

PLAN ESTRATÉGICO

CONSERVACIÓN DEL AGUA
Y SUELO, Y RECARGA/INFILTRACIÓN
AL ACUÍFERO EN LA CUENCA DEL
LAGO DE ZAPOTLÁN, JALISCO

CONTENIDO

Introducción	6
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
Ubicación geográfica de la cuenca de la laguna de Zapotlán	7
Metodología de trabajo	10
Integración de la Información	10
H. Ayuntamiento de Zapotlán El Grande, Jalisco	11
Patronato del Nevado de Colima en Colaboración con Driscoll's	13
JIRCO	14
SEMADET	18
Los Afectados por la Laguna	19
Batimetría - Representación de Profundidades	19
Mapa de Elevación y Profundidad del Nivel Estático	22
Visitas a intervenciones en la cuenca	23
Bordos de Infiltración	23
Rancho del Sr. Martín Godínez	24
Obras de Corredores Biológicos y Presas de Geocostales en Márgenes de Cauces	25
Situación Actual de los Cauces	26
Situación Actual de Gobernanza del agua y de la cuenca	28
Actores Locales	28
Instrumentos de planeación para el manejo de la cuenca y del agua	30
El Plan Estratégico de Conservación del Agua y el Suelo, y Recarga/Infiltración al Acuífero	35
Infiltración - escurrimiento 0, protección y fomento de recarga de acuíferos y mejoramiento ambiental	38
Líneas estratégicas para el ordenamiento del uso del suelo	38
Líneas estratégicas para el ordenamiento del uso del agua	38
Principales intervenciones en la cuenca	39
Intervenciones para el control de azolve, conservación de suelos, de infiltración y el establecimiento de corredores biológicos	50
Protección de cauces y corredores biológicos	52

Saneamiento y reuso de agua	53
Población urbana	53
Población rural	55
Modernización del sistema de agua urbano y rural	57
Para los sistemas de agua potable urbano:	57
Para los sistemas de agua potable rural:	58
Eficiencia y conservación del uso de agua	59
Líneas estratégicas para la eficiencia del uso del agua	59
Manejo de riesgos por fenómenos hidrometeorológicos	59
Fortalecimiento de la Gobernanza en la Cuenca Laguna de Zapotlán	60
Principios y líneas estratégicas de gobernanza	60
La nueva Comisión de Cuenca	60
Gestión del conocimiento	61
Formación de capacidades y cultura del agua	62
Educación Ambiental	62
Celebración de Eventos	62
Comunicación y divulgación	63
Priorización de intervenciones	65
Beneficios de las intervenciones en la cuenca de la Laguna de Zapotlán	70
Inversión total necesaria	72
Conclusiones y recomendaciones	73
Referencias	75

ÍNDICE DE TABLAS, IMÁGENES ANEXOS

Imagen 1 y 2. Mapa de la zona de estudio dividida en 9 microcuencas.	8
Imagen 3. Laguna de Zapotlán.	8
Imagen 4. División de las microcuencas y sus cauces principales.	9
Imagen 5. Isoyetas de precipitación en la zona.	9
Imagen 6. Mapa del programa de ordenamiento ecológico y territorial de la cuenca de Lago de Zapotlán.	11
Imagen 7. Mapa de la cuenca del Lago de Zapotlán con los niveles estáticos del agua subterránea.	13
Imagen 8. PTAR en Ciudad Guzmán	14
Imagen 9. Humedal artificial en Atequizayan	15
Imagen 10. Mapa preliminar de ubicación de acciones JIRCO.	15
Imagen 11. Mapa de canales de avenamiento	16
Imagen 12. Publicación de mercadotecnia social.	17
Imagen 13. Mapa de contaminación por lirios.	17
Imagen 14. Mapa de SEMADET de ordenamiento territorial del estado de Jalisco.	18
Imagen 15. Mapa de evolución de la laguna de Zapotlán	19
Imagen 16. Batimetría de la Laguna de Zapotlán.	20
Imagen 17. Perfiles del fondo de la laguna de Zapotlán.	20
Imagen 18. Perfiles del fondo de la laguna de Zapotlán.	21
Imagen 19. Mapa de la cuenca del Lago de Zapotlán con los niveles estáticos del agua subterránea y ubicación de pozos.	22
Imagen 20. Secuencia de bordos para forzar la infiltración.	23
Imagen 21 y 22. Bordos de tierra sobre el cauce para forzar la infiltración.	24
Imagen 23. Obras para el control de erosión en surcos y reforestaciones en cauces.	25
Imagen 24. Sección esquemática actual de los cauces	26
Imagen 25. Sección esquemática ideal de los cauces	27
Tabla 1a. Programa estratégico a desarrollar en la zona de estudio.	36
Tabla 1b. Programa estratégico a desarrollar en la zona de estudio.	37
Tabla 2. Ponderaciones para el cálculo del potencial de infiltración.	39
Imagen 26. Iteración No. 1 con variables cuasi-homogéneas.	40
Imagen 27. Iteración No. 3 con mayor peso en red hidrográfica.	41
Imagen 28. Iteración No. 4 con mayor peso en red hidrográfica.	41
Imagen 29. Iteración No. 5 con mayor énfasis en la capa de uso de suelo y edafología	42
Imagen 30. Iteración No. 6 con mayor énfasis en la capa de pendiente.	43
Imagen 31. Iteración No. 7 con mayor énfasis en la capa de uso de suelo.	43
Imagen 32. Iteración No. 9 con mayor énfasis en la capa de edafología	44

Imagen 33. Iteración No. 10 con mayor énfasis en la capa de red hidrográfica	45
Imagen 34. Mapa de erosión hídrica en la cuenca de la Laguna de Zapotlán.	46
Tabla 3. Erosión hídrica por microcuenca.	47
Imagen 35. Mapa de intervenciones actuales en la zona de estudio	48
Imagen 36. Mapa de superposición de mapa de erosión hídrica y POEL.	48
Imagen 37. Nevado de Colima	49
Imagen 38. Mapa de erosión hídrica y acciones de reforestación	49
Imagen 39. Mapa de uso de suelo y acciones de reforestación.	50
Imagen 40. Mapa de sitios para las intervenciones para la conservación de suelo y agua.	51
Imagen 41. Perfil de un cauce con el menú de intervenciones propuestas.	51
Imagen 42. Perfil esquemático de un cauce con intervenciones.	52
Imagen 43. Mapa de poblaciones urbanas en la zona de estudio.	53
Imagen 44. Terrenos potenciales para la construcción de un humedal en Zapotlán El Grande.	54
Imagen 45. Terrenos potenciales para la construcción de un humedal en Gómez Farías.	54
Imagen 46. Mapa de poblaciones rurales en la zona de estudio.	55
Tabla 4. Cálculo de volumen de aguas residuales en comunidades rurales y área necesaria para humedales.	55
Tabla 5 Criterios de priorización de microcuencas.	65
Tabla 6. Resumen final de priorización de microcuencas.	66
Tabla 7. Inversiones en saneamiento urbano y rural.	67
Tabla 8. Resumen general de intervenciones estructurales.	69
Tabla 9. Volúmenes del potencial de infiltración por microcuenca.	70
Tabla 10. Volumen de suelo retenido en obras estructurales por microcuenca.	71
Tabla 11. Inversión total de las intervenciones.	72
Anexo 1. Criterios para la implementación de las obras.	76
Anexo 2. Número de intervenciones estructurales por microcuenca.	77
Anexo 3. Detalle de las inversiones de intervenciones no estructurales	86
Anexo 4. Fichas técnicas de las intervenciones.	89

Introducción

La **integración de la mejor información disponible** es fundamental para garantizar una gestión efectiva y sostenible de los recursos hídricos en una microcuenca. Contar con datos precisos y actualizados sobre la cantidad y calidad del agua, así como sobre los diferentes usos y demandas existentes, permite tomar decisiones informadas y estratégicas. Esta información puede provenir de **diversas fuentes, como estudios científicos, monitoreo en campo, análisis de datos históricos y la participación activa de la comunidad local.**

La vinculación entre la población y las instituciones de gobierno es esencial para lograr una gestión integrada del agua exitosa. **La participación activa y la colaboración de los actores involucrados, tanto a nivel comunitario como institucional, fomenta la toma de decisiones consensuadas y la implementación de acciones conjuntas.** La participación ciudadana en la planificación y ejecución de proyectos hídricos permite tener en cuenta las necesidades y perspectivas de la población local, así como promover un mayor sentido de pertenencia y responsabilidad hacia los recursos hídricos de la microcuenca.

Las acciones de **gobernanza desempeñan un papel crucial en la fortaleza de la sostenibilidad de los recursos hídricos** de una microcuenca. La gobernanza efectiva implica la adopción de **políticas y marcos regulatorios adecuados**, así como la promoción de **mecanismos de participación y coordinación** entre los diferentes actores involucrados. Esto incluye la definición de **roles y responsabilidades claras, la asignación de recursos adecuados, la implementación de instrumentos de gestión**, como planes de manejo del agua, y la supervisión y evaluación constantes de las acciones implementadas.

Objetivo General

Determinar las acciones prioritarias para el manejo y recarga de acuífero, así como para la conservación de los ecosistemas de la cuenca (incluida las de la laguna), para integrar el Plan Estratégico de la cuenca del Laguna de Zapotlán, en el estado de Jalisco.

Objetivos Específicos

1. Revisar los proyectos de recarga actuales y ofrecer recomendaciones para su máximo aprovechamiento.
2. Identificar proyectos de recarga adicionales en la cuenca de la Laguna de Zapotlán.
3. Revisar los planes, programas y proyectos actuales de conservación de agua y suelo y ofrecer recomendaciones (priorización) para su mayor impacto (reducción de erosión y menor azolve a la laguna).
4. Revisar las acciones de saneamiento actuales y previstas, y ofrecer recomendaciones para reducir la carga contaminante a la laguna y plantear un plan de restauración y conservación de la laguna.
5. Priorizar todas las acciones señaladas en los incisos anteriores para formular el Plan estratégico.

Ubicación geográfica de la cuenca de la laguna de Zapotlán

Comprende el territorio municipal de Gómez Farías en un 65%, Zapotlán el Grande en un 33% y porciones territoriales de los municipios de Sayula, Venustiano Carranza y Tuxpan en un 2%. Tiene una superficie de 461 kilómetros cuadrados, su altitud máxima es de 3,880 metros sobre el nivel del mar, el volcán “Nevado de Colima”, es el parteaguas sur de la cuenca, y la altitud mínima de 1 488 al centro de la cuenca, en el lago de Zapotlán (Imagen 1),

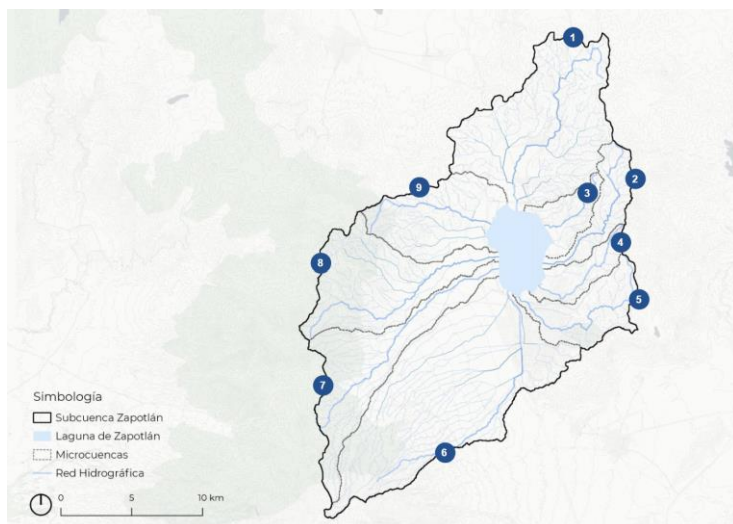


Imagen 1 y 2. Mapa de la zona de estudio dividida en 9 microcuencas.

Tiene dos grandes grupos de climas; el templado que abarca más del 85% de la superficie y el seco que abarca 14%. Su temperatura media anual se encuentra en entre 12 y 18 °C, y la del mes más frío es menor a 22 °C, y en la parte más baja de la cuenca, en las inmediaciones del lago se presentan temperaturas medias a 22 °C y más de 18 °C en los meses más fríos. Su precipitación pluvial es del 88.5% en los meses de junio a octubre, de 8.3% de enero a mayo y 3.2% en noviembre y diciembre, contando con una precipitación media de 694.4 milímetros. Los mayores niveles de precipitación ocurren en la zona del Nevado de Colima y conforme desciende la altitud también disminuye la lluvia hacia el centro de la cuenca y de la Laguna de Zapotlán. El promedio anual de días con heladas es de 10 (Imagen 2).

Se divide en 9 subcuencas a partir de los arroyos principales que surgen dentro de la cuenca y que descargan en la Laguna de Zapotlán (Imagen 1).

Cabe mencionar que la cuenca de la Laguna de Zapotlán es una cuenca endorreica, es decir, que sus aguas no llegan al mar debido a que los ríos dentro de esta alimentan a una laguna interior, en este caso particular, en la laguna de Zapotlán, donde el agua termina agotándose por evaporación, infiltración, o consumo.



Imagen 3. Laguna de Zapotlán

La Laguna de Zapotlán fue denominada sitio Ramsar el 1 de marzo de 2005 al comprobar que cumple con 3 de los 9 Criterios establecidos por la Convención Ramsar de 2005¹

¹ Programa de conservación y manejo» (PDF). SEMADET. 19 de noviembre de 2009. p. 151.

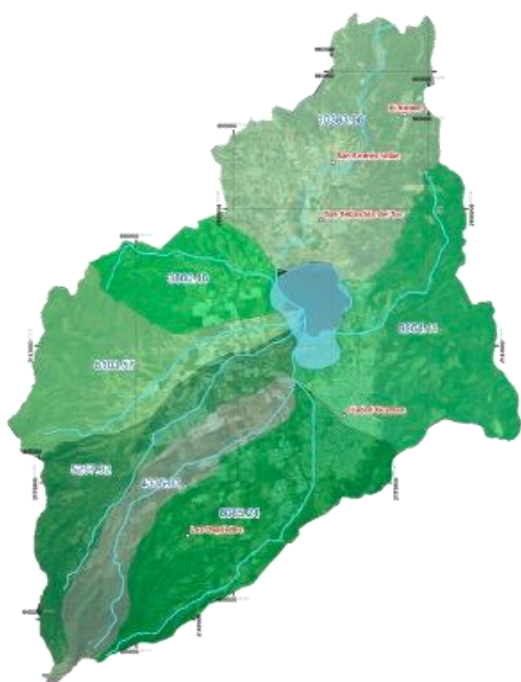


Imagen 5. Isoyetas de precipitación en la zona

Situación de la disponibilidad de agua superficial y subterránea

² Fuente: Diario Oficial de la Federación Consultado en:
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5680859&fecha=27/02/2023#gsc.tab=0
27/Feb/2023

Por su parte, el acuífero denominado Ciudad Guzmán (id 1406)³ tampoco tiene agua disponible para nuevos aprovechamientos. De hecho, oficialmente muestra un déficit de 22.988 millones de metros cúbicos.

En síntesis, los recursos hídricos en la cuenca muestran una condición de sobreexplotación que provoca por un lado descenso acelerado en los niveles estáticos para la extracción en algunas zonas del acuífero y, por otro lado, dada la alteración del ciclo hidrológico por cambio de uso de suelo hacia actividades no aptas, flujos torrenciales difíciles de aprovechar y que provocan inundaciones y desbordamiento de la laguna de Zapotlán.

Metodología de trabajo

Conforme a lo propuesto y acordado en la reunión inicial del proyecto se realizaron reuniones individuales con cada uno de los actores de la cuenca con el propósito de recopilar la información documental y verbal relativa a las propuestas de solución en planeación y/o en proceso. A partir de esta información, visitas de campo y su análisis se definió el plan estratégico.

Integración de la Información

La sostenibilidad de los recursos hídricos de una región específica se logra cuando se integran todos estos elementos: la mejor información disponible, la vinculación entre la población y las instituciones de gobierno, y las acciones de gobernanza. Al tomar decisiones informadas y estratégicas basadas en datos confiables, promover la participación activa de la comunidad y fomentar una gobernanza efectiva, se puede garantizar un uso equitativo y responsable del agua, así como la protección y conservación de los ecosistemas acuáticos. Esto contribuye no solo al bienestar de las comunidades locales, sino también a la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo.

A continuación, se presenta la información más relevante de los siguientes actores locales:

- H Ayuntamiento de Zapotlán El Grande
- Patronato del Nevado de Colima

³ Fuente: Diario Oficial de la Federación Consultado en:
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5680859&fecha=27/02/2023#gsc.tab=0
27/Feb/2023

- JIRCO
- Los Afectados de la Laguna
- CDAAJ
- Driscoll's
- APEAJAL
- BerryMex



H. Ayuntamiento de Zapotlán El Grande, Jalisco

Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Cuenca del Lago de Zapotlán

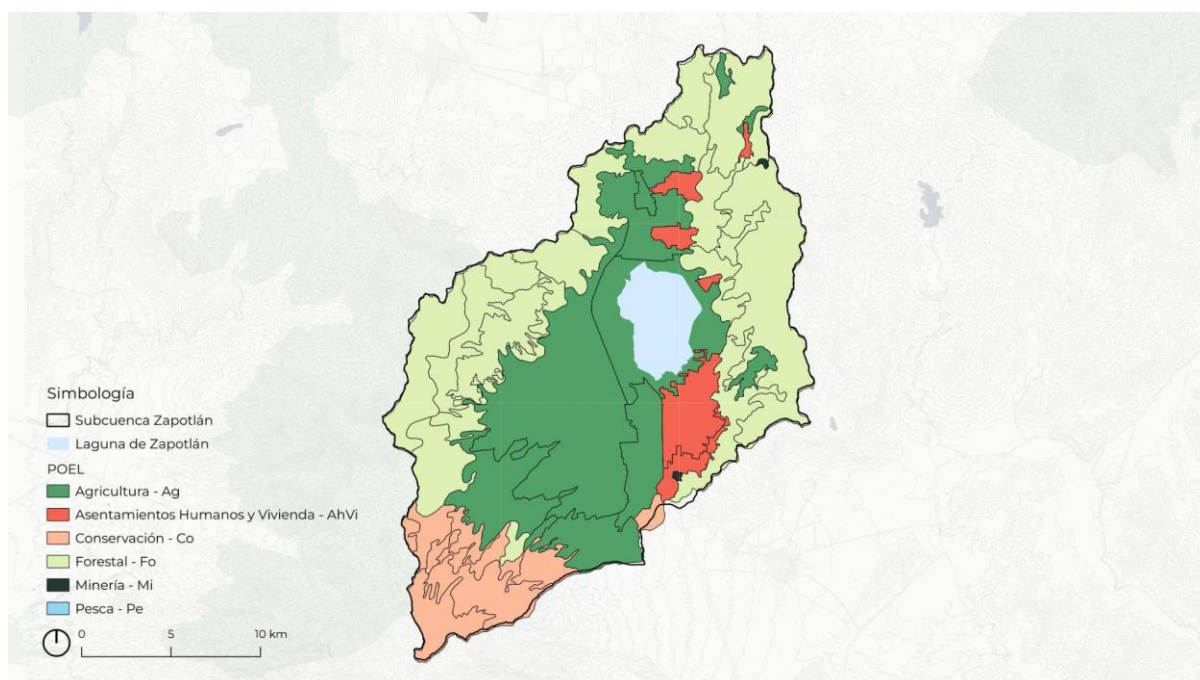


Imagen 6. Mapa del programa de ordenamiento ecológico y territorial de la cuenca de Lago de Zapotlán.

Los programas de Ordenamiento Ecológico Territorial tanto de Zapotlán El Grande como de Gómez Farías (Imagen 6) muestran 6 actividades particulares que se recomiendan llevar a cabo dentro de la cuenca, siendo las más prominentes la forestal, cuya extensión se da en los bordes de la cuenca delimitada, y la agrícola, la cual se localiza al centro de la cuenca y que ya rodea por completo la laguna de Zapotlán.

A medida que la actividad agrícola crece dentro de los dos municipios, es posible que la mancha crezca en proporción de manera acelerada debido a la gran cantidad de demanda en la cuenca. Las zonas de conservación a su vez son aquellas que se encuentran en el área natural protegida del Nevado de Colima, y que también se han visto afectadas por el gran crecimiento de actividades agrícolas desmedidas en el municipio de Zapotlán El Grande.

Patronato del Nevado de Colima en Colaboración con Driscoll's

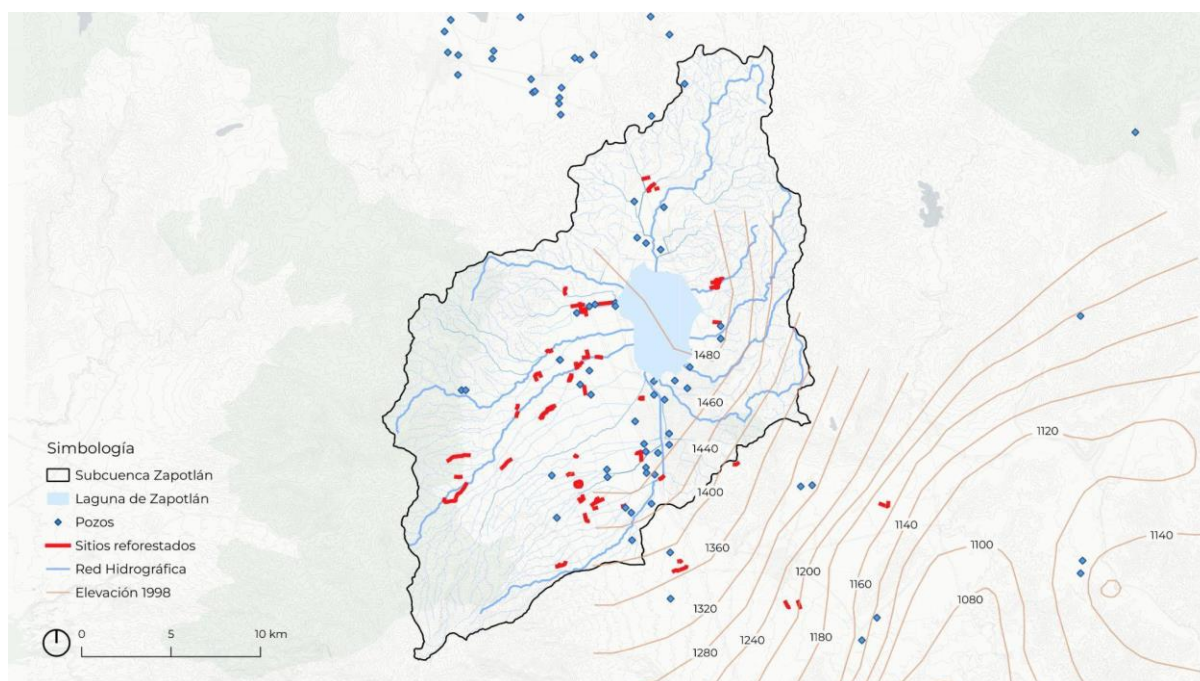


Imagen 7. Mapa de la cuenca del Lago de Zapotlán con los niveles estáticos del agua subterránea.

El Patronato del Nevado de Colima en colaboración con Driscoll's cuentan con un conteo de pozos y de reforestaciones a lo largo no solo de la cuenca del Lago de Zapotlán, sino que mapean también algunos en municipios aledaños a Zapotlán El Grande y Gómez Farías (Imagen 7).

A partir de la cartografía, se observa una concentración de pozos al sur de la laguna de Zapotlán, dentro de lo que es Ciudad Guzmán y sus alrededores, los cuales están ubicados entre 1460 y 1480 a partir de la elevación del nivel estático; sin embargo, la información de la elevación data del año 1998, lo que no asegura que los pozos se encuentren exactamente a esas elevaciones en la actualidad. Lo que sí se señaló por los distintos actores es que el nivel estático de los pozos está descendiendo lo cual se puede deducir que es derivado del desbalance entre volúmenes extraídos y la recarga natural.

Acerca de los sitios reforestados, todos fueron hechos a lo largo de arroyos, lo que puede inferir que se colocaron para acelerar el proceso de infiltración del agua. Los proyectos de reforestación están en su mayoría localizados al oeste de la laguna, y prácticamente en todo lo que es zona agrícola, a excepción de unos cuantos sitios que se localizan en zonas de conservación conforme al POEL.

JIRCO

Los informes recibidos fueron los siguientes:

- Anteproyecto control de la erosión en la subcuenca de Zapotlán
- Programa de Comunidades Sostenibles
- Erosión y escurrimiento en la Cuenca Endorreica Laguna de Zapotlán
- Estrategia de mercadotecnia social - Laguna Zapotlán
- Informe del IMTA: Establecimiento de un programa de Control Biológico de Lirio Acuático
- Maleza en Laguna de Zapotlán enero 2020
- Monitoreo histórico maleza en Laguna de Zapotlán diciembre 2018
- Programa de Acción Climática Municipal de Gómez Farías
- Programa de Acción Climática Municipal de Zapotlán
- Presentación Malezas Acuáticas, enero 2023
- Programa de Inversión JIRCO
- Programa de Manejo del Fuego JIRCO 2022
- Programa de Manejo Integral de las Cuencas del Río Coahuayana y la Cuenca Endorreica del Lago de Zapotlán, mayo 2016
- Reporte de Actividades Atequizayan

Dentro de estos informes destacan los siguientes elementos:

Planta de tratamiento No.1.

La Planta de tratamiento No.1 se localiza al noroeste de la ciudad, en la prolongación de la calle Manuel Doblado. Dicha planta fue construida en el año de 1999 para una capacidad de 50 litros por segundo, entrando en operación en el año 2000. En el año 2008 se llevó a cabo una rehabilitación y ampliación de esta, teniendo actualmente una capacidad instalada de 65 litros por segundo, para una cobertura del 25% de la población (Imagen 8).



Imagen 8. PTAR en Ciudad Guzmán

Planta de tratamiento No.2

La Planta de tratamiento No.2 se ubica al noroeste de la ciudad, en la prolongación de la calle Manuel M. Diéguez y Nicolás Bravo, a una distancia aproximada de un kilómetro con respecto a la planta de tratamiento No.1. La planta fue construida en el año de 2003 para una capacidad de 153 litros por segundo, entrando en operación en el año 2004. En el año 2008 se llevó a cabo una rehabilitación de esta, sin embargo, no fue ampliada en su capacidad. Actualmente esta planta atiende al 75% de la población.

Humedal artificial en la población de Atequizayan hoy a cargo de SAPAZA.

Para el tratamiento del agua residual de la municipal, la población de Atequizayan, misma que cuenta con una población de 1000 habitantes, tiene un sistema de humedal artificial para el tratamiento de 3.5 lt/seg de aguas grises, equivalentes a 108,864 m³/año (Imagen 9).



Imagen 9. Humedal artificial en Atequizayan

Mapa preliminar de ubicación de acciones de JIRCO. En el mapa se aprecia una zonificación por microcuenca con puntos identificados para acciones de desazolve, obras de retención de suelo e infiltración de agua (Imagen 10).

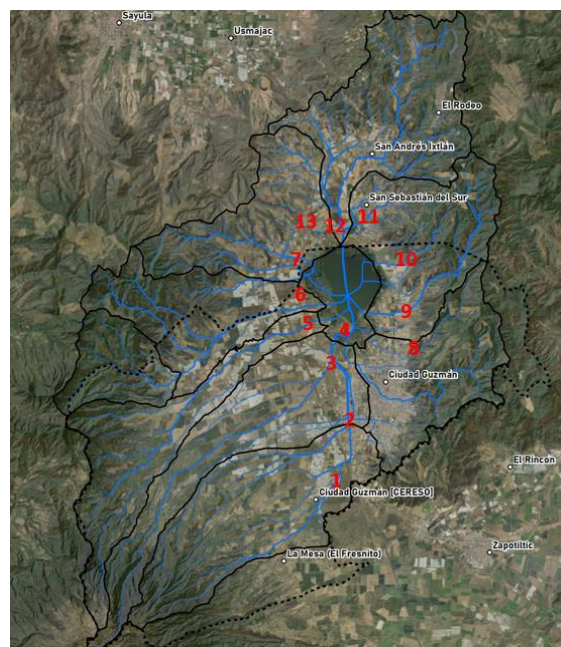


Imagen 10. Mapa preliminar de ubicación de acciones JIRCO.

Fuente: Anteproyecto control de la erosión en la subcuenca de Zapotlán, Gob. Municipal Zapotlán El Grande, Jal.

Propuesta de canales de avenamiento

Como una propuesta para drenar la laguna y al mismo tiempo alimentarla se propusieron 9 canales de avenamiento, mismos que no se han llevado a cabo (Imagen 11).



Imagen 11. Mapa de canales de avenamiento

Estrategia de Mercadotecnia Social

Con el propósito de lograr la participación activa de pobladores y actores claves para el manejo sustentable de la laguna de Zapotlán, cuyos servicios ecosistémicos y valores de biodiversidad se encuentran amenazados, se diseñó una estrategia de mercadotecnia social, misma que solamente generó un cartel, el cual se desconoce si ha sido publicitado y cuál fue su impacto (Imagen 12).



Imagen 12. Publicación de mercadotecnia social.

Infestación de la Laguna 24/07/2018

Las acciones de control estuvieron encaminadas a reducir la infestación de lirio acuático, el cual constituye el soporte para el establecimiento de otras especies acuáticas más dañinas tales como los tulares. En 2019 se recomendó seguir con el uso de agentes de control biológico para continuar ejerciendo un estrés biótico tanto en la regulación del crecimiento y reproducción del lirio, así como para suprimir la producción de flores y por lo tanto de semillas de esta especie. Para el control de los tulares se sugirió el uso de maquinaria especializada que pueda ejercer un control efectivo (Imagen 13).

Fuente: Informe del IMTA: Establecimiento de un programa de Control Biológico de Lirio Acuático



Imagen 13. Mapa de contaminación por lirios

SEMADET

La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) cuenta con un portal donde se delimitan las áreas a lo largo de todo el estado con el fin de mantener un balance en el territorio. Como se puede observar en el mapa, existen 3 áreas que competen a la cuenca de la Laguna de Zapotlán, las cuales son las áreas identificadas para corredores biológicos (línea punteada), áreas prioritarias para la restauración productiva agrícola (polígonos amarillos), y las áreas de conservación de tierras forestales (polígonos verdes) (Imagen 14).

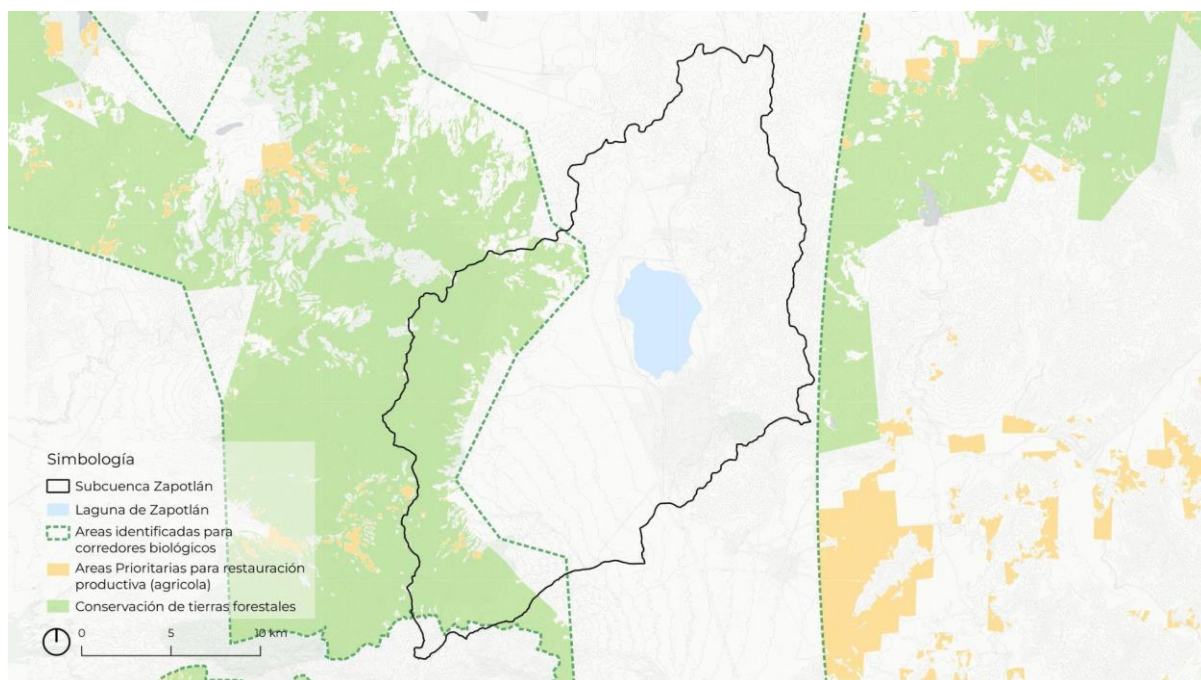


Imagen 14. Mapa de SEMADET de ordenamiento territorial del estado de Jalisco.

Las dos áreas más prominentes en la zona son los corredores biológicos y la conservación de tierras forestales, las cuales abarcan prácticamente toda la parte oeste de la cuenca y mucho más, dejando el porcentaje de las zonas para restauración productiva agrícola muy por debajo de las demás.

Los Afectados por la Laguna

A partir del mapeo de la laguna de Zapotlán, se puede notar el aumento en superficie cubierta por el espejo de agua en los últimos 10 años. Este aumento en el área ha traído consigo la inundación de terrenos agrícolas aledaños que hasta el momento no se han podido recuperar (Imagen 15).

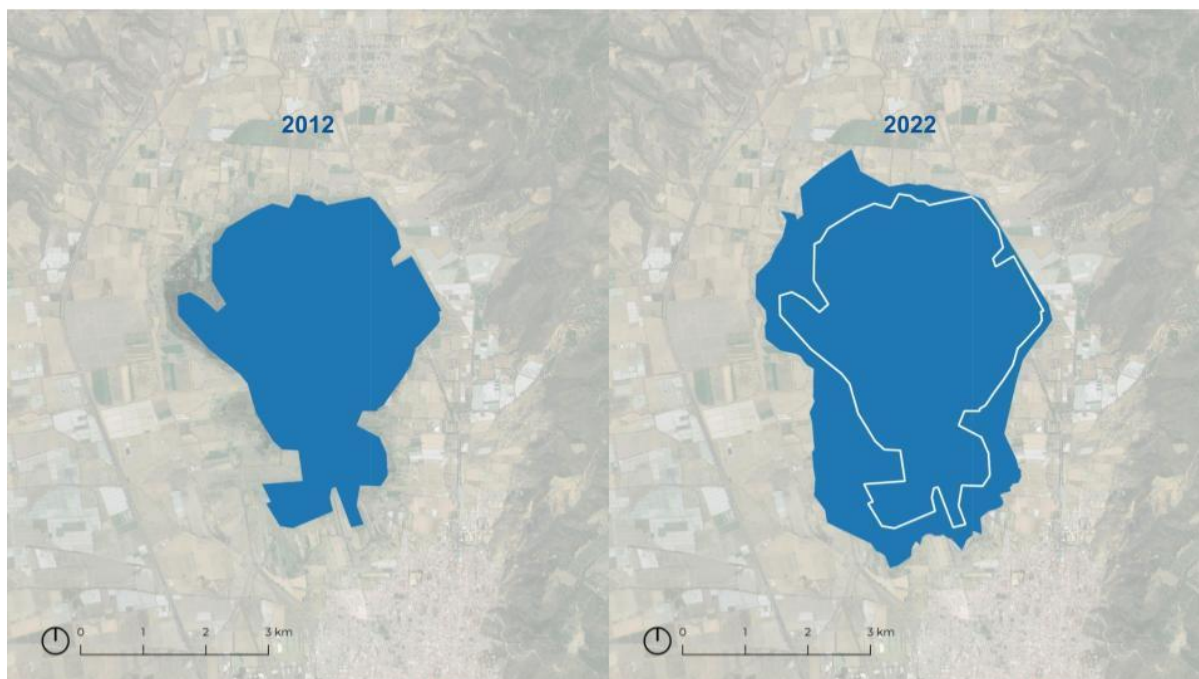


Imagen 15. Mapa de evolución de la laguna de Zapotlán

Una de las hipótesis de este aumento del espejo de agua es que el arrastre de materiales producto de la erosión de terrenos agrícolas y forestales desmontados ha azolvado y sellado el fondo de la laguna que asociado a las lluvias y escurrimientos de las zonas deforestadas (en lugar de infiltrarse) ha generado esta situación que hasta el momento no se han podido recuperar.

Batimetría - Representación de Profundidades

El estudio de batimetría realizado por los afectados por los altos niveles de agua de la laguna muestra sus diferentes profundidades, siendo la zona menos profunda la que está ubicada al oeste, la cual confirma parcialmente la hipótesis del arrastre de sólidos o de lodos que provienen de zonas más altas deforestadas o con malas prácticas agrícolas (Imagen 16).

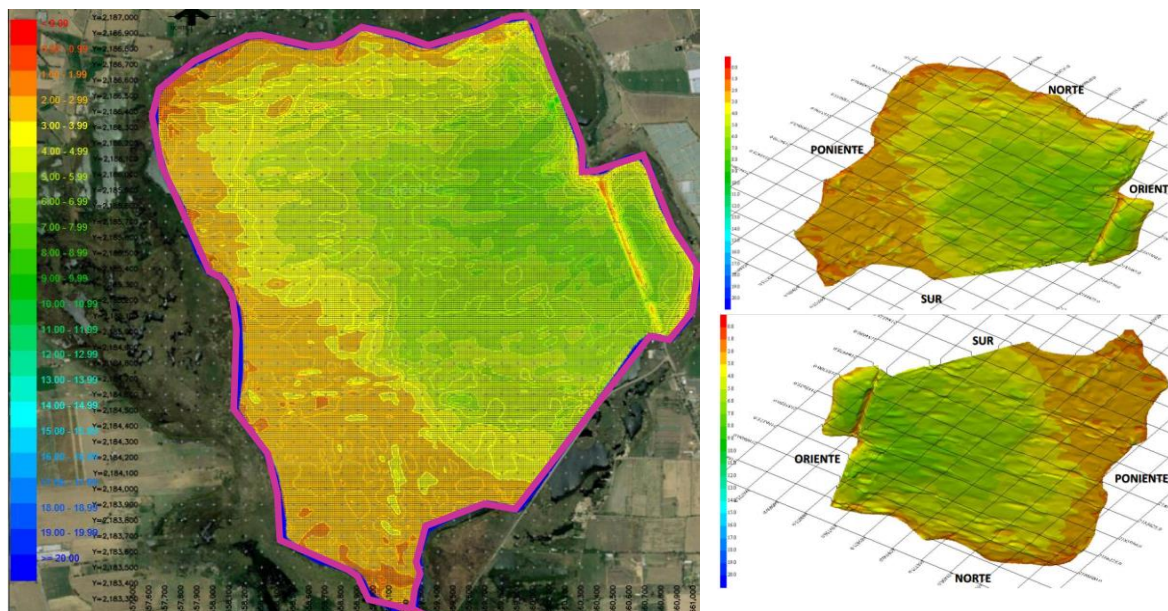


Imagen 16. Batimetría de la Laguna de Zapotlán.

Así, la zona directamente vinculada a la parte poniente de la laguna es la zona agrícola, donde al no existir tanta presencia de árboles o vegetación nativa que permitan la infiltración del agua, esta alcanza velocidades que provocan que el azolve llegue hasta la laguna, causando un aumento en el espejo de agua (Imagen 17).

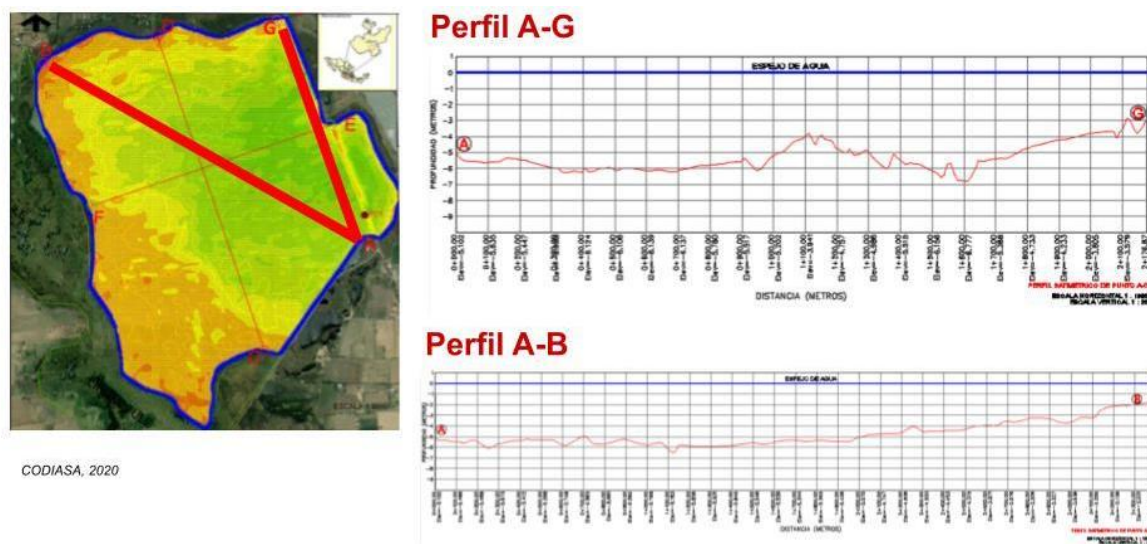


Imagen 17. Perfiles del fondo de la laguna de Zapotlán.

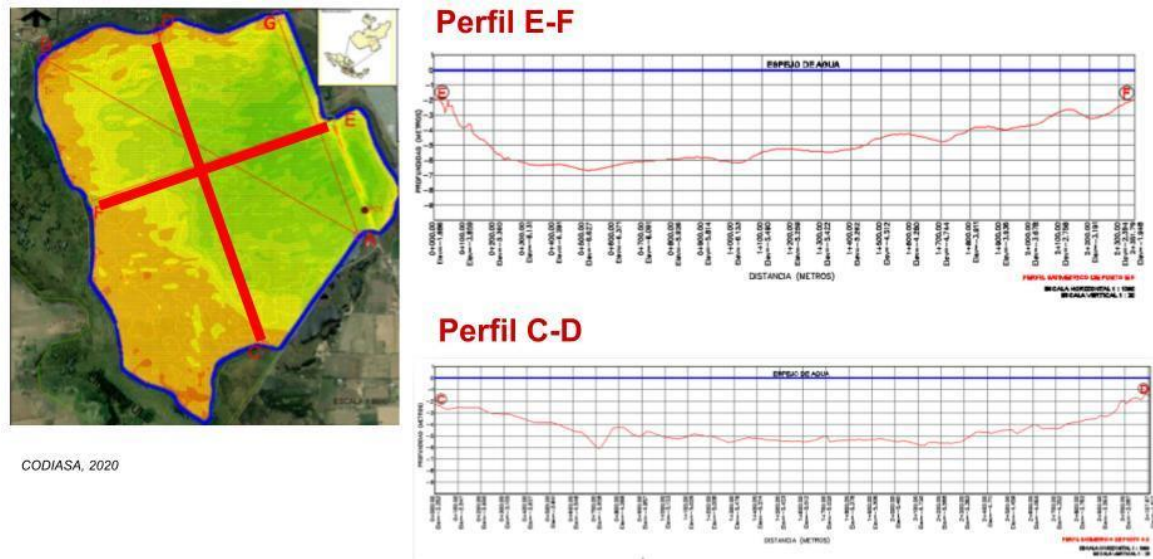


Imagen 18. Perfiles del fondo de la laguna de Zapotlán.

Los perfiles de la batimetría muestran de una manera más precisa el fondo de la laguna de Zapotlán, y donde se puede observar la gran diferencia entre cada una de las zonas estudiadas (Imagen 18).

Mapa de Elevación y Profundidad del Nivel Estático

En el mapa de la Imagen 19, se integraron los pozos registrados tanto del municipio de Zapotlán El Grande, como de Driscoll's y BerryMex. Resulta relevante hacer notar la gran concentración de pozos como de otras obras al sur de la laguna de Zapotlán y dentro del municipio de Ciudad Guzmán, además de los pozos ubicados en la zona agrícola de la cuenca pero que tampoco están lejos de la laguna.

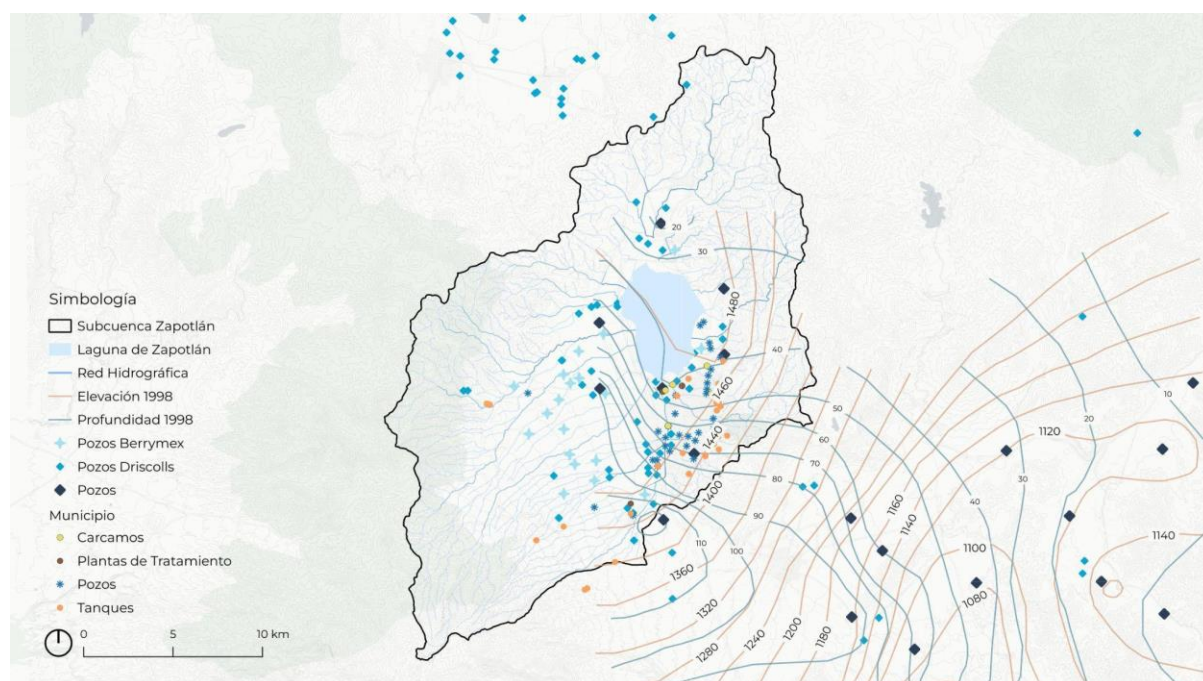


Imagen 19. Mapa de la cuenca del Lago de Zapotlán con los niveles estáticos del agua subterránea y ubicación de pozos.

A partir de los datos del año 1998 (los más actuales existentes) se puede observar que la mayoría de los pozos se encuentran dentro de una elevación del nivel estático entre 1440 y 1480, y donde la profundidad del nivel estático está entre 40 y 100 metros, sin embargo, al ser información de hace ya 25 años, es posible que las profundidades hayan cambiado, pero mientras no se tenga información más reciente, no se puede concluir nada al respecto.

Sin embargo, las conversaciones con los productores agrícolas hacen evidente que los niveles estáticos mantienen una tendencia hacia el descenso, que evidencia la sobreexplotación con flujo subterráneo de noroeste y occidente hacia el sureste (cerca de la laguna).

Visitas a intervenciones en la cuenca

Bordos de Infiltración

Para corroborar la información documental y verbal se realizaron visitas de campo. En ellas, se observaron bordos para retener escurrimientos forzando la infiltración de agua los cuales son adecuados pero que no están funcionando dado que se han azolvado y no han recibido mantenimiento oportuno. En la imagen 20, se observa que los bordos aún mantienen retenida agua, aun cuando era el mes de abril de 2023 y no habían ocurrido lluvias en los pasados 3 meses. Lo más probable es que en el fondo del cauce se encuentre material del azolve que no permite que el agua se infiltre como estaba previsto.



Imagen 20. Secuencia de bordos para forzar la infiltración.

La obra obedece a una buena solución y lo recomendable es primero tomar una muestra del azolve del fondo y del perfil estratigráfico de la zona inundable del bordo para identificar la zona o capa de infiltración del agua correspondiente. Además, se requiere un mantenimiento constante, ya que el azolve es un problema recurrente en la zona.

Rancho del Sr. Martín Godínez

En otra zona aguas arriba del cauce de los bordos anteriores, está el rancho del señor Martín Godínez, quien también hizo por iniciativa propia dos bordos de infiltración y tiene contemplado un tercero y un cuarto. Como se puede observar en la Imagen 21 y 22, los bordos no tienen agua almacenada, es decir, se pudo infiltrar de manera satisfactoria debido a que el azolve fue retirado por el propietario.



Imagen 21 y 22. Bordos de tierra sobre el cauce para forzar la infiltración

El Sr Godínez señaló que con esta práctica observó que el nivel de su pozo se elevó y mantuvo durante un tiempo. Estos ejemplos demuestran que este tipo de retenciones son una gran alternativa para la infiltración de agua cuidando el mantenimiento de la obra para su correcto funcionamiento.

Obras de Corredores Biológicos y Presas de Geocostales en Márgenes de Cauces

A iniciativa de Driscoll's y el Patronato del Nevado de Colima, y en colaboración de un productor de aguacate en la zona agrícola cercana a la de conservación conforme al POEL, se realizaron obras de retención del suelo en la margen de su predio con el cauce. Asimismo, se aprecian reforestaciones dentro del cauce para crear condiciones de corredor biológico (Imagen 23).



Imagen 23. Obras para el control de erosión en surcos y reforestaciones en cauces.

Los geocostales acomodados en los desniveles del terreno indicados en la imagen 23 con rectángulos blancos han tenido éxito en el control del arrastre de suelo, pero carecen de un análisis de tasa de arrastre de materiales y una planeación local basada en topografía y análisis de suelo porque han sido colocados a criterio del administrador del predio.

Asimismo, los círculos verdes en la misma imagen indican los árboles reforestados sobre el cauce. Nuevamente su ubicación no obedece a un criterio científico sino al conocimiento del experto del Patronato del Nevado. Después de recorrer el cauce y

encontrar evidencias del nivel de crecimiento del agua dentro del cauce se considera que, con una avenida típica, dichas reforestaciones para formar el corredor biológico son muy vulnerables a un evento de escurrimiento y requieren de protección adicional.

Situación Actual de los Cauces

En ningún caso visitado se respetó la zona federal o servidumbre de los cauces y mucho menos se protegió las márgenes para mantenerlos. Ellos han sido intervenidos de diversas formas: construcción de bordos para infiltrar, reducción parcial por los colindantes o completamente borrados con uso de maquinaria. Si a ello sumamos el cambio de uso de suelo sin autorización y llevando a cabo prácticas agrícolas que aceleran la erosión, los cauces están parcialmente azolvados y su curso totalmente alterado. La repercusión es un flujo turbulento cuando ocurren las avenidas producto de las tormentas, mismas que se han tornado en más intensas y en menos eventos provocando inundación (crecidas extraordinarias) y destrucción en las márgenes (Imagen 24).

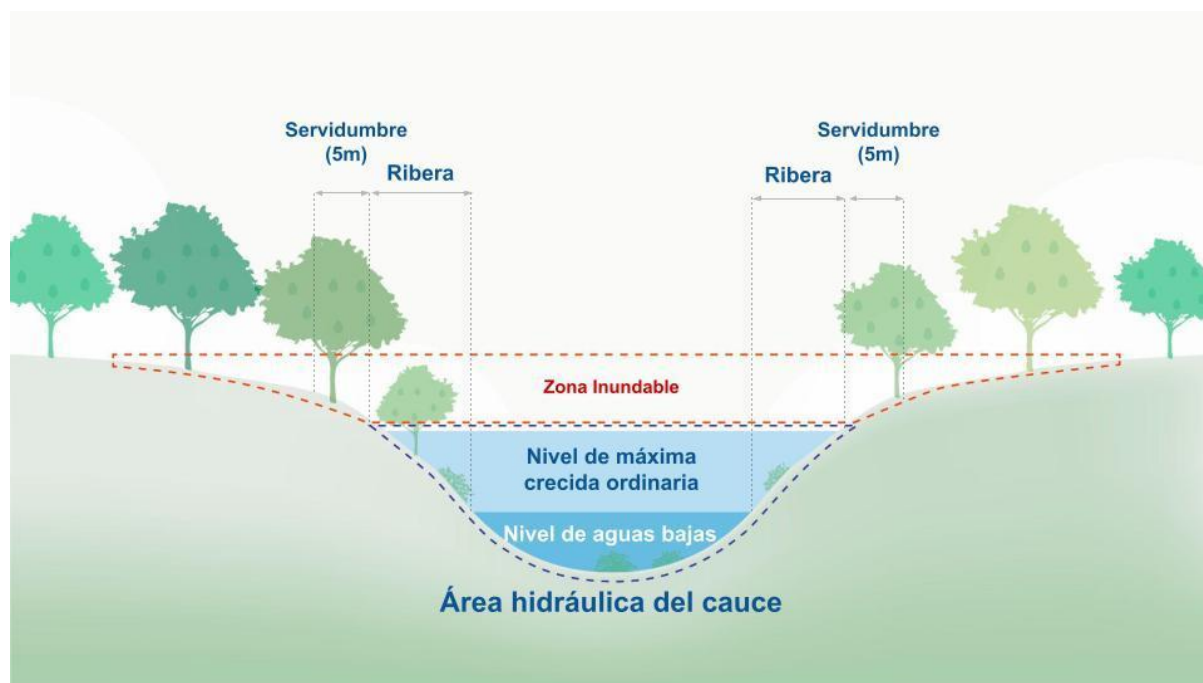


Imagen 24. Sección esquemática actual de los cauces

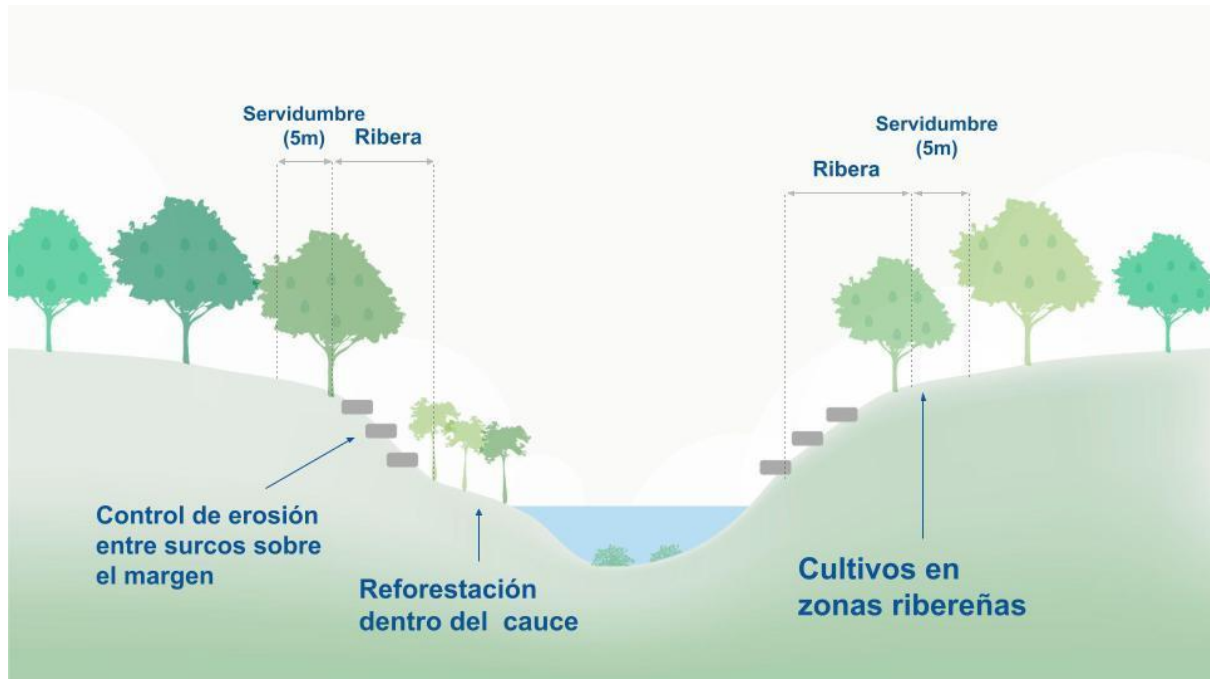


Imagen 25. Sección esquemática ideal de los cauces

Situación Actual de Gobernanza del agua y de la cuenca

En la revisión bibliográfica, información documental y verbal proveída por los distintos actores se han identificado múltiples tipos de grupos locales integrados por profesionales, personas interesadas y/o funcionarios de distintos niveles, que han desarrollado instrumentos de planeación, llevado a cabo acciones o propuesto soluciones puntuales a los distintos tipos de problemas hídricos y de suelo de la cuenca. Su interacción y articulación entre estos grupos e iniciativas para la realización de las acciones o implementación de los planes ha sido incipiente con lo que el impacto en la cuenca ha sido marginal o muy puntual.

Se aprecia un diagnóstico de la problemática común con diferencias en cómo abordarla. Los avances en su ejecución no han sido los esperados y se aprecia cierto grado de desánimo y desesperación entre los distintos actores y grupos. Asimismo, se identificó que, derivado de la ejecución de acciones aisladas, hay competencia por acreditar el liderazgo y conflictos para colaborar entre algunos actores locales.

Actores Locales

Actor Local 1: Mesa Técnica de la Laguna de Zapotlán

Tipo: Informal técnico

Objetivo: Decisiones sobre la laguna de Zapotlán

Integrantes: Centro Universitario del Sur (CUSUR) de la U. de G., Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán (ITCG), SAPAZA, JIRCO y el Patronato del Nevado de Colima y Cuencas Adyacentes. Grupo Cerritos, Berrymex, “Aguacates y Cortes, Cortes”, Hacienda “El Ángel”, Asociación Nacional de Exportadores de Berries (Aneberries), Asoc. de Productores Exportadores de Aguacate de Jalisco (APEAJAL), la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), municipios de Gómez Farías y Zapotlán el Grande.

Debilidad: Carece de soporte legal

Fortaleza: Visión común que se tiene a mediano y largo plazo para el Lago

Instrumentos rectores: Ficha Técnica 2021; Programa Lago Viviente de Zapotlán

Actor Local 2: Comisión de Cuenca de la Laguna de Zapotlán

Tipo: Integración mixta basada en LAN

Objetivo: Coordina, formula y ejecuta programas y acciones para la administración de aguas nacionales y coadyuva en la conservación de la cuenca de la laguna de Zapotlán

Integrantes: CEA Jalisco, OC Lerma Santiago Pacífico, Municipios de Gómez Farías y Zapotlán el Grande, Usuarios del agua agrícola, acuícola, forestal y servicios, Vocales de la Academia y de Sociedad Organizada

Debilidad: Falta de integración de actores, compromiso y falta de entendimiento de su propósito y alcances

Fortaleza: Instancia formal fundada en LAN

Instrumentos rectores: Programa Estratégico o Programa Hídrico inexistente

Actor Local 3: Junta Intermunicipal de Medio Ambiente para la Gestión Integral de la Cuenca del Río Coahuayana (JIRCO)

Tipo: Organismo Público Descentralizado Intermunicipal

Objetivo: Elaboración, gestión e implementación de proyectos y programas relacionados con el medio ambiente y manejo de recursos naturales

Integrantes: Municipios de Concepción de Buenos Aires, Gómez Farías, Mazamitla, Pihuamo, Quitupán, Tamazula de Gordiano, Tecalitlán, Tonila, Tuxpán, Valle de Juárez, Zapotiltic y Zapotlán el Grande

Debilidad: Capacidad operativa insuficiente

Fortaleza: Instancia formal fundada en Leyes Estatal y Municipales

Instrumentos rectores: 4 programas estratégicos: GERENCIA DE PROYECTOS ORIENTADA POR IMPACTOS, GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA, BOSQUES Y CAMBIO CLIMÁTICO y SISTEMAS PRODUCTIVOS PARA LA POSTERIDAD

Actor Local 4: Patronato del Nevado de Colima y Cuencas Adyacentes

Tipo: ONG

Objetivo: Preservación, protección y conservación del Parque Nacional Volcán Nevado de Colima y las Cuencas Adyacentes, así como del parque Estatal Bosque Mesófilo de Montaña

Integrantes: Asociación Civil

Debilidad: Limitación de alcances por territorio

Fortaleza: Vocación de servicio y objetivos focalizados

Instrumentos rectores: ¿Plan estratégico o plan de manejo de la ANP?

Actor Local 5: Municipios de Gómez Farías y Zapotlán el Grande

Tipo: Autoridad municipal

Objetivo: Regular el ordenamiento ecológico y territorial, así como el fomento agropecuario y el desarrollo urbano, y proveer el servicio de agua y el saneamiento

Integrantes: Alcalde, regidores y funcionarios municipales

Debilidad: Capacidad operativa insuficiente

Fortaleza: Instancia formal fundada en Leyes Municipales y constitución política estatal

Instrumentos rectores: Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Zapotlán 2012 2015

Instrumentos de planeación para el manejo de la cuenca y del agua

Instrumento 1: POEL ZEG 2012-2015

Problemática:

- Cambio de uso de suelo y vegetación
- Contaminación de la Laguna de Zapotlán
- Deforestación
- Erosión
- Falta de vigilancia ambiental en gran parte de la cuenca
- Basura

Objetivo: Identificar, prevenir y revertir los procesos de deterioro ambiental de común aceptación, que armonicen las actuaciones individuales o aisladas que se producen en la Cuenca Endorreica de la Laguna de Zapotlán el Grande y que hagan posible las actuaciones colectivas que sean necesarias

Instrumento 2: POEL ZEG 2021

Problemática:

- 1. La superficie agrícola de temporal fue abierta y dedicada a la agricultura protegida, invernaderos y horticultura.
- 2. Establecimiento de agroindustria no controlada es propicia uso y aprovechamiento de los recursos naturales, (agua y las tierras de mayor calidad productiva),
- 3. Pérdida de biodiversidad por el cambio de uso de suelo para el establecimiento de cultivos agroindustriales (desplazamiento de fauna por pérdida de hábitat), y merma de los sitios de infiltración de agua.
- 4. Degradación del entorno natural ocasionado por la pérdida de vegetación, ya sea a causa de la tala clandestina o debido a los incendios forestales, incidiendo directamente en la calidad del aire.

Objetivo: Diagnóstico de las condiciones ambientales y tecnológicas, así como regular los usos del suelo fuera de los centros de población. En los centros de población busca establecer criterios de regulación ecológica convergentes que puedan ser integrados en los programas de desarrollo urbano con carácter vinculante para las autoridades municipales.

Instrumento 3: Estrategia municipal para mitigación de la erosión en la Subcuenca Laguna de Zapotlán, 2021

Problemática:

- Pérdida de suelo por erosión hídrica en la Subcuenca de Zapotlán.
- Azolve de la laguna de Zapotlán
- Inundación de zonas productivas e infraestructura carretera.
- Riesgo de inundación de zonas urbanas.
- Cambio de uso de suelo

Objetivo: Fortalecer el esquema de gestión forestal y de suelos productivos del territorio municipal para detener y revertir las tendencias de degradación de los ecosistemas naturales y sistemas agropecuarios y forestales.

Instrumento 4: Programa de Conservación y Manejo (PCyM) de la Laguna de Zapotlán, sitio RAMSAR 1466. Humedal de importancia internacional

Problemática:

- Descarga parcial directa de aguas residuales, contaminación orgánica en suelo y agua, altos contenidos de nutrientes (Amonio y Ortofosfato disuelto), desmesurado crecimiento de algas en verano, proliferación de maleza acuática, eutrofización del agua y propicia la proliferación de maleza acuática lirio.
- Carga de azolves por deforestación, uso del suelo desordenado.
- Ausencia de fauna.
- Abatimiento de acuíferos, flujos hídricos alterados.
- Sobrepastoreo.
- Crecimiento de los asentamientos humanos, localización en un área de alto impacto volcánico que tiene gran emisión de ceniza volcánica.
- Localización en la conjunción de tres placas tectónicas que producen un alto movimiento sísmico acompañado de la apertura de grandes grietas.
- Registro de sequías prolongadas cíclicas.

Objetivo:

- a) Incidir en la conservación y mantenimiento de las especies que se encuentran en el sitio bajo alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2001 y en tratados internacionales como la lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) o el listado del CITES y el listado NAWCA.
- b) Contribuir al mantenimiento de las condiciones ambientales necesarias para que la Laguna de Zapotlán continúe sustentando poblaciones de especies vegetales y animales importantes para el mantenimiento de la diversidad biológica de la región biogeográfica.
- c) Favorecer las condiciones ambientales de la laguna de Zapotlán para que continúe siendo sustento de especies de peces autóctonos en las diversas etapas de su ciclo biológico.
- d) Promover el desarrollo sustentable entre los usuarios del humedal.
- e) Contribuir a proteger la cubierta forestal de la cuenca hidrológica.
- f) Contribuir a mantener la estabilidad climática de la región y reducir el calentamiento global.
- g) Promover con la sociedad los valores ambientales y culturales del humedal.
- h) Fortalecer el desarrollo de la investigación científica y tecnológica para el monitoreo ambiental, social y económico del humedal.

Instrumento 5: CIESAS Plan Maestro de la Cuenca endorreica de Zapotlán el Grande, 2021

Problemática: Laguna de Zapotlán del Estado de Jalisco presenta problemas de contaminación que afectan la salud humana, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Objetivo:

1. Explorar las condiciones ambientales de la Laguna de Zapotlán y reconocer posibilidades para mejorarlas.
2. Establecer bases para la implementación de acciones, proyectos, programas y agendas sectoriales en proceso de implementación, y nuevas estrategias de acción.
3. Ofrecer alternativas de acción, cooperación y gestión que favorezcan la sustentabilidad de la Laguna a mediano y largo plazos.
4. Favorecer el establecimiento de puentes de comunicación entre los diversos actores del territorio que permitan potenciar acciones puntuales para el saneamiento y manejo sustentable de la Laguna de Zapotlán el Grande y su Cuenca.

Instrumento 6: Ficha Informativa Lago de Zapotlán 2021

Problemática:

- Acceso a la información insuficiente
- Participación descoordinada
- Acceso a la justicia
- Institucionalidad débil
- Finanzas no establecidas

Objetivo: Narrar la configuración política, instituciones involucradas, roles para atenuar dicha situación, logros y planes con una visión común de la Subcuenca.

Instrumento 7: Plan de Acción para la conectividad ecológica de Jalisco 2022

Problemática: Financiación e implementación de acciones locales, que puedan tener seguimiento más allá de proyectos puntuales, es ahí donde la coordinación y la gobernanza juegan un papel relevante. Múltiples programas, planes y acciones para la conservación y restauración ambiental y de biodiversidad en el estado y desde lo nacional.

Objetivo: Articular políticas públicas estatales que permitan que las acciones para la conectividad ecológica sean coordinadas y transversales para el manejo integrado del territorio.

1. Consolidar las áreas naturales protegidas y los corredores biológicos entre ellas.
2. Facilitar modelos participativos y con gobernanza territorial para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos y el uso sostenible de la biodiversidad.
3. Apoyar elementos de la ordenación ecológica y territorial en la articulación con otros sectores.
4. Fomentar las medidas de adaptación y mitigación derivadas de la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad.

Instrumento 8: PROGRAMA DE REHABILITACIÓN DE LA MICROCUENCA “SALTO DE CRISTO” 2022

Problemática: Deterioro y pérdida de las zonas forestales y la alteración del régimen hídrico de la cuenca Contaminación y su azolvamiento agravado de la laguna de Zapotlán.

Objetivo:

1. Realizar un diagnóstico pormenorizado de la Microcuenca, mediante la metodología del manejo de Microcuencas propuesto por el IMTA organismo técnico de la CONAGUA.
2. Priorizar y llevar a cabo acciones de reforestación y revegetación apoyados por recorridos de campo y el análisis de los principales escurrimientos o cauces, bajo el enfoque del establecimiento de corredores biológicos.
3. Detección de áreas con erosión de suelos, proponiendo y haciendo la gestión para llevar a cabo las acciones de conservación de suelos que sean necesarias.
4. Detectar los predios que puedan ser sujetos de apoyos del Programa de Compensación Ambiental de la CONAFOR proponiendo los proyectos y haciendo la gestión respectiva, sean estos realizados directamente o promoviendo su realización por terceros.
5. Identificar en los principales cauces y escurrimientos condiciones de riesgos y de aquellos sitios que sean susceptibles para el establecimiento de represas que contribuyan a la retención de azolves y la infiltración de aguas al subsuelo, como una medida de apoyo temporal al impacto de azolve y desbordamiento que se presenta en la Laguna de Zapotlán.

Los principales problemas de la cuenca identificados en los instrumentos existentes y en el campo son:

Alta erosión y arrastre de azolves

Contaminación orgánica e inorgánica de la laguna de Zapotlán

La sobreexplotación del acuífero

La sostenida deforestación y degradación de las zonas de recarga

La evidente falta de coordinación interinstitucional y de gobernanza del agua

El Plan Estratégico de Conservación del Agua y el Suelo, y Recarga/Infiltración al Acuífero

De acuerdo con la problemática se han definido los objetivos, estrategias, políticas de acción y los 8 programas a desarrollar organizados de tal manera que su divulgación facilite su comprensión por los actores y los habitantes de la cuenca (Tabla 1).

Debe hacerse notar que entre los programas se encuentran la divulgación del conocimiento y la formación de capacidades, es decir, no solo se consideran como relevantes las acciones en el territorio que privilegian las soluciones basadas en la naturaleza (SbN).

Una estrategia de gestión integrada del agua, coordinada y respaldada por indicadores sólidos, es esencial para abordar los desafíos actuales y futuros relacionados con el agua. No solo garantiza un uso eficiente y sostenible de este recurso vital, sino que también contribuye a la resiliencia ante el cambio climático y la mejora de la calidad de vida de las comunidades, especialmente las vulnerables.

La responsabilidad de la ejecución de las acciones derivadas de los programas debe ser analizada y discutida en el seno de la nueva Comisión de Cuenca. Asimismo, la programación en el tiempo y el financiamiento asociado también es materia de trabajo dentro de la Comisión de Cuenca.

Problema	Consecuencia	Objetivos	Estrategias	Políticas (criterios)	Programas
La sostenida deforestación y degradación de las zonas de recarga	Deterioro ambiental de la cuenca	Restaurar la cuenca en sus dimensiones hídrica, urbana, forestal y de biodiversidad	Generar un programa general de intervenciones articulando los programas municipales, estatal y federales	Orientar los programas a sitios prioritarios de deterioro o de resultados de corto plazo para generar sinergia	Infiltración-escurrecimiento 0, protección y fomento de recarga de acuíferos y mejoramiento ambiental (intervenciones SBN en la cuenca)
Urbanización desordenada			Articular los Planes de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico y territorial	No aprobar nuevos desarrollos habitacionales en sitios de recarga de acuífero	
			Actualizar los códigos constructivos urbanos integrando los conceptos de economía circular e impacto hidrológico 0	Todo nuevo desarrollo habitacional deberá asegurar la economía circular del agua y el impacto hidrológico 0.	
Erosión acelerada del suelo y arrastre de azolves			Restaurar las zonas de vegetación degradadas	Privilegiar vegetación nativa	
			Ofrecer asistencia técnica a los agricultores para que implementen mejores prácticas de conservación de agua y suelo	Aprovechar la capacidad instalada de las instituciones primero y reforzar con ONG's	
La sobreexplotación del acuífero			Generar reglas de uso, aprovechamiento y explotación de las aguas subterráneas y superficiales	Diseñar y consensuar con las organizaciones de usuarios del agua	
			Diseñar e implementar el programa de economía circular, huella hídrica reducida y reúso de agua residual tratada	Apoyarse en las mejores prácticas internacionales promovidas por los organismos financieros multilaterales (BM, BID, CAF)	
Contaminación orgánica e inorgánica de la laguna de Zapotlán			Desarrollar modelos alternativos de saneamiento de cuerpos de agua adecuados al contexto de la laguna	Privilegiar las SBN para el saneamiento de cuerpos de agua en el medio urbano, periurbano y rural	Saneamiento y reúso de agua
Saneamiento de aguas residuales municipales inexistente o deficiente			Desarrollar y operar modelos alternativos de servicios de saneamiento adecuados al contexto urbano y rural de la cuenca	Privilegiar las SBN en el medio rural y saneamiento mejorado en el medio urbano, periurbano y rural	
			Escalar los sistemas de tratamiento actuales hasta el nivel terciario para ofrecer agua de calidad (economía circular y reúso)	Seleccionar tecnologías probadas que usen energía solar	
Abastecimiento de agua insuficiente e ineficiente	Inseguridad hídrica en la cuenca	Lograr la seguridad hídrica en la cuenca	Desarrollar y operar modelos alternativos de servicios de agua adecuados al contexto urbano y rural	Privilegiar las SBN en el medio rural y el abasto fuera de la red mejorado en el medio urbano, periurbano y rural	Modernización del sistema de agua urbano y rural
Agricultura insostenible			Transformar la agricultura extensiva (horizontal) en intensiva (vertical) y alta eficiencia hídrica	Apoyarse en las mejores prácticas internacionales promovidas por los organismos financieros multilaterales (BM, BID, CAF)	Eficiencia y conservación de agua

Tabla 1a. Plan estratégico a desarrollar en la zona de estudio.

Problema	Consecuencia	Objetivos	Estrategias	Políticas (criterios)	Programas
Eventos de sequía, inundación, granizo y helada cada vez más recurrentes	Inseguridad hídrica en la cuenca	Lograr la seguridad hídrica en la cuenca	Convertir las áreas urbanas en áreas esponja, inteligentes y resilientes al cambio climático	Apoyarse en las mejores prácticas internacionales promovidas por los organismos financieros multilaterales (BM, BID, CAF)	Manejo de riesgos por fenómenos hidrometeorológicos
			Desarrollar sistemas de alerta temprana e infraestructura de reducción de inundaciones	Privilegiar las SBN en el medio urbano, periurbano y rural	
La evidente falta de coordinación interinstitucional y de gobernanza del agua	Recursos humanos, financieros y materiales desaprovechados	Contar con la gobernanza adecuada para gestionar adaptativamente los recursos hídricos	Fortalecer a la Comisión de Cuenca	Articular las políticas públicas y programas institucionales de los 3 niveles de gobierno con los objetivos de la CCRQ	Fortalecimiento institucional de la Comisión de Cuenca
				Orientar los recursos humanos, materiales y financieros de los programas institucionales de los 3 niveles de gobierno y de otros financiadores hacia los programas definidos en la Comisión de Cuenca	
				Generar una cartera de proyectos comunes para financiarlos	
			Ejecutar, evaluar y dar a conocer los resultados de la implementación del plan estratégico de la Comisión de Cuenca	Asegurar la transparencia en la implementación y evaluación de resultados del plan estratégico	
Falta de conocimiento de la situación hídrica y del estado ambiental de la cuenca	Cultura inadecuada para la gestión y cuidado del agua y de la cuenca	Contar con una cultura de agua y conservación de la cuenca basada en la información, el conocimiento y comunicación efectivos	Generar una base de información científica accesible a todo público	Toda información generada deberá basarse en ciencia	Gestión del conocimiento
			Promover la innovación, el desarrollo tecnológico y la investigación aplicada	Aprovechar los fondos de investigación creando un plan de investigación para la cuenca	
			Establecer alianzas con universidades e institutos de investigación para generar conocimiento y divulgar información certera y oportuna	Privilegiar la participación de estudiantes en la generación y divulgación del conocimiento de la cuenca	Formación de capacidades y cultura del agua
			Establecer alianzas con ONG's y grupos de la sociedad interesados	Propiciar solo la participación organizada y enfocada hacia los objetivos de la Comisión de Cuenca	
			Segmentar la comunicación por sector y por nivel cultural	La información generada deberá traducirse a un lenguaje adecuado al contexto social de la cuenca	Comunicación y divulgación
			Establecer alianzas con los medios de comunicación	Los mensajes deben ser a través de todos los medios y redes sociales	

Tabla 1b. Plan estratégico a desarrollar en la zona de estudio.

Infiltración - escurrimiento 0, protección y fomento de recarga de acuíferos y mejoramiento ambiental

Líneas estratégicas para el ordenamiento del uso del suelo

Para detener el avance en el cambio de uso del suelo y reducir el impacto de las áreas actualmente ocupadas con actividades productivas diferentes a las recomendadas en los POEL se proponen las siguientes acciones:

- Actualizar y vigilar el POEL priorizando la reorientación gradual del uso del suelo mediante el establecimiento de un mecanismo de vigilancia ciudadana y un cuerpo de reacción técnico, legal y administrativo municipal.
- Decretar las zonas de recarga como áreas naturales protegidas municipales o estatales y ejecutar acciones para su restauración ambiental.
- Iniciar un periodo de transición mitigando los impactos de las actividades productivas agrícolas en las zonas de reforestación y conservación, mediante prácticas agrícolas que reduzcan el acarreo de suelo tales como la agricultura de conservación, el establecimiento de terrazas y zanjas de control de suelo e infiltración vegetadas, entre otras.

Líneas estratégicas para el ordenamiento del uso del agua

En lo que se refiere al ordenamiento del uso del agua para reducir los efectos de la sobreexplotación y descenso en los niveles estáticos de bombeo se proponen las acciones siguientes:

- Diseñar y acordar un plan de manejo y reglamentación del acuífero en el seno de la Comisión de Cuenca que considere los siguientes temas:
 - Realizar y mantener actualizado el inventario de pozos.
 - Establecer la línea base de los niveles mediante la medición de extracciones y piezometría (iniciar una red automatizada con 10 pozos y luego extenderla), así como de calidad del agua.
 - Fijar niveles de operación por microcuenca con fundamento en medición de la ocurrencia de la lluvia y los volúmenes de la recarga inducida por las obras en la cuenca.
 - Establecer y aplicar reglas de reubicación/relocalización y profundización de pozos.

- Acordar e implementar un mecanismo de vigilancia del cumplimiento del reglamento.
- Acordar y aplicar un sistema de sanciones e incentivos cuyos fondos recaudados sean para mejorar el monitoreo del acuífero y de los volúmenes infiltrados.

Principales intervenciones en la cuenca

Potencial de Infiltración

Con el objetivo de determinar los sitios y tipos de obras para retener e infiltrar el agua se realizó un análisis para determinar el potencial de infiltración en la cuenca. Los parámetros considerados se muestran en la Tabla 2.

FACTOR	CARACTERÍSTICAS	CLASIFICACIÓN	PONDERACIÓN
Pendiente	> 15 5 - 15 0 - 15	Inclinado Ligera inclinación Nivelado	1 2 3
Uso de Suelo	Zonas urbanas, sin vegetación Zonas agrícolas, vegetación secundaria Agua, bosques, selvas	Baja Infiltración Infiltración moderada Infiltración alta	1 2 3
Geomorfología	Sierra escarpada Lomeríos, mesetas, cañones, valles, sierra baja Bajadas, llanuras, cuerpos de agua	Baja Moderada Alta	1 2 3
Suelos	Luvisol, Planosol, Solonchack, Andosol, Cambisol Feozem, Geosol, Luvisol, Renzina, Xerosol lúvico Yermosol, Fluvisol, Regosol, Arenosol	Baja Media Alta	1 2 3
Red Hidrográfica	Arroyos (orden 1 a 2) Ríos secundarios (orden 3 a 5) Ríos principales (orden 6 a 7)	Baja Media Alta	1 2 3

Tabla 2. Ponderaciones para el cálculo del potencial de infiltración.

La metodología para identificar los sitios de mayor potencial de infiltración en la cuenca consideró el uso de una Sistema de Información Geográfica, en el cual se realizó álgebra de mapas correspondientes a los parámetros de la tabla anterior,

iterando los diferentes factores entre sí, y dándoles diferentes ponderaciones con la finalidad de obtener puntos clave para la realización de las obras pertinentes para cada zona.

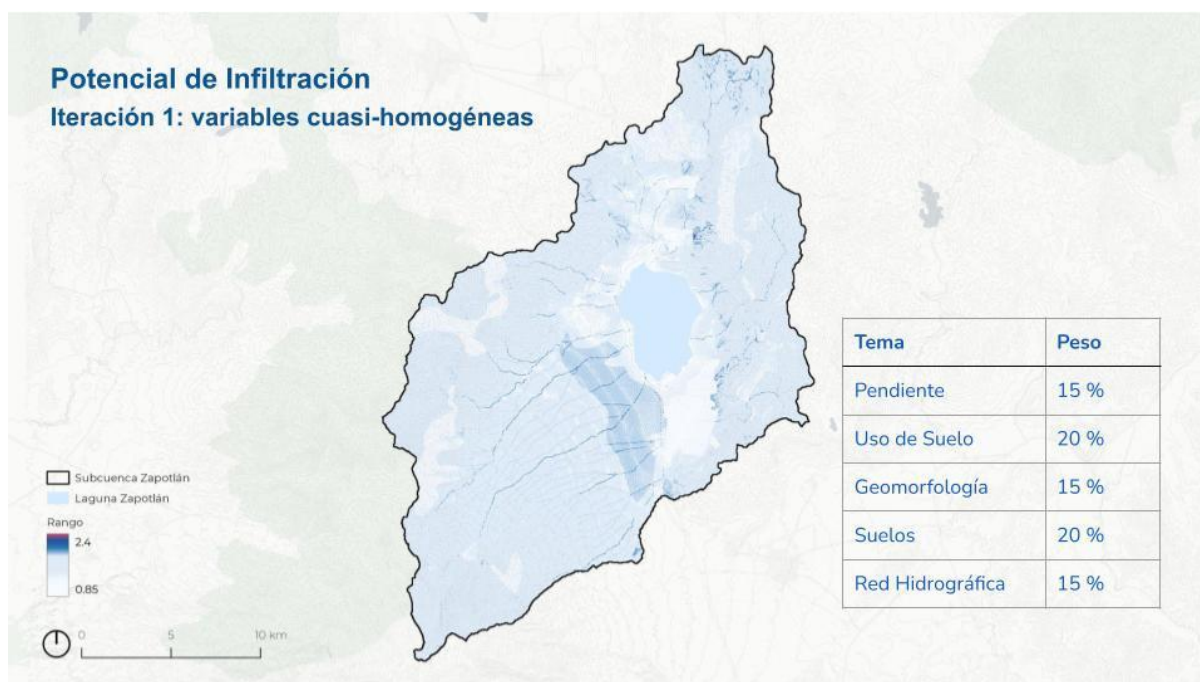


Imagen 26. Iteración No. 1 con variables cuasi-homogéneas.

Iteración 1: Al estar las variables casi con el mismo peso, se puede observar una gran mancha azul al suroeste de la laguna, siendo este punto donde más posibilidad hay de poder infiltrar agua; también resaltan un par de arroyos principales, de igual manera al suroeste de la laguna, así como unos pequeños puntos al noreste y este de la laguna, a las afueras de Ciudad Guzmán y San Sebastián del Sur.

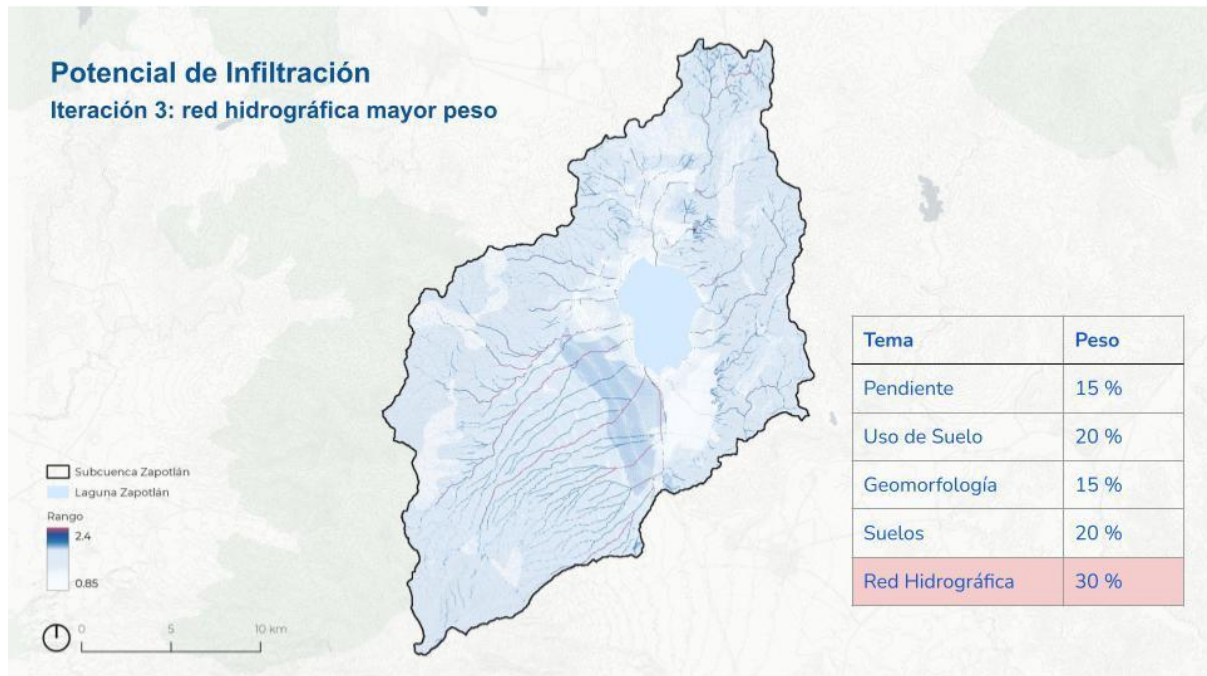


Imagen 27. Iteración No. 3 con mayor peso en red hidrográfica.

Iteración 3: Al darle un mayor peso a la red hidrográfica, se observan con mayor precisión que 3 de los arroyos principales de la cuenca, debido a los otros factores involucrados tienen el potencial para infiltrar agua; también se observa que la mancha al sur de la laguna permanece prácticamente intacta, lo que puede indicar un potencial de infiltración mayor.

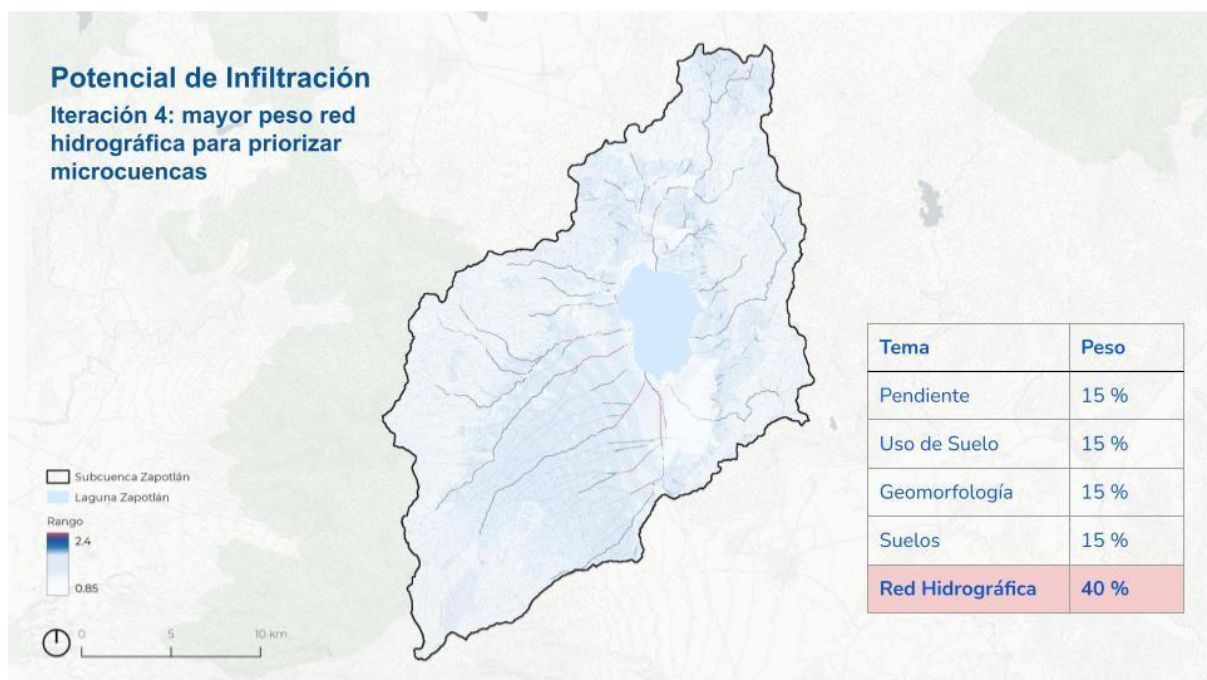


Imagen 28. Iteración No. 4 con mayor peso en red hidrográfica.

Iteración 4: Se le dio mucho mayor peso a la red hidrográfica con la finalidad de priorizar las microcuencas, y donde se observan nuevamente los arroyos principales con mayor potencial de infiltración. En este caso la mancha al sur de la laguna se pierde un poco, sin embargo, se extiende más hacia el sur, prácticamente abarcando toda la zona agrícola de la cuenca.

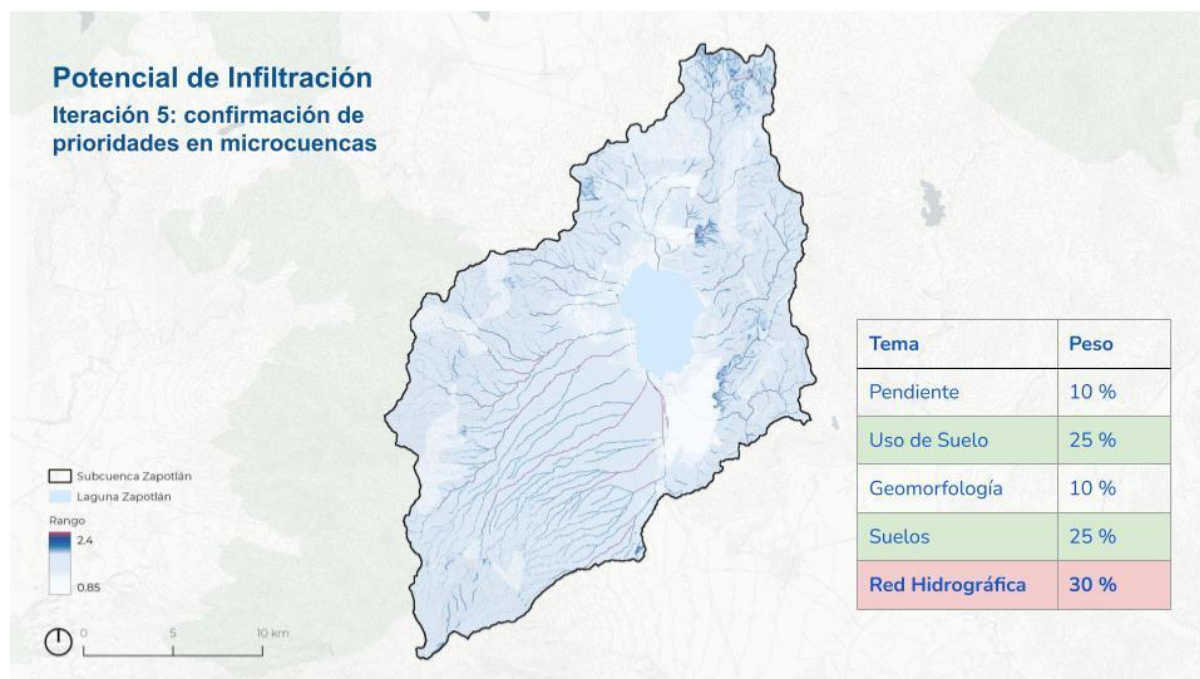


Imagen 29. Iteración No. 5 con mayor énfasis en la capa de uso de suelo y edafología

Iteración 5: Se mantuvo la prioridad en la red hidrográfica, pero se elevaron otros factores con la finalidad de observar que otros puntos podrían tener potencial de infiltración por su uso de suelo y tipo de suelo, y se remarcaron dos puntos que ya habían sido mostrados en la iteración número 1, los cuales se ubican uno al este de San Sebastián del Sur, y otro al noreste de Ciudad Guzmán.

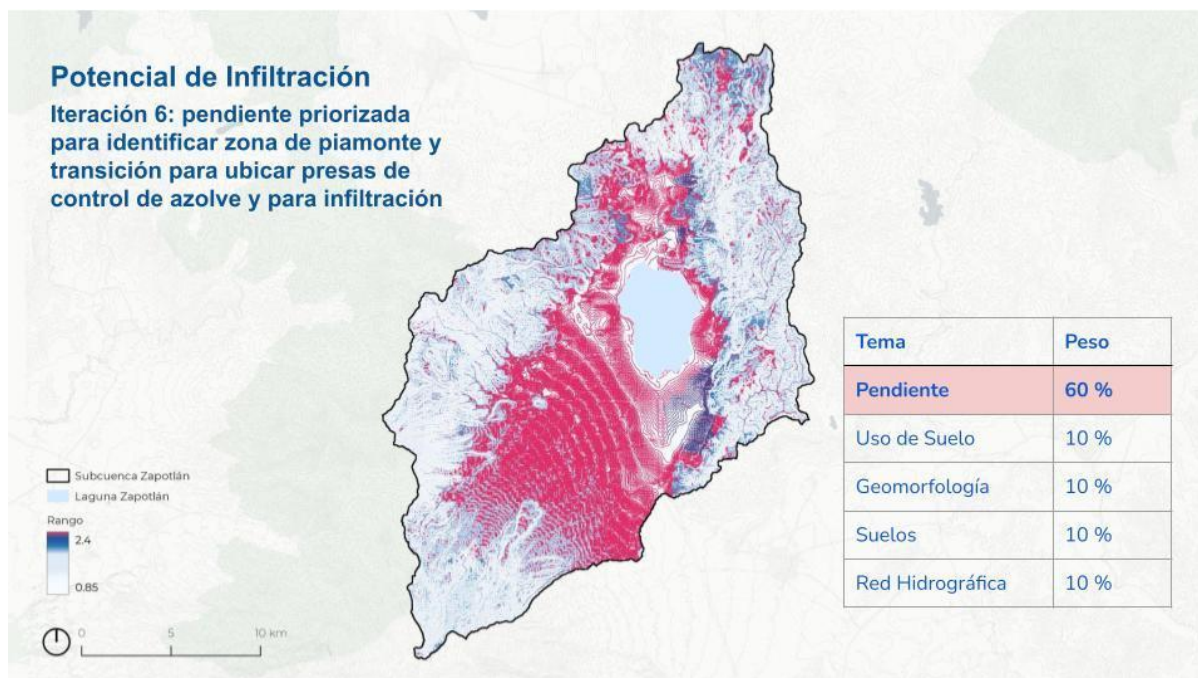


Imagen 30. Iteración No. 6 con mayor énfasis en la capa de pendiente.

Iteración 6: En esta iteración se exageró el valor de la pendiente para identificar las zonas cuya pendiente no fuera tan pronunciada para ver el potencial, y en efecto, se observa que la zona con más potencial es prácticamente toda la zona agrícola, y se corrobora la mancha azul de las iteraciones anteriores.

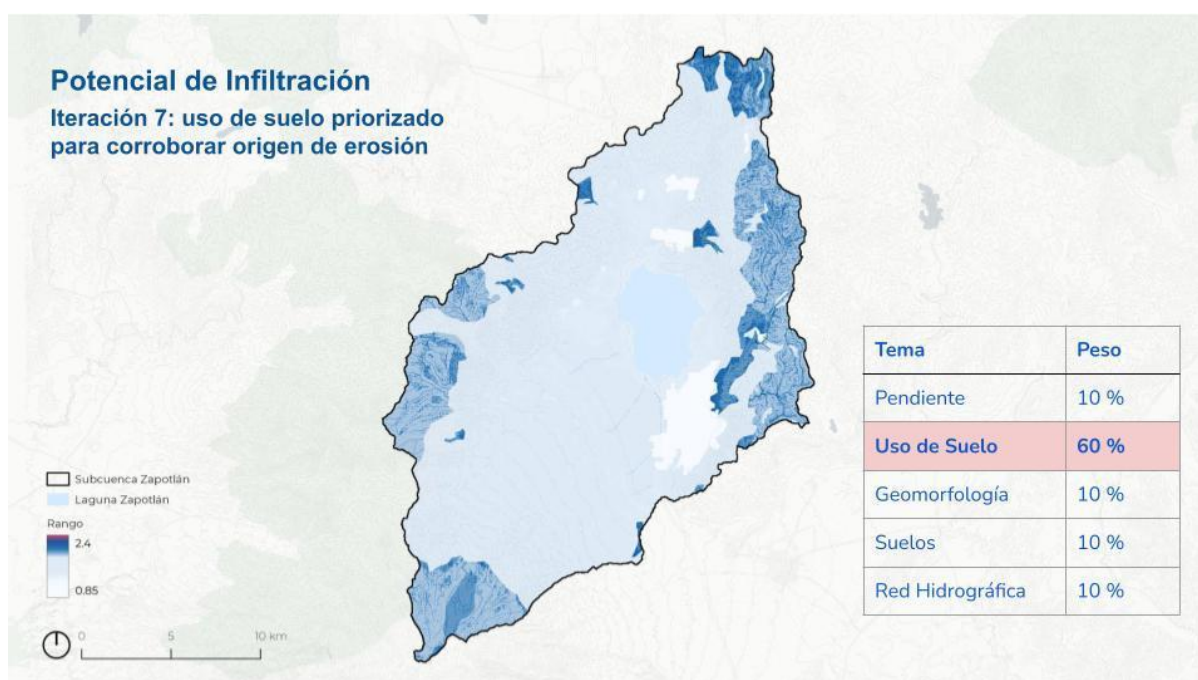


Imagen 31. Iteración No. 7 con mayor énfasis en la capa de uso de suelo.

Iteración 7: Se exageró el factor de uso de suelo, dando como resultado que le potencial se ubica en toda la zona forestal y de conservación de la cuenca, pero resaltan nuevamente dos puntos en particular que ya habían aparecido anteriormente, los cuales están ubicados al este de San Sebastián del Sur, y otro al noreste de Ciudad Guzmán.

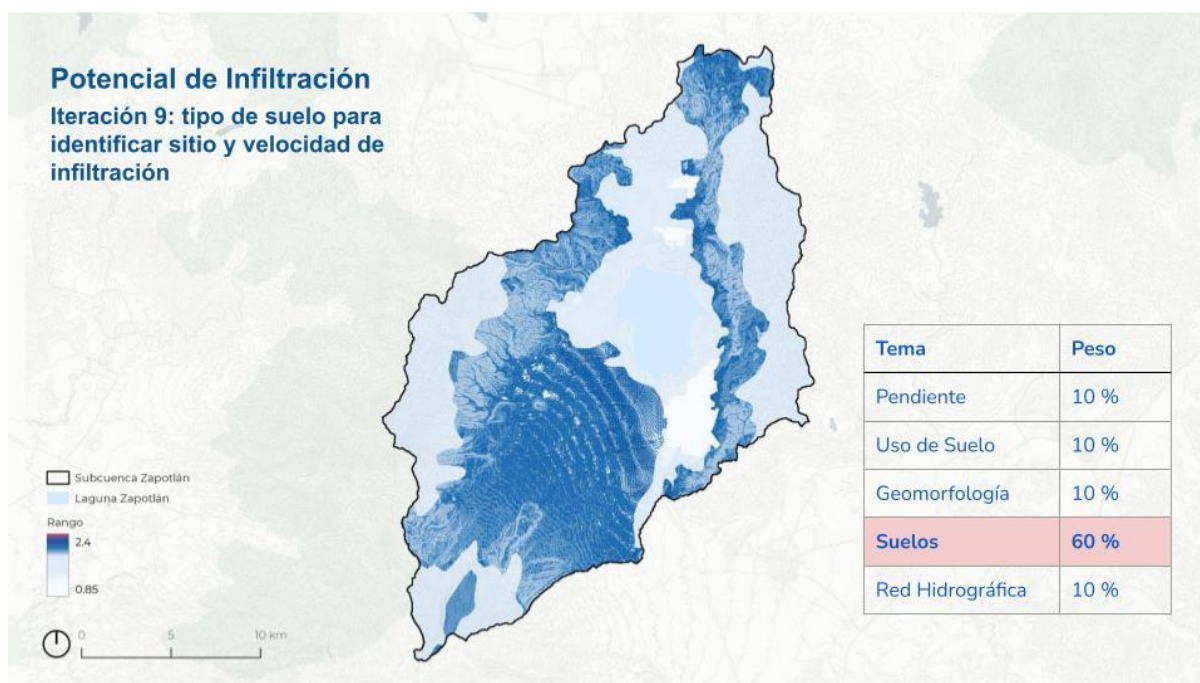


Imagen 32. Iteración No. 9 con mayor énfasis en la capa de edafología

Iteración 9: Al exagerar el factor del tipo de suelo, se observan nuevamente involucradas las zonas al sur de la laguna, toda la zona agrícola, y las zonas a los costados de las poblaciones urbanas.

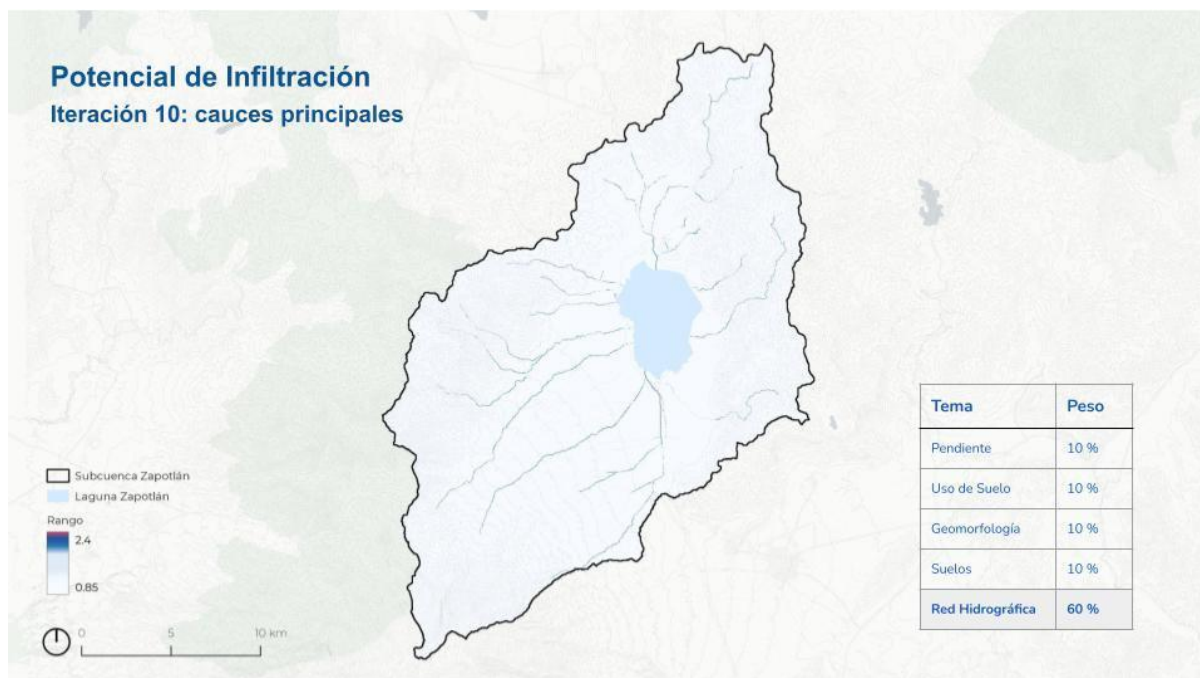


Imagen 33. Iteración No. 10 con mayor énfasis en la capa de red hidrográfica

Iteración 10: Al exagerar la red hidrográfica, prácticamente obtenemos los cauces principales que conforman las diferentes microcuencas.

Las anteriores iteraciones aportaron también información para la priorización de intervenciones por subcuenca.

Erosión hídrica en la cuenca

Para definir las zonas en las microcuencas con mayor susceptibilidad a la erosión hídrica, se realizó el análisis de erosión aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos:

$$A = (R) (K) (L) (S) (C) (P)$$

Donde:

A: promedio anual de pérdida de suelo, en t/ha1 año-1

R: factor de erosividad de la lluvia, en Mj mm ha-1h-1año-1

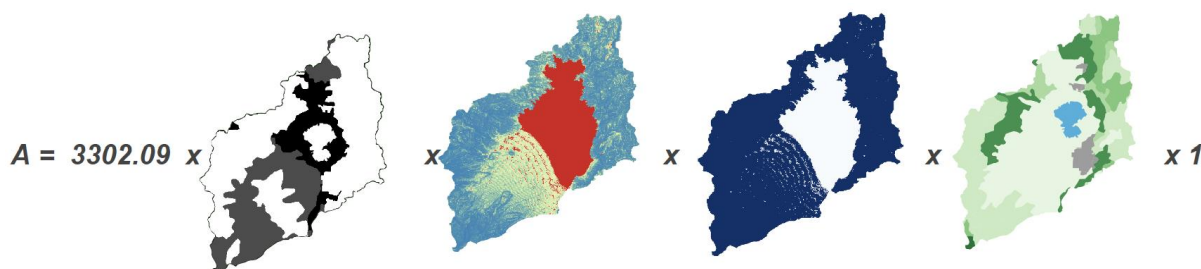
L: factor de longitud de la pendiente, adimensional

S: factor de grado de la pendiente, adimensional

C: factor de manejo de cultivos, adimensional

P: factor de prácticas mecánicas de control de la erosión, adimensional

De la misma manera que con el potencial de infiltración, se usó el Sistema de Información Geográfica para analizar mapas correspondientes a los distintos parámetros de la ecuación universal.



Los resultados de los análisis mostrados en la imagen 34 indican claramente varios sitios y microcuencas donde la erosión es muy alta. Sin embargo, es importante mencionar que estas zonas casi son las mismas que han sido erosionadas por el cambio de uso del suelo (hacia agrícola) y se localizan en su mayoría en áreas que los POEL de los dos municipios indican como de uso recomendado forestal o de conservación. Es importante recalcar que, los sitios erosionados en las microcuencas 7, 8, y 9 se encuentran en áreas que la SEMADET identifica como corredores biológicos, además de uso recomendado de conservación de tierras forestales.

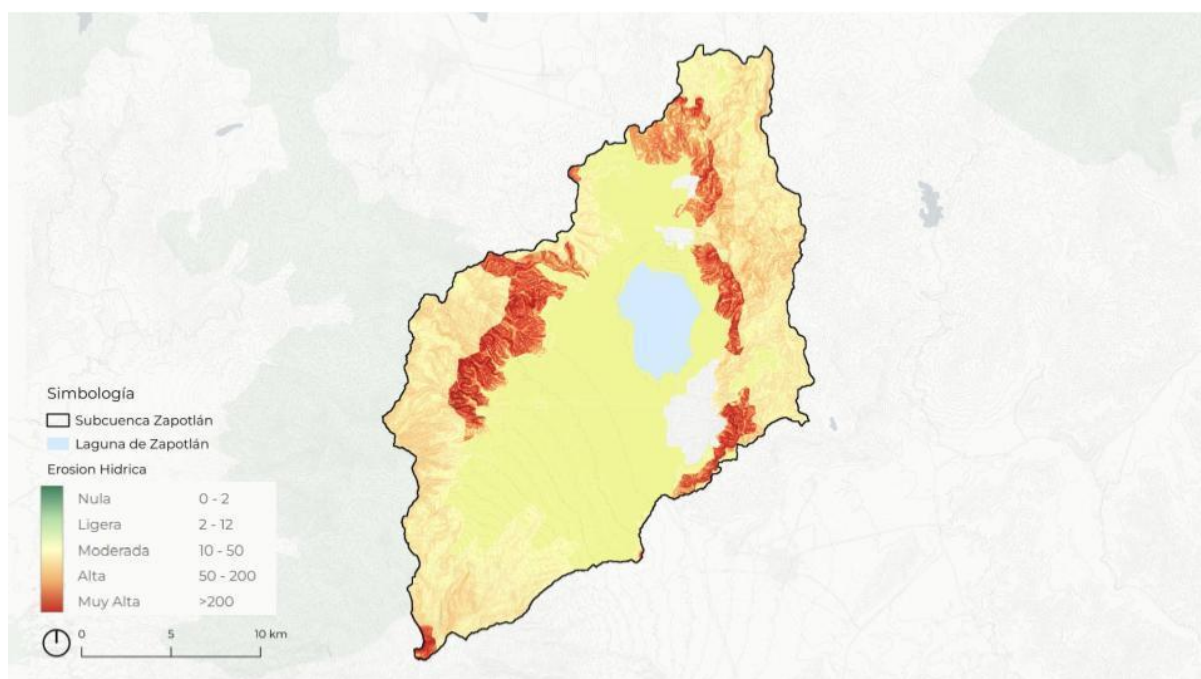
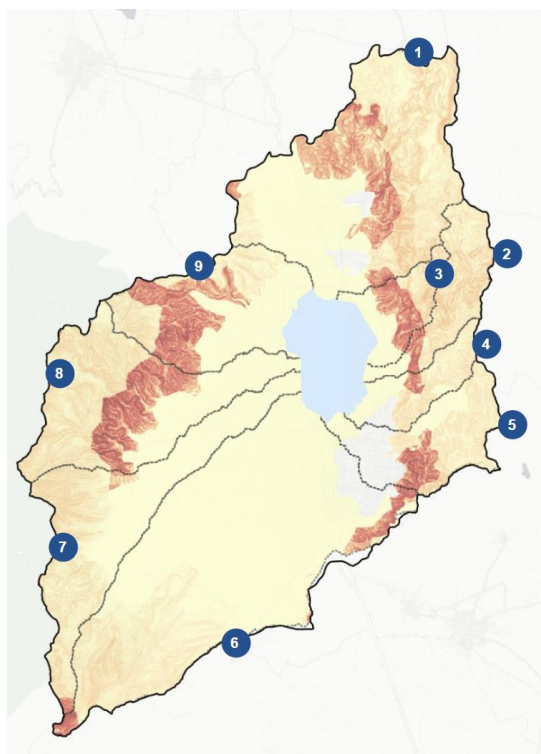


Imagen 34. Mapa de erosión hídrica en la cuenca de la Laguna de Zapotlán.

Así el análisis identifica a las 9 microcuencas divididas en porcentajes del grado de erosión hídrica y el resultado fue que las microcuencas 3, 8, y 9 son las que más suelo erosionado tienen, mientras que las microcuencas 4, 6, y 7 son las que menos se han visto afectadas por este fenómeno (Tabla 3).



Microcuenca	Nula	Moderada	Muy Alta
Nº 1	1.1%	65.7%	33.2%
Nº 2	0.7%	81.9%	17.4%
Nº 3	1.6%	56.3%	42.1%
Nº 4	0.9%	84.7%	8.9%
Nº 5	0.9%	58.1%	34.6%
Nº 6	0.6%	93.9%	3.1%
Nº 7	0.5%	95.7%	3.8%
Nº 8	1.3%	67.2%	31.3%
Nº 9	1.2%	61.8%	36.9%

Tabla 3. Erosión hídrica por microcuenca.

Con la información de la erosión hídrica del suelo junto con la de la batimetría de la Laguna, fue posible correlacionar el origen la mayor parte del azolve de la Laguna de Zapotlán. Así se determinó que la parte Noroeste del cuerpo de agua recibe el azolve de materiales de las microcuencas 8 y 9, y la parte Este de la laguna recibe el azolve de las microcuencas 1 y 3, ya que son las áreas más erosionadas en la cuenca.

Análisis de intervenciones actuales

Nuevamente con el uso del SIG se logró integrar un mapa (Imagen 34) donde se observan todas las intervenciones actuales sobre el mapa de los POEL de Zapotlán el Grande y Gómez Farías.

En este mapa se aprecia que gran parte de las intervenciones se ubican prácticamente en lo que es la zona recomendada para uso agrícola y en su mayoría sobre los arroyos principales y secundarios. Es decir, no ha habido intervenciones para controlar el azolve donde se origina.

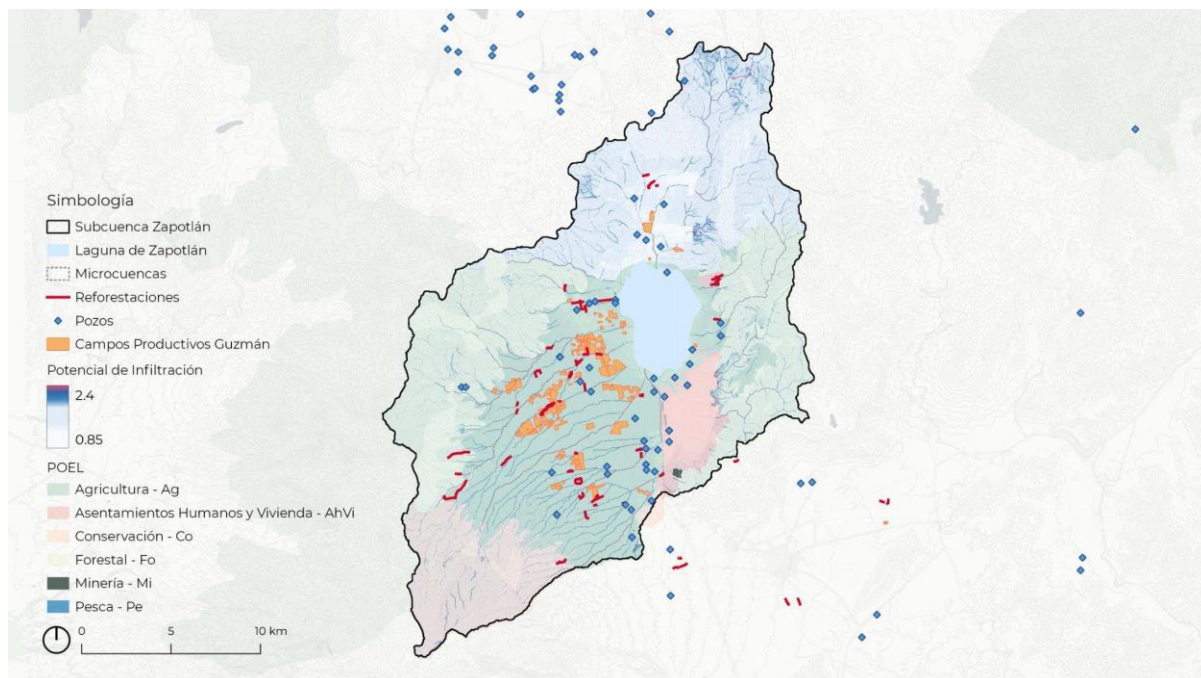


Imagen 35. Mapa de intervenciones actuales en la zona de estudio

Al superponer los mapas de los POEL con el de erosión hídrica se confirma que donde deberían ser las zonas forestales, gran parte de esta en las faldas de los cerros, es donde se están realizando cambios de uso de suelo hacia la agricultura, generalmente clandestinos (Imagen 35).

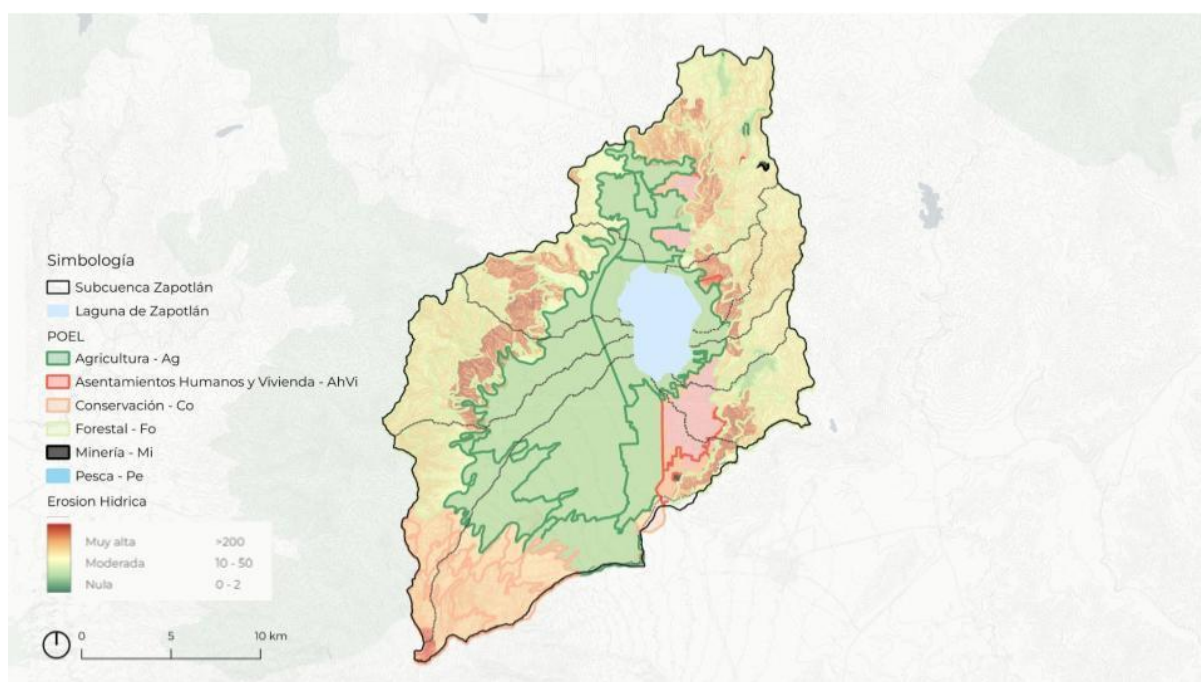


Imagen 36. Mapa de superposición de mapa de erosión hídrica y POEL.

A partir de lo mapeado en el POEL y del cálculo de la erosión hídrica, esta no es significativa en la planicie.

Vale la pena hacer notar que en el mapa se observa una zona en el nevado que muestra altos valores de erosión hídrica aun cuando el Patronato ha realizado tareas de alto impacto de reforestación. Durante la visita de campo se pudo constatar que en esa zona no existe vegetación o es muy dispersa, y la roca y material volcánico está expuesta y es predominante. Así el resultado del análisis es adecuado considerando los criterios utilizados de la fórmula para calcular la erosión hídrica.



Imagen 37. Nevado de Colima

Por otra parte, al superponer el mapa de erosión hídrica y sitios intervenidos se confirma que estas intervenciones no tienen impacto en detener la erosión puesto que se encuentran en zonas de erosión de moderada a muy leve. Sin embargo, en zonas donde la erosión es alta o muy alta son muy pocas las acciones llevadas a cabo (Imagen 38).

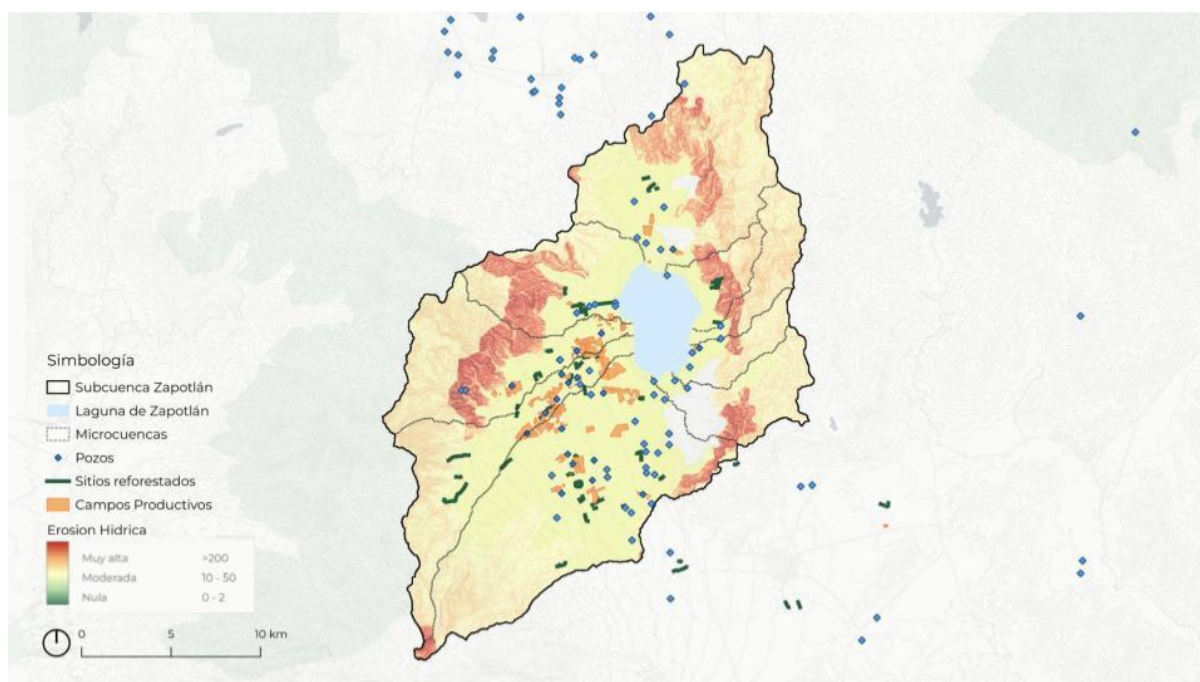


Imagen 38. Mapa de erosión hídrica y acciones de reforestación

Al superponer los mapas de los POEL con las intervenciones realizadas nuevamente se observa como la mayoría de ellas se han llevado a cabo dentro de las zonas agrícolas y muy pocas en las zonas recomendadas como forestales o de conservación (Imagen 39).

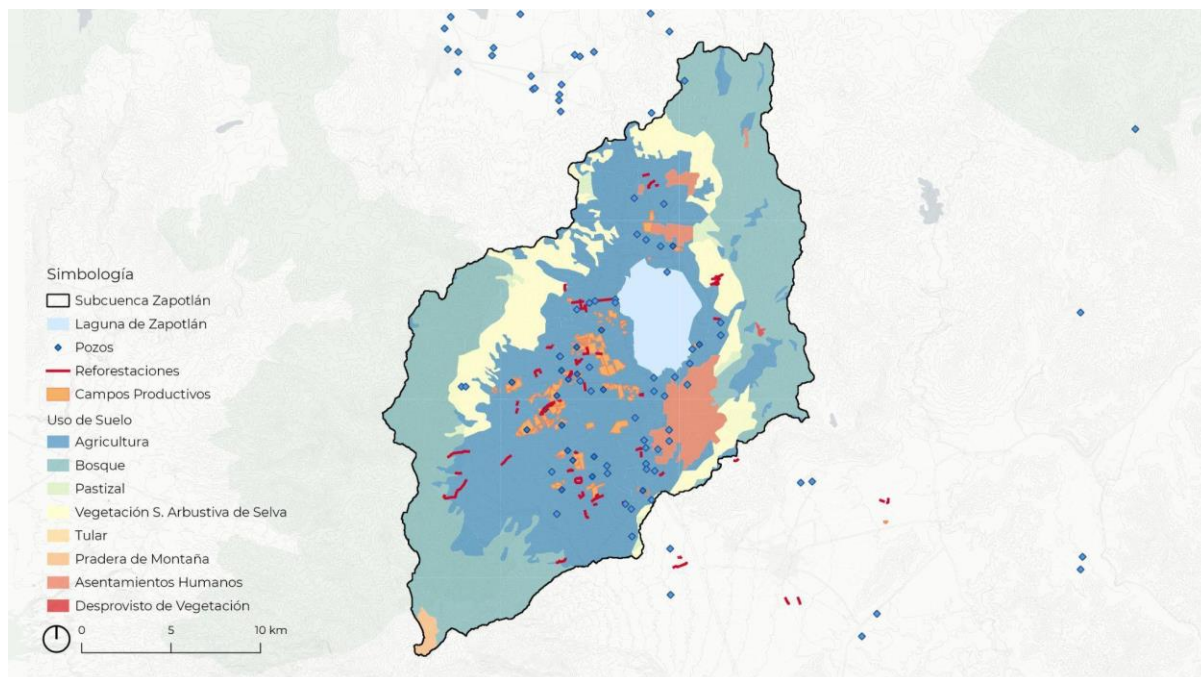


Imagen 39. Mapa de uso de suelo y acciones de reforestación.

Intervenciones para el control de azolve, conservación de suelos, de infiltración y el establecimiento de corredores biológicos

Sitios para el control de azolve, conservación de suelo e infiltración

Para el control del azolve e infiltración de agua, se proponen diversos tipos de intervenciones en arroyos seleccionados buscando evitar de esta manera que la laguna siga creciendo en su espejo de agua y desbordando (Imagen 39).

Los arroyos seleccionados se dividieron en 3 secciones de acuerdo con su pendiente y al tipo de uso de suelo recomendado por los POEL, cuya función varía dependiendo de la zona en la que están ubicadas (Imagen 39). En este sentido, en cada una de las secciones de los arroyos, se ubican varias obras con la función de controlar el azolve, conservar el suelo e iniciar la infiltración.

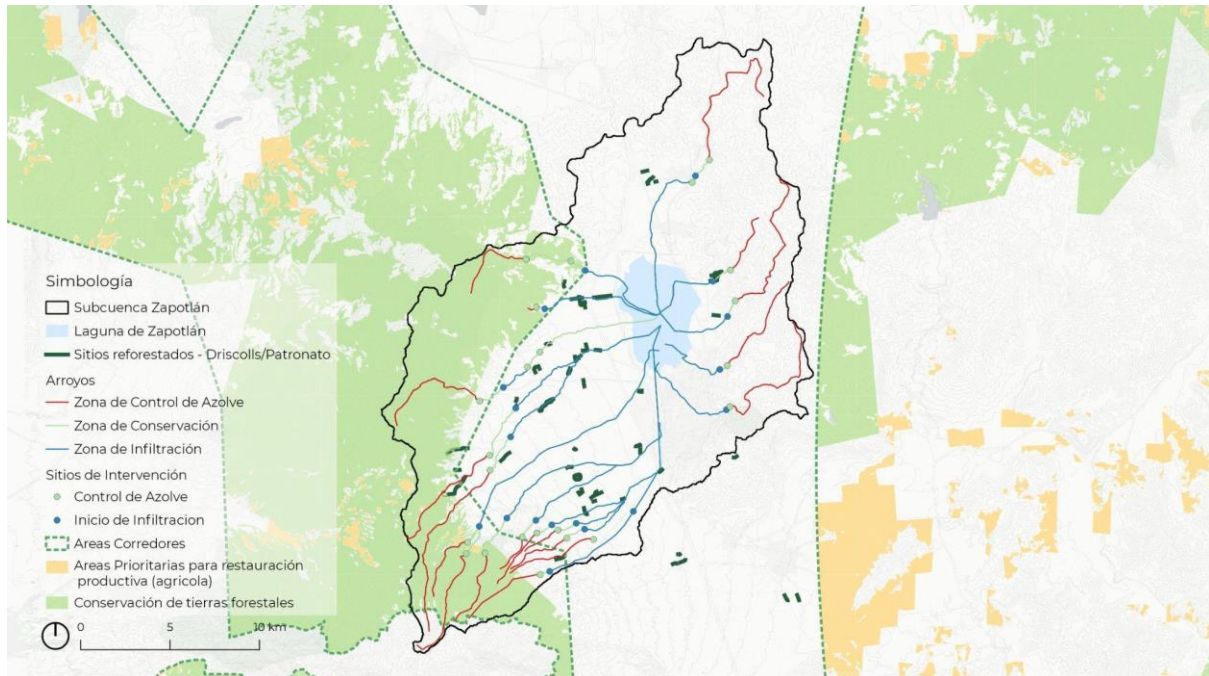


Imagen 40. Mapa de sitios para las intervenciones para la conservación de suelo y agua.

Cabe señalar que el número de estas intervenciones en cada sección considera la condición de erosión hídrica de las subcuencas. Es decir, un mayor número para aquellas microcuencas con mayor erosión hídrica.

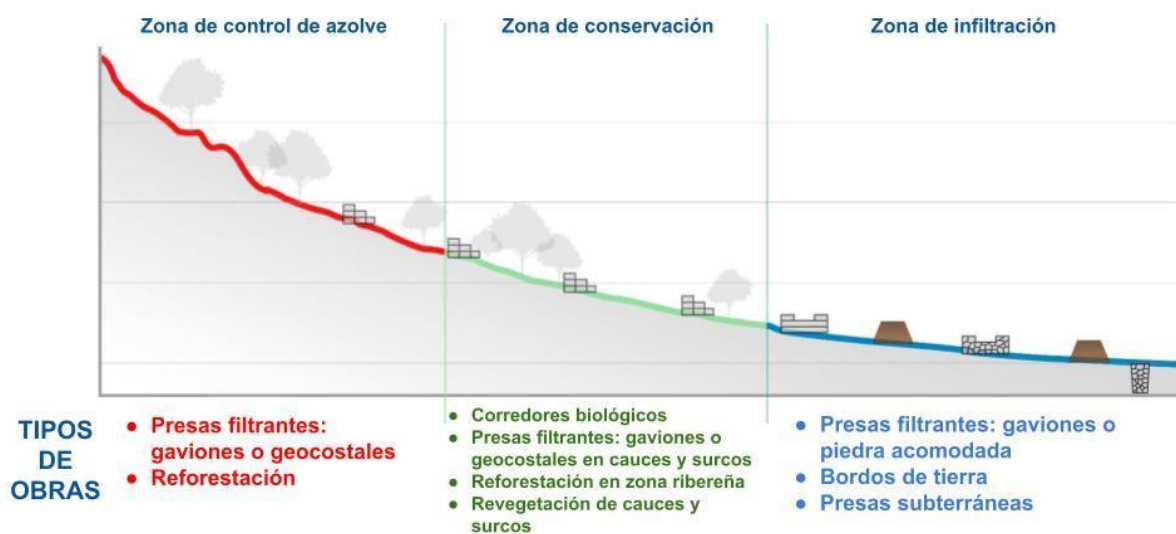


Imagen 41. Perfil de un cauce con el menú de intervenciones propuestas.

Los tipos de obras por zona son:

- *Control de azolve:* Por medio de presas filtrantes y reforestaciones, se reduce la velocidad de los cauces, asegurándose de que el agua no derribe ni arrastre objetos sólidos.
- *Conservación:* Al respetar y generar corredores biológicos, acompañados de presas filtrantes, reforestaciones, y revegetación de cauces, se crea un cauce mucho más limpio que nutra a los diferentes tipos de flora y fauna de la zona.
- *Infiltración:* Las obras de presas filtrantes y bordos de tierra retienen el agua de los cauces, evitando que se adentren en los campos de cultivo y las ciudades, y una vez contenida toda esa agua, esta se infiltra al suelo de manera progresiva, evitando inundaciones y el crecimiento del espejo de agua de la laguna de Zapotlán.

Protección de cauces y corredores biológicos

Los cauces que aún no han sido borrados pueden ser recuperados y restaurada su función de conducir agua sin provocar daños colaterales y dar vida a la biodiversidad de la cuenca. La propuesta involucra delimitar la zona federal o servidumbre, establecer vegetación dentro de ellos, proteger mediante reforestación sus márgenes con vegetación perenne y reforestar con vegetación perenne sitios estratégicos protegidos aguas arriba por retenciones a base de piedra o costalera para generar los corredores biológicos (Imagen 42).



Imagen 42. Perfil esquemático de un cauce con intervenciones.

Saneamiento y reúso de agua

La cuenca cuenta con 130 mil habitantes que se localizan en 15 localidades de los municipios Zapotlán el Grande y Gómez Farías y que generan en conjunto un aproximado de 15.6 millones de aguas residuales por día considerando una dotación diaria por persona de 120 l/h/d.

Población urbana

En la cuenca existen 3 poblaciones urbanas, siendo Ciudad Guzmán la más grande. La ubicación de sus descargas al norte y al sur de la laguna son las principales fuentes de contaminación dados los problemas de operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes. Los habitantes urbanos generan alrededor del 97.4% de toda el agua residual de la cuenca (Imagen 43).

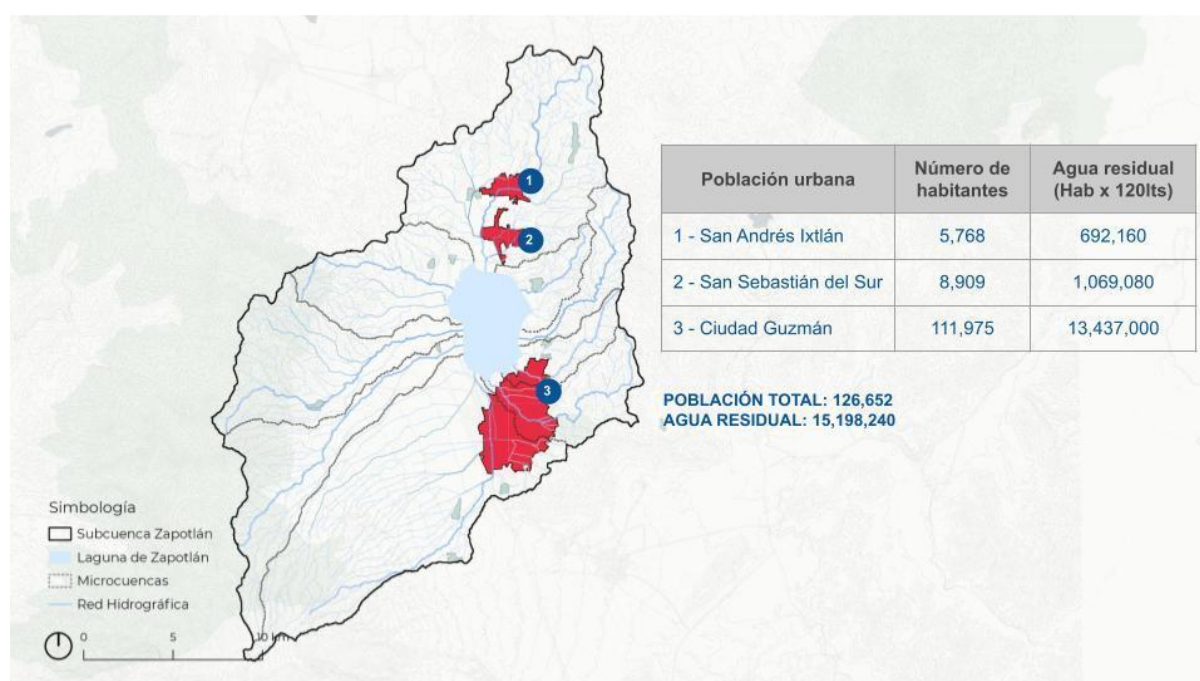


Imagen 43. Mapa de poblaciones urbanas en la zona de estudio.

Para asegurar que se cumpla con la NOM-001-SEMARNAT-2021, que actualizó la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se propone aguas abajo de las actuales Plantas de tratamiento de aguas residuales establecer humedales artificiales.

Para ello se realizó una selección de potenciales predios que pueden servir para generar un humedal artificial para sanear las aguas residuales tanto de las localidades de Zapotlán El Grande, como las localidades de Gómez Farías. Mediante el cálculo de las dimensiones de los humedales se determinó que requieren 7 y 3.7 hectáreas respectivamente en función del número de habitantes (Imagen 44 y 45).

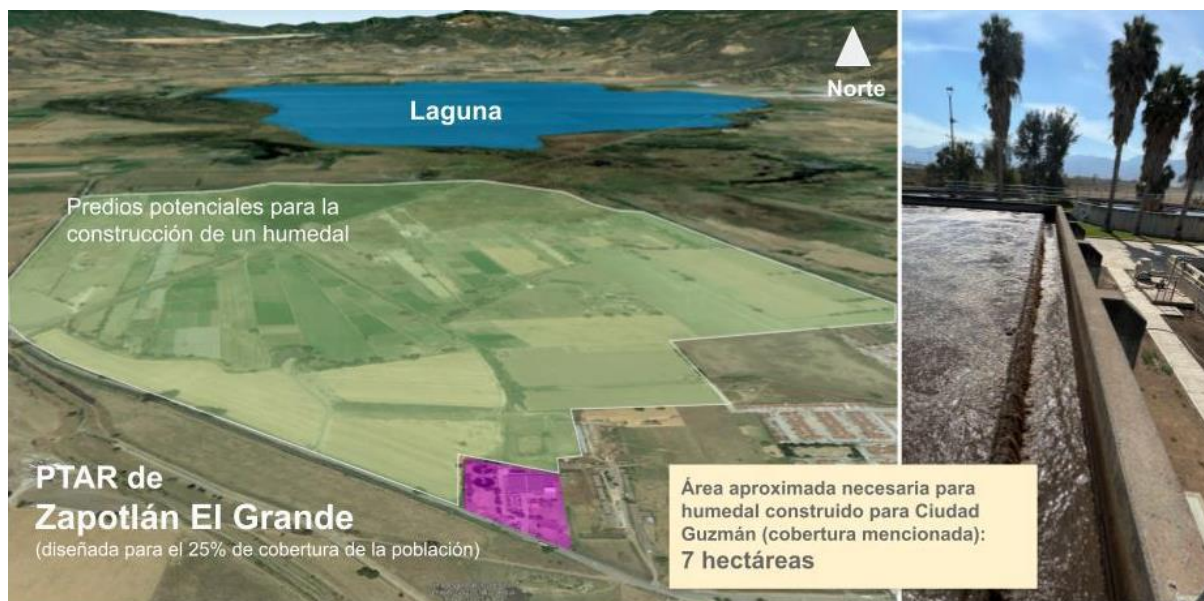


Imagen 44. Terrenos potenciales para la construcción de un humedal en Zapotlán El Grande.



Imagen 45. Terrenos potenciales para la construcción de un humedal en Gómez Farías.

Población rural

La población rural asciende a 3365 habitantes en 12 localidades rurales que no generan más que un 2.6% del total de agua residual de la cuenca (Imagen 46). Salvo Atequizayán, que cuenta con un humedal artificial operado por SAPAZA, el resto de las comunidades no cuenta con tratamiento de aguas residuales.



Imagen 46. Mapa de poblaciones rurales en la zona de estudio.

De la misma forma se realizó un cálculo de las necesidades de terreno para construir humedales para cada una de las 12 poblaciones rurales (Tabla 4)

Nombre de la población	Número de habitantes	Agua residual (Hab x 120lts)	Área de humedal (m2) *aprox
4 - El Rodeo	937	112,440	2375
5 - Ejido Uno de Febrero	302	36,240	765
6 - Ramón Núñez	10	1,200	25
7 - Cofradía del Rosario	195	23,400	494
8 - La Fortuna	46	5,520	117
9 - La Colmena	135	16,200	342
10 - Mariano Otero	157	18,840	398

11 - Antorcha Campesina	207	24,840	525
12 - Atequizayán	575	69,000	1457
13 - Loma de Ocotillo	28	3,360	71
14 - Zapotlán 2000 Parque Industrial	714	85,680	1809
15 - Apastepetl	59	7,080	150

Tabla 4. Cálculo de volumen de aguas residuales en comunidades rurales y área necesaria para humedales.

Se considera que la construcción y operación de los humedales evitarán la existencia y proliferación de maleza acuática y de contaminación del agua en la laguna. Ello en conjunto con la reducción de acarreo de agroquímicos desde la zona agrícola producto de mejores prácticas agrícolas y las retenciones de agua en los cauces.

En virtud de que es muy posible que no todas las comunidades rurales cuenten con alcantarillado o este no cubra el total de los habitantes, el saneamiento debe completarse con el reemplazo y cierre de las fosas sépticas actuales (para garantizar que no haya riesgo de contaminación bacteriológica al acuífero dadas sus características de alta permeabilidad) con baños secos de alto desempeño.

Los baños secos son sistemas sanitarios diseñados para operar sin agua. A diferencia de los inodoros convencionales que requieren una infraestructura de drenaje y plantas de tratamiento de aguas residuales, los baños secos utilizan procesos biológicos naturales para descomponer y deshidratar los residuos humanos.

El proceso de funcionamiento de los baños secos es una combinación de descomposición aeróbica y compostaje. Los desechos sólidos y líquidos se separan en su origen para facilitar su tratamiento. Los sólidos, en combinación con materiales secantes como aserrín, hojas o paja, se descomponen en compost, un abono natural, mientras que los líquidos se evaporan o se tratan por separado para ser reutilizados en aplicaciones agrícolas.

Beneficios:

- Conservación del Agua: Reducen drásticamente el consumo de agua en comparación con los sanitarios tradicionales.
- Protección del Medio Ambiente: Previenen la contaminación de fuentes de agua subterránea y superficial.
- Generación de Recursos: Los desechos tratados pueden transformarse en compost, un recurso valioso para la agricultura y la jardinería.
- Reducción de Costos: Disminuyen los costos asociados al tratamiento y manejo de aguas residuales y la infraestructura de saneamiento.

Entre las principales consideraciones para la implementación en la cuenca de la laguna de Zapotlán están el considerar los aspectos culturales y educativos locales. Se requiere una amplia campaña de concienciación y capacitación para asegurar que los residentes comprendan, acepten y mantengan adecuadamente estos sistemas (humedales y/o baños secos). Además, es fundamental el seguimiento y asistencia técnica para que los baños secos garanticen sistemas eficientes, higiénicos y adaptados a las condiciones locales. Es también importante que las autoridades municipales ofrezcan incentivos y apoyos para la instalación de estos sistemas en viviendas y espacios públicos.

Modernización del sistema de agua urbano y rural

La modernización del sistema de agua potable, tanto en entornos urbanos como rurales, es la búsqueda de un acceso confiable y de calidad al recurso hídrico. En el contexto del aumento en la demanda de agua en la cuenca aumenta debido al crecimiento demográfico, agricultura en zonas de forestales y de conservación en el marco del cambio climático, implica actualizar y fortalecer no solo en la protección de las fuentes de agua sino también la infraestructura de abasto de agua.

La modernización no solo se traduce en una mejora sustancial en la calidad de vida de las comunidades, sino que también representa un paso fundamental hacia la sostenibilidad ambiental y económica.

En este contexto, las estrategias y recomendaciones para la modernización de los sistemas de abastecimiento de agua potable son:

Para los sistemas de agua potable urbano:

- **Infraestructura Actualizada:** Evaluar la infraestructura existente para identificar aquellas que requieran reparaciones o mejoras y priorizar las inversiones en la renovación de tuberías, plantas de tratamiento y equipos de bombeo.
- **Medición y Control:** Implementar sistemas de medición y control avanzados para monitorear el flujo de agua y detectar fugas o pérdidas en tiempo real. Esto ayudará a reducir el desperdicio de agua.
- **Tratamiento de Agua:** Asegurar que las plantas de tratamiento cumplan con las normas de calidad del agua, mejorar su operación y considerar la implementación de tecnologías basadas en la naturaleza para reforzar el sistema de tratamiento actual para mejorar la calidad del agua que se descarga a la laguna.
- **Eficiencia Energética:** Realizar las acciones para mejorar la eficiencia energética en el sistema de distribución de agua, como la optimización de bombas y la implementación de energías renovables.

- **Gestión de Recursos Humanos:** Capacitación permanente del personal que opera y mantiene la infraestructura modernizada. La formación constante es clave para garantizar un servicio de alta calidad.
- **Facturación y Cobranza:** Implementar sistemas de facturación y cobranza eficientes para asegurar que se pague por el agua que consumen. Esto debe proporcionar ingresos necesarios para el mantenimiento y operación del sistema.
- **Planificación a Largo Plazo:** Desarrollar un plan maestro a largo plazo que incluya proyecciones de crecimiento poblacional, demanda de agua y desarrollo de fuentes apoyado fundamentalmente en el reúso. Esto ayudará a planificar nuevas inversiones de manera anticipada.

Para los sistemas de agua potable rural:

- **Fuentes de Agua Sostenibles:** Identificar fuentes de agua sostenibles, como pozos profundos o sistemas de captación de agua de lluvia adecuados a las condiciones locales.
- **Sistemas de Distribución:** Diseñar sistemas de distribución simples, para proveer servicio a todas las viviendas de la comunidad. Es necesario considerar la instalación de sistemas de bombeo solar para comunidades sin acceso a energía eléctrica.
- **Educación y Concientización:** Brindar capacitación permanente a las comunidades rurales sobre la importancia de la conservación del agua, cuidado de paisaje y prácticas de uso responsable.
- **Participación Comunitaria:** Involucrar a los residentes locales en la toma de decisiones relacionadas con el sistema de agua para asegurar que sus necesidades sean consideradas.
- **Mantenimiento Preventivo:** Establecer programas de mantenimiento preventivo para garantizar el funcionamiento continuo de los sistemas de agua rural.
- **Financiamiento Sostenible:** Buscar fuentes de financiamiento sostenible, como fondos público-privados o fondos gubernamentales municipales y estatales, para asegurar operación y el mantenimiento a largo plazo en estos sistemas.
- **Supervisión y Monitoreo:** Implementar un sistema de supervisión y monitoreo para asegurar que la calidad del agua cumple con los estándares sanitarios.

Eficiencia y conservación del uso de agua

Líneas estratégicas para la eficiencia del uso del agua

En lo que se refiere al mejoramiento de la eficiencia del uso del agua

- Establecimiento de pasto resistente en los predios de huertos de aguacate para evitar dejar el suelo sin vegetación (agricultura de conservación).
- Asegurar la instalación y actualización periódica de riego de alta eficiencia en predios agrícolas.
- Implementar indicadores de huella hídrica sustentable por cultivo y un esquema de incentivos para su reducción conforme a benchmarking internacional en todos predios agrícolas.
- En zonas consideradas de conservación o forestales y que haya huertos de aguacate o ranchos de producción de frutos rojos, establecerlos en terrazas en contorno siguiendo la topografía y complementarlas con zanjas vegetadas para retener suelo y agua.

Manejo de riesgos por fenómenos hidrometeorológicos

Derivado del desbordamiento de la laguna, se propone realizar una serie de acciones para evitar que este proceso continúe y se corrija:

- Redefinir la zona federal de la laguna.
- Desazolver parcialmente la laguna – zona centro occidente- y usar el material para fines agrícolas y formar bordos de protección perimetral de la laguna reforzados con otros materiales.
- Revisar los valores del Nivel de Aguas Máximas Ordinarias y del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias para fijar la nueva política de operación de la laguna, controlando el nivel mediante un vertedor lateral hacia un terreno inundable regulado.
- Reubicar los tiraderos de basura y cascajo y proteger la zona federal de la laguna con un parque lineal perimetral.
- Adecuar el malecón de la laguna a los nuevos valores de NAMO y NAME.
- Rectificación, desazolve y limpieza de drenes de avenamiento propuestos por JIRCO.

Fortalecimiento de la Gobernanza en la Cuenca Laguna de Zapotlán

Principios y líneas estratégicas de gobernanza

Con el propósito de resolver el problema de falta de coordinación interinstitucional y de gobernanza existente, se requiere fijar principios y líneas estratégicas que todos los actores deben adoptar y contribuir a ellas.

Entre los principios están:

- Institucionalizar y adoptar el plan estratégico por todos los actores locales homologando y armonizando la planificación municipal y estatal, así como la contribución privada. Ello asegura el financiamiento para su adecuada implementación a corto, mediano y largo plazo.
- La evaluación permanente del avance en la implementación del plan debe ser pública para retroalimentar y adecuar los alcances de la planificación.

Entre las principales líneas de acción están:

- Crear un sistema de información y monitoreo de las principales variables del ciclo hidrológico de la cuenca - laguna (agua subterránea y superficial, calidad y cantidad - red piezométrica, hidrométrica, meteorológica) y de la situación ambiental de la cuenca (vegetación y suelo).
- Establecer un mecanismo de divulgación y comunicación hacia la sociedad respecto al plan, su implementación y de la condición ambiental presente y vigente.

La nueva Comisión de Cuenca

De acuerdo con la evaluación de las posibles opciones de grupos actualmente establecidos, se considera que la figura de la Comisión de Cuenca es la que permite asegurar continuidad a la implementación del plan. Sin embargo, el actual funcionamiento, integración y compromiso de los actores que la integran no es el adecuado, por lo que se requiere renovarla en estructura y operación.

Entre las tareas inmediatas para este proceso de actualizarla están:

- Actualizar la participación de actores en la Comisión de Cuenca y refrendar su compromiso.
- Renovar la gerencia operativa con un grupo de 4 profesionales externos a los actores locales que agilice el trabajo ordinario, les dé seguimiento a los

acuerdos y al plan estratégico. Asimismo, que asuma el papel de liderazgo y coordinador de los trabajos.

- Mejorar la coordinación gubernamental y la coordinación social, firmando los Acuerdos de Coordinación y Concertación necesarios, y si fuera el caso los convenios interinstitucionales o memorandos de entendimiento deseables para facilitar legal y administrativamente los compromisos.
- Desarrollar su plan estratégico para la consolidación de la Comisión de Cuenca (es distinto al de la cuenca), evitando múltiples comités de trabajo y fijando metas y proyectos iniciales viables.
- Adoptar el Plan Estratégico de la cuenca de la Laguna de Zapotlán como su único instrumento de gestión, ejecutar y divulgar sus avances.
- Establecer un sistema público de evaluación de resultados de la implementación del programa estratégico, así como un amplio programa de comunicación.
- Acordar y establecer un sistema de financiamiento del programa basado en la focalización de los programas institucionales estatales y municipales, y aportaciones privadas hacia las acciones del programa.

Gestión del conocimiento

La gestión del conocimiento desempeña un papel fundamental en la evaluación de la ejecución del Plan Estratégico, así como en la educación ambiental y sensibilización de la población respecto de la condición de la cuenca y su evolución derivada de la implementación de las intervenciones. Por ello en la cuenca la capacidad de recopilar, organizar y divulgar el conocimiento es esencial.

Para el programa de gestión del conocimiento desde la Comisión de Cuenca (Gerencia Operativa) se recomienda contar con lo siguiente:

- **Sistema de Información:** Establecer un sistema de información geográfica (SIG) que recopile, organice y almacene datos geoespaciales relevantes de la cuenca, como la topografía, el uso del suelo, los recursos hídricos y las infraestructuras.
- **Base de Datos Centralizada:** Crear una base de datos centralizada que incluya información sobre la calidad del agua, el caudal, los estudios hidrológicos y ambientales, así como investigaciones previas relacionadas con la cuenca.
- **Documentación Rigurosa:** Asegurar que todos los estudios y documentos estén debidamente documentados, con metadatos precisos y fácilmente accesibles para los interesados, incluyendo los miembros de la comunidad.

- **Divulgación de Resultados:** Compartir los resultados de investigaciones y estudios de manera accesible y comprensible para todos los actores involucrados, incluyendo informes técnicos, resúmenes ejecutivos y versiones simplificadas para la comunidad acerca del estado y evolución de la cuenca.
- **Capacitación y Formación:** Proporcionar capacitación los integrantes de la Comisión de Cuenca y a los miembros de la comunidad sobre cómo utilizar y contribuir a la base de datos de conocimiento de la cuenca.
- **Gestión de Datos Climáticos:** Establecer un sistema de monitoreo de datos climáticos (y de todo el ciclo hidrológico) que registre patrones climáticos a lo largo del tiempo, lo cual es crucial para la toma de decisiones relacionadas con la gestión de recursos hídricos en un contexto de cambio climático.
- **Evaluación Periódica:** Realizar evaluaciones periódicas de la efectividad del sistema de gestión del conocimiento y ajustar las estrategias según sea necesario para asegurar que estén alineadas con los objetivos de gestión de la cuenca.

Formación de capacidades y cultura del agua

Educación Ambiental

- **Desarrollar programas de educación ambiental** dirigidos a la comunidad local, enfocándose en la importancia del agua, la conservación de los recursos hídricos y las prácticas sostenibles de uso del agua.
- **Organizar talleres, charlas y capacitaciones** regulares para los habitantes locales, donde se aborden temas como la gestión del agua, la conservación del suelo, la agricultura sostenible y las tecnologías de saneamiento.
- **Promover el uso de tecnologías y prácticas sostenibles** en el hogar, en la agroindustria y en la agricultura, el uso eficiente del agua, reúso y el tratamiento de aguas residuales domésticas. Esto puede incluir sistemas de riego eficientes, captación de agua de lluvia y sistemas de tratamiento natural.

Celebración de Eventos

- **Organizar eventos y actividades relacionadas con el agua**, como días de limpieza de ríos o ferias del agua, para involucrar a la comunidad y aumentar su conciencia sobre el tema.
- **Reconocer y valorar a los Actores Locales:** Valorar el conocimiento tradicional y la experiencia de las comunidades locales en la gestión del agua. Involucrar a líderes locales en la toma de decisiones.

Comunicación y divulgación

La comunicación y divulgación efectivas son esenciales para forjar una conexión sólida entre la Comisión de Cuenca y la sociedad que viene en la cuenca. Asimismo, es fundamental para la vinculación de los proyectos y los actores locales.

La comunicación eficaz también implica involucrar activamente a las partes interesadas, desde la comunidad local hasta las partes gubernamentales y el sector privado. Al promover la transparencia en la gestión del agua y del suelo, se fomenta la confianza y la participación de la comunidad, lo que es esencial para el éxito a largo plazo de los proyectos en la cuenca.

Además, al generar un mayor apoyo y comprensión de la importancia de la gestión sostenible del agua, se crea un ambiente propicio para la adopción de prácticas responsables en el uso y conservación del recurso hídrico y del suelo. Por ello es recomendable tomar en cuenta lo siguiente para el programa de comunicación:

- **Compartir Lecciones Aprendidas:** Fomentar la cultura de compartir lecciones aprendidas, tanto éxitos como desafíos o fracasos, para mejorar continuamente las prácticas de gestión en la cuenca. Es relevante compartir historias de éxito y casos de estudio que resalten los beneficios de las actividades de la Comisión de Cuenca, cómo ha mejorado la calidad de vida de las comunidades y mejoramiento del capital natural de la cuenca.
- **Redes y Colaboraciones:** Buscar oportunidades para colaborar con otras organizaciones, instituciones académicas y agencias gubernamentales que puedan aportar conocimiento y recursos adicionales a la gestión de la cuenca.
- **Transparencia:** Fomentar la transparencia en todas las etapas de la implementación del Plan Estratégico y de sus proyectos, compartiendo información relevante de manera abierta y accesible.
- **Canales Diversificados:** Utilizar una variedad de canales de comunicación, como redes sociales, sitios web, boletines informativos, reuniones comunitarias, medios de comunicación locales y nacionales, para llegar a diferentes audiencias.
- **Lenguaje Claro y Accesible:** Comunicar la información técnica de manera clara y accesible para el público en general, evitando el uso de jerga técnica en exceso.
- **Participación comprometida:** Fomentar la participación de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con el agua y proporciona oportunidades para que expresen sus preocupaciones y opiniones. Además de establecer

mecanismos para recibir comentarios y retroalimentación de la comunidad y otros actores clave, para utilizar esta información en la mejora continua.

- **Alianzas con Medios:** Colaborar con medios de comunicación locales y nacionales para difundir información sobre las actividades de la Comisión de Cuenca y sus logros.
- **Identidad Visual Coherente:** Desarrollar una identidad visual coherente y reconocible para la Comisión de Cuenca, que incluya logotipos y materiales de marca, para que sea fácilmente identificables.
- **Comunicación de Crisis:** Preparar un plan de comunicación de crisis en caso de emergencias relacionadas con el agua, para garantizar una respuesta rápida y eficaz.
- **Medición de Impacto:** Evaluar regularmente el impacto de los esfuerzos de comunicación y ajustar la estrategia según sea necesario para lograr un mayor alcance y efectividad.

Priorización de intervenciones

Se ha señalado que uno de los motivos del bajo impacto de las acciones estructurales realizadas a la fecha es que no se hicieron considerando el enfoque de cuenca o microcuenca. Por tal motivo la priorización de las intervenciones estructurales se realiza en este contexto y no por tipo de obra o sitio y su impacto individual en términos de control de azolve e infiltración de agua. Los criterios de intervención consideran no solo los impactos de la infiltración y control de erosión, sino también su costo y el beneficio a la comunidad y a las actividades económicas asignando valores del 1 al 9 para cada criterio (Tabla 5).

Tabla 5 Criterios de priorización de microcuencas

	Volumen Potencial		Volumen de Infiltración c/ Intervenciones		Beneficio a la comunidad	Beneficio a actividades económicas	Monto de inversión Erosión-Infiltración		% Erosión Muy Alta >200 ton/ha/año	
M1	21.13	8	4.329	6	7	5	\$ 3,488,390.17	4	93%	9
M2	5.22	3	4.147	4	4	1	\$ 3,284,075.73	6	84%	5
M3	4.99	2	4.147	3	5	3	\$ 3,291,524.50	5	87%	7
M4	3.60	1	3.602	1	6	2	\$ 3,084,046.70	9	82%	4
M5	6.40	4	4.147	5	9	4	\$ 3,242,227.61	7	76%	1
M6	29.22	9	27.501	9	8	9	\$21,547,588.79	1	81%	3
M7	11.71	7	7.569	7	1	8	\$ 6,077,999.94	3	79%	2
M8	13.48	6	3.966	2	2	7	\$ 3,146,022.05	8	92%	8
M9	10.93	5	7.750	8	3	6	\$ 6,169,433.04	2	84%	6

Se consideró a la microcuenca número 6 como la mayor prioridad para realizar sus intervenciones dado que tiene una mayor calificación en los criterios de evaluación de volumen potencial de recarga, mayor volumen de infiltración a través de las intervenciones y el mayor beneficio hacia las actividades económicas.

En segunda prioridad es la microcuenca número 1, ya que tiene los criterios mejor evaluados por mayor impacto en el control de la muy alta erosión hídrica, genera mayor volumen potencial de recarga y beneficio a la comunidad.

En tercer lugar, se encuentra la microcuenca número 7 que tiene una mayor calificación en los criterios de evaluación de volumen potencial de recarga, mayor volumen de infiltración a través de sus intervenciones y el mayor beneficio hacia las actividades económicas.

En contraparte, se cuenta en últimos lugares en la priorización las microcuencas 2, 3 y 4. Ellas tienen las menores calificaciones en los criterios de volumen de potencial de recarga, volumen de infiltración a través de sus intervenciones y en el beneficio hacia las actividades económicas (Tabla 6).

Tabla 6. Resumen final de priorización de microcuencas

	Puntuación	Priorización
Microcuenca 1	39	2
Microcuenca 2	23	9
Microcuenca 3	25	7
Microcuenca 4	23	8
Microcuenca 5	30	5
Microcuenca 6	39	1
Microcuenca 7	28	6
Microcuenca 8	33	3
Microcuenca 9	30	4

En lo que se refiere a las acciones estructurales del manejo de la laguna incluido su desazolve, no fueron consideradas en la priorización dado que se consideran obras que deben realizarse en el corto plazo (1 o 2 años) para reducir el impacto de inundaciones a predios agrícolas y urbanos. Los trabajos de la actualización de la zona federal y la limpieza de cascajo y basura no requieren más de 2 años, así como tampoco construir un vertedor lateral y ejecutar y limpiar los canales de avenamiento en tierra.

Para el tema del saneamiento de las descargas de aguas residuales, existen gran dependencia de la disponibilidad de los terrenos para los humedales, del porcentaje de cobertura de alcantarillado en el caso rural, así como de los fondos para los humedales y/o baños secos, lo que determina la viabilidad y prioridad. Derivado de ello el plazo puede variar de 2 a 5 años.

Para el caso de Ciudad Guzmán, se ha considerado un humedal tecnológicamente avanzado (denominado reingeniería de la planta de tratamiento a base de humedales) y su costo es sensiblemente menor al tradicional. Para las comunidades rurales con población igual o menor a 100 habitantes se consideran como alternativa baños secos (muy posiblemente sin sistema de alcantarillado) (Tabla 7).

Tabla 7. Inversiones en saneamiento urbano y rural

Población urbana	Número de habitantes	Capacidad sugerida	Costo estimado	Alternativas
		lps	MXN	Reingeniería de PTAR
1 - San Andrés Ixtlán	5,768	10.01	\$ 10,513,889	
2 - Ejido Uno de Febrero	8,909	15.47	\$ 15,967,014	
3 - Ciudad Guzmán	111,975	194.40	\$ 194,901,042	\$ 127,437,719
Suma	126,652		\$ 221,381,944	
Población rural		Baños secos		
4 - El Rodeo	937	1.63	\$ 2,126,736	
5 - Ejido Uno de Febrero	302	0.52	\$ 1,024,306	
6 - Ramón Núñez	10	0.02	\$ 517,361	
7 - Cofradía del Rosario	195	0.34	\$ 838,542	48,844
8 - La Fortuna	46	0.08	\$ 579,861	
9 - La Colmena	135	0.23	\$ 734,375	244,220
10 - Mariano Otero	157	0.27	\$ 772,569	
11 - Antorcha Campesina	207	0.36	\$ 859,375	
12 - Atequizayán	575	1.00	\$1,498,264	
13 - Loma de Ocotillo	28	0.05	\$ 548,611	
14 - Zapotlán 2000 Parque Industrial	714	1.24	\$1,739,583	146,532
15 - Apastepetl	59	0.10	\$ 602,431	
Suma	3,365	0.10	\$ 11,842,014	293,065
Total	130,017		\$ 233,223,958	\$ 293,065

Las acciones no estructurales como son el mejoramiento de la gobernanza del agua y la reglamentación de la extracción de agua subterránea tampoco se priorizaron dado que su implementación debe ser inmediata. Sin embargo, su tiempo de ejecución y maduración es distinto al resto de las acciones dado que son procesos técnico-sociales y la participación de los usuarios y de las autoridades locales, estatales y federales es indispensable.

En el caso de la renovación de la Comisión de Cuenca su implementación es fundamental para lograr la adecuada gestión del agua y de la cuenca. El contar con el personal, herramientas y recursos necesarios es crucial y el reiniciar su operación y concluir la renovación debe ser en un plazo de 1 año y contar con su consolidación en 5 años.

En el caso de la reglamentación de las extracciones y la instrumentación de pozos para seguimiento y evaluación, su diseño puede tardar de 1 a 2 años dependiendo del grado de colaboración de los usuarios de las aguas nacionales, su implementación 1 a 2 años, y su revisión y actualización cada 5 años por los próximos 20 años hasta lograr unas reglas que funcionen y que los usuarios respeten. Nuevamente resulta relevante la guía y conducción de la Gerencia Operativa de este proceso desde la renovada Comisión de Cuenca.

En lo que se refiere al mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua agrícola, aun cuando es una mezcla de acciones estructurales (renovación de los sistemas de riego) y no estructurales (capacitación y asistencia técnica agrícola) la prioridad la determina la disponibilidad de recursos de los propietarios particulares y de los apoyos institucionales. Su implementación debe iniciar en el corto plazo (1er año) y concluir en el mediano plazo (5 años).

Finalmente, los POEL actualizados tampoco se priorizaron dado que es mandato de ley y urgente su actualización e implementación en el corto plazo (1 a 2 años). La visión que ellos deben tener es considerar que el uso actual del suelo es la base inicial y mediante una hoja de ruta establecer cómo llegar al uso potencial deseable o viable.

El monto total de las intervenciones estructurales en las 9 microcuencas asciende a poco más de \$286 millones de pesos (Tabla 8).

Tabla 8. Resumen general de intervenciones estructurales.

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Resumen general de intervenciones estructurales				
	Número de arroyos a intervenir	19	Arroyos, cauces	
A. Zona de control de azolve				
A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	76	Presa filtrante	\$12,998,985.02
A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	60800	ML	\$2,157,522.05
B. Zona de conservación				
B.1	Corredores biológicos	17.10	Hectárea	\$1,213,606.15
B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	57	Presa filtrante	\$9,749,238.76
B.3	Reforestación en zona ribereña	17.10	Hectárea	\$1,213,606.15
B.4	Revegetación de cauces y surcos	20.216	Hectárea	\$1,434,717.21
C. Zona de infiltración				
C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	42	Presa filtrante	\$7,183,649.61
C.2	Presa de piedra acomodada	68	Presa de piedra	\$6,990,355.24
C.3	Bordos de tierra	24	Bordo de tierra	\$10,389,628.32
D. Saneamiento con humedales construidos				
D.1	Humedales para zonas urbanas*	3	Humedal	\$221,381,944.00
D.2	Humedales para zonas rurales**	12	Humedal	\$11,842,014.00
TOTAL de Intervenciones en 9 Microcuencas IVA INCLUIDO				\$286,555,266.51
*El humedal de Cd Guzmán considerado es el de tipo común, no el tecnológicamente avanzado				
**Se sumó el costo de los humedales para todas las comunidades rurales y no baños secos en las de igual o menor a 100 habitantes				

Beneficios de las intervenciones en la cuenca de la Laguna de Zapotlán

Entre los mayores beneficios está la infiltración de agua que en la actualidad se pierde por evaporación. En la cuenca existe un potencial de infiltración de 106.685 millones de metros cúbicos de los cuales 67.156 son viables de ser recargados al acuífero. La microcuenca que mayor aportación hace a estos valores es la número 6.

Tabla 9. Volúmenes del potencial de infiltración por microcuenca

Sitio de Intervención: Microcuenca	Intervenciones en el entorno									Unidades
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Área de aportación	9,250	2,283	2,183	1,576	2,801	12,789	5,127	5,900	4,784	Ha
Volumen precipitado	100637182	24835895.7	23749930.2	17152037.1	30478241.9	139144777	55779355.5	64192467.8	52053216.6	m3
Volumen de potencial de recarga	21133808	5215538	4987485	3601928	6400431	29220403	11713665	13480418	10931175	m3
Subtotales	21.13	5.22	4.99	3.60	6.40	29.22	11.71	13.48	10.93	Hm3
VOL TOTAL POTENCIAL DE RECARGA AL AÑO	106.685									Hm3
Número de presas de gaviones / mampostería / geocostales	11.00	10.00	10.00	9.00	10.00	83.00	16.00	9.00	17.00	Obra
Vol total de infiltración en presas	2.00	1.81	1.81	1.63	1.81	15.06	2.90	1.63	3.08	Hm3/año
Número de presas de piedra suelta acomodada / Bordo de tierra	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	32.00	12.00	6.00	12.00	Obra
suelta acomodada / Bordo de tierra	2.33	2.33	2.33	2.33	2.33	12.44	4.67	2.33	4.67	Hm3/año
<i>Tapado al potencial de recarga al año</i>										
Subtotales	4.33	4.15	4.15	3.60	4.15	27.50	7.57	3.97	7.75	Hm3/año
VOL TOTAL INFILTRABLE AL AÑO	67.158									Hm3/año
Vol total almacenable en presas gav, geoc, mampostería al año	0.254	0.231	0.231	0.208	0.231	1.917	0.370	0.208	0.393	Hm3/año
Vol total almacenable de presa piedra, bordo al año	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.58	0.59	0.30	0.59	Hm3/año
Subtotales	0.55	0.53	0.53	0.50	0.53	3.50	0.96	0.50	0.99	Hm3/año
VOL TOTAL ALMACENABLE AL AÑO	8.60									Hm3/año

Asimismo, otro de los beneficios es el control de la erosión donde el suelo erosionado hoy es arrastrado a los cauces y hasta la laguna.

En general todas las intervenciones benefician a 130,017 habitantes y en particular a 216 y 348 de usuarios de aguas nacionales en los municipios Gómez Farías y Zapotlán, respectivamente.

En lo que se refiere a suelo retenido con las intervenciones, en general se determinó una densidad del suelo perdido de $1,100 \text{ kg} / \text{m}^3 = 1.1 \text{ ton} / \text{m}^3$. Es decir que con las obras de retención se calcula que el volumen de suelo controlado asciende a 104,670 m3, mismos que deberán ser removidos o dispersados en los respectivos cauces anualmente para que las obras puedan continuar deteniendo el suelo erosionado (Tabla 10).

Tabla 10. Volumen de suelo retenido en obras estructurales por microcuenca

Microcuenca	Número de presas de gaviones o geocostales	Volumen de azolve por presas o piedra acomodada Número de presas X Vol. Promedio de retención 330 m3	Número de presas de piedra acomodada o bordos de tierra	Vol. de azolve por Presas bordo o piedra (Núm. Presas X Vol. Promedio de retención: 510 m3)	Volumen de suelo controlado total por microcuenca
Microcuenca 1	11	3630	6	3060	6690
Microcuenca 2	10	3300	6	3060	6360
Microcuenca 3	10	3300	6	3060	6360
Microcuenca 4	9	2970	6	3060	6030
Microcuenca 5	10	3300	6	3060	6360
Microcuenca 6	83	27390	32	16320	43710
Microcuenca 7	16	5280	12	6120	11400
Microcuenca 8	9	2970	6	3060	6030
Microcuenca 9	17	5610	12	6120	11730
TOTALES	175	57750	92	46920	104670
Unidades	Presas	m3	Presas	m3	m3

Inversión total necesaria

El resumen del total de las intervenciones asciende a \$420,499,766.51, correspondiendo principalmente a la actualización de los sistemas de riego y las obras para el saneamiento de las poblaciones urbanas y rurales. Cabe señalar que este monto considera el saneamiento a base de humedales (no tecnológicamente avanzado para Cd Guzmán y tampoco los baños secos), los 5 años de operación de la Gerencia Operativa de la Comisión de cuenca (\$1,519,300) y la evaluación de la implementación del Plan Estratégicos y divulgación ambiental del estado anual de la cuenca (Tabla11).

Tabla 11. Inversión total de intervenciones				
id	Concepto	Plazo	Cantidad	Importe
1	Intervenciones estructurales (erosión e infiltración)	Variable	267	\$53,331,308.51
2	Gobernanza mejorada: Gerencia Operativa Comisión de Cuenca Inversión inicial	Corto	1	\$3,468,000.00
3	Gobernanza mejorada: Gerencia Operativa Comisión de Cuenca Operación anual (considera 5 años)	Mediano	5	\$10,846,500.00
3	Reglamentación de extracciones: diseño, implementación y monitoreo	Corto Mediano	1	\$1,550,000.00
4	Saneamiento Humedales	Corto Mediano	14	\$286,555,266.51
5	Manejo, delimitación de Zona Federal y desazolve de la laguna de Zapotlán	Corto Mediano	1	\$25,850,000.00
6	Ordenamiento de suelo (POEL actualización y publicación)	Corto	2	\$3,250,000.00
7	Eficiencia de riego (actualizar sistemas de riego)	Mediano	180	\$89,750,000.00
	SUMA			\$ 420,899,766.51

Conclusiones y recomendaciones

La cuenca de la laguna de Zapotlán enfrenta problemas de erosión acelerada, sostenida deforestación, sobreexplotación del agua subterránea, contaminación de agua, una descoordinación interinstitucional y ausencia de gobernanza del agua desde hace tiempo.

El acelerado cambio de uso de suelo de forestal a agricultura ha provocado una intensa extracción de agua con los consecuentes problemas de azolvamiento de cauces y laguna, y un sostenido descenso en los niveles de extracción con algunos conos de rápido abatimiento.

Se identificaron muchos actores y mesas de análisis interesados en resolver los problemas hídricos y ambientales pero sus acciones han sido aisladas y de impacto muy local. Asimismo, se detectaron múltiples instrumentos de planeación que no han logrado ser aceptados por otros actores o no se han hecho públicos o implementado.

Las lecciones aprendidas del proceso de análisis para la formulación del Plan Estratégico abordan las experiencias anteriores y sus resultados. Entre ellas están que las instituciones o grupos de interesados en resolver los problemas actuando individualmente no han contribuido significativamente a la solución general o individual. Asimismo, que la planeación a nivel de cuenca (actuando al nivel de microcuenca) es la vía más efectiva para resolver los problemas hídricos siempre que sea adoptada de común acuerdo y sea institucionalizada mediante la formalización de algún instrumento vinculante para todos los actores como puede ser un Acuerdo de coordinación y concertación fundado en la Ley de Planeación. Otra lección aprendida es que en un escenario de escasos recursos la focalización y alineación de los recursos municipales, estatales y federales coordinados con las aportaciones de privados es la manera de avanzar en la implementación. La dispersión en las acciones ha generado insatisfacción y desánimo entre los actores que esperan que haya una bolsa de recursos solamente dedicada a la solución de los problemas que a ellos les afecta. La última lección relevante es que debe comprenderse que el beneficio de invertir en la protección de las fuentes por los productores para contar con agua sustentable para la agricultura sólo es posible si se articula esta protección alineada con el ordenamiento del territorio. La restauración de las condiciones hídricas siempre está asociada al medio ambiente, en particular al uso adecuado del suelo.

El Plan Estratégico no solo aborda los principales problemas ambientales, mismos que todos los instrumentos previos realizados reconocen y documentan, sino también

se enfoca en el aspecto de la mejorar la coordinación interinstitucional y contar con una verdadera gobernanza del agua.

La correcta implementación del Plan Estratégico obliga a que la figura de la Comisión de Cuenca sea renovada y su autoridad moral y técnica reforzada. Es la única figura de composición mixta fundada en ley con actores cuya responsabilidad se refiere al suelo, al agua y a la biodiversidad. La adopción del Plan Estratégico a nivel de cuenca (y microcuenca) en su seno y su posterior institucionalización como Acuerdo de coordinación y concertación le da la fuerza para ser vinculante a todos los actores, otorgando una guía para las inversiones de los actores institucionales conforme a sus respectivos programas oficiales, además de las aportaciones privadas y créditos nacionales y externos. El contar con este instrumento, también le da certeza a los posibles inversionistas y financiadores de las obras y acciones incorporadas como las fundamentales señalando la ruta y cuáles son los beneficios ambientales directos. El valor en riesgo para los que viven y trabajan en la cuenca es muy alto y se traduce no solo en el valor de la producción agrícola y agroindustrial, sino también en la calidad de vida medida en contar con agua sostenible para consumo humano.

Los beneficios de revertir el deterioro y degradación ambiental de la cuenca de la laguna de Zapotlán son para todos los actores locales por lo que su aportación en recursos es una inversión y no un gasto.

Los avances en la implementación del Plan Estratégico deben ser divulgados, de ahí la importancia del programa de comunicación de los resultados de su ejecución evaluados y la condición de la cuenca hecha pública de manera ordinaria. La socialización y la transparencia son principios básicos en este proceso.

Referencias

Edgar Ramírez. (2018, 9 noviembre). *Ordenamiento Ecológico Local de la Cuenca Directa de la Laguna de Zapotlán*. Datos Abiertos - Jalisco. <https://datos.jalisco.gob.mx/dataset/programa-de-ordenamiento-ecologico-local-de-la-cuenca-directa-de-la-laguna-de-zapotlan-gom-0>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2004). *Conjunto de datos Edafológicos vectoriales escala 1:250 000 serie II*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática - INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2001). *Conjunto de Datos Fisiográficos Vectoriales. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Serie I*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática - INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (SF). *Conjunto de datos Geológicos vectoriales escala 1:250 000 serie I*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática - INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2014). *Diccionario de datos de uso del suelo y vegetación: escala 1:250, 000: versión 3* / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México : INEGI, 2014.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2010). *Red Hidrográfica Escala 1:50 000*. SIATL v4. Recuperado 2023, de https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/

Anexo 1 Criterios para la implementación de las obras

id	Descripción	Condición
A. Zona de control de azolve		
A.1	Presa filtrante de geocostales	Total, de 4 presas @ 100 metros
A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	En los márgenes de las presas a lo largo de 400 metros
B. Zona de conservación		
B.1	Corredores biológicos	En los márgenes de las presas a lo largo de 300 metros
B.2	Presa filtrante de geocostales	Total, de 3 presas @ 100 metros
B.3	Reforestación en zona ribereña	En los márgenes de las presas a lo largo de 300 metros
B.4	Revegetación de cauces y surcos	Dentro del cauce y surcos e la zona de intervención
C. Zona de infiltración		
C.1	Presa filtrante de geocostales	En cauces donde la pendiente sea menor a 3% y su área inundable aguas arriba tenga una longitud mayor a 30 metros
C.2	Presa de piedra acomodada	En cauces donde la pendiente sea menor a 3% y su área inundable aguas arriba tenga una longitud mayor a 30 metros
C.3	Bordos de tierra	En cauces donde la pendiente sea menor a 3% y su área inundable aguas arriba tenga una longitud mayor a 30 metros
C.4	Presas subterráneas	En cauces donde el nivel del agua subálvea se encuentre a una profundidad no mayor a 5 metros

Anexo 2. Número de intervenciones estructurales por microcuenca

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 1				
1	Número de arroyos a intervenir	1	Arroyos (cauces)	NA
1A. Zona de control de azolve				
1A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	4	Presa filtrante	\$684,157.11
1A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	3200	ML	\$113,553.79
1B. Zona de conservación				
1B.1	Corredores biológicos	0.90	Hectárea	\$63,874.01
1B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
1B.3	Reforestación en zona ribereña	0.90	Hectárea	\$63,874.01
1B.4	Revegetación de cauces y surcos	1.249	Hectárea	\$88,656.59
1C. Zona de infiltración				
1C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	4	Presa filtrante	\$684,157.11
1C.2	Presa de piedra acomodada	4	Presa de piedra	\$411,197.37
1C.3	Bordos de tierra	2	Bordo de tierra	\$865,802.36
Subtotal Microcuenca 1				\$3,488,390.17

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 2				
2	Número de arroyos a intervenir	1	Arroyos, cauces	NA
2A. Zona de control de azolve				
2A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	4	Presa filtrante	\$684,157.11
2A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	3200	ML	\$113,553.79
2B. Zona de conservación				
2B.1	Corredores biológicos	0.90	Hectárea	\$63,874.01
2B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
2B.3	Reforestación en zona ribereña	0.90	Hectárea	\$63,874.01
2B.4	Revegetación de cauces y surcos	0.780	Hectárea	\$55,381.43
2C. Zona de infiltración				
2C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
2C.2	Presa de piedra acomodada	4	Presa de piedra	\$411,197.37
2C.3	Bordos de tierra	2	Bordo de tierra	\$865,802.36
Subtotal Microcuenca 2				\$3,284,075.73

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 3				
3	Número de arroyos a intervenir	1	Arroyos (cauces)	NA
3A. Zona de control de azolve				
3A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	4	Presa filtrante	\$684,157.11
3A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	3200	ML	\$113,553.79
3B. Zona de conservación				
3B.1	Corredores biológicos	0.90	Hectárea	\$63,874.01
3B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
3B.3	Reforestación en zona ribereña	0.90	Hectárea	\$63,874.01
3B.4	Revegetación de cauces y surcos	0.885	Hectárea	\$62,830.20
3C. Zona de infiltración				
3C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
3C.2	Presa de piedra acomodada	4	Presa de piedra	\$411,197.37
3C.3	Bordos de tierra	2	Bordo de tierra	\$865,802.36
Subtotal Microcuenca 3				\$3,291,524.50

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 4				
4	Número de arroyos a intervenir	1	Arroyos (cauces)	NA
4A. Zona de control de azolve				
4A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	4	Presa filtrante	\$684,157.11
4A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	3200	ML	\$113,553.79
4B. Zona de conservación				
4B.1	Corredores biológicos	0.90	Hectárea	\$63,874.01
4B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
4B.3	Reforestación en zona ribereña	0.90	Hectárea	\$63,874.01
4B.4	Revegetación de cauces y surcos	0.372	Hectárea	\$26,391.68
4C. Zona de infiltración				
4C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	2	Presa filtrante	\$342,078.55
4C.2	Presa de piedra acomodada	4	Presa de piedra	\$411,197.37
4C.3	Bordos de tierra	2	Bordo de tierra	\$865,802.36
Subtotal Microcuenca 4				\$3,084,046.70

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 5				
5	Número de arroyos a intervenir	1	Arroyos (cauces)	NA
5A. Zona de control de azolve				
5A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	4	Presa filtrante	\$684,157.11
5A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	3200	ML	\$113,553.79
5B. Zona de conservación				
5B.1	Corredores biológicos	0.90	Hectárea	\$63,874.01
5B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
5B.3	Reforestación en zona ribereña	0.90	Hectárea	\$63,874.01
5B.4	Revegetación de cauces y surcos	0.191	Hectárea	\$13,533.31
5C. Zona de infiltración				
5C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
5C.2	Presa de piedra acomodada	4	Presa de piedra	\$411,197.37
5C.3	Bordos de tierra	2	Bordo de tierra	\$865,802.36
Subtotal Microcuenca 5				\$3,242,227.61

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 6				
6	Número de arroyos a intervenir	9	Arroyos, cauces	NA
6A. Zona de control de azolve				
6A.1	Presa filtrante de geocostales	36	Presa filtrante	\$6,157,413.95
6A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	28800	ML	\$1,021,984.13
6B. Zona de conservación				
6B.1	Corredores biológicos	8.10	Hectárea	\$574,866.07
6B.2	Presa filtrante de geocostales	27	Presa filtrante	\$4,618,060.47
6B.3	Reforestación en zona ribereña	8.10	Hectárea	\$574,866.07
6B.4	Revegetación de cauces y surcos	8.026	Hectárea	\$569,626.27
6C. Zona de infiltración				
6C.1	Presa filtrante de geocostales	20	Presa filtrante	\$3,420,785.53
6C.2	Presa de piedra acomodada	28	Presa de piedra	\$2,878,381.57
6C.3	Bordos de tierra	4	Bordo de tierra	\$1,731,604.72
Subtotal Microcuenca 6				\$21,547,588.79

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 7				
7	Número de arroyos a intervenir	2	Arroyos (cauces)	NA
7A. Zona de control de azolve				
7A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	8	Presa filtrante	\$1,368,314.21
7A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	6400	ML	\$227,107.58
7B. Zona de conservación				
7B.1	Corredores biológicos	1.80	Hectárea	\$127,748.02
7B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	6	Presa filtrante	\$1,026,235.66
7B.3	Reforestación en zona ribereña	1.80	Hectárea	\$127,748.02
7B.4	Revegetación de cauces y surcos	4.294	Hectárea	\$304,768.44
7C. Zona de infiltración				
7C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	2	Presa filtrante	\$342,078.55
7C.2	Presa de piedra acomodada	8	Presa de piedra	\$822,394.73
7C.3	Bordos de tierra	4	Bordo de tierra	\$1,731,604.72
Subtotal Microcuenca 7				\$6,077,999.94

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 8				
8	Número de arroyos a intervenir	1	Arroyos (cauces)	NA
8A. Zona de control de azolve				
8A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	4	Presa filtrante	\$684,157.11
8A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	3200	ML	\$113,553.79
8B. Zona de conservación				
8B.1	Corredores biológicos	0.90	Hectárea	\$63,874.01
8B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
8B.3	Reforestación en zona ribereña	0.90	Hectárea	\$63,874.01
8B.4	Revegetación de cauces y surcos	1.245	Hectárea	\$88,367.03
8C. Zona de infiltración				
8C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	2	Presa filtrante	\$342,078.55
8C.2	Presa de piedra acomodada	4	Presa de piedra	\$411,197.37
8C.3	Bordos de tierra	2	Bordo de tierra	\$865,802.36
Subtotal Microcuenca 8				\$3,146,022.05

id	Descripción	Volumen de obra	Unidad	Importe
Microcuenca 9				
9	Número de arroyos a intervenir	2	Arroyos (cauces)	NA
9A. Zona de control de azolve				
9A.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	8	Presa filtrante	\$1,368,314.21
9A.2	Reforestaciones lineales sobre el cauce	6400	ML	\$227,107.58
9B. Zona de conservación				
9B.1	Corredores biológicos	1.80	Hectárea	\$127,748.02
9B.2	Presa filtrante de gaviones o geocostales	6	Presa filtrante	\$1,026,235.66
9B.3	Reforestación en zona ribereña	1.80	Hectárea	\$127,748.02
9B.4	Revegetación de cauces y surcos	3.173	Hectárea	\$225,162.27
9C. Zona de infiltración				
9C.1	Presa filtrante de gaviones o geocostales	3	Presa filtrante	\$513,117.83
9C.2	Presa de piedra acomodada	8	Presa de piedra	\$822,394.73
9C.3	Bordos de tierra	4	Bordo de tierra	\$1,731,604.72
Subtotal Microcuenca 9				\$6,169,433.04

Anexo 3. Detalle de las inversiones de intervenciones no estructurales

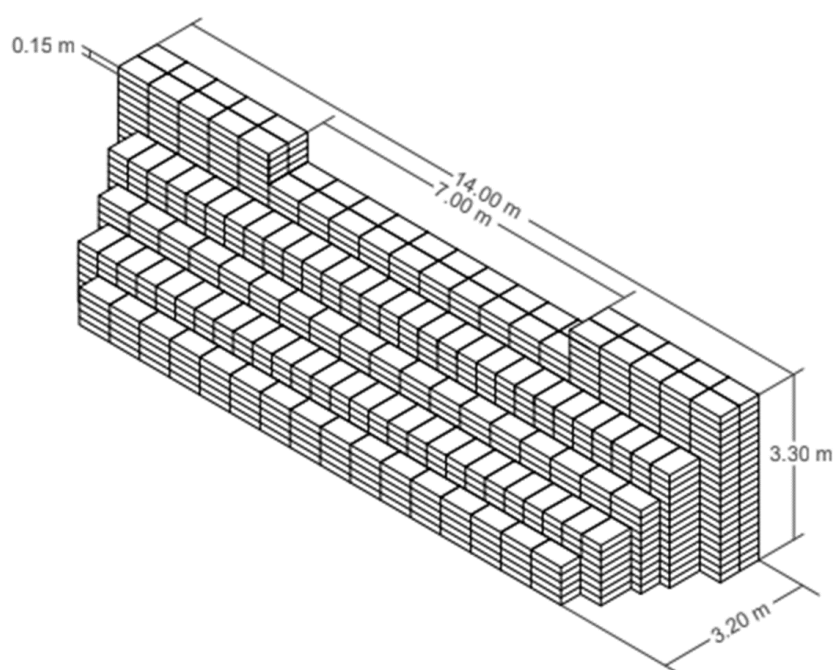
Inversión inicial de la Comisión de Cuenca					
id	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
1	Vehículo tipo Pick-up	Vehículo	3	\$600,000.00	\$1,800,000.00
2	Plataforma web con información SIG	Plataforma	1	\$180,000.00	\$180,000.00
3	Servidor y 4 PC asociadas	Equipo Cómputo	1	\$134,000.00	\$134,000.00
4	Laptop	Equipo Cómputo	2	\$15,000.00	\$30,000.00
5	Instrumentación de 10 pozos para el monitoreo del comportamiento del acuífero	Instrumentación	10	\$130,000.00	\$1,300,00.00
6	Red de cómputo	Instrumentación	1	\$24,000.00	\$24,000.00
7	Mobiliario	Lote			
			SUMA		\$3,468,000.00

Inversión anual de la Comisión de Cuenca					
id	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
1	Servicios: Agua, luz, teléfono, internet y limpieza	Servicios	12	\$2,400.00	\$28,800.00
2	Papelería mensual + licencia Zoom	Papelería	12	\$5,100.00	\$61,200.00
3	Viáticos: Gasolina semanal para el monitoreo y supervisión de las actividades de campo	Viáticos semanales	48	\$4,500.00	\$216,000.00
4	Página de internet de la Comisión de Cuenca	Servicios	1	\$2,000.00	\$2,000.00
5	Software Google workspace + licencias de software office + antivirus	Servicios	1	\$12,500.00	\$12,500.00
6	Gerente Operativo Comisión de Cuenca (1)	Salario mensual	12	\$20,000.00	\$240,000.00
7	Técnico de Campo (1)	Salario mensual	12	\$15,000.00	\$180,000.00
8	Técnico SIG (1)	Salario mensual	12	\$15,000.00	\$180,000.00
9	Oficina: Renta de espacio de trabajo	Renta mensual	12	\$8,000.00	\$96,000.00
10	Renta de plan de celular	Renta mensual	4	700	\$2,800.00
11	Diseño, implementación y evaluación de campaña de divulgación (multiplicar por 5 años)	Servicios	1	500,000	\$500,000
12	Evaluación de la implementación del Plan Estratégico y divulgación del estado ambiental de la cuenca (hacerlo público anualmente por 5 años)	Servicios	1	650,000	3,250,000
			SUMA		\$4,937,300.00

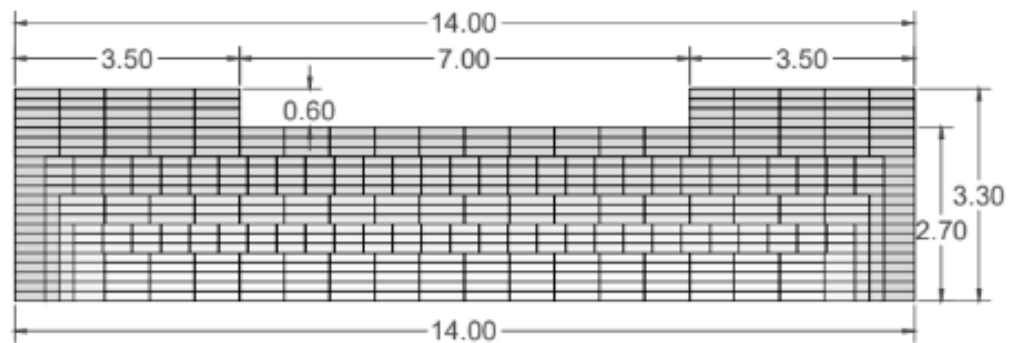
Inversión Total de Intervenciones no estructurales				
id	Concepto	Etapas	Meta	Importe
1	Reglamentación de extracciones: formación del comité de trabajo de usuarios del agua subterránea; elaboración y adopción de reglas de operación del comité (a cargo de la Gerencia Operativa de la Comisión de Cuenca)	Diseño	Comité y reglas	\$150,000.00
	Reglamentación de extracciones: propuesta inicial de reglas de extracción de agua y aspectos administrativos de los pozos (consultoría externa)	Diseño	Reglas	\$850,000.00
	Reglamentación de extracciones: implementación en campo de las reglas iniciales	Implementación	Instrumentación	\$200,000.00
	Reglamentación de extracciones: monitoreo de las reglas (por el comité de trabajo)	Monitoreo	Medición	\$100,000.00
	Reglamentación de extracciones: evaluación y actualización de las reglas (consultoría externa)	Monitoreo	Reglas	\$250,000.00
			SUMA	\$1,550,000.00
2	Delimitación de Zona Federal de la laguna de Zapotlán (hidrología y topografía) (consultoría externa)	Delimitación	Planos y mojoneras instaladas	\$1,200,000.00
	Demarcación de la Zona Federal de la laguna de Zapotlán (trabajo jurídico administrativo de Conagua)	Delimitación	Publicación en DOF	\$150,000.00
	Determinación de la política de manejo de la laguna de Zapotlán (consultoría externa)	Manejo	política de operación	\$650,000.00
	Trabajos de desazolve (contrato externo)	Desazolve	Metros cúbicos de material retirado	\$23,500,000.00
	Estudio batimétrico posterior al desazolve (consultoría externa)	Desazolve	batimetría	\$350,000.00
			SUMA	\$25,850,000.00
3	Ordenamiento de suelo (POEL): estudio actualizado para Zapotlán el Grande y Gómez Farías (consultoría externa)	Estudio	Estudio	\$2,500,000.00
	Ordenamiento de suelo (POEL): publicación en diario estatal	Publicación	Publicación en diario estatal	\$30,000.00
	Ordenamiento de suelo (POEL): mecanismo de vigilancia	Vigilancia	Mecanismo	\$250,000.00
			SUMA	\$2,780,000.00
4	Eficiencia de riego (inventario y evaluación de sistemas de riego) (consultoría externa)	Actualización	Evaluación	\$350,000.00
	Eficiencia de riego (programación y adquisición de los sistemas de riego)	Actualización	Sistemas de riego	\$89,100,000.00
	Eficiencia de riego (monitoreo del uso del agua en los sistemas de riego) (consultoría externa)	Actualización	Evaluación	\$300,000.00
			SUMA	\$89,750,000.00
			TOTAL	\$119,930,000.00

Anexo 4. Fichas técnicas de las intervenciones.

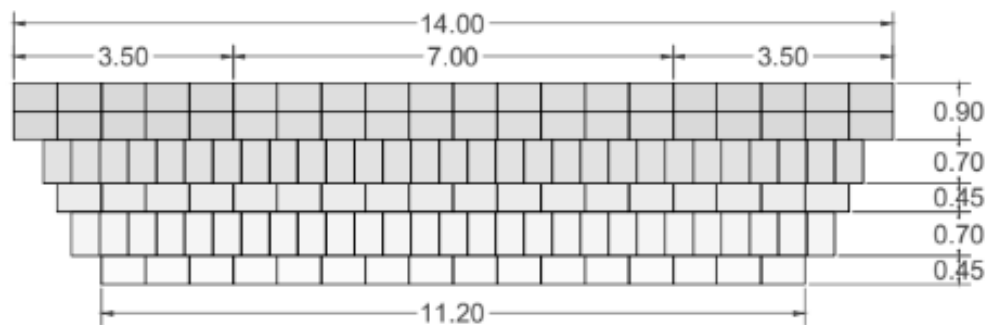
Obr a	Construcción de PRESA FILTRANTE DE GEOCOSTALES, de 14 metros de largo por 2.70 metros de altura al vertedor, volumen de presa de 82 m3. Incluye excavación, anclaje, protección en márgenes y todo lo necesario para su correcta operación.				
Id	Concepto	Cant	Unidad	P. Unitario	Importe
1.1	Limpieza, trazo y nivelación	40.36	M2	\$9.58	\$386.65
1.2	Suministro de costal de geotextil de 50 cm de ancho x 75 cm de largo, fabricados con un geotextil, no tejido, punzonado, compuesto de fibras de polipropileno, inerte a la degradación biológica y resistente a la intemperie.	1640	Geocosta l	\$46.00	\$75,440.00
1.3	Colocación de geocostal, rendimiento de 40 geocostales por jornal	41	Jornal	\$330.00	\$13,530.00
1.4	Excavación a mano en material tipo B	33	M3	\$280.00	\$9,240.00
1.5	Depreciación de herramienta menor	0.03	%	\$23,156.65	\$694.70
1.6	Supervisión	0.1	%	\$99,291.35	\$9,929.13
				Subtotal	\$109,220.48
				Indirecto 35%	\$38,227.17
				IVA	\$23,591.62
				TOTAL	\$171,039.28



ALZADO



PLANTA



PRESA GEOCOSTALES	
m3	81.46
Costales x m3	20
Número de costales	1629

MEDIDAS GEOCOSTAL	
Altura	0.15 m
Anchura	0.70 m
Profundidad	0.90 m

Presas filtrantes con geocostales

Es una estructura diseñada para retener y filtrar el agua de lluvia de manera eficiente. Está compuesta por geocostales, que son bolsas rellenas de materiales como arena, grava o tierra, dispuestos en forma de dique o barrera. Estos geocostales permiten que el agua de lluvia se infiltre lentamente en el suelo a medida que fluye a través de ellos, al mismo tiempo que retienen sedimentos, evitan la erosión y evitan inundaciones.

Beneficios:

1. Estabiliza el fondo de cárcavas a corto plazo: La capacidad de las presas filtrantes para retener el agua de lluvia y permitir que se infiltre en el suelo puede ayudar en la estabilización de cárcavas a corto plazo. Las cárcavas son surcos o canales profundos causados por la erosión del suelo, que a menudo se forman durante lluvias intensas. Al retener y dirigir el flujo de agua hacia estas estructuras, las presas filtrantes pueden reducir la erosión del suelo y prevenir el ensanchamiento de las cárcavas. Esto es beneficioso para la conservación del suelo y la prevención de la pérdida de tierras agrícolas.

2. Favorece la acumulación de sedimentos: La retención y la ralentización del flujo de agua en las presas filtrantes permiten que los sedimentos en suspensión se depositen en el fondo de estas estructuras. A lo largo del tiempo, esta acumulación de sedimentos puede tener beneficios, como la mejora de la calidad del suelo en áreas agrícolas cercanas y la reducción de la sedimentación en cursos de agua aguas abajo. Sin embargo, es importante monitorear y gestionar adecuadamente la acumulación de sedimentos para evitar que las presas se llenen en exceso.

3. Protege obras de infraestructura rural: Las presas filtrantes pueden actuar como barreras naturales que protegen las infraestructuras rurales, como caminos, puentes y viviendas, de los efectos negativos de las inundaciones repentinas. Al retener y distribuir el agua de manera controlada, reducen la velocidad y la erosión del agua, lo que disminuye el riesgo de daños a estas estructuras. Esta protección es especialmente valiosa en áreas donde las inundaciones pueden ser un problema recurrente.

4. Recarga de acuíferos: Las presas filtrantes están diseñadas para frenar y retener el escurrimiento de agua de lluvia, permitiendo que se infiltre en el suelo. Este proceso repone los acuíferos subterráneos, que pueden ser una fuente valiosa de agua limpia, especialmente en regiones áridas.

5. Control de inundaciones: Estas presas ayudan a mitigar el riesgo de inundaciones al capturar el exceso de agua de lluvia y evitar que fluya rápidamente aguas abajo. Esto puede proteger a las comunidades vulnerables de los efectos destructivos de las inundaciones, lo que se alinea con tu enfoque en la adaptación al cambio climático y la resiliencia.

6. Mejora de la calidad del agua: A medida que el agua se filtra a través del suelo en una presa filtrante, experimenta procesos naturales de filtración. Esto puede llevar a una mejora en la calidad del agua, ya que se eliminan impurezas y contaminantes, lo cual es crucial para garantizar el acceso a agua limpia para las comunidades.

7. Gestión sostenible del agua: Las presas filtrantes son un enfoque sostenible para la gestión del agua. Promueven el uso eficiente de los recursos de agua de lluvia, reduciendo la dependencia del agua superficial y disminuyendo la presión sobre fuentes de agua existentes.

8. Creación de hábitats: Estas presas pueden crear hábitats de humedales en la zona, lo que puede apoyar a una variedad de vida silvestre. Esto se alinea con iniciativas amigables con la naturaleza, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad.

9. Resiliencia al cambio climático: Dado tu interés en la adaptación al cambio climático y la resiliencia, las presas filtrantes pueden ayudar a las comunidades a adaptarse a los patrones climáticos cambiantes al proporcionar una fuente confiable de agua incluso durante las sequías.

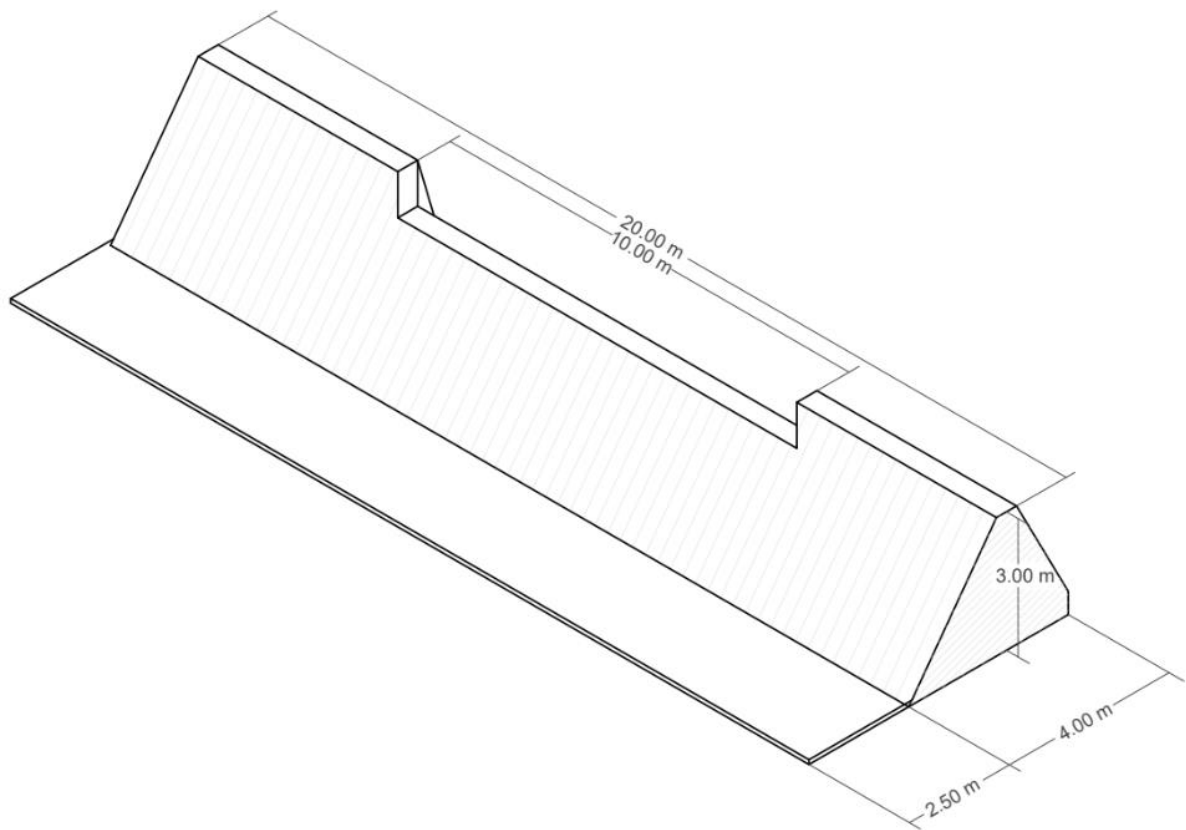
10. Participación comunitaria: Los proyectos que involucran presas filtrantes a menudo requieren la participación de la comunidad en su construcción y mantenimiento. Esto puede fomentar un sentido de propiedad y responsabilidad entre la población local.

11. Agricultura sostenible: El acceso a acuíferos recargados puede beneficiar a la agricultura en la región al proporcionar un suministro constante de agua para riego.

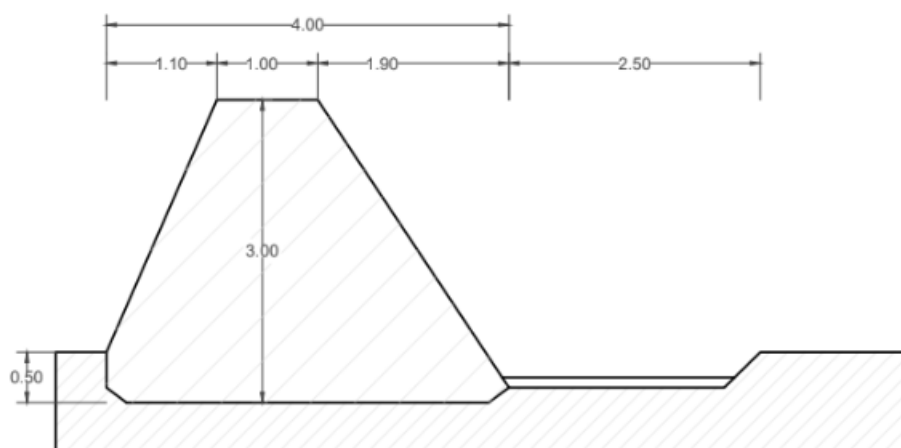
12. Beneficios económicos: La gestión sostenible del agua y la recarga de acuíferos pueden tener impactos económicos positivos al respaldar la agricultura, reducir los daños a la infraestructura por inundaciones y garantizar un suministro de agua estable para las industrias.

Obr a	Construcción de BORDO DE TIERRA, con material del mismo lugar, acarreada del mismo sitio de construcción, de 20 metros de largo, 4 metros de base, 3 metros de altura en los márgenes y 2 metros de altura al vertedor. Incluye material, maquinaria pesada, supervisión y todo lo necesario para su correcta instalación.				
Id	Concepto	Cant	Unidad	P. Unitario	Importe
1.1	Limpieza, trazo y nivelación	250	M2	\$9.58	\$2,395.00
1.2	Renta de excavadora CAT 320 o similar. Incluye operador y diésel.	20	Jornad a	\$11,000.00	\$220,000.0 0
1.3	(4) Ayudante	80	Jornad a	\$350.00	\$28,000.00
1.4	Depreciación de herramienta menor	0.03	%	\$30,395.00	\$911.85
1.5	Supervisión	0.1	%	\$251,306.85	\$25,130.69
				Subtotal	\$276,437.5 4
				Indirecto 35%	\$96,753.14
				IVA	\$59,710.51
				TOTAL	\$432,901.1 8

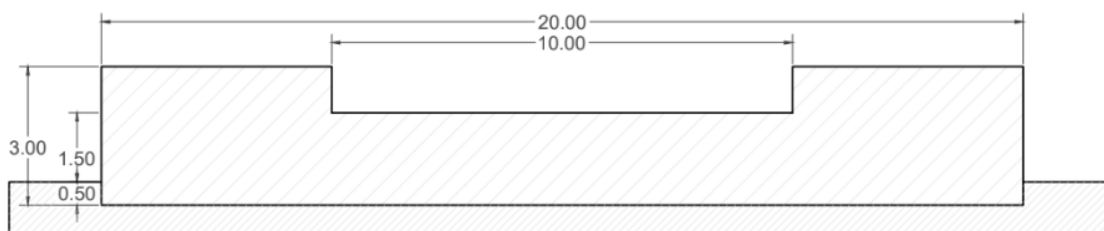
ISOMÉTRICO



SECCIÓN



ALZADO



Las presas de tierra, también conocidas como bordos de tierra, ofrecen varios beneficios en el contexto de la gestión del agua y la adaptación al cambio climático. A continuación, se destacan algunos de estos beneficios:

- 1. Almacenamiento de agua:** Las presas de tierra pueden retener grandes cantidades de agua, lo que es esencial para la recarga de acuíferos, la irrigación agrícola y el suministro de agua potable.
- 2. Control de inundaciones:** Estas estructuras ayudan a mitigar los efectos de las inundaciones al capturar el exceso de agua durante eventos de lluvia intensa o deshielo, evitando así daños a comunidades y tierras agrícolas.
- 3. Reabastecimiento de acuíferos:** Al retener el agua de lluvia, las presas de tierra permiten que esta se filtre lentamente en el suelo, recargando los acuíferos subterráneos y manteniendo un suministro constante de agua subterránea.

4. Sostenibilidad ambiental: Estas estructuras son generalmente más amigables con el medio ambiente en comparación con las presas de concreto, ya que requieren menos materiales de construcción y pueden integrarse mejor en el entorno natural.

5. Costos más bajos: Las presas de tierra suelen ser más económicas de construir y mantener en comparación con las presas de concreto u otras estructuras más complejas.

6. Adaptación al cambio climático: En un contexto de cambio climático, las presas de tierra pueden desempeñar un papel crucial al ayudar a administrar el agua de manera más efectiva y resistente a eventos climáticos extremos.

7. Sostenibilidad social: La construcción y el mantenimiento de presas de tierra pueden involucrar a las comunidades locales, lo que puede generar empleos y fortalecer la resiliencia comunitaria.

8. Flexibilidad: Las presas de tierra pueden adaptarse a diferentes tamaños y necesidades, lo que las hace versátiles para una variedad de aplicaciones de gestión del agua.

La reforestación riparia en cauces de agua es una práctica sumamente beneficiosa para la gestión integrada del agua y la conservación del medio ambiente, especialmente en proyectos como el tuyo centrados en la gestión del agua. A continuación, se destacan algunos de los beneficios clave de esta actividad:

1. Protección contra la erosión: La vegetación ribereña ayuda a estabilizar las riberas de los cursos de agua, reduciendo la erosión del suelo y previniendo la sedimentación en los cuerpos de agua. Esto contribuye a mantener la calidad del agua al reducir la carga de sedimentos.

2. Mejora de la calidad del agua: Las plantas ribereñas actúan como filtros naturales al absorber nutrientes y contaminantes del agua, lo que mejora la calidad del agua y beneficia a la vida acuática.

3. Hábitat para la fauna: La reforestación ribereña crea hábitats vitales para una variedad de especies de flora y fauna, incluyendo aves, peces y anfibios. Estos entornos restaurados pueden aumentar la biodiversidad y ayudar a conservar especies en peligro de extinción.

4. Regulación del flujo de agua: La vegetación ribereña actúa como una barrera natural que ralentiza el flujo del agua, lo que ayuda a prevenir inundaciones repentinas y a mantener caudales más estables durante todo el año.

5. Alivio de sequías y recarga de acuíferos: La reforestación ribereña contribuye a la recarga de acuíferos subterráneos al permitir que el agua se filtre lentamente en el suelo. Esto es esencial para aumentar la disponibilidad de agua en tiempos de sequía.

6. Mitigación del cambio climático: Los bosques ribereños también ayudan a absorber dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

7. Beneficios sociales y recreativos: Estas áreas reforestadas pueden convertirse en espacios para actividades recreativas, promoviendo la conexión de la comunidad con la naturaleza y fomentando un mayor aprecio por los recursos hídricos.

8. Cumplimiento de regulaciones ambientales: En muchos lugares, la reforestación ribereña es un requisito legal para cumplir con las regulaciones ambientales relacionadas con la protección de cuerpos de agua.

Los corredores biológicos son áreas de paisaje que conectan dos o más áreas naturales separadas, como parques nacionales, reservas naturales o hábitats importantes. Estos corredores están diseñados para facilitar el flujo de flora y fauna entre estas áreas y promover la diversidad genética y la conservación de especies.

Los corredores biológicos desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad y la mitigación de la fragmentación del hábitat. Aquí hay algunas características clave y beneficios asociados con los corredores biológicos:

1. Conectividad: Actúan como "puentes" naturales que permiten a las especies moverse entre áreas aisladas. Esto es esencial para evitar la endogamia y mantener poblaciones saludables.

2. Diversidad Genética: Al permitir el flujo de genes entre poblaciones separadas, los corredores biológicos ayudan a mantener una diversidad genética robusta, que es esencial para la adaptación y la supervivencia a largo plazo de las especies.

3. Migración: Muchas especies, como aves migratorias o mamíferos grandes, dependen de corredores biológicos para realizar migraciones estacionales. Estos corredores les proporcionan rutas seguras y recursos durante su viaje.

4. Resiliencia ante el cambio climático: Los corredores biológicos pueden permitir que las especies se muevan hacia climas más adecuados a medida que cambian las condiciones debido al cambio climático.

5. Conservación de hábitats: Ayudan a preservar hábitats críticos, como bosques, humedales y ríos, al garantizar que no queden aislados y degradados.

6. Turismo y educación: Los corredores biológicos pueden promover el ecoturismo y la educación ambiental al proporcionar áreas accesibles donde las personas pueden aprender sobre la vida silvestre y la conservación.

7. Mitigación de conflictos humanos-vida silvestre: Al facilitar el movimiento de la vida silvestre fuera de áreas densamente pobladas, los corredores biológicos pueden reducir los conflictos entre humanos y vida silvestre.