

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localidad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Colonia Guadalupe Victoria	Urbana	Texcoco	96	Colonia Guadalupe Victoria	3036	0.531	0.146	0.27495292	835	3.5	895	2351
Los Sauces	Rural	Texcoco	144	Los Sauces	626	1.039	0			3.5	0	0
Pozo Guadalupe	Rural	Texcoco	150	Pozo Guadalupe	189	0.1	0.1	0.1	189	3.5	203	532
El Cooperativo	Urbana	Texcoco	3	El Cooperativo	3565	1.997	1.946	0.97446169	3474	3.5	3722	9783
San Luis Huexotla	Urbana	Texcoco	7	San Luis Huexotla	12327	4.415	3.549	0.80385051	9909	3.5	10617	27904
Colonia Nezahualcóy otl (Boyeros)	Urbana	Texcoco	14	Colonia Nezahualcóy otl (Boyeros)	3832	1.197	1.052	0.87886383	3368	3.5	3609	9484
San Diego	Urbana	Texcoco	21	San Diego	7266	2.039	0	0	0	3.5	0	0
San Mateo Huexotla	Urbana	Texcoco	28	San Mateo Huexotla	862	0.15	0.038	0.25333333	218	3.5	234	614
Tequexquiná huac	Urbana	Texcoco	43	Tequexquiná huac	6423	3.548	1.201	0.33850056	2174	3.5	2329	6122
Unidad Habitacional Emiliano Zapata-ISSSTE	Urbana	Texcoco	46	Unidad Habitacional Emiliano Zapata-ISSSTE	3205	0.242	0.242	0.242	3205	3.5	3434	9025
La Trinidad	Urbana	Texcoco	64	La Trinidad	4586	3.061	1.006	0.32865077	1507	3.5	1615	4244
Total										Promedio	Total	Total
24879										3.5	26657	70059



Tabla 47. Proyección de la población por localidad, microcuenca San Bernardino

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localidad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Colonia Villas de Tolimpa	Rural	Texcoco	114	Colonia Villas de Tolimpa	486	0.12	0.12	0.12	486	3.5	521	1369
La Nopalera (La Siberia)	Rural	Texcoco	155	La Nopalera (La Siberia)	127	0.035	0.035	0.035	127	3.5	136	358
Praderas de Tecuac	Rural	Texcoco	156	Praderas de Tecuac	680	0.09	0.064	0.7111111111	484	3.5	519	1363
Valle de Tiáloc (Colonia Valle de Tiáloc)	Rural	Texcoco	167	Valle de Tiáloc (Colonia Valle de Tiáloc)	1103	0.187	0.183	0.978609626	1079	3.5	1156	3038
Colonia las Tijeras	Rural	Texcoco	154	Colonia las Tijeras	1449	0.298	0.298	0.298	1449	3.5	1553	4080
El Cooperativo	Urbana	Texcoco	3	El Cooperativo	3565	1.997	0.041	0.020530796	73	3.5	78	206
San Luis Huexotla	Urbana	Texcoco	7	San Luis Huexotla	12327	4.415	0.862	0.195243488	2407	3.5	2579	6778
Montecillo	Urbana	Texcoco	12	Montecillo	4787	2.216	0	0	0	3.5	0	0
San Bernardino	Urbana	Texcoco	20	San Bernardino	8537	3.13	3.13	3.13	8537	3.5	9147	24040
San Mateo Huexotla	Urbana	Texcoco	28	San Mateo Huexotla	862	0.15	0.112	0.746666667	644	3.5	690	1813
San Miguel Coatlinchán	Urbana	Texcoco	29	San Miguel Coatlinchán	13705	2.911	0.177	0.060803847	833	3.5	893	2346
Lomas de Cristo	Urbana	Texcoco	52	Lomas de Cristo	3722	0.73	0.687	0.94109589	3503	3.5	3753	9864
Lomas de San Esteban	Urbana	Texcoco	53	Lomas de San Esteban	2399	0.816	0.037	0.045343137	109	3.5	117	307
Colonia Leyes de Reforma	Urbana	Texcoco	171	Colonia Leyes de Reforma	5800	0.313	0.313	0.313	5800	3.5	6214	16333
									Total	Promedio	Total	Total
									25531	3.5	27355	71895



Tabla 48. Proyección de la población por localidad, microcuenca Santa Mónica

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localidad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Rancho la Cabaña	Rural	Chicoloapan	51	Rancho la Cabaña	1629	0.068	0.068	0.068	1629	10.0	1988	32293
Ejido la Venta Cuautlalpan	Rural	Chicoloapan	42	Ejido la Venta Cuautlalpan	1395	0.588	0.059	0.100340136	140	10.0	171	2775
Chicoloapan de Juárez	Urbana	Chicoloapan	1	Chicoloapan de Juárez	193532	14.11	0.909	0.064422395	12468	10.0	15215	247166
Ex-Hacienda de Tepetitlán	Rural	Texcoco	113	Ex-Hacienda de Tepetitlán	197	0.041	0.041	0.041	197	3.5	211	555
San Felipe de Jesús	Rural	Texcoco	130	San Felipe de Jesús	196	0.213	0.213	0.213	196	3.5	210	552
Praderas de Tecuac	Rural	Texcoco	156	Praderas de Tecuac	680	0.09	0.026	0.288888889	196	3.5	210	552
Puente Quebrado (Pozo San Isidro)	Rural	Texcoco	161	Puente Quebrado (Pozo San Isidro)	388	0.444	0.243	0.547297297	212	3.5	227	597
Valle de Tláloc (Colonia Valle de Tláloc)	Rural	Texcoco	167	Valle de Tláloc (Colonia Valle de Tláloc)	1103	0.187	0.003	0.016042781	18	3.5	19	51
Santa Martha	Urbana	Texcoco	109	Santa Martha	9641	1.034	1.028	0.994197292	9585	3.5	10270	26991
Colonia Lázaro Cárdenas	Rural	Texcoco	93	Colonia Lázaro Cárdenas	1646	0.646	0.134	0.207430341	341	3.5	365	960



Montecillo	Urbana	Texcoco	12	Montecillo	4787	2.216	2.216	2.216	4787	3.5	5129	13480
San Bernardino	Urbana	Texcoco	20	San Bernardino	8537	3.13	0			3.5	0	0
San Miguel Coatlinchán	Urbana	Texcoco	29	San Miguel Coatlinchán	13705	2.911	2.733	0.938852628	12867	3.5	13786	36233
Villa Santiago Cuautlalpan	Urbana	Texcoco	42	Villa Santiago Cuautlalpan	11849	3.186	3.186	3.186	11849	3.5	12696	33367
Lomas de Cristo	Urbana	Texcoco	52	Lomas de Cristo	3722	0.73	0.042	0.057534247	214	3.5	229	603
Lomas de San Esteban	Urbana	Texcoco	53	Lomas de San Esteban	2399	0.816	0.779	0.954656863	2290	3.5	2454	6449
Fraccionamiento el Tejocote	Urbana	Texcoco	63	Fraccionamiento el Tejocote	3739	1.118	1.118	1.118	3739	3.5	4006	10529
Colonia Wenceslao Victoria	Urbana	Texcoco	172	Colonia Wenceslao Victoria	4249	0.244	0.244	0.244	4249	3.5	4553	11965
Total										Promedio	Total	Total
64977										4.5	71740	425118



Tabla 49. Proyección de la población por localidad, microcuenca Coatepec.

Nom Geográfico	Ámbito	Municipio	# Loc	NOM_LOC	Población Total	Sup. Gral	Sup. por microcuenca	% de sup	Población por localidad 2020	Ind crec	Población 2022	Población 2050
Mirador Tezaluca	Rural	Chicoloapan	58	Mirador Tezaluca	259	0.049	0.049	0.049	259	10.0	316	5134
Ejido la Copalera	Rural	Chicoloapan	38	Ejido la Copalera	704	0.088	0.088	0.088	704	10.0	859	13956
Loma San Pedro	Rural	Chicoloapan	43	Loma San Pedro	1350	0.341	0.341	0.341	1350	10.0	1647	26762
Ejido la Venta Cuautlalpan	Rural	Chicoloapan	42	Ejido la Venta Cuautlalpan	1395	0.588	0.528	0.89795918	1253	10.0	1529	24840
Pozo Número Dos (La Campana)	Rural	Chicoloapan	44	Pozo Número Dos (La Campana)	644	0.01	0.01	0.01	644	10.0	786	12767
Pozo Número Cuatro (San Juan)	Rural	Chicoloapan	50	Pozo Número Cuatro (San Juan)	367	0.048	0.048	0.048	367	10.0	448	7275
Chicoloapan de Juárez	Urbana	Chicoloapan	1	Chicoloapan de Juárez	193532	14.11	13.202	0.93564848	181078	10.0	220976	3589699
Zapotla	Rural	Chimalhuacán	64	Zapotla	972	0.14	0.112	0.8	778	12.9	1007	37169
Chimalhuacán	Urbana	Chimalhuacán	1	Chimalhuacán	703215	48.542	24.843	0.51178361	359894	12.9	465716	17193820
Lomas de Coatepec	Rural	Ixtapaluca	144	Lomas de Coatepec	313	0.06	0.06	0.06	313	7.6	364	3026
Pueblo Nuevo (San Isidro Labrador)	Rural	Ixtapaluca	50	Pueblo Nuevo (San Isidro Labrador)	296	0.356	0.098	0.2752809	81	7.6	94	783
Rancho Verde	Rural	Ixtapaluca	147	Rancho Verde	824	0.236	0.236	0.236	824	7.6	959	7967
La Guadalupe	Rural	Ixtapaluca	150	La Guadalupe	709	0.165	0.059	0.35757576	254	7.6	295	2456



Santa Ana	Rural	Ixtapaluca	148	Santa Ana	489	0.186	0.017	0.09139785	45	7.6	52	435
Coatepec	Urbana	Ixtapaluca	4	Coatepec	10383	2.827	2.607	0.92217899	9575	7.6	11139	92582
Los Pinos	Rural	Ixtapaluca	163	Los Pinos	260	0.078	0.078	0.078	260	7.6	302	2514
Lomas de San Sebastián	Rural	La Paz	33	Lomas de San Sebastián	10337	2.87	1.145	0.3989547	4124	6.8	4726	31858
Los Pirules (El Potrero)	Rural	La Paz	44	Los Pirules (El Potrero)	5136	0.884	0.884	0.884	5136	6.8	5886	39676
Arenal	Urbana	La Paz	36	Arenal	8742	0.929	0.018	0.01937567	169	6.8	194	1306
Lomas de San Sebastián	Urbana	La Paz	38	Lomas de San Sebastián	21698	2.87	0.539	0.18780488	4075	6.8	4670	31480
Puente Quebrado (Pozo San Isidro)	Rural	Texcoco	161	Puente Quebrado (Pozo San Isidro)	388	0.444	0.201	0.4527027	176	3.5	189	496
Santa Martha	Urbana	Texcoco	109	Santa Martha	9641	1.034	0.006	0.00580271	56	3.5	60	158
									Total	Promedio	Total	Total
									571415	8.3	722215	21126159



B. Registros de precipitación, ciclo 2022.

Figura 73. Diagrama de precipitación mensual
San Juan Teotihuacán 2022

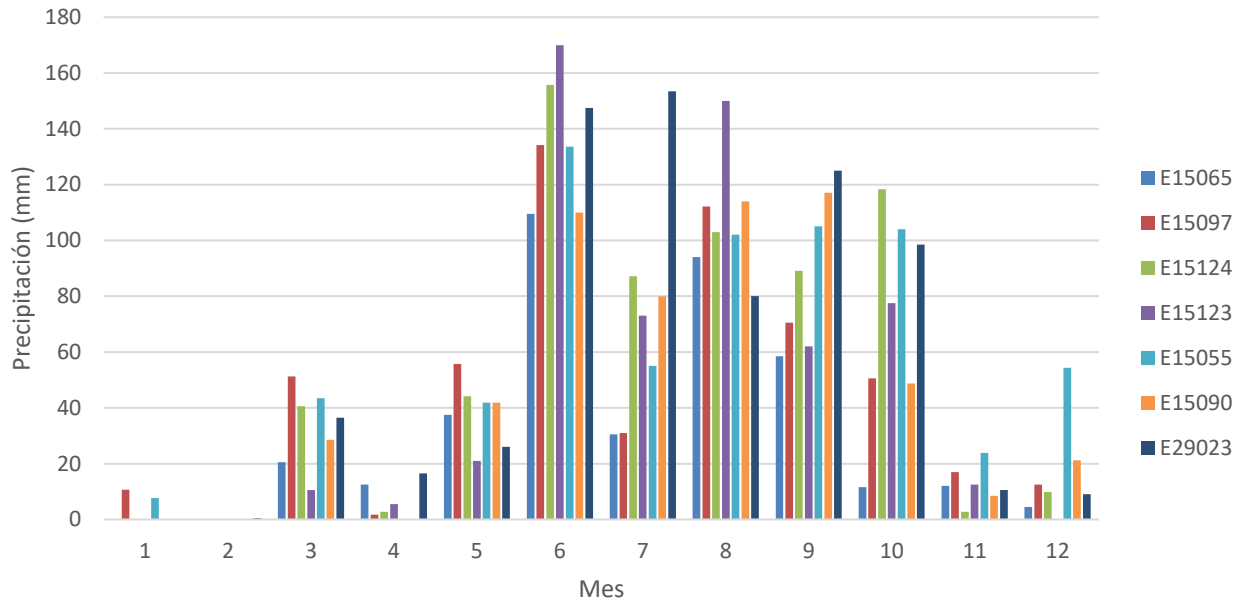


Figura 74. Precipitación anual
San Juan Teotihuacán 2022

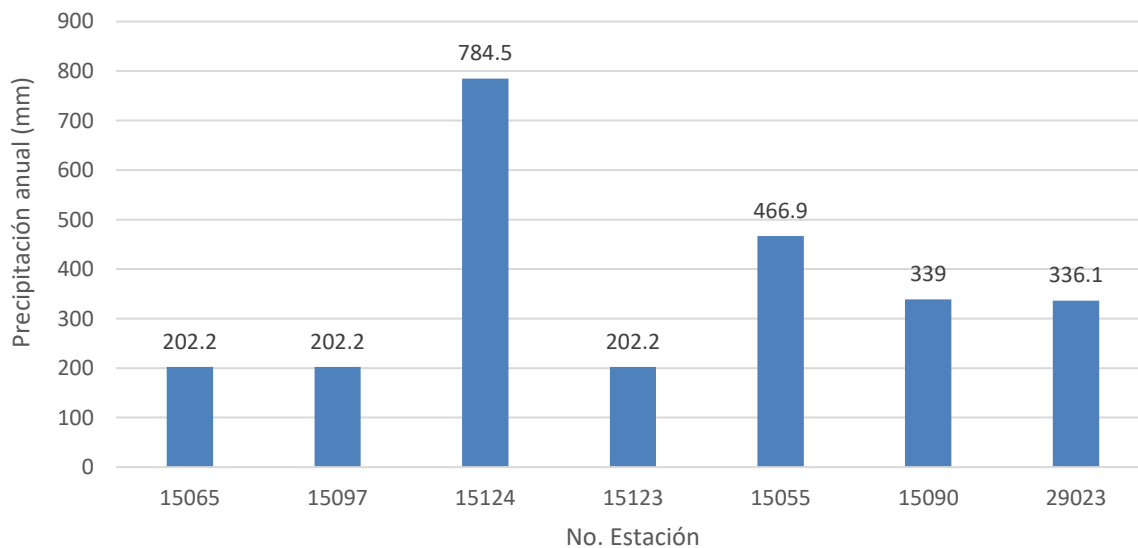




Figura 75. Hidrograma de precipitación mensual Papalotla 2022

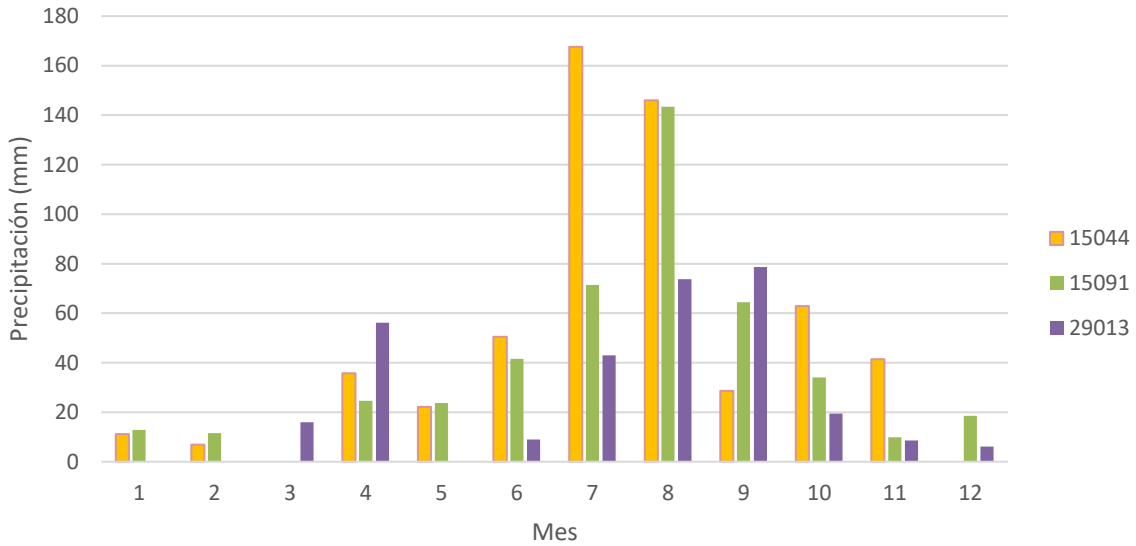
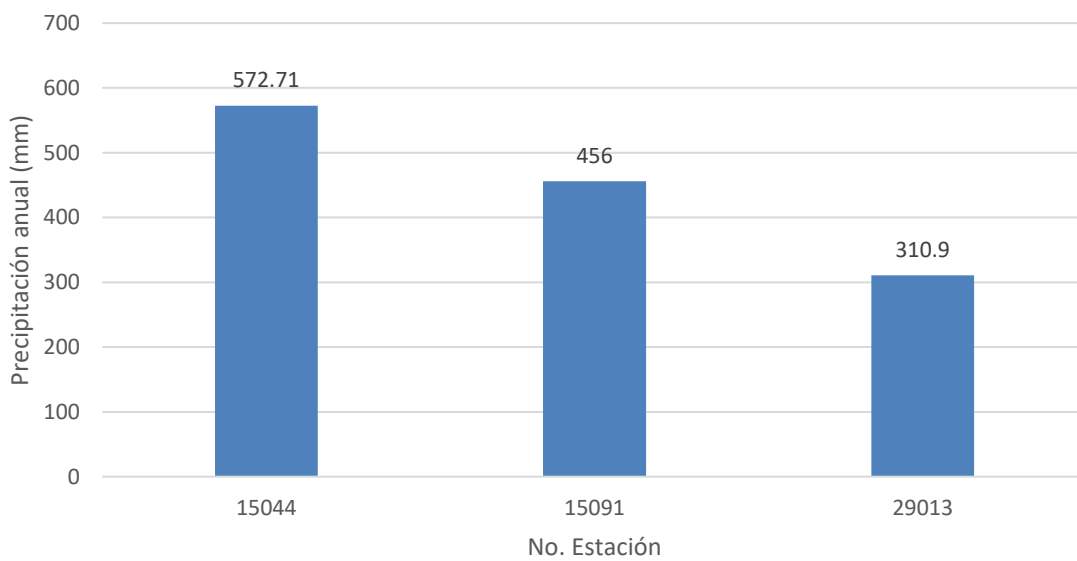
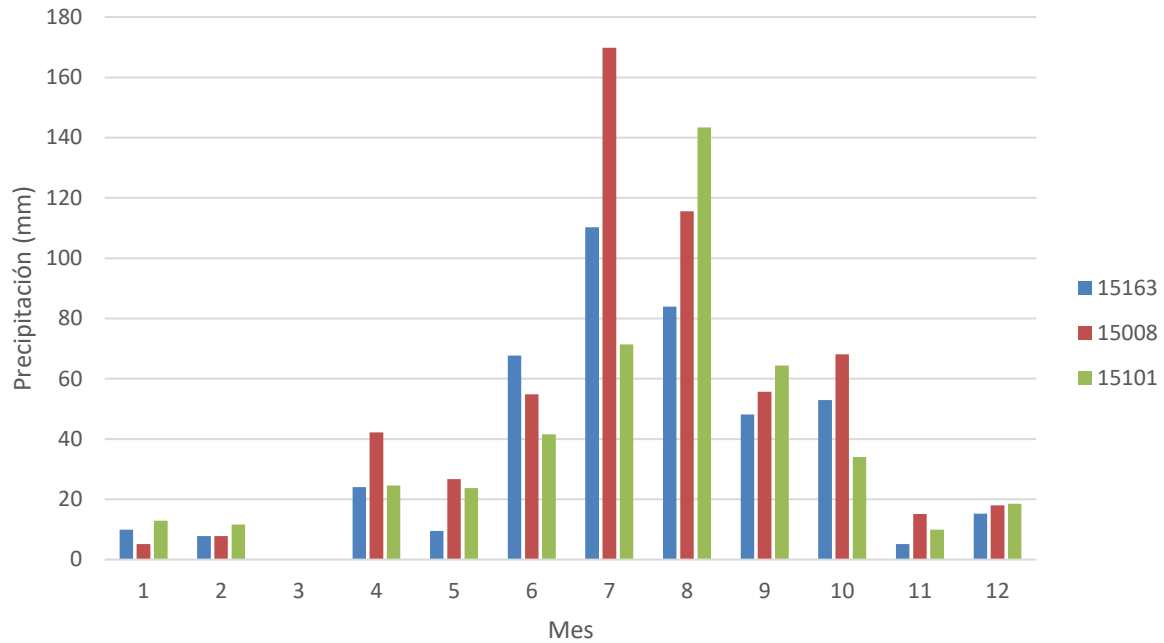


Figura 76. Precipitación anual Papalotla 2022





**Figura 77. Hidrograma de precipitación mensual
Xalapango 2022**



**Figura 78. Precipitación anual
Xalapango 2022**

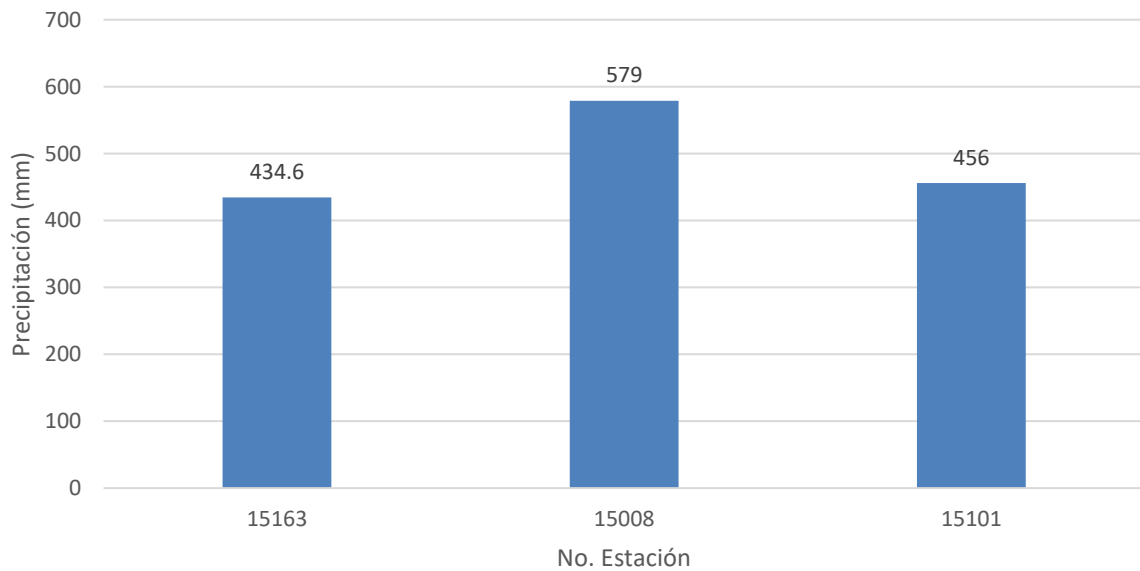




Figura 79. Hidrograma de precipitación mensual
Coxcacoaco 2022

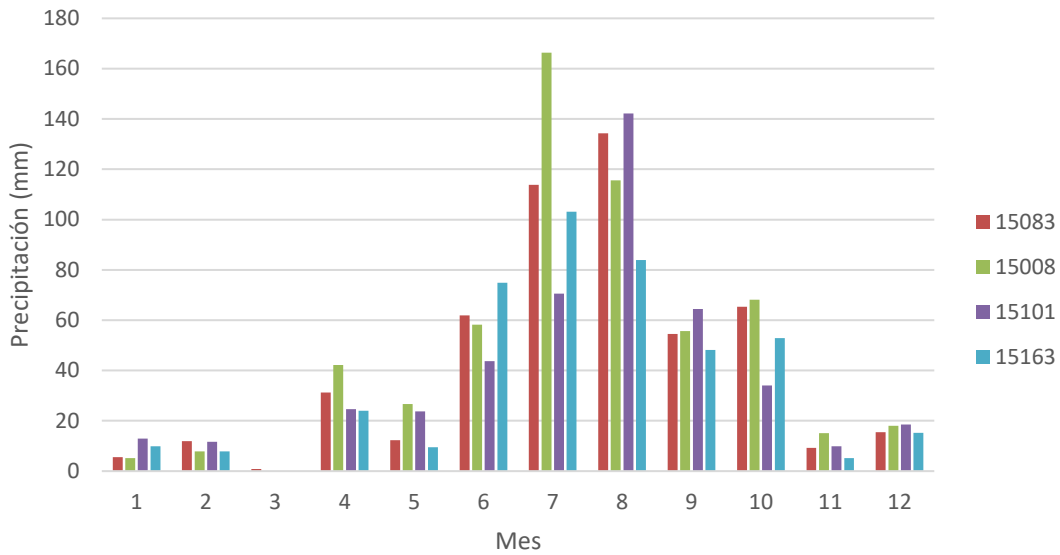


Figura 80. Precipitación anual
Coxcacoaco 2022

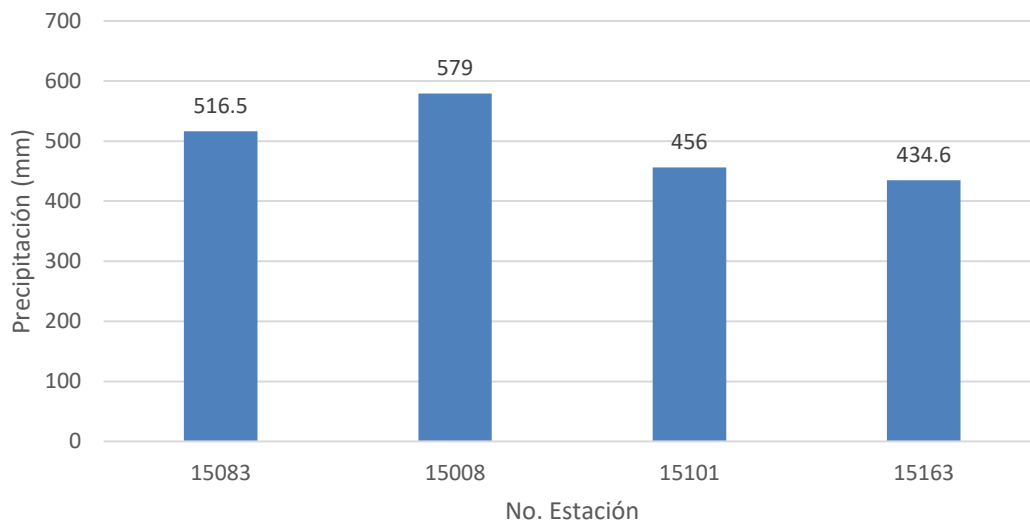




Figura 81. Hidrograma de precipitación mensual
Texcoco 2022

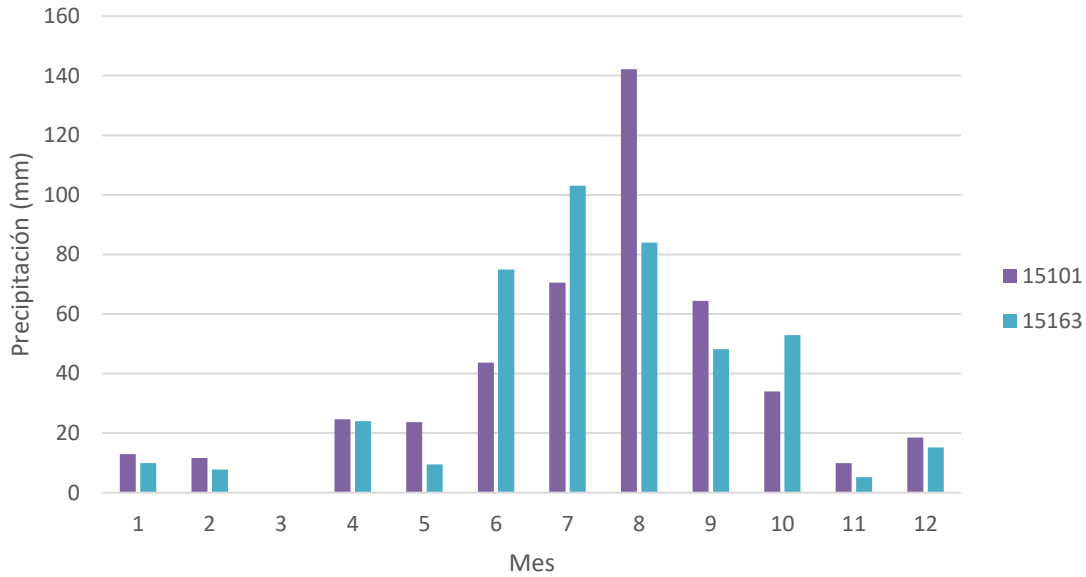


Figura 82. Precipitación anual
Texcoco 2022

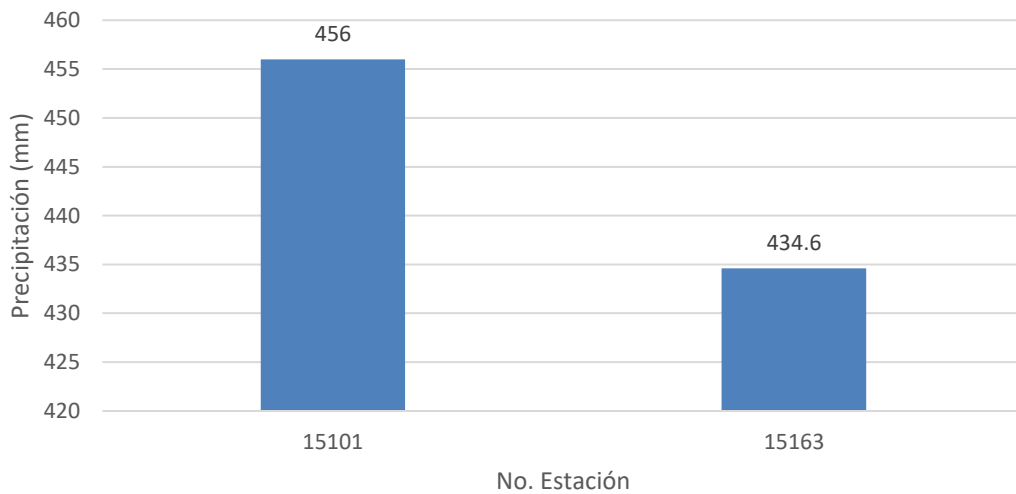




Figura 83. Hidrograma de precipitación mensual Chapingo 2022

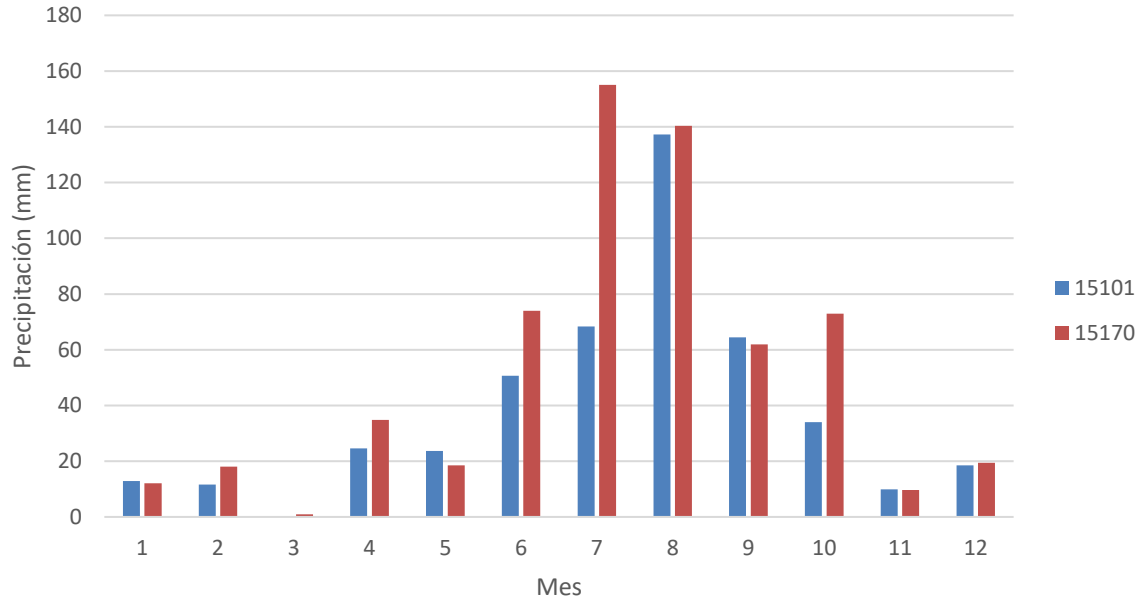


Figura 84. Precipitación anual Chapingo 2022

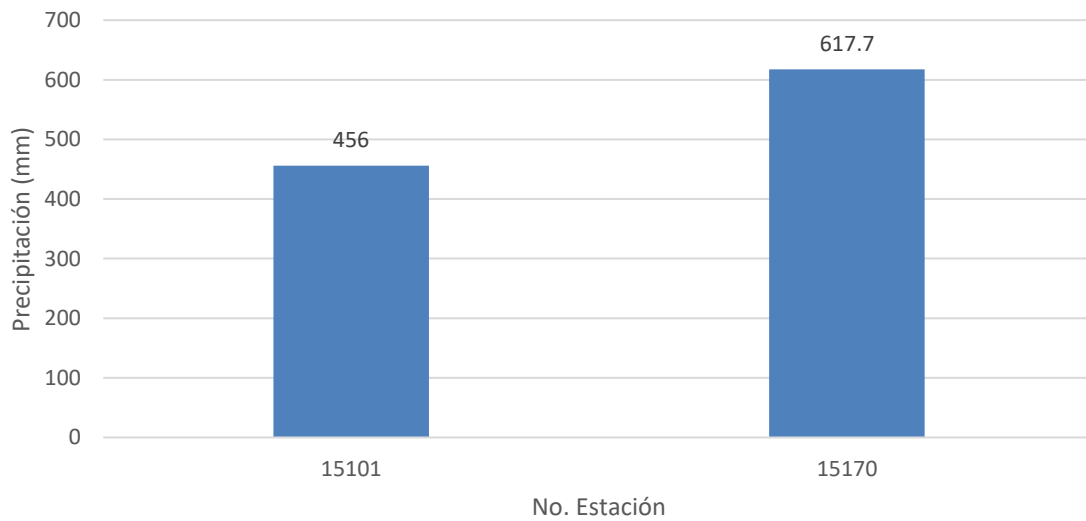




Figura 85. Hidrograma de precipitación mensual
San Bernardino 2022

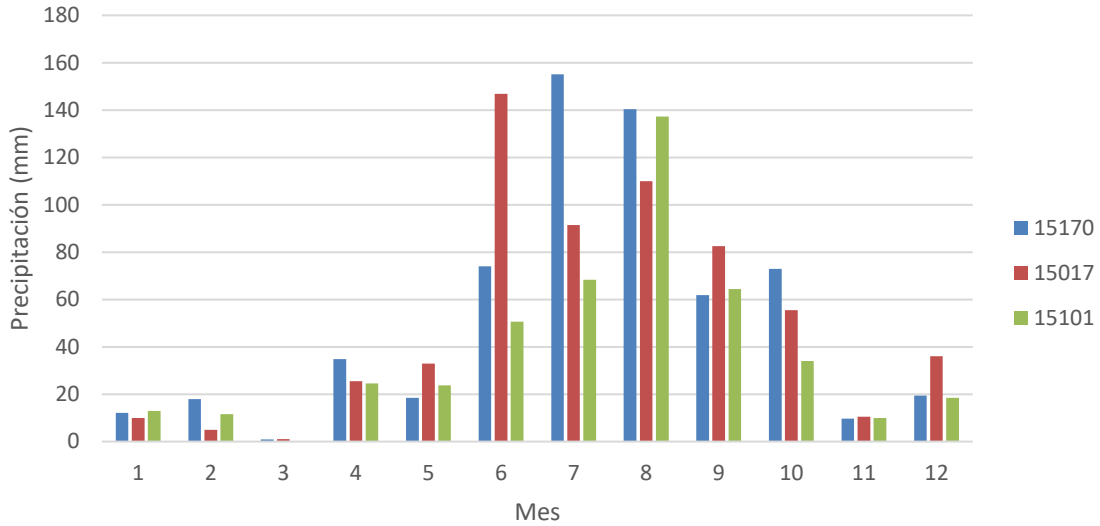


Figura 86. Precipitación anual
San Bernardino 2022

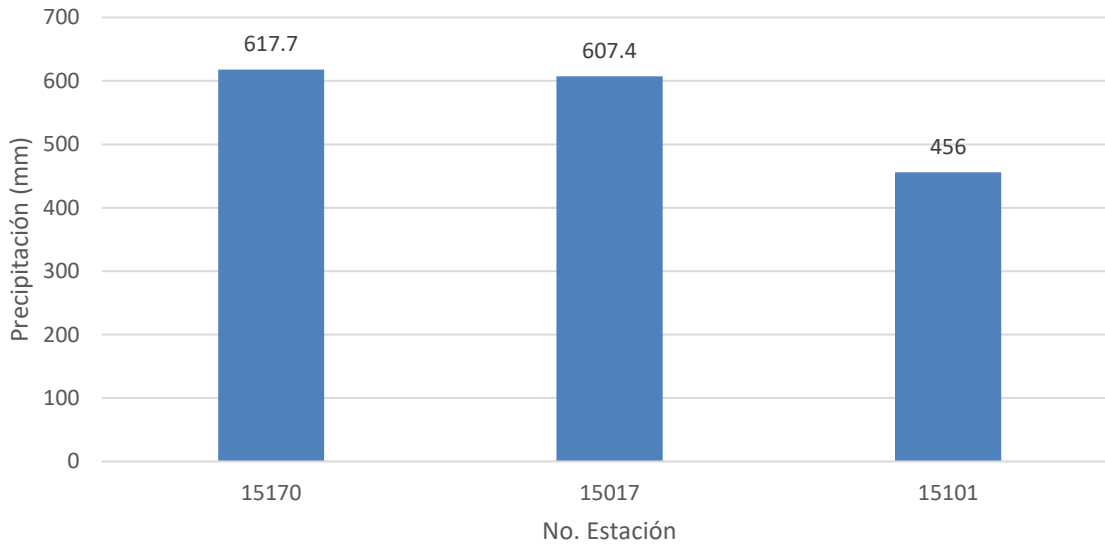




Figura 87. Hidrograma de precipitación mensual
Santa Mónica/Coatepec 2022

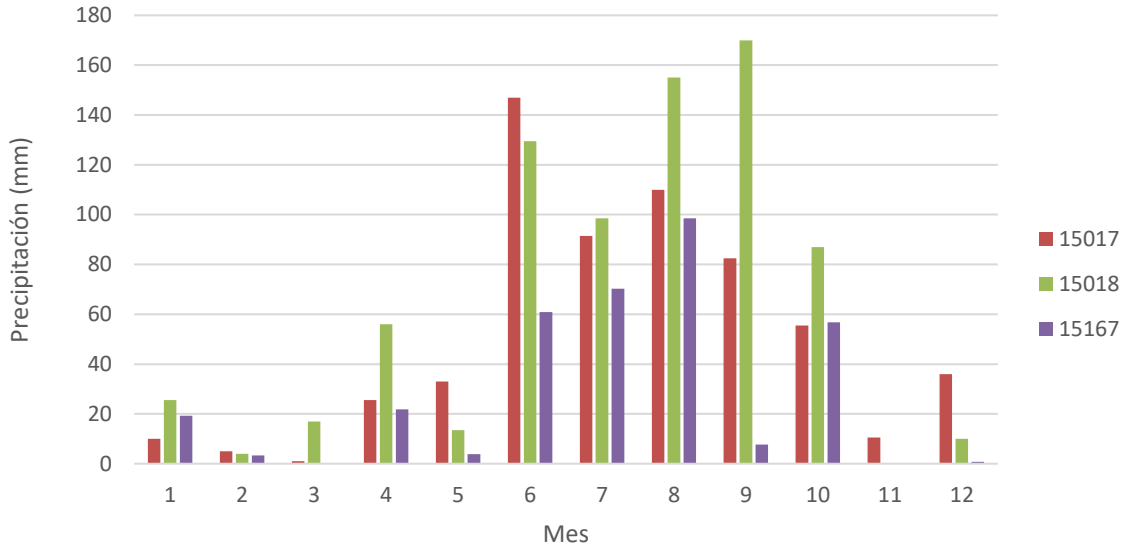
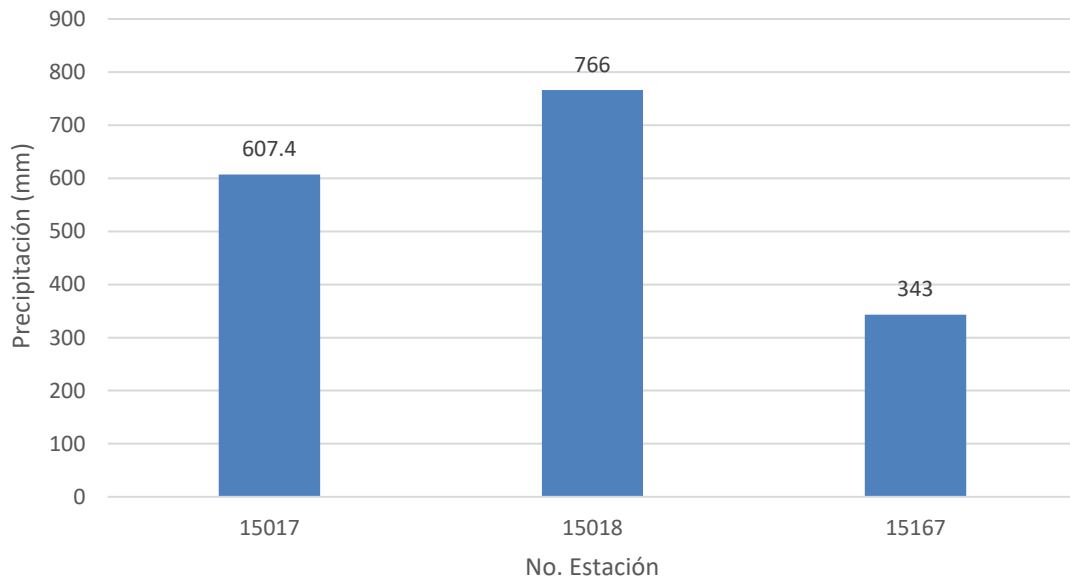


Figura 88. Precipitación anual
Santa Mónica/Coatepec 2022





12. REFERENCIAS.

Allen, R. G., Doorenbos, J., & Monteith, L. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje, boletín 56. FAO.

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2008). *Estadística para administración y economía* (10.^a ed.). Cengage Learning.

Arnold, J. G., Moriasi, D. N., Gassman, P. W., Abbaspour, K. C., White, M. J., Srinivasan, R., ... & Jha, M. K. (2012). SWAT: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1491-1508.

Aparicio, M. F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Editorial Limusa.

Ayuntamiento de Chicoloapan. (2025). *Plan de Desarrollo Municipal de Chicoloapan 2025-2027*. Gobierno del Municipio de Chicoloapan.

Ayuntamiento de Chiconcuac. (2025). *Plan de Desarrollo Municipal de Chiconcuac 2025-2027*. Gobierno del Municipio de Chiconcuac.

Ayuntamiento de Ixtapaluca. (2021). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Ixtapaluca*. Gobierno del Estado de México; Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura.

Ayuntamiento de Otumba. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal de Otumba 2022-2024*. Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México (COPLADEM).

Ayuntamiento de Papalotla. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal de Papalotla 2022-2024*. Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México (COPLADEM).

Ayuntamiento de Tecámac. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal de Tecámac 2022-2024*. Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México (COPLADEM).

Ayuntamiento de Teotihuacán. (2023). *Modificación del Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Teotihuacán*. Gobierno del Estado de México; Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura.

Ayuntamiento de Tezoyuca. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal de Tezoyuca 2022-*



2024. Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México (COPLADEM).

Breña, A., & Jacobo, M. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial* (Vol. 1). Universidad Autónoma de México. https://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2024). *Programa de Manejo del Área de Protección de Recursos Naturales Lago de Texcoco.* <https://www.conanp.gob.mx/programademanejo/PMLagoDeTexcoco.pdf>

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2019). *Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Texcoco (1507), Estado de México.* Gerencia de Aguas Subterráneas. https://sigagis.conagua.gob.mx/etj_web/docs_ETJ/ETJ_1507.pdf

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). *Proyecto de Rescate Hidrológico del Lago de Texcoco: Estrategia integral de recuperación del sistema lacustre.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). *Avances e impacto del Parque Ecológico Lago de Texcoco.* <https://www.gob.mx/conagua/prensa/avances-e-impacto-del-parque-ecologico-lago-de-texcoco?idiom=es-MX>

Comisión Nacional del Agua. (2023, 17 de noviembre). Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación.* https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5708846&fecha=17/11/2023#sc.tab=0

Davis, D. A., & Langbein, W. B. (1972). Streamflow. En *Casebook on hydrological network design practice* (Ch. 1 - 5.3). WMO (WMO publ. No. 324).

Davis, S. N., & De Wiest, R. J. M. (1991). *Hydrogeology.* Krieger Publishing Company.

Gómez, R. M. A. (2015). *El Lago de Texcoco: Historia de una pérdida, de la época prehispánica al siglo XX.* UNAM - Dirección General de Bibliotecas.



Hausfather, Z. (2019, 2 de diciembre). *CMIP6: the next generation of climate models explained*. Carbon Brief. <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/>

Instituto del Agua. (2023). *Proyecto Lago de Texcoco: Rescate hidrológico y la reinención de la hidrología*. <https://institutodelagua.es/hidrologia/proyecto-lago-de-texcoco-rescate-hidrologicohidrologia/>

Instituto Mexicano para la Competitividad, A. C. (2023). *Modernizar la regulación de aguas en México*. https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2023/06/RegulacionDeAguas_Reporte_20062023.pdf

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2024). *Día Mundial del Medio Ambiente 2024*. <https://www.gob.mx/imta/articulos/dia-mundial-del-medio-ambiente-2024-367166?idiom=es>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2026). *Espacio y Datos de México* [Mapa interactivo]. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/>

Jawerth, N. (2019, abril). El impacto del cambio climático en el futuro de los recursos hídricos. *El Agua*, 40.

Martín Clemente, C. R., Sosa Ramírez, J., Maass Moreno, M., Luna Ruíz, J. de J., Meráz Jiménez, A. de J., & Flores Ancira, E. (2015). Comparación de métodos para estimar la disponibilidad de agua en cuencas forestales. *Terra Latinoamericana*, 33(1), 17–26. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000100017&lng=es&tlng=es.

Méndez-Morales, M. (2013). Calibración y validación del modelo hidrológico SWMM en cuencas hidrográficas de alta pendiente en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 26(2), 20. <https://doi.org/10.18845/tm.v26i2.1400>

Ministerio De Medio Ambiente y Agua-Viceministerio De Recursos Hídricos Y Riego. (2016). *Guía metodológica para la elaboración de balances hídricos superficiales. Análisis de variabilidad climática de oferta y demanda hídrica (Versión resumida)*.

Mohajerani, H., Zema, D. A., Lucas-Borja, M. E., & Casper, M. (2021). Understanding



the water balance and its estimation methods. En *Precipitation* (pp. 193–221). Elsevier.

Montero-García, I. A. (2021). *El Lago de Texcoco y México-Tenochtitlán: 1519-1521*. CONANP-SEMARNAT, CONACyT.

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L., ... & Du, B. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.

Organización de las Naciones Unidas en México (UNESCO). (2023). *Lago de Texcoco: Primer sitio demostrativo de ecohidrología en México*. <https://mexico.un.org/es/288824-lago-de-texcoco-primer-sitio-demostrativo-de-ecohidrolog%C3%ADa-en-m%C3%A9xico>

Peña-Díaz, S. (2019). Condiciones hídricas en la cuenca del Valle de México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(2), 98–121. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-02-04>

Peña-Díaz, S. (2019). Condiciones hídricas en la cuenca del Valle de México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(2), 179–198. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222019000200098

Rawls, W. J., Brakensiek, D. L., & Miller, N. (1983). Green-ampt infiltration parameters from soils data. *Journal of Hydraulic Engineering*, 109(1), 62–70. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9429\(1983\)109:1\(62](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9429(1983)109:1(62)

Scientific framework of world water balance. (1971). *Journal of Hydrology*, 14(3–4), 355–356. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(71\)90053-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(71)90053-9)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5387027



Medio Ambiente

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



Siegel, J. S., Swanson, D. A., & Shryock, H. S. (2004). *The methods and materials of demography* (2nd ed.). Elsevier/Academic Press.

Sokolov, A. A., & Chapman, T. G. (1981). *Métodos de cálculo del balance hídrico: Guía internacional de investigación y métodos*.

United States Environmental Protection Agency. (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual Volume I – Hydrology (Revised)*. <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

Wheater, H., Sorooshian, S., & Sharma, K. D. (2007). *Hydrological modelling in arid and semi-arid areas*. Cambridge University Press.