UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

División de Ingenierías
Doctorado en Ciencia y Tecnología del Agua

Fortalecimiento de la gestión del agua mediante un modelo ecotecnológico como estrategia para la adaptación al cambio climático.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
Doctora en Ciencia y Tecnología del Agua

PRESENTA
Blanca Yessica Sevilla Angulo

DIRECTORA DE TESIS
Dra. Xitlali Delgado Galván

CODIRECTOR DE TESIS
Daniel Tagle Zamora

Guanajuato, Gto., marzo 2026

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

Campus Guanajuato, División de Ingenierías

Fortalecimiento de la gestión del agua mediante un modelo ecotecnológico como estrategia para la adaptación al cambio climático.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Doctora en Ciencia y Tecnología del Agua.

PRESENTA

Blanca Yessica Sevilla Angulo

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Xitlali Delgado Galván

CODIRECTOR DE TESIS

Dr. Daniel Tagle Zamora

GUANAJUATO, GTO., MARZO 2026

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación es el resultado de un recorrido académico, personal y comunitario que no habría sido posible sin la presencia, el apoyo y la inspiración de muchas personas e instancias que me han acompañado en distintas etapas de la vida.

A mi familia, por ser el sostén y la fuerza que me han permitido llegar hasta aquí.

A mis abuelas y abuelos, cuya historia y lucha anteceden cada paso que doy. Su trayecto, marcado por la dignidad, el trabajo y la resistencia, abrió caminos que antes parecían cerrados. Sin su andar, mis posibilidades de caminar este sendero habrían sido seguramente más estrechas. Honro su memoria y su presencia, porque en sus silencios, en sus relatos y en sus gestos, se sembró la fuerza que hoy me sostiene.

A Martha y Rodolfo, mis papás, quienes han sido el cimiento firme sobre el cual he construido camino; su ejemplo de esfuerzo y resiliencia me ha enseñado que la constancia abre horizontes.

A Mitzi, mi hermana, que ha sido compañía y guía en el trayecto, recordándome que el andar compartido se vuelve más ligero y significativo.

Y a Amelia, mi sobrina, cuya sonrisa y mirada me inspiran a pensar en un futuro mejor, más justo, pues en ella se refleja la esperanza de que el trabajo realizado hoy florezca en bienestar para las generaciones venideras.

A mi directora de tesis, la Doctora Xitlali Delgado Galván, por su guía constante, su exigencia académica y su confianza en mis capacidades; a mi codirector, el Doctor Daniel Tagle Zamora, por sus aportaciones que enriquecieron la investigación desde diversas perspectivas.

Al comité de investigación, el Doctor Alex Caldera Ortega y el Doctor Jesús Mora Rodríguez, por sus observaciones críticas y recomendaciones que fortalecieron la calidad y pertinencia del trabajo.

A mis compañeras y compañeros, por el intercambio de ideas, la colaboración y el ánimo compartido en los momentos de mayor desafío. Su compañía ha sido un recordatorio de que el proceso académico siempre será una construcción en comunidad.

A la Universidad de Guanajuato, en especial a la División de Ingenierías, por abrirme las puertas y brindarme el espacio académico y científico para desarrollar este proyecto. Agradezco profundamente la oportunidad de formarme en un entorno que apuesta por la investigación rigurosa y el compromiso social.

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el respaldo institucional y el impulso a la investigación científica en México, que ha hecho posible la continuidad de este proyecto.

Quiero agradecer de manera especial a Tania, Claudia y Ángel, integrantes de una organización social en Chiapas, quienes hace años me introdujeron al mundo de las ecotecnias y me mostraron que la tecnología puede ser también un acto de justicia y dignidad. Probablemente, hoy por hoy no lo tengan claro a falta de palabras propias, pero su ejemplo fue la semilla que germinó en mí la convicción de que el conocimiento debe estar al servicio de las comunidades.

A los proyectos de voluntariado en los que participé, que me enseñaron el valor de la acción colectiva y la importancia de escuchar y aprender de las realidades locales. En cada experiencia encontré inspiración y aprendizajes que hoy se reflejan.

A mis amigas y amigos, quienes me han hecho creer y apostar por el trabajo desde el ámbito social y comunitario. Gracias por recordarme que la academia no se limita a los laboratorios ni a las aulas, sino que se expande en los territorios, en las luchas cotidianas y en la esperanza compartida.

Finalmente, agradezco a todas las personas, comunidades y actores que, de manera directa o indirecta, han contribuido con su tiempo, conocimiento y experiencia a la construcción de este trabajo.

Cada palabra escrita y cada reflexión aquí plasmada lleva consigo un pedazo de ustedes.

Gracias infinitas.

RESUMEN

La investigación desarrollada en este documento aborda la crisis hídrica en México, con especial énfasis en el Estado de Guanajuato y su municipio de León, desde una mirada social, ambiental, tecnológica y de gobernanza. Siendo el punto de partida el reconocimiento del agua como un recurso vital, indispensable para el desarrollo sostenible y la equidad social. Sin embargo, la combinación de factores como el cambio climático, la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de cuerpos de agua ha generado una creciente vulnerabilidad, particularmente en comunidades rurales y periurbanas, donde las limitaciones de acceso al recurso se traducen en desigualdad y fragilidad social.

Ante este escenario, el trabajo se suma al cambio de paradigma que vire hacia la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), acompañada de la integración de ecotecnología como alternativa sostenible frente al modelo tecnológico convencional. Esta ecotecnología, materializada en ecotecnias, se fundamenta en el saber ancestral y en el proceso comunitario, ofreciendo soluciones adaptadas a los contextos locales. Su implementación requiere procesos de adopción social, transferencia tecnológica y diálogo de saberes que fortalezcan la apropiación comunitaria y garanticen la sostenibilidad de las prácticas.

En Guanajuato, la priorización de megaproyectos y la presión ejercida sobre los acuíferos han generado altos costos ambientales y sociales. En contraste, emergen alternativas como las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), que contribuyen a la seguridad hídrica y a la resiliencia comunitaria. La evaluación socioeconómica realizada en cuatro comunidades rurales de León demuestra que la expansión de la red convencional de distribución de agua resulta financieramente inviable; por el contrario, los SCALLs pueden ser viables planteando senderos para la equidad y la sostenibilidad, con beneficios directos para los hogares y mostrar un alto potencial para integrarse en la política pública mediante financiamiento híbrido y gobernanza participativa.

Conceptos clave: Adopción social, ecotecnología, ecotecnias, acciones descentralizadas, abastecimiento de agua, gestión del agua, desarrollo sustentable, desarrollo sostenible.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS **3**
RESUMEN **5**
TABLA DE CONTENIDO **6**
INTRODUCCIÓN **9**
Antecedentes del estudio 9
Planteamiento del problema 10
Justificación 12
Preguntas de Investigación 13
Hipótesis de investigación 13
Objetivos de la investigación 13
Estructura del trabajo 15
MÉTODO **17**
Diseño de Investigación 18
Zona de estudio y descripción del medio 20
Selección de la muestra 21
Fases de campo y técnicas de recolección de datos 21
CAPÍTULO 1. AGUA COMO DERECHO HUMANO: CRISIS HÍDRICA, MARGINACIÓN Y BÚSQUEDA DE UNA GESTIÓN SOSTENIBLE **24**
Introducción 24
1.1 Desafíos Iniciales de la Gestión del Agua 25
1.2 El agua y su impacto en el medio 27
1.2.1 Desde una mirada social y ambiental *27*
1.2.2 Desde una mirada hacia la salud *29*
1.2.3 Intersección de pobreza, marginación y problemas del agua *32*
1.3 Agua y Desarrollo Sostenible 35
1.4 Gobernanza del agua 36
1.4.1 Marco legal referente al derecho al agua *38*
1.4.2 Marco referencial de programas y proyectos en Guanajuato *39*
1.4.3 Los conflictos por el agua ¿Problema de agenda? *41*
1.5 El agua hacia los Derechos Humanos. 42
1.5.1 Agenda 2030 y ODS como marco operativo del derecho humano al agua *45*
1.5.2 Evolución histórica y dimensiones de igualdad en el derecho al agua *46*
Discusión 49
Conclusiones 51
CAPÍTULO 2. ECOTECNOLOGÍA EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA: RECUPERACIÓN DE TÉCNICAS ANCESTRALES **52**
Introducción 52
2.1 Antecedentes de la ecotecnología 53
2.2 Primeras nociones de ecotecnología 56
2.3 Saber ancestral e identidad cultural 58
2.4 Mirada desde los pueblos: agua y tecnología ancestral 59
2.4.1 Aplicaciones de técnicas ancestrales para el agua *60*
En el mundo 61
En México 62
En Guanajuato 64
2.5 Clasificación de ecotecnias para el manejo del agua 64
2.5.1 Abastecimiento: Sistema de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvia (SCALL). *65*

2.5.2 Manejo de Agua Residual: biofiltro, humedal artificial y sistema séptico *67*
2.5.3 Saneamiento seco: Sanitarios Ecológicos Secos (SES) *70*
Discusión 72
Conclusiones 74
CAPÍTULO 3. ADOPCIÓN SOCIAL 75
Introducción 75
3.1 Apropiación Tecnológica ¿Raciocinio ambiental? 77
3.2 Transferencia tecnológica 80
3.3 Adopción socio-tecnológica en el agua 82
Discusión 86
Conclusiones 88
CAPÍTULO 4. GESTIÓN HÍDRICA, AGENDA GUBERNAMENTAL Y CONFLICTO SOCIAL: EL DESAFÍO DEL ABASTECIMIENTO 89
Introducción 89
4.1 Involucrados en la gestión hídrica y estado actual del problema. 89
4.2 Cronología y Actores en la Gestión del Agua en León 91
4.3 Crisis hídrica en León y la reacción institucional por El Zapotillo 96
Discusión 98
Conclusiones 99
CAPÍTULO 5. OBRAS ADAPTATIVAS DE GESTIÓN HÍDRICA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO DENTRO DE LA POLÍTICA PÚBLICA 100
Introducción 100
5.1 El enfoque tecnocrático y la apuesta por megaproyectos 100
5.2 Acciones adaptativas de gestión hídrica propuestas 101
5.2.1 Acciones No Gubernamentales. *103*
El caso del Proyecto de Sistemas de Captación de Agua Pluvial (SISCAP) en zonas con vulnerabilidad hídrica en Sierra de Lobos, León 103
5.2.2 A nivel estatal *104*
Planes Estatales de Desarrollo Guanajuato 2025, 2030, 2035, 2040 104
Programa Estatal de Cambio Climático de Guanajuato (PECCG) 105
Programa de Gobierno del Estado de Guanajuato 2018 – 2024 106
5.2.3 A nivel municipal *107*
Programa Municipal de Cambio Climático de León (PMCC) 107
Plan Municipal de Desarrollo, León hacia el futuro. Visión al 2045 107
Programa de Gobierno Municipal de León 2021-2024 108
5.3 Panorama actual de las estrategias y proyectos 109
Discusión 112
Conclusiones 113
CAPÍTULO 6. REFLEXIONAR LO COMUNITARIO DESDE LAS EXPERIENCIAS EN LEÓN, GUANAJUATO 115
Introducción 115
6.1 Método 116
6.2 Presentación e interpretación de resultados 118
6.2.1 Datos generales sobre obtención y usos del agua *118*
6.2.2 Conocimiento y adopción de ecotecnias *132*
6.2.3 Impacto y valoración de la ecotecnia *137*
6.2.4 Percepción y sostenibilidad *138*
6.2.5 Propuestas y mejoras *139*
6.3 Comparativa de ahorro entre consumo requerido versus consumo actual (Sin o con ecotecnias) 141
Síntesis de resultados 143
Conclusiones 145

CAPÍTULO 7. ECOTECNIAS VS. EXPANSIÓN DE RED CONVENCIONAL. UN ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN COMUNIDADES RURALES 147
INTRODUCCIÓN 147
7.1 CRISIS HÍDRICA Y NECESIDAD DE UN CAMBIO DE PARADIGMA 150
7.2 GOBERNANZA DEL AGUA EN MÉXICO 151
7.3 ECOTECNIAS 151
7.4 MODELOS DE EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA PARA PROYECTOS HÍDRICOS 152
7.5 MÉTODO 153
7.5.1 Levantamiento de datos y caracterización demográfica 154
7.5.2 Simulación hidráulica y diseño de infraestructura 155
7.5.3 Evaluación económica y Análisis Costo Beneficio (ACB) 155
7.6 RESULTADOS 156
7.6.1 Levantamiento de datos y caracterización demográfica 156
7.6.2 Simulación hidráulica y diseño de infraestructura 157
7.6.3 Evaluación económica y análisis costo-beneficio 163
Escenario 1: Expansión de la red de distribución de agua. 163
Escenario 2: Implementación de ecotecnias. 165
7.6.4 Análisis comparativo 170
7.7 RECOMENDACIONES 173
SÍNTESIS DE RESULTADOS 174
CONCLUSIONES 177
CAPÍTULO 8. MODELO ADMINISTRATIVO ECOTECNOLÓGICO DEL AGUA: PROPUESTA COMUNITARIA COMPLEMENTARIA 179
INTRODUCCIÓN 179
8.1 RESULTADOS PREVIOS: CAPTACIÓN A NIVEL DOMÉSTICO 179
8.2 PROPUESTA COMUNITARIA: ESPACIO MULTIFUNCIONAL CON SCALL 179
8.3 MODELO PARTICIPATIVO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ECOTECNIAS 182
8.3.1 Estructura del modelo participativo 182
8.3.2 Mecanismos de financiamiento comunitario 182
8.3.3 Implementación participativa 182
8.3.4 Estrategias de mantenimiento, sostenibilidad y adaptación 183
8.3.5 Propuesta de adaptación social y económica 183
CONCLUSIONES 185
DISCUSIÓN GENERAL 186
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES 188
CONCLUSIONES 188
VETAS DE INVESTIGACIÓN A FUTURO Y RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS 193
REFERENCIAS 195
ANEXOS 244
A1. CUESTIONARIO BASE PARA ENTREVISTA A COMUNIDADES. 244
A2. PROPUESTA MANUAL DE ECOTECNIAS 244

INTRODUCCIÓN

Antecedentes del estudio

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (por sus siglas en inglés, *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, UNESCO) acceder al agua potable y al saneamiento representa un fuerte desafío, sobre todo en zonas socialmente vulnerables, donde prevalece la marginación y la desigualdad. La crisis hídrica repercute tanto a países desarrollados como aquellos en desarrollo, se estima que para el año 2050 el número de afectados por escasez podría alcanzar entre 1,700 y 2,400 millones de personas (UNESCO, 2024b; 2024c).

En México, dicha situación se agrava significativamente, en especial dentro de la zona rural y periurbana, donde se suman la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación de las fuentes hídricas y los efectos del cambio climático (Arrojo-Agudo, 2022 y *National Geographic*, 2024); en suma, el rezago sobre la garantía del derecho humano al agua persiste de manera significativa a pesar de ir en vías hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de México, la cobertura de estos servicios ha avanzado significativamente, alcanzando en 2018, un 92.5 % de acceso a agua potable y un 92.8 % al saneamiento (CONAGUA, 2018a). Sin embargo, son cifras que siguen resaltando la falta de infraestructura adecuada para alrededor de 10 millones de mexicanos, vulnerando su derecho humano al agua, establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) en su artículo 4° (CPEUM, 1917a). Mayoritariamente en estas zonas, acceder al agua potable es un proceso limitado y el agua presenta un fuerte problema de contaminación en las fuentes disponibles, potenciando el riesgo y poniendo en detrimento su salud, además de limitar el crecimiento y la estabilidad para un desarrollo social y económico (Tratamos el Agua, 2024).

Este fenómeno se vuelve particularmente crítico en la zona rural y periurbana, siendo un contexto en exclusión por factores geográficos, económicos y sociales. Según el Instituto de Investigaciones para el Desarrollo con Equidad (EQUIDE), 72 % de hogares pertenecientes a estos contextos, perciben insuficiencia de agua para cubrir sus necesidades, 43 % vive en condiciones con inseguridad hídrica (respecto a un 34 % en la zona urbana); explicitando que el problema es directamente proporcional con el nivel socioeconómico, afectando mayoritariamente a hogares de bajos ingresos (49 %) (EQUIDE, 2022).

Lo cual resalta una prioridad impuesta tanto de ideología como del propio dinamismo de crecimiento económico y de progreso, soslayando al ambiente dentro de la agenda pública (Álvarez-Castañón, 2014); cuestionado con ello al modelo económico administrativo actual y su deterioro conducente; teniendo que incentivar estrategias desde la responsabilidad y participación social con prácticas sostenibles y replicables (Flores *et al.*, 2020).

Bajo este marco, cada contexto afronta retos particulares, como el desconocimiento de prácticas sostenibles, la ausencia de infraestructura adecuada y el alto costo por uso de tecnología convencional de suministro y tratamiento de agua. Siendo menester un diagnóstico que incluya la recopilación de datos y consultas participativas para conocer su condición actual y, establecer propuestas alineadas con la capacidad y expectativa local. Con ello, identificar necesidades comunitarias, donde mayoritariamente se padece la problemática; permitiendo diseñar estrategias que atiendan necesidades referentes al acceso físico del agua y, también su calidad, infraestructura y educación en sostenibilidad.

Planteamiento del problema

Hacia un modelo administrativo ecotecnológico del agua

En concordancia con los antecedentes, la crisis hídrica actual es un conflicto global sin distinción por contexto, con amplios retos para su acceso, distribución y gestión. En México, la modernidad ha trastocado profundamente hasta transformar la gestión del agua, soslayando la figura del gestor comunitario por una figura clientelar, debilitando la autonomía hídrica (Ortiz-Moreno, 2024). Misma transformación que ha creado una fuerte dependencia hacia la infraestructura centralizada que, lejos de garantizar equidad, ha sido partícipe en el incremento de desigualdad socioeconómica y de la problemática ambiental (Castilla *et al.*, 2009).

Diversas civilizaciones, a lo largo de la historia, desarrollaron estrategias autónomas para abastecerse como mecanismo de gestión; prácticas como aljibes en la península ibérica o chinampas en Mesoamérica, resultando eficaces en contextos de escasez (Gleason *et al.*, 2020). No obstante, con al emerger la modernidad, gran parte de éstas han sido relegadas y deslegitimadas, provocando una crisis estructural dentro de la gestión del agua, especialmente en zonas vulneradas.

En México, el modelo tecnocrático y capitalista dominante ha priorizado el agua como recurso mercantil, soslayando su condición como derecho humano (Ortiz-Moreno, 2024); dando evidencia de la insuficiencia del sistema centralizado. Con ello, la ecotecnología surge como alternativa para la seguridad hídrica (Gleason *et al.*, 2020), afrontando barreras como desconocimiento técnico, falta de regulación y resistencia cultural (Castilla *et al.*, 2009).

Desde la óptica del postdesarrollo, se ha ignorado el saber local y el conocimiento vernáculo por la imposición de modelos universales, obstaculizando la adopción ecotecnológica; un estudio en la Reserva de la Biosfera de El Hierro resalta cómo las políticas de gestión priorizan criterios económicos en lugar de la sostenibilidad y la equidad, fenómeno también presente en Guanajuato; lo que muestra la necesidad de modelos administrativos que integren estrategias participativas y conocimientos tradicionales (*Íbidem*).

Así, proponer ecotecnias resultaría útil para la gestión (agua.org.mx., 2017c), no obstante, implementarles requiere un enfoque participativo desde la educación, capacitación y

apropiación comunitaria. En países como Australia y Alemania, se han impulsado Sistemas de captación de agua de Lluvia (SCALL) a través de incentivos fiscales y normativas; en India y Brasil, el rol de las cooperativas comunitarias ha sido crucial en su sostenibilidad (Gleason *et al.*, 2020).

Diversas comunidades en México han logrado una gestión más eficiente y sostenible (UNESCO, 2020), resaltando la adopción social como proceso clave (agua.org.mx., 2017b). Experiencias con SCALL han identificado factores necesarios como el financiamiento accesible, la participación comunitaria y el respaldo institucional; en Tlalpan y Xochimilco, en la Ciudad de México, la adopción social ha sido clave, aunque la falta de regulación sigue siendo un obstáculo importante (Gleason *et al.*, 2020). En el Estado de Guanajuato diversas dependencias gubernamentales han promovido su implementación, pero sin un enfoque hacia la adopción social ni a la participación comunitaria (Tagle y Caldera, 2017; Tagle *et al.*, 2018b); limitando su efectividad y conduciendo a esfuerzos y resultados fragmentados de corto alcance, subrayando la necesidad de acciones integrales y sostenibles.

Ergo, la adopción social ecotecnológica afronta limitaciones significativas por la ausencia de un enfoque participativo que empodere a las comunidades como actores principales; además, la fragmentación institucional y la falta de coordinación entre gobiernos, organizaciones no gubernamentales y grupos, dificultan la implementación de estrategias integrales, agravándose por la falta de programas educativos y de financiamiento continuo que aseguren su sostenibilidad a largo plazo. Por ello, es necesario priorizar el involucramiento comunitario en el proceso (identificación de necesidades, implementación y mantenimiento), asegurando prácticas apropiadas y sostenibles (Tecnohispano, 2024).

Así pues, la adopción social es un proceso complejo que trasciende de la propia aceptación de la técnica, además, involucra su adaptación dentro del contexto, con el fin de garantizar soluciones eficientes y sostenibles (Murillo-Licea *et al.*, 2019); considerando la viabilidad sociotécnica y la pertinencia cultural, evitando externalidades negativas y optimizando los recursos públicos (Álvarez-Castañón y Tagle, 2019).

A partir de esto, se dilucida que la ecotecnología ofrece una solución viable para la gestión y acceso al agua, estando en armonía con características y requerimientos de cada entorno, sobre todo en zonas donde el costo económico y social de procesos como la potabilización y el suministro es elevado y, donde el acceso es un desafío sustancial (Perdomo y Zapata, 2010); pudiendo preservar y aprovechar el agua, mejorar la calidad de vida y, contribuir a la adaptación y mitigación ambiental y económica (Palacio, 2010).

El presente trabajo se inscribe en la necesidad de investigar y desarrollar un modelo administrativo basado en la adopción social ecotecnológica, con enfoque interdisciplinario y participativo que integre conocimiento vernáculo, prácticas sostenibles y experiencia moderna, ofreciendo soluciones adaptativas para la seguridad hídrica y enfrentar el cambio climático. Constituyéndose por 6 ejes:

1. Exploración del conocimiento vernáculo y técnicas ancestrales como antecedente;
2. Análisis del impacto de la modernidad y abandono de saberes;
3. Evaluación de los desafíos actuales de acceso al agua;
4. Recuperación y reconfiguración del conocimiento vernáculo;
5. Revisión de experiencias actuales en adopción de ecotecnias y;
6. Diseño de un modelo administrativo para su implementación y sostenibilidad.

El presente, busca contribuir particularmente en los ODS: no. 3 (Salud y bienestar), no. 6 (Agua limpia y saneamiento), no. 11. (Ciudades y comunidades sostenibles) y no. 13 (Acción por el clima) (ONU, 2015). Pero, además de ello, busca repensar la gestión del agua desde una perspectiva integral. La crisis hídrica en lo global y particularmente en León, Guanajuato, exige estrategias que recuperen el conocimiento tradicional y fomenten soluciones sustentables adaptadas al contexto. Y con ello, avanzar hacia una transición hídrica más justa y resiliente, donde el usuario recupere su papel como cogestor.

Justificación

La crisis hídrica actual, evidenciada por la deficiencia en la distribución y las limitaciones para implementar ecotecnias, exige replantear la gestión a través de estrategias descentralizadas y de fácil operación; lo cual también conlleva al reconocimiento de las relaciones asimétricas de poder, que repercuten en la distribución inequitativa y desigual del agua, generando beneficios en ciertos sectores mientras otros asumen los costos. Por ello, avanzar hacia modelos más justos requiere visibilizar dichas dinámicas y promover mecanismos participativos que equilibren intereses y fortalezcan la equidad en el acceso.

El trabajo busca promover acciones comunitarias de bajo costo e impacto que brinden alternativas para optimizar el abastecimiento y el manejo sustentable del agua, ecotecnias como el SCALL, pueden disminuir el desgaste ambiental y fortalecer la seguridad hídrica. Se dilucida que la adopción social de ecotecnias representa una herramienta para el desarrollo al brindar eficiencia operativa, rentabilidad e impactos positivos socioambientales. La revisión de la literatura resalta sus ventajas, no obstante, persiste la necesidad de profundizar en el análisis de sus beneficios a largo plazo y en los factores que determinan su éxito o fracaso en función de la aceptación o rechazo del usuario, punto que Arroyo-Zambrano *et al.* (2016) consideran crucial al hablar de adopción social y para transformar la percepción de calidad de vida en distinto horizonte temporal.

En consecuencia, este trabajo se justifica en el análisis de lineamientos, estrategias y métodos requeridos para implementar, evaluar y mantener acciones ecotecnológicas propuestas o desarrolladas por instancias gubernamentales y organizaciones sociales. Se propone generar un histórico de éstas, identificar estudios de caso que evidencien factores influyentes en su adopción social y, a partir de los resultados, elaborar un modelo

estratégico con recomendaciones que contribuyan a políticas y programas de gestión del agua con enfoque descentralizado y participativo.

Preguntas de Investigación

A partir del planteamiento anterior, esta investigación se desarrolla partiendo de la pregunta central siguiente: ¿Cómo diseñar un modelo administrativo con enfoque de adopción social y económico ecológico para la implementación y gestión de ecotecnias aplicadas al agua, que contribuya a la seguridad hídrica, la adaptación al cambio climático y a la mejora de las políticas públicas en zonas de vulnerabilidad hídrica?

Pregunta de la cual derivan las siguientes preguntas específicas:

1. ¿Cuáles son las principales problemáticas del agua desde una perspectiva ambiental, social, económica y política, y cómo afectan a la resiliencia al cambio climático y a la seguridad hídrica?
2. ¿Qué tipos de ecotecnias aplicadas al agua existen, cómo se han implementado en distintos contextos y qué criterios deben considerarse para evaluar su eficacia y sostenibilidad?
3. ¿Qué factores clave influyen en la adopción social y qué estrategias pueden fortalecer su aceptación y uso a largo plazo?
4. ¿Cuál es el grado de integración de las ecotecnias dentro de la política pública y la agenda gubernamental, qué actores participan en su implementación y qué barreras existen para su replicabilidad y escalabilidad?
5. ¿Cómo diseñar un modelo administrativo con estrategias ecotecnológicas para la implementación de acciones descentralizadas desde la adopción social y con enfoque económico ecológico?

Hipótesis de investigación

En este marco, la hipótesis de la investigación se ha planteado de la manera siguiente: implementar ecotecnias de bajo costo, baja escala y bajo impacto, mediante un modelo administrativo descentralizado basado en la adopción social, la participación comunitaria y la integración del conocimiento vernáculo, generará mejoras significativas en el abastecimiento y la gestión del agua, sobre todo en zonas de vulnerabilidad hídrica. De articular efectivamente estas estrategias, es posible potenciar la capacidad de adaptación y mitigación frente al cambio climático, además de proporcionar una retroalimentación práctica y constante para formular y optimizar políticas públicas hídricas.

Objetivos de la investigación

Con ello, dando lugar al objetivo central de la presente: Elaborar un modelo administrativo ecotecnológico para la gestión del agua con enfoque participativo, económico y ecológico hacia la adopción social y que contribuya a la seguridad hídrica y la adaptación al cambio

climático en zonas de vulnerabilidad hídrica en León, Guanajuato; que facilite la implementación, sostenibilidad y apropiación comunitaria de ecotecnias y prácticas como SCALL, cisterna, filtro y sanitarios ecológicos secos; integrando el conocimiento vernáculo y local, la innovación tecnológica y la gestión comunitaria, con el fin de fortalecer las políticas públicas del agua y; avanzar los ODS..

Para lo cual se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar el marco legal del agua y sus problemáticas desde múltiples perspectivas:
    a. Investigar las problemáticas más significativas del agua desde una mirada ambiental, social, económica y política.
    b. Explorar la conexión de las problemáticas con pobreza, marginación y salud.
    c. Estudiar la gobernanza del agua y la evolución de su reconocimiento como D.H.
    d. Abordar el marco legal y referencial de programas y proyectos hídricos en México, en el Estado de Guanajuato y en León.
2. Evaluar la ecotecnología dentro de la gestión del agua y su contribución a los ODS:
    a. Analizar los antecedentes, conceptos, clasificación y medios de aplicación de la ecotecnología aplicada al agua.
    b. Discutir respecto a si la ecotecnología constituye una innovación o la recuperación de técnicas ancestrales.
    c. Recopilar casos de prácticas ecotecnológicas para evaluar su eficacia, sostenibilidad y contribución a la gestión del agua y a los ODS.
3. Explorar la adopción social de ecotecnologías en el ámbito del agua:
    a. Analizar el concepto desde la ecotecnología aplicada al agua.
    b. Explorar los conceptos de apropiación y transferencia tecnológica como asociados a la adopción social.
    c. Elaborar una guía para el acercamiento comunitario que contribuya a mejorar la inserción y la adopción de ecotecnología.
4. Analizar la integración de obras adaptativas de gestión hídrica en políticas públicas y su relación con conflictos por el agua:
    a. Evaluar cómo se integran las obras adaptativas de gestión hídrica en la política pública y las agendas de gobierno.
    b. Analizar su relación con los conflictos del agua como bien público.
    c. Identificar actores clave en su gestión y cómo su participación afecta la eficacia de las soluciones propuestas.
5. Diseñar un modelo administrativo para la implementación de estrategias ecotecnológicas descentralizadas, incorporando estrategias para su implementación desde la adopción social y con un enfoque económico-ecológico.

Estructura del trabajo

El trabajo se estructura en ocho capítulos que abordan, de manera articulada, la compleja problemática del agua, en México, Guanajuato y León. Los apartados contemplan un análisis conceptual, revisión histórica, estudio de política pública y evaluación socioeconómica, con el fin de sustentar la propuesta de un modelo administrativo ecotecnológico. A continuación, se resume el contenido por capítulo, destacando sus objetivos y aportaciones principales.

Capítulo 1: Agua como derecho humano, crisis hídrica, marginación y búsqueda de una gestión sostenible. Este capítulo establece el marco conceptual y normativo del recurso como derecho humano. Se analizan los desafíos de su gestión, impactos sociales, ambientales y de salud derivados de la crisis, así como la intersección entre pobreza, marginación y acceso al agua. Se vincula el agua con el desarrollo sostenible, destacando su papel en la Agenda 2030 y los ODS. Finalmente, se revisa la gobernanza del agua, el marco legal y los programas en Guanajuato, concluyendo con la necesidad de consolidar su acceso equitativo y sostenible.

Capítulo 2: Ecotecnología en el abastecimiento de agua, recuperación de técnicas ancestrales. Dentro de éste se aborda la evolución histórica de la ecotecnología y sus primeras nociones, vinculándola con el saber ancestral y la identidad cultural. Se analizan prácticas tradicionales de los pueblos y sus aplicaciones en el ámbito del agua. Posteriormente, se presenta una clasificación de ecotecnias: SCALL, cisternas, biofiltros, humedales artificiales, sistemas sépticos y sanitarios ecológicos secos. Concluyendo al resaltar la relevancia de recuperar y adaptar estas técnicas como alternativas sostenibles frente a la crisis hídrica.

Capítulo 3: Adopción social. En este capítulo se estudia el proceso de apropiación tecnológica y su relación con la conciencia ambiental. Se examina la transferencia tecnológica y los factores que influyen en la adopción social de ecotecnias aplicadas en el agua. Se enfatiza cómo la adopción social transforma la tecnología en una herramienta de autogestión comunitaria, destacando la importancia de sensibilizar, formar y del diálogo de saberes para garantizar la sostenibilidad de las prácticas.

Capítulo 4: Gestión hídrica, agenda gubernamental y conflictos sociales, el desafío del abastecimiento en León. En este capítulo se estudia la problemática del agua en León como un asunto de interés público y de conflicto social. Se identifican los principales actores involucrados en la gestión hídrica y se presenta una cronología de la evolución institucional y municipal. Asimismo, se analiza la crisis que enfrenta el municipio y la respuesta gubernamental a través de megaproyectos, como el caso de la presa El Zapotillo, evaluando sus repercusiones sociales y políticas. El capítulo concluye con una reflexión crítica sobre la gobernanza y los retos que persisten en la gestión local del agua.

Capítulo 5: Obras adaptativas de gestión hídrica en el Estado de Guanajuato dentro de la política pública. Este capítulo revisa las acciones adaptativas de gestión en tres niveles, no gubernamental, estatal y municipal. Se presentan casos como el proyecto SISCAP en Sierra de Lobos, los planes estatales de desarrollo y el Programa Estatal de Cambio Climático, así como iniciativas municipales como el Programa Municipal de Cambio Climático (PMCC) y la Visión al 2045. Dando un panorama actual de estrategias y proyectos, evaluando pertinencia y efectividad en la política pública hídrica.

Capítulo 6: Reflexiones desde lo comunitario. Este capítulo da inicio a los resultados del propio trabajo, presentando los resultados de campo obtenidos en comunidades rurales de León. Se analizan datos generales sobre obtención y usos del agua, el conocimiento y adopción de ecotecnias, su impacto y valoración, así como la percepción comunitaria sobre sostenibilidad. Se incluyen propuestas de mejora y una comparativa de ahorro entre consumo requerido y consumo actual con y sin ecotecnias. Dando cierre con una discusión respecto a los aprendizajes y retos de la implementación desde la mirada del propio usuario de la ecotecnia.

Capítulo 7: Ecotecnias versus expansión de red, un análisis socioeconómico para la gestión del agua en comunidades rurales. En este capítulo se realiza un comparativo entre dos escenarios, la expansión de la red de distribución de agua y la implementación de ecotecnias. Se aplican métodos de levantamiento de datos, simulación hidráulica y evaluación económica mediante análisis costo-beneficio. Los resultados muestran la viabilidad o inviabilidad de cada escenario, considerando sostenibilidad operativa, equidad territorial, asequibilidad para el usuario y beneficios sociales no cuantificados. Se concluye que las ecotecnias representan una alternativa más equitativa y sostenible frente al modelo convencional.

Capítulo 8: Propuesta de modelo administrativo ecotecnológico del agua. Dentro de éste se busca integrar los hallazgos previos en una propuesta de modelo administrativo ecotecnológico para la gestión del agua. Se plantea un esquema que articula gobernanza participativa, financiamiento híbrido y marcos regulatorios ajustados, con el fin de fortalecer la resiliencia comunitaria y garantizar el derecho humano al agua en contextos de marginación. La discusión final sintetiza los aportes teóricos y prácticos del trabajo, brindando recomendaciones para la política pública hídrica local.

MÉTODO

La crisis hídrica, agravada por la contaminación y por el incremento en la demanda del recurso, ha generado conflictos entre entidades políticas y una intensa competencia entre sectores como la industria, las ciudades, la agricultura y el ambiente (Castelletti y Soncini-Sessa, 2006). Ante estos desafíos, la Asociación Mundial para el Agua (por sus siglas en inglés *Global Water Partnership*, GWP) resalta la urgencia de implementar soluciones basadas en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), que requieren un cambio de paradigma (GWP, 2000, 2003). Sin embargo, se ha visto limitado por la desconexión entre la comunidad científica y los responsables en la toma de decisiones, la priorización de la modelación sobre la participación social (Castelletti y Soncini-Sessa, 2006).

Conceptualmente, se concibe a la metodología como el resultado de la discusión teórica y epistemológica que sistematiza métodos y técnicas para el análisis de fenómenos concretos (Martínez, 1999). Ergo, este trabajo adopta una metodología con enfoque participativo (Geilfus, 2009) y sistémico hacia la sustentabilidad (Reátegui, 2019), entendiendo a ésta última como una característica compleja y multidimensional que busca atender necesidades humanas y ambientales presentes y futuras, integrando dimensiones ambientales, sociales y económicas (Foladori, 2002). El enfoque participativo busca construir colectivamente la gestión y recuperar la figura de cogestor del agua. Soliz y Maldonado (2012) sostienen que, al aplicar metodologías participativas, se debe ir más allá de un simple formalismo, evitando prácticas clientelistas que fragmenten lo comunitario; fomentando procesos que faciliten planear, gestionar y evaluar proyectos hídricos.

La Investigación Acción Participativa (IAP) refuerza este enfoque, empoderando a los grupos a través del pensamiento crítico y la soberanía, buscando superar 2 grandes brechas: la distinción entre Sujeto y Objeto, desde un aprendizaje horizontal entre expertos y comunidades y, la separación entre Investigación y Acción, involucrando a las comunidades en la definición de qué y cómo investigar (*Íbidem*). Freire (1973) subraya que el desafío central de la IAP es transformar la realidad, especialmente cuando se trata de modificar estructuras de poder que perpetúan la exclusión. En respuesta, se examina la Planificación Integrada y Participativa (PIP) como herramienta útil para la toma de decisiones y la implementación de políticas ambientales; basada en un marco conceptual compartido por actores involucrados y responsables de decisiones, lo que permea la participación para estructurar problemas, analizar alternativas y proponer soluciones (Jacho Rodríguez, 2025).

En consonancia, se busca plantear un modelo administrativo ecotecnológico orientado a la participación comunitaria, la adopción social y la sostenibilidad económica y ecológica. Para lo cual se emplean técnicas cualitativas y cuantitativas, como análisis documental y entrevista semiestructurada, abordando los objetivos específicos: análisis del marco legal del agua, evaluación de la ecotecnología en la gestión hídrica, factores que inciden en su adopción social e integración de estrategias en políticas públicas.

Diseño de Investigación

El diseño metodológico busca documentar, analizar y vincular factores clave para la adopción ecotecnológica en la gestión del agua y estudiar las variables requeridas para su escalabilidad y replicabilidad. Desde el paradigma interpretativo (González, 2003), se explorarán casos de implementación, recopilando experiencias, percepciones y factores que influyen en la aceptación o rechazo en un contexto particular; evaluando su impacto y la dinámica comunitaria en los procesos para la adopción social.

Se plantea un enfoque mixto que combine el análisis de lo cuantitativo y cualitativo para obtener una visión integral del problema, permitiendo analizar la realidad desde lo objetivo y medible, así como lo subjetivo e interpretativo (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014). Esta investigación busca incorporar este enfoque con un diagnóstico contextual de los programas institucionales sobre ecotecnología en México y Guanajuato, el estudio del conocimiento vernáculo en torno a la gestión hídrica, la recopilación de casos de implementación y el análisis de la adopción social desde una perspectiva que trascienda de la apropiación y transferencia tecnológica. A la par, estudiar la evolución de las políticas públicas y la integración de estrategias ecotecnológicas en las agendas gubernamentales.

Ameigeiras *et al.* (2014), desde una mira cualitativa, destacan como crucial analizar los contextos sociales y las relaciones entre participantes, permitiendo comprender mejor los procesos y actores involucrados en la gestión del agua y la adopción de ecotecnología; facilitando así la elaboración de un modelo administrativo ecotecnológico orientado a fortalecer las políticas públicas hídricas.

El alcance será descriptivo, exploratorio y correlacional. Descriptivo al identificar y documentar el estado actual de los programas institucionales en México y Guanajuato, sus limitaciones, nivel de implementación, así como el conocimiento vernáculo y las experiencias comunitarias. Exploratorio, al profundizar en la adopción social mediante el análisis de casos de éxito y fracaso y, la identificación de factores que influyen en su aceptación o rechazo. Correlacional, al estudiar la relación entre variables como participación comunitaria, percepción usuaria, beneficios observados y desafíos en su implementación e integración dentro de la agenda pública; aportando evidencias para el diseño del modelo administrativo ecotecnológico.

Buscando construirle a partir de la PIP, metodología basada en el aprendizaje social y en la toma de decisiones inclusiva, la cual destaca la participación de actores clave y promueve la reducción de conflictos a través de un enfoque estructurado y adaptable. La PIP considera que las decisiones humanas están basadas en lo subjetivo, por lo que, como enfoque recursivo, fomenta el aprendizaje social, facilitando la reflexión para evaluar y modificar en vías a la mejora continua (Castelletti y Soncini-Sessa, 2006). La PIP es un proceso recursivo formado por las fases descritas a continuación y en la Figura *1* (Soncini-Sessa *et al.*, 2007):

0. **Reconocimiento:** Definición de metas, límites, contexto, procedimientos, actores involucrados y la información requerida.
1. **Definición de acciones:** Lluvia de ideas para identificar opciones de intervención que logren las metas, cubriendo los intereses de los actores y generando nuevas perspectivas.
2. **Definición de criterios e indicadores:** Establecimiento de criterios de evaluación que reflejen las características del problema, emergiendo de un proceso participativo.
3. **Identificación del modelo:** Desarrollo de un modelo que describa las relaciones de causa-efecto del sistema, ligado a las acciones y criterios definidos anteriormente.
4. **Diseño de alternativas:** Combinación de acciones, un proceso complejo que requiere seleccionar las alternativas viables con base en los criterios establecidos.
5. **Estimación de efectos:** Valoración de indicadores al implementar las alternativas, alimentando el modelo con información apropiada.
6. **Evaluación:** Conversión de cada indicador en un valor asignado por los actores, considerando que el valor atribuido a una alternativa no siempre es proporcional al indicador de evaluación.
7. **Comparación:** Postulación de alternativas aceptables para todos, promoviendo el análisis contextual y la participación de todas las partes.
8. **Mitigación y compensación:** Exploración de acuerdos que satisfagan a las partes insatisfechas, mediante compensaciones y mitigaciones.
9. **Decisión final:** Toma de decisión final a través de la negociación y comparación de alternativas razonables.

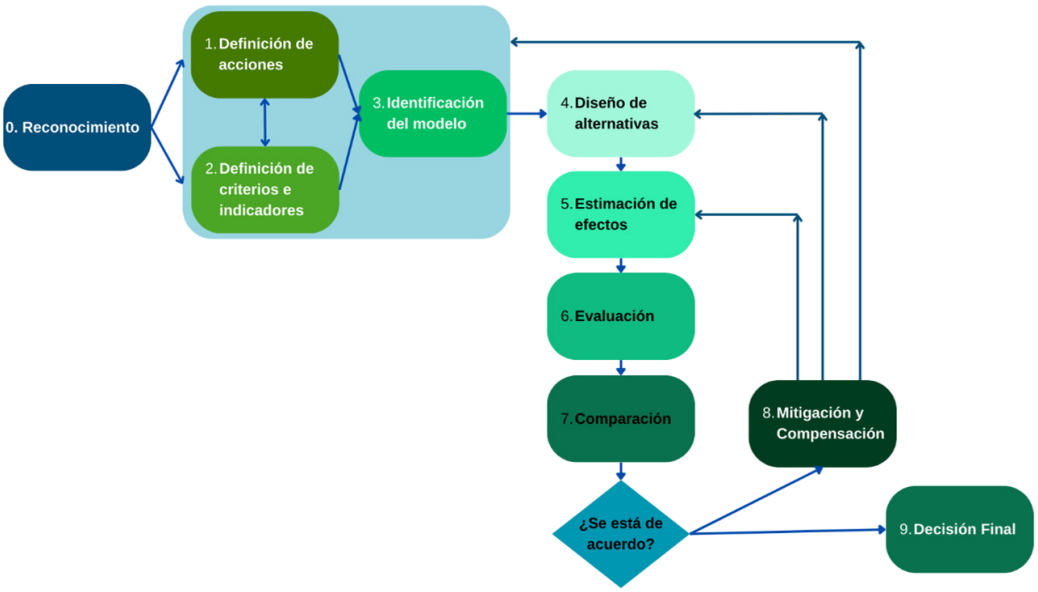


Figura 1. Gráfico del procedimiento PIP. Elaborado con base en Soncini-Sessa et al. (2007).

Tomar como referente etapas de la PIP dentro de la investigación permeará el desarrollo del modelo administrativo con mira hacia la adopción social y con perspectiva económica-

ecológica, buscando optimizar la gestión del agua mediante la ecotecnología. Mediante este diseño metodológico y considerando la percepción y experiencias de las comunidades, el trabajo busca contribuir al diseño de estrategias más efectivas para la implementación y sostenibilidad de ecotecnias aplicadas al agua, alineadas con los ODS 3, 6, 11 y 13, promoviendo una mejor seguridad hídrica y adaptación al cambio climático.

Zona de estudio y descripción del medio

Situado en el centro-norte de México, el Estado de Guanajuato y su municipio más poblado, León, enfrentan retos significativos en su gestión hídrica. Pese a ser una de las regiones más industrializadas y productivas del país, su disponibilidad de agua es limitada por la escasez de lluvia, la sobreexplotación de recursos y el crecimiento poblacional (Nava *et al.*, 2024). Guanajuato presenta un déficit hídrico, con una recarga de acuíferos inferior al consumo (Mendoza *et al.*, 2022), situación agravada en León por la alta demanda agrícola, industrial y doméstica, provocando la reducción del nivel de agua subterránea (García León, 2023). La elección de la zona de estudio responde a 3 factores primordialmente:

1. Un crítico desafío hídrico. León presenta una alta demanda de agua y una oferta limitada. La disminución del nivel de agua subterránea y la sobreexplotación de acuíferos requieren soluciones sostenibles, donde las ecotecnias se perfilan como alternativa para un uso más eficiente del recurso (García León, 2023).
2. Impacto económico y social. Como municipio industrializado, León posee una fuerte influencia económica y social.
    a. En el ámbito económico, la adopción de ecotecnias puede mejorar la eficiencia hídrica, reducir costos operativos en sectores productivos, contribuyendo a una gestión más sostenible de los recursos (Nava *et al.*, 2024).
    b. En el ámbito social, su implementación representa una oportunidad para garantizar un acceso más equitativo al agua en poblaciones con suministro deficiente. Además, fortalecen el interés colectivo en prácticas proambientales y promueven la participación comunitaria. Algunos estudios han comprobado que su implementación en comunidades de Guanajuato ha mejorado las condiciones de vida, con beneficios tangibles, como la reducción de gastos de agua e intangibles, como la cohesión social y conciencia ambiental (Tagle y Azamar Alonso, 2020).
3. Potencial de replicabilidad. La recolección de experiencias de implementación en León puede ser insumo para su réplica en otros contextos con problemática similar. Su implementación exitosa demuestra viabilidad y eficacia y resaltan su relevancia para el desarrollo en zona rural y periurbana (Becerril Tinoco, 2019), incentivando a otras comunidades a adoptar dichas estrategias (Mendoza *et al.*, 2022).

Abordar la problemática del agua en Guanajuato y en León, emana de la necesidad de garantizar un acceso equitativo, de preservar los recursos naturales y fomentar el desarrollo sustentable (Nava *et al.*, 2024). Enfrentar estos desafíos requiere la coordinación entre comunidades, empresas y gobiernos, mediante acciones y políticas de conservación y de uso eficiente del recurso (Mendoza *et al.*, 2022); demandando así un enfoque integral y colaborativo, como lo plantea la adopción social ecotecnológica (García León, 2023).

Selección de la muestra

Se propone recolectar experiencias de hogares que hayan implementado ecotecnias para la gestión del agua en León, para atender problemáticas del agua. Lo que permitirá observar cómo la introducción de técnicas y prácticas ecológicas transforma la gestión de los recursos en contextos de alta vulnerabilidad. En lugar de una dicotomía entre zona rural y urbana, el enfoque propuesto se centra en los efectos de la adopción ecotecnológica en hogares que ya han experimentado sus beneficios, abriendo posibilidades de mejora para aquellas donde no se han implementado bajo el concepto de urbanización y modernidad. Dentro de estos hogares, se busca confirmar una mejor gestión del agua mediante ecotecnias, SCALL, filtros, sanitarios ecológicos secos, entre otras prácticas que, optimizan el acceso y aprovechamiento del recurso. Se dilucida que estas viviendas experimentan mayor seguridad hídrica, menor sobreexplotación de acuíferos, mayor conciencia ambiental y sentido de apropiación hacia el uso consciente, promoviendo un espíritu colectivo de cooperación en la adopción social de éstas (Larrubia, 1998). El análisis permitirá evaluar el impacto de las ecotecnias en zonas que enfrentan problemas hídricos, mostrando de qué manera su ausencia contribuye al manejo ineficiente del agua, conflictos sociales, deterioro ambiental y afectaciones económicas (Esqueda, 2024).

Fases de campo y técnicas de recolección de datos

Como parte de la metodología implementada, se diseñó un cuestionario aplicado a las viviendas que ya han implementado ecotecnias o prácticas ecológicas, con el objetivo de reconocer el contexto, identificar actores clave y obtener información sobre los usos actuales del agua, como el consumo requerido, los medios de abastecimiento utilizados y la percepción comunitaria sobre los beneficios otorgados por su uso. Este cuestionario busca ser aplicado a habitantes de cuatro comunidades rurales, cuyos apartados permiten introducir a los conflictos del agua, la relevancia del cuidado y su uso responsable; además, analizar su percepción de beneficios obtenidos para conocer y medir el grado de adopción social, con base en los cinco atributos de Rogers (2003), los cuales son: ventaja relativa, compatibilidad, complejidad, confiabilidad y observabilidad. Se aplicó la entrevista como herramienta de recopilación de datos, permeando el acercamiento al contexto, identificar actores clave y el análisis de la disponibilidad, accesibilidad y servicio del agua para cada vivienda (Sánchez *et al.*, 2020).

Se adoptó el estudio de caso como estrategia metodológica, entendida como una investigación empírica que analiza fenómenos actuales de manera contextual, atendiendo al porqué y al cómo de los hechos. Explorando la viabilidad y pertinencia de las ecotecnias en la dinámica comunitaria, evaluando implementación, adopción social e impacto. Asimismo, se buscó determinar si el análisis y estandarización de estas acciones permean la adaptación y réplica en otros contextos con vulnerabilidad hídrica. Además, se planteó un análisis comparativo entre dos escenarios para evaluar costos económicos, sociales y ambientales asociados a cada uno:

1. Comunidades con implementación de ecotecnias y,
2. Un escenario hipotético de conexión a la red de agua.

Con el análisis de los datos recolectados mediante el cuestionario y el comparativo, se planteó el diseño de un modelo administrativo ecotecnológico orientado a fortalecer la política pública hídrica en contextos de vulnerabilidad; contemplando estrategias participativas y sostenibles para la gestión del agua, desde el saber local, innovación tecnológica y procesos de gestión comunitaria. Como parte de los productos finales del modelo, se propone, además, un manual introductorio de ecotecnias aplicadas al agua, con el fin de ser una guía o base que permita comprender su funcionamiento, beneficios y métodos de implementación adaptados a diversos contexto que, si bien, no forma parte de la recolección de datos, sí se constituye como estrategia dentro del modelo propuesto.

Como reflexión y antesala a la aplicación de lo anterior, se reconoce la necesidad de analizar las condiciones generales de disponibilidad, distribución y drenaje del agua; donde se remarca la necesidad de propuestas para el porcentaje poblacional que carece de ello, no buscando señalar las carencias en las instituciones encargadas, pues se reconoce la existencia de planes y acciones, mismas que serán tema de análisis más adelante. Sin embargo, persiste un largo camino para el cumplimiento del derecho humano al agua, lo que hace indispensable contar con alternativas que subsanen las faltas existentes. A continuación, se detallarán los instrumentos previamente mencionados.

Cuestionario para recolección de datos

Para la planeación y realización de los cuestionarios se pensó, primeramente, desde el aprendizaje reflexivo dirigido a habitantes de las comunidades. Este instrumento tuvo como propósito medir el conocimiento sobre el recurso agua, identificar las formas actuales de abastecimiento y explorar la percepción comunitaria respecto a las soluciones alternativas, como las ecotecnias. La información obtenida permitió un análisis comparativo entre el escenario actual de uso de ecotecnias y un escenario hipotético de conexión a la red de agua. Siendo clave para fundamentar y generar evidencia empírica para el diseño y desarrollo del modelo administrativo (Anexo 1).

Manual de ecotecnias aplicadas al agua

Como parte de los productos estratégicos del modelo administrativo ecotecnológico, se elaboró un manual de orientación sobre ecotecnias aplicadas al agua. Desde un enfoque educativo y formativo, diseñado para facilitar el acceso al conocimiento técnico de manera sencilla y replicable. Se fundamenta en la educación ambiental como herramienta para generar conciencia, responsabilidad y acción comunitaria hacia la sustentabilidad (Ponce y Vega, 2009). El manual presenta las principales ecotecnias utilizadas en contextos domésticos; lo que, como menciona la UNESCO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), destacan por su bajo costo, facilidad de uso y efectividad (UNESCO-PNUMA, 1992 y UNESCO, 2012). Además, incorpora reflexiones sobre la adopción social como factor clave para su implementación exitosa (Espejel y Castillo, 2008). Este recurso está pensado para ser utilizado en procesos de capacitación, réplica y apropiación comunitaria (Anexo 2).

La Tabla *1* presenta un resumen de las técnicas e instrumentos empleados en la investigación, organizados conforme a cada objetivo específico. Esta síntesis permite visualizar de manera estructurada la relación entre los objetivos planteados y las herramientas metodológicas utilizadas, facilitando la comprensión del diseño de investigación y la coherencia entre los enfoques teóricos y prácticos adoptados.

Tabla 1. Resumen de técnicas e instrumentos aplicados para la investigación.

Objetivo específico	Fase	Instrumento/Técnica	Resultado esperado
1. Analizar problemáticas ambientales, sociales, económicas y políticas entorno al agua y su gestión (a nivel mundial, nacional, estatal y municipal).	Investigación	Revisión del estado del arte y de la literatura.	Marco Teórico y contextual.
2. Analizar enfoque de adopción social ¿En qué consiste? ¿Qué factores, elementos y entes intervienen? ¿Qué requerimientos necesita?	Investigación	Revisión del estado del arte y de la literatura.	Marco Teórico y contextual.
3. Analizar diversos modelos de gestión del agua con enfoque ecotecnológico de manera general.	Investigación	Revisión del estado del arte y de la literatura.	Marco Teórico y contextual.
4. Realizar análisis histórico de cuáles y en qué consisten los programas / acciones / planes implementados en el ramo ecotecnológico, así como el nivel de aceptación que han tenido dentro de la zona correspondiente a León, Guanajuato.	Diagnóstico comunitario: Reconocer contexto hídrico, actores clave y prácticas actuales de gestión	Cuestionario aplicado a hogares con ecotecnias. Mediante entrevistas semiestructuradas.	Información sobre usos del agua, formas de abastecimiento y percepción comunitaria.
5. Analizar casos de éxito y fracaso en la implementación de prácticas ecotecnológicas en la zona de estudio, identificando áreas de oportunidad y limitaciones en su inserción y adopción social actual.	Estudio de caso: Analizar implementación y adopción social de ecotecnias	Observación directa. Mediante comparativo económico entre ecotecnias versus. escenario conexión a red de distribución de agua convencional.	Evaluación de viabilidad, pertinencia y beneficios socioambientales.
6. Elaborar modelo administrativo para la implementación de estrategias ecotecnológicas como propuesta descentralizada, con perspectiva de adopción social y enfoque económico ecológico.	Análisis comparativo: Contrastar escenarios de gestión hídrica	Modelo hipotético de conexión a red vs. modelo con ecotecnias	Evidencia para fundamentar propuesta administrativa
	Diseño del modelo administrativo ecotecnológico: Integrar estrategias participativas y sostenibles para política pública hídrica	Sistematización de hallazgos. Integración de saberes locales y técnicos	Propuesta de modelo con enfoque económico-ecológico y adopción social
	Producción de herramientas de implementación: Facilitar replicabilidad y apropiación comunitaria	Manual introductorio de ecotecnias	Estrategias para inserción comunitaria, capacitación y fortalecimiento institucional

CAPÍTULO 1. AGUA COMO DERECHO HUMANO: CRISIS HÍDRICA, MARGINACIÓN Y BÚSQUEDA DE UNA GESTIÓN SOSTENIBLE

Introducción

Indudablemente se reconoce al agua como recurso esencial para impulsar el desarrollo sostenible y socioeconómico, además de constituir un componente vital en el equilibrio de los ecosistemas y en la garantía de la vida (Organización de las Naciones Unidas, [ONU, 2022]). Además, es considerado como recurso crucial para la adaptación al cambio climático, siendo vínculo y mediador entre ambiente y sociedad. Ergo, frente al crecimiento poblacional, surge la necesidad de conciliar la demanda con la posibilidad de cobertura. Siendo el agua una cuestión de derechos, es urgente responder a los conflictos en su gestión, buscando reducir los factores que atentan contra la calidad de una vida digna. La consciencia colectiva sobre el agua, pese a sus evidentes beneficios, es un faltante grave, pues históricamente se soslaya su relevancia.

Diversas fuentes dan evidencia de que la crisis hídrica está intrínsecamente relacionada con la desigualdad socioambiental, la pobreza y la marginación que, en suma, con la contaminación del agua y la falta de acceso al saneamiento, se imposibilita la erradicación de la pobreza extrema (*Íbidem*). La falta de disponibilidad de un sistema de drenaje y del servicio sanitario posee severas consecuencias en la calidad de vida, siendo indicadores clave dentro del Índice de Marginación (IM) (Consejo Nacional de Población, [CONAPO, 2004]). Al correlacionar estas carencias, se observa una fuerte relación del IM y la falta de acceso al agua entubada (52.3 %) y al drenaje (41.8 %), de acuerdo con los datos más recientes publicados por CONAPO (2020). Siendo menester plantear alternativas, como las ecotecnias que preservan y cuidan el medio, reduciendo a la par, el gasto de capital monetario y disminuyan la brecha de desigualdad, siendo urgente un cambio de paradigma.

El objetivo central de este capítulo es analizar la compleja problemática del agua, entendida como una crisis multifacética que abarca la escasez, la contaminación y las deficiencias en su gestión, evidenciando la profunda intersección con la marginación socioeconómica y el imperativo de consolidar su acceso y saneamiento como derecho humano. Para ello, el capítulo se estructura buscando ofrecer un hilo conductor que alinee los temas siguientes:

La sección 1.2: Desafíos iniciales en su gestión, cuestiona los modelos de administración pública, privada y comunitaria y, resaltando la relevancia de la GIRH como enfoque sostenible y participativo (Friedberg, 1993; Pinos y Malo-Larrea, 2018; Palma y González, 2012). Asimismo, se contextualizan retos en Latinoamérica, México y Guanajuato, las limitaciones institucionales, la desigualdad socioambiental y la urgencia de reconocer al agua como derecho humano (CONAGUA, 2019; Leff, 2008; Becerra y Salas, 2016).

La sección 1.3: El agua y su impacto en el medio, detallando la magnitud de la crisis desde una mirada social, ambiental y de salud (Arlinghaus *et al.*, 2018; Perales, 2023; Fernández,

2020) y, se profundiza en su vínculo con pobreza y marginación, demostrando la forma en la que la falta de acceso es un obstáculo significativo para salir de la pobreza, en concordancia con lo mencionado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023).

La sección 1.4: Agua y Desarrollo Sostenible, toma como base lo reportado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), contextualizando la relevancia del recurso dentro de la Agenda 2030 y el ODS 6, resaltando la interconexión del agua con otros ODS para lograr un desarrollo realmente sostenible (PNUD, 2022).

La sección 1.5: Gobernanza del agua, aborda prácticas y sistemas necesarios para el desarrollo y manejo sostenible del agua (Zarza, 2024); analizando el marco legal en México y Guanajuato (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, [IMTA, 2019]); estudiando programas y proyectos alternativos, como ecotecnias (Tagle *et al.*, 2018a), para enfrentar los desafíos locales.

Finalmente, la sección 1.6: El agua hacia los Derechos Humanos, fundamenta al agua como derecho humano (CPEUM, 1917b), detallando criterios clave de cantidad, calidad y asequibilidad (ONU, 2002 y Domínguez, 2010) y, analizando la discriminación y exclusión que enfrentan grupos vulnerables en su goce del derecho (De Albuquerque, 2014).

El reconocimiento del agua como derecho humano es esencial para abordar la marginación y la pobreza, siendo una estrategia para promover el desarrollo sostenible y combatir la pobreza (ONU, 2020). El cumplimiento de éste requiere que gobiernos, organizaciones internacionales y la sociedad civil colaboren conjuntamente para garantizar su acceso, rompiendo el ciclo de exclusión y avanzar hacia un desarrollo más equitativo y justo.

1.1 Desafíos Iniciales de la Gestión del Agua

Es menester cuestionar la distribución y gestión del agua actual, analizar pros y contras de los sistemas de privatización, así como la dualidad entre concebirle como servicio público (comunitario) o privado (bajo un sistema); siendo relevante analizar su viabilidad y el aporte de nuevas formas de gestión (Pinos y Malo-Larrea, 2018).

Ejemplo de ello es la gestión comunitaria que, para Friedberg (1993), es el conjunto interdependiente de actores que participan de lo colectivo con acciones y estrategias que respondan a problemas específicos del entorno, empoderando a grupos/comunidades sin acceso directo al agua y, permitiéndoles crear y autogobernar su propio modelo de distribución.

Se entiende como GIRH al enfoque sostenible y holístico que integra la planificación, desarrollo, distribución y manejo óptimo del recurso; considerando factores para asegurar el bienestar social, la eficiencia económica y la sostenibilidad ecológica (Palma y González, 2012 y Ecoticias, 2024). Para una gestión integral se requiere una colaboración intersectorial y la participación social, buscando un equilibrio entre la necesidad humana y

la protección ecosistémica, fomentando un uso responsable para la generación presente y futura (*Íbidem*).

En Latinoamérica, el desmedido crecimiento poblacional, el aumento de demanda del bienestar económico así como el de usuarios del recurso, han conducido a la escasez y al empobrecimiento en el abastecimiento de agua, evidenciando la contaminación y agotamiento de las fuentes hídricas convencionales y, creando un profundo interés en poblaciones con problemas ambientales, políticos, económicos, sociales y culturales, así como el desafío implicado, por la falta de acceso y consumo inadecuado del agua.

En México, respecto a la problemática en la gestión del agua, se han presentado distintos programas y acciones, como los Programas Federales de Agua Potable y Saneamiento, los Programas Hídricos Regionales, el Programa Nacional Estratégico Agua (PRONACES Agua) y los Instrumentos de Gestión del Agua (SINA, estadísticas del agua y marco jurídico de las aguas nacionales) entre otros, con acciones que aseguran una gestión eficiente y su conservación para futuras generaciones; no obstante, faltan iniciativas claras en su gestión, necesitando alternativas de abastecimiento (CONAGUA, 2016b, 2019 y 2022b).

En suma, organismos y entes que actúan y estudian en favor del agua consideran urgente un cambio de paradigma; la guía para organismos operadores (agua.org.mx, 2009), remarca la prioridad de evaluar y estandarizar acciones de los Organismos Operadores, que actualmente reflejan la discontinuidad de los programas y planes de los funcionarios.

En el Estado de Guanajuato existe una ambigüedad ambiental, posicionándose en un dilema constante. Por un lado, está el éxito económico y político por su potencial de desarrollo y crecimiento en la región, y en contrapunto, es cuestionable en el rubro ambiental (Alvater, 2005).

Situación que aumenta el denominado metabolismo social, incrementando la desigualdad socioambiental, estando a favor del capital extranjero una redistribución del ingreso y, siendo el territorio guanajuatense el sujeto que paga el costo del deterioro ambiental (Leff, 2008). Sugiriendo con ello, actualizar y consolidar el derecho al agua como recurso humano y como derecho social (Becerra y Salas, 2016).

Además, dentro del escenario económico actual, se observa que la oferta y demanda, así como el libre comercio, han llevado a la búsqueda desmesurada de distintas y mayores fuentes de acceso, conduciendo a prácticas redituables en el rubro económico, pero devastadoras en el social y ambiental, siendo inasequibles e inviables para todos.

Las condiciones actuales han evidenciado que se va hacia una hecatombe ambiental frente al desgaste del medio, volviendo urgente atender la escasez hídrica, evitar su contaminación y el consumo masivo (UNESCO, 2024a). Bajo estas premisas, es menester plantear alternativas ecológicas, como las ecotecnias, preservando, cuidando y adquiriendo recursos del medio.

1.2 El agua y su impacto en el medio

De acuerdo con informes de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) (Arlinghaus *et al.*, 2018), México enfrenta un reto multidimensional debido al cambio climático y al uso excesivo del agua subterránea, por lo que, de no cambiar sustancialmente la política pública respectiva, el país ocuparía el quinto lugar de 142 países con mayor riesgo hídrico futuro y el segundo lugar entre los países de la OCDE.

La escasez de agua potable, aunado al crecimiento poblacional y al auge del desarrollo económico, indudablemente son un problema por enfrentar; culminando en una baja cobertura de las necesidades básicas y con ello, necesitando implementar acciones y asumir sus implicaciones, como sucede con las presas al generar energía hidroeléctrica, con un mayor uso de agua y aumento de contaminantes en el recurso. La crisis hídrica, si bien abarca escasez y contaminación, se considera como crisis, en el ámbito internacional, no sólo el agotamiento, sino también la falla en sistemas y procesos, siendo necesario buscar alternativas en la revisión de su gestión *per se* (Perales, 2023).

La GIRH se ha consolidado como respuesta, estableciendo el ciclo del agua mediante procesos como disponibilidad y abastecimiento, así como por alcantarillado y saneamiento, siendo procesos con aplicación amplia en la zona urbana; sin embargo, siendo complejo y deficiente al tratarse de la cobertura en la zona rural y periurbana del país (idrica, 2024). Entonces, se describe a la escasez de agua más como una crisis de voluntad política y de gobernabilidad que como una problemática de disponibilidad del recurso *per se* (UNESCO, 2024a). No obstante, su gestión rara vez se ha colocado al frente de la agenda gubernamental, provocando un manejo deficiente y; pese a todo el avance tecnológico y legislativo respecto a su uso eficiente, la escasez persiste, subrayando la urgencia de adoptar técnicas con enfoque resiliente que afronte el desafío impuesto por el cambio climático y que, mejoren el acceso al agua (sostenibles.org, 2024 y iAgua, 2023).

1.2.1 Desde una mirada social y ambiental

Actualmente, el discurso - efecto entorno a la escasez es claro. Sí existe la voluntad de cubrir la necesidad social, como *demanda de los privilegiados*; el problema es que se da sin importar si es a costa de un futuro ambiental. Ergo, la construcción social del agua permite comprender que la escasez no es un fenómeno puramente físico, sino como un discurso orientado a satisfacer la voluntad y demanda, estando a menudo a expensas de la sostenibilidad ambiental futura. Dinámica que se articula directamente con el concepto del ciclo hidrosocial (Swyngedouw, 2015), dentro del cual se postula a la distribución del agua como producto de las estructuras de poder político y económico. En ese sentido, la escasez se define socialmente como un punto de insatisfacción en la calidad y el abastecimiento, derivado de las altas demandas y los efectos de usuarios agregados que impiden una cobertura equitativa. Al respecto, la abstracción actual del agua como un bien puramente técnico (Linton, 2010) facilita que su gestión sea concebida por lógicas de mercado que,

bajo procesos de neoliberalización de la naturaleza, suelen privilegiar a actores con mayor influencia económica.

Si bien, se considera aparentemente un problema físico, es un resultante de la interacción de factores económicos, sociales y ambientales. Más allá de la no disponibilidad *per se*, se debe a la inadecuada asignación del recurso y a la alta demanda y, por ende, necesitando una mejor gestión (UNESCO, 2003).

El PNUD menciona que, en 2015, respecto al agua potable y al suministro seguro, aproximadamente el 71 % de la población mundial gozaba de ello, dejando aproximadamente a 844 millones de personas sin goce (29 %); mientras que, respecto al saneamiento seguro, 39 % de la población tiene acceso a éste, mientras que un 36 % accede a él, pero de forma deficiente (equivalente a 2.3 mil millones de personas) y un 25 % con acceso nulo o escaso (alrededor de 892 millones de personas). Además, un 80 % de las aguas residuales es vertido sin tratamiento alguno en vías fluviales, 2 mil millones de personas se ven afectadas por el estrés hídrico y a nivel mundial, se han perdido en el último siglo alrededor del 70 % de las zonas húmedas (PNUD, 2022).

De acuerdo con el Informe Planeta Vivo del Fondo Mundial para la Naturaleza (*World Wide Fund for Nature*, WWF), se evidencia una presión alarmante sobre la biodiversidad y los ecosistemas, derivada de la creciente escasez de recursos naturales, fenómeno que refleja un deterioro generalizado y equitativo en distintos rubros ambientales, lo que remarca la urgencia de atender las causas estructurales de dicha pérdida (WWF, 2007). Dicho informe muestra la reducción en un 29 % del índice de población de las especies presentes en los cuerpos de agua dulce de 1970 al 2003, población que comprende alrededor 195 especies de mamíferos, aves, anfibios, reptiles y peces de ríos, lagos y ecosistemas de humedales (*Íbidem*). La afectación y cambio de los ecosistemas de agua, así como la alteración a su dinamismo afectan directamente al medio, a los seres que habitamos con y de él (Baron *et al.*, 2002). Esto, no deja más que entrever la gravedad, sin ser un tema aislado al crecimiento económico y la estabilidad socioambiental, siendo más bien, un reflejo de la cruzada mundial por abastecer a un mundo cada vez más seco y sediento.

El informe Afrontar la escasez de agua de la Organización de las Naciones Unidas de Alimento y Agricultura (por sus siglas en inglés, *Food and Agriculture Organization*, FAO), describe 3 grandes retos para la gestión del agua: Primero, la escasez por la creciente urbanización, el cambio y desarrollo socioeconómico de las naciones; por ejemplo, alrededor del 40 % de la población mundial vive en áreas de estrés hídrico y, se estima que para 2025, el 67 % vivirá con problemas vinculadas al agua (FAO, 2013). Segundo, la contaminación ambiental, 80 % del agua residual no tiene tratamiento ni saneamiento adecuado, provocando un gasto innecesario por el desperdicio de su no reutilización y, además, por contaminar el entorno natural, así como por el difícil acceso a agua de calidad (ONU, 2022). Y tercero, la incertidumbre ambiental, en los últimos años han surgido riesgos inesperados, acelerando el cambio climático y atentando contra la estabilidad mundial;

alrededor del 90 % de las catástrofes ambientales, están vinculadas con sequías e inundaciones, afectando salud, alimentación y al medio (FAO, 2013).

La crisis hídrica desafía tanto al sistema económico, social e igualmente al de salud; por ejemplo, se estimaba que para 2025, el 50 % de la población mundial viviría con escasez hídrica (OMS, 2023); por ello, se planteaba como menester la modificación y búsqueda de una mejor gestión, a través de voluntades políticas y del ejercicio práctico institucional que garantizase el abastecimiento y la calidad del recurso.

Es evidente que la escasez amenaza y supone un gran reto en seguridad mundial, donde se pueden enumerar conflictos entre naciones por ejercer poder o por posesión del recurso, estrés hídrico a falta de agua o del déficit de disponibilidad, sistemas deficientes de distribución, cantidad y calidad, poca o nula consciencia sobre la escasez y riesgos de salud asumidos por agotamiento y la inequitativa distribución del recurso existente.

1.2.2 Desde una mirada hacia la salud

El agua es clave para la salud pública y un estabilizador del planeta, pues gestiona y controla las partículas contaminantes de la atmósfera y los cambios climáticos (Fernández, 2020); además, es considerado como disolvente universal por excelencia, pues permite solubilizar cualquier sustancia en ella y, gracias a ésta, las plantas absorben nutrientes, por lo que es necesario conservarla y protegerla, máxime, ante la constante amenaza de escasez. Para Lezana (2015) hablar de salud no consiste únicamente en la ausencia de enfermedades; es también un indicador para el bienestar y en la capacidad de desarrollo cognitivo y físico del individuo, remarcando un vínculo directo entre la falta de agua con las enfermedades y la pobreza, como un factor limitante del crecimiento social y económico.

De acuerdo con el informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), los países en desarrollo están en un dilema, pues contando con un territorio abundante en agua, no poseen políticas públicas que aseguren su acceso ni que normen su uso sostenible, evitando su contaminación y buscando su protección (BID, 2018). Aproximadamente 2.1 billones de personas en el mundo no cuentan con acceso a agua potable de forma segura (UNESCO, 2015), conduciendo a una reflexión urgente sobre su valor como bien escaso, a su valor de mercado, a su uso y consumo y; a su desgaste como producto industrial sin importar la alarmante señal de su agotamiento.

Para el Consejo Consultivo del agua, A.C. (2016), la disponibilidad del agua es la cantidad y calidad del recurso, en condiciones necesarias para la vida y el desarrollo; a nivel mundial, de 1990 al 2015, el acceso a agua potable aumentó de un 76 % a un 91 %, empero, se estima que 1.8 billones de personas no disponen de ella y, por ende, consumen agua contaminada.

Las condiciones de sanidad respecto al agua son parteaguas en la seguridad y calidad de vida, permeando disminuir la pobreza y el hambre, mejorar la salud y el bienestar socioambiental. Es importante comprender que su disponibilidad está determinada por

factores políticos, económicos y de salud, además de la ubicación geográfica. En México actualmente, el promedio nacional de disponibilidad al año se estima en alrededor de 5,000 metros cúbicos (m^3) por habitante; sin embargo, existen marcadas diferencias regionales: en el sur del país la disponibilidad puede superar los 20,000 m^3, mientras que en el centro y norte los valores mínimos rondan entre 1,000 y 2,000 m^3 por habitante al año (CONAGUA, 2024d). Aproximadamente el 94.6 % de las Viviendas Particulares Habitadas (VPH) cuentan con agua entubada y el 92.8 % cuentan con drenaje (Consejo Consultivo del agua, A.C., 2016; INEGI, 2020).

De acuerdo con la Encuesta Intercensal 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), Guanajuato se mantiene entre los Estados con mayor número de viviendas particulares habitadas (VPH). El 95.6 % de las VPH cuentan con acceso a agua entubada, mientras que un 3.5 % lo obtienen por otros medios como acarreo, y 0.9 % no especificó (*Íbidem*). Ahora bien, en el caso de las VPH con acceso a agua entubada, 79.2 % disponen del servicio dentro del hogar para actividades cotidianas, mientras que 20.8 % lo tienen en el terreno, pero fuera de la vivienda, lo que limita su uso principalmente a exteriores y áreas verdes. Particularmente en localidades con 2,500 o menos habitantes, las cuales son un símil con las condiciones que en aproximación presentan localidades de Guanajuato, la disponibilidad de agua entubada alcanza apenas el 47.1 % de las VPH (*Íbidem*).

Con base en el glosario de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT) se entiende por fuente de abastecimiento a los depósitos, así como el curso que toma el agua subterránea o superficial, de manera natural o artificial; siendo utilizados como parte de los sistemas de suministro para el servicio de agua (SEMARNAT, 2015). En México, del total de viviendas con agua entubada, 89.15 % se abastece mediante el servicio público, 5.97 % mediante pozos comunitarios, 2.82 % por pozos particulares y por último; 0.607 %, 0.035 % y 1.10 % se abastecen por pipa, otra vivienda o no especificado, respectivamente y; en las localidades con menos de 2,500 habitantes, existen 3,248, 351 viviendas con la posibilidad de contar con agua entubada, de las cuales, 64.81 % se abastecen por servicio público, 30.43 % por pozos (23.14 % de comunitarios y 7.29 % de particulares), 0.84 % mediante pipas, 0.59 % de la compartición de otra vivienda y 3.31 % no especificado (INEGI, 2015).

La falta de drenaje y de servicio sanitario poseen severas consecuencias en la calidad de vida, higiene y salud, su carencia repercute, además, en el gasto familiar y en la salud pública; de ahí la necesidad de estimar este indicador al conocer el número de habitantes que carecen del servicio entre el número total de habitantes; esclareciendo las disparidades sociales y en la calidad de vida como parte del IM (CONAPO, 2004). De las VPH en México, 92.93 % cuentan con drenaje mientras que 7.07 % no cuentan con él para el desalojo de las aguas grises o negras, mientras que, para las localidades con 2,500 o menos habitantes, el 77.52 % tienen acceso y 22.48 % no cuentan con él (INEGI, 2015).

La contaminación del agua y la falta de acceso al saneamiento imposibilitan erradicar la pobreza extrema y enfermedades en los países en desarrollo. A nivel mundial, en 2017, alrededor de 2 mil millones de personas no tenían acceso al saneamiento básico, esto es que, aproximadamente 673 millones de personas practican defecación al aire libre (ONU, 2022); reflejando el número de personas que exponen su salud por la contaminación por heces, cifra en aumento debido al consumo de agua distribuida por sistemas vulnerables a la contaminación, identificando como principales causas de mortalidad infantil al consumo de agua no potable y la falta o deficiencia del sistema de saneamiento. En países en desarrollo, problemas como la diarrea infantil se vincula con el consumo de agua contaminada con agentes patógenos, a la falta de procesos higiénicos, así como a la propia escasez, provocando la muerte de aproximadamente 1.5 millones de niños menores de 5 años al año; lo que evidencia la necesidad de cumplir los ODS y afrontar la problemática; reconociendo que la solución no es sólo una obligación por cumplimiento de derecho, sino que debe ser sustentable y rentable (Hulton y OMS, 2012).

Con base en la OMS (2023), la transmisión de enfermedades se relaciona con la ingesta de alimentos tratados con agua contaminada, directa o indirectamente, interconectando la calidad del agua con la calidad de vida; estimando además que, alrededor de 502 mil personas fallecen por enfermedades vinculadas a la ingesta de agua contaminada. Además, la OMS realiza esfuerzos para prevenir la transmisión de enfermedades a causa de la calidad del agua; por un lado, ha elaborado material formativo sobre su calidad, específicamente sobre agua potable, uso responsable y el tratamiento de las aguas residuales y, además, colabora con diversas instancias, como el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (*United Nations International Children's Emergency Fund*, UNICEF), generando herramientas como *WASH FIT* (*Water and Sanitation for Health Facility Improvement Tool*), para planificar la seguridad del agua (*Íbidem*).

Combatir la escasez permite afrontar los retos para una seguridad integral de recursos y seguridad alimentaria e, igualmente a la pobreza y reducir los conflictos sociales y la pérdida de biodiversidad, además de permitir el crecimiento económico y la adaptación al cambio climático; no obstante, la presión por cubrir las necesidades, atenta contra la permanencia y disponibilidad, como se da con la agricultura que, es y seguirá siendo el principal consumidor de agua, ejerciendo presión sobre el recurso hídrico (Orr *et al.*, 2010).

Por tanto, el riesgo por escasez hídrica incrementa directa y proporcionalmente con los patrones de consumo alimenticio, así como con la población, reflexión que plantea que a menos de que la producción alimenticia eficientice la gestión del agua requerida para sus procesos, el panorama del 2050 es desolador, contemplando el incremento poblacional y su consumo alimenticio cambiante, existirá la urgencia de contar con 5,000 millones de litros (L) de agua adicionales (5 millones m^3) para abastecer la necesidad de alimento poblacional a nivel mundial (*Íbidem*).

Con base en el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en México, en 2022, alrededor de 46.8 millones de personas se encontraban en situación de pobreza, mientras que 9.1 millones en pobreza extrema (CONEVAL, 2023c); posteriormente, de acuerdo con la nueva medición realizada por el INEGI (2024c), la población en situación de pobreza multidimensional se redujo a 38.5 millones y la pobreza extrema a 7 millones. Cifras preocupantes al agregar la falta de disponibilidad y acceso al agua, así como la falta de protección y seguridad higiénica, pues éstas impactan en la salud, en el rezago social y educativo e, imposibilitan el desarrollo integral humano y sostenible (UNICEF, 2017). La carencia de agua potable, estima que para 2050, el estrés hídrico será de tal afectación, que al menos 1 de cada 4 personas no tendrá acceso al agua (PNUD, 2022).

1.2.3 Intersección de pobreza, marginación y problemas del agua

De acuerdo con el CONAPO (2015), se han instrumentado mediciones desde hace 20 años en México, para conocer la desigualdad poblacional y resumir sus dimensiones de análisis en: educación, ingreso, vivienda, salud y localización espacial. Así, México se ha vuelto pionero en Latinoamérica en el proceso de entender, identificar y medir la marginación, contando con instrumentos como la dimensión territorial (situación de marginación por ubicación), establecimiento de línea de pobreza (insatisfacción de criterios que definen el estado de vulneración social y marginación) e, índice de desarrollo humano (abordando desigualdad por unidad territorial) (CONEVAL, 2014).

Si bien los conceptos de marginación y marginalidad pudieran ser considerados como símiles, éstos presentan matices distintos que conviene precisar. Ambos conceptos se relacionan con procesos de exclusión y desigualdad, pero cada uno enfatiza dimensiones particulares que permiten comprender la dinámica socioeconómica en la que se insertan.

Se entiende por marginación al resultado expreso de la desigualdad por una participación no regularizada ni estandarizada de los grupos sociales, siendo un proceso estructural vinculado con el alcance del desarrollo socioeconómico de una nación y con la dificultad de acceder al progreso colectivo en los sectores poblacionales, repercutiendo en la estructura de producción y en la disparidad territorial (CONAPO, 1998); conllevando a la vulneración de grupos (que no es sinónimo de vulnerabilidad), donde difícilmente se atienden sus problemas ni se ofrecen oportunidades debido al modelo productivo no igualitario. Cardoso (1994) enfatiza la localización de las masas con marginación, explicando la reserva salarial y tabuladores, convirtiéndose en la parte de la *población sobrante*, sin impacto ni influencia, redondeando así el concepto de *estar fuera del margen*.

Por su parte, la marginalidad refiere a la posesión de características provenientes de dos segmentos: tradicional (obstáculo en vías del crecimiento económico y social auto sostenible) y moderno (propuestas para el desarrollo social) (Germani, 1962). Hablar de ella evoca a la determinación geográfica, que, de manera retórica, infiere que no ha llegado el desarrollo ni el humano moderno, aludiendo a la disgregación social desde la perspectiva

humana (separación de sociedad con vestigios pasados, tradicionales o arcaicos) y desde la búsqueda de la denominada modernidad. Dentro de ésta, hay 5 dimensiones vinculadas al individuo sin importar su localidad, como se ve en la Figura *2*. Ergo, la marginalidad es la falta de participación en beneficios y recursos sociales, la falta de integración en decisiones sociales y la carencia interna y externa de recursos (*Íbidem*).

Ergo, la marginación refiere a un proceso estructural derivado de la desigualdad socioeconómica y territorial, mientras que la marginalidad describe la condición de ciertos grupos cuyo desarrollo social está condicionado por rasgos particulares. Diferenciales evita una confusión conceptual y aporta claridad al análisis, mostrando como ambas se complementan en la explicación de fenómenos sociales vinculados con la exclusión.



Figura 2. Dimensiones de la marginalidad. Elaboración Propia con base en Germani (1962).

Por su lado, la exclusión social, más allá de su definición teórica, explica por qué los individuos y elementos que estaban integrados en una planeación social inicial han sido soslayados de los frutos del desarrollo y del bienestar social. En contrapunto, Minujin (1999) describe a la inclusión social como la posibilidad de contar con derechos sociales, no sólo en teoría y, declara en estado de exclusión social a todo individuo carente de ello; además, concibe la desigualdad como la falta visible y palpable de oportunidades, características, obligaciones y derechos, en comparativa de un individuo a otro.

A partir de lo anterior, surge una interrogante: ¿cuáles son las implicaciones de una limitada conciencia hídrica de clase frente a la crisis? Bien, primeramente, diversos estudios señalan que la falta de sensibilización y acción colectiva repercute en el plano individual, al vulnerar derechos básicos como el acceso al agua y la salud, y en el plano comunitario, al comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas y los recursos esenciales para el desarrollo. En términos estructurales, esta situación se vincula con el incremento de la pobreza y la profundización de la desigualdad social (ONU-Agua, 2015 y OMS, 2023).

Una persona está en condición de pobreza al poseer por mínimo una carencia social, es decir, el faltante por mínimo de 1 de los 6 indicadores del índice de privación social, que miden la falta de educación, salud, seguridad social, calidad/espacio de vivienda, servicios básicos y alimentación y además; si su ingreso es menor al requerido para adquirir bienes y servicios para cumplimentar las necesidades básicas humanas; estando determinada por la función: $Pobreza\ (i) = x + y$; donde $x =< 5$ factores de bienestar social y, $y = ingreso\ <$ al requerido para cobertura de necesidades básicas (CONEVAL, 2018a).

Con ello, se clasifica la pobreza en extrema, si tiene tres o más carencias y un ingreso tan bajo que no logra cubrir ni el factor de bienestar de alimentación o; moderada, si padece de una a dos carencias. Concibiendo que una población no es pobre ni vulnerable cuando su ingreso per cápita es superior al límite en la línea de bienestar y no padece ninguna carencia social, siendo la pobreza la suma de los criterios: ingreso económico, rezago educativo, acceso a alimentación, grado de cohesión social, calidad y espacios de vivienda y, acceso a seguridad social y servicio de salud (CONEVAL, 2018b).

Así pues, pobreza, marginación, marginalidad y desigualdad son fenómenos sociales que afectan a un porcentaje mayor de la población, sin representar únicamente una falta de ingreso económico, pues trascienden de él, abarcando la incapacidad de acceder a servicios básicos y la falta de control sobre los recursos, llevando a una vida de privaciones constantes, como el acceso limitado o nulo a servicios básicos como el agua potable. La marginación y la marginalidad, por las que ciertos grupos son desplazados a la periferia, limitan el acceso a oportunidades y recursos, *haciéndoles vivir al margen*, en áreas remotas y en precariedad, siendo los más afectados por la escasez de agua, pues carecen de la infraestructura para acceder a fuentes seguras y confiables.

El Índice de Marginación (IM) es el instrumento que permite orientar a las políticas públicas, enfocándose principalmente en las carencias de la población respecto al acceso a bienes y servicios básicos. Sirve para identificar aquellos sectores que padecen carencias sociales y la imposibilidad de oportunidades para el desarrollo. Con base en el IM en México 2015 (CONAPO, 2015), mediante una matriz de correlación se encontró que, carencias como analfabetismo, no educación primaria, vivienda sin drenaje, no luz, no agua, piso de tierra e ingreso menor o igual a dos salarios mínimos, están significativamente correlacionados con el grado de marginación, cuya correlación más baja es la de viviendas sin drenaje y excusado con un 0.44 y la más alta la de analfabetismo con un 0.88. Ahora bien, resaltando

la correlación con el agua, se encontró una correlación alta del IM en un 54.64 % y 44.13 % con la carencia de agua y de acceso al drenaje, respectivamente.

Ergo, el agua es un factor determinante, crucial para la salud y el desarrollo económico y, la carencia de éste puede ser un obstáculo significativo para salir del estado de pobreza. Siendo una problemática multifacética, pues abordan aspectos como escasez, contaminación y gestión deficiente (OMS, 2023). La gestión deficiente, incluyendo la falta de inversión en infraestructura y la corrupción, exacerban el problema, dejando a las comunidades vulneradas sin acceso a agua segura.

Por tanto, reconocer al agua como derecho humano es fundamental para abordar la marginación y la pobreza. Asegurar su acceso no refiere únicamente a una cuestión de justicia social, debiese ser también una estrategia efectiva. El vínculo entre conflictos del agua con pobreza, marginación y marginalidad es parte de un ciclo viciado que necesita ser atendido con urgencia, requiriendo que gobiernos, organizaciones internacionales y la sociedad civil colaboren en la garantía de acceso para todos, buscando ser un medio que rompa el ciclo de exclusión y pobreza y, avanzar hacia un desarrollo más equitativo y justo.

1.3 Agua y Desarrollo Sostenible

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible representa un marco de acción integral que promueve la sostenibilidad en la dimensión ambiental, social y económica para los Estados Miembros; enfatiza la necesidad de un cambio de paradigma, remarcando la importancia de incluir y proteger al ambiente y el bienestar social. La Agenda que se articula mediante los 17 ODS, con estrategias de acción, planificación y monitoreo (PNUD, 2022).

Los ODS fueron adoptados en 2015 por todos los Estados Miembros, con el fin de erradicar la pobreza, proteger el medio, asegurar paz y prosperidad para el 2023. Todos los ODS están relacionados, reconociendo que las acciones de uno repercuten en los demás y, al integrarlos, alcanzan un equilibrio en el desarrollo ambiental, social y económico. Inspirados por el espíritu de las Naciones Unidas fueron concebidos para orientarse bajo indicadores CERO: cero pobreza, cero enfermedades y cero discriminación; por lo que, priorizar su consecución es esencial, siendo imperativo aprovechar el conocimiento, la creatividad, la tecnología y los recursos disponibles desde la particularidad de cada contexto (*Íbidem*).

Respecto al agua, el ODS 6 se centra en la garantía de disponibilidad de agua y del saneamiento, así como en su gestión sostenible; además, denota la relevancia crítica del recurso para el sostenimiento ecosistémico y de la vida en general. En suma, el agua es clave en la lucha contra la pobreza y la desigualdad y, su gestión adecuada es fundamental para la agricultura, la industria y la energía; así pues, es evidente la necesaria integración del ODS 6 con otros ODS, pues, por ejemplo, conservar los ecosistemas acuáticos (ODS 14), los impactos en la vida comunitaria (ODS 11), la búsqueda de la igualdad de género (ODS 5), la

educación (ODS 4) y la salud (ODS 3), se ven directamente influenciados por el acceso al agua potable y al saneamiento; denotando su relación intrínseca con el agua (*Íbidem*).

Uno de los propósitos de la ONU es el respeto por los derechos humanos, por ejemplo, en la Declaración del Milenio del 2000, asumieron compromisos para asegurar estos derechos y la conservación del ambiente; estipulando metas de desarrollo, que posteriormente se denominaron ODS. La ONU, junto con diversos organismos mundiales, como el PNUD y la UNICEF, han realizado acciones para afrontar la crisis hídrica y el cumplimento de derechos humanos; creando, por ejemplo, el Programa ONU-Agua en 2003, promoviendo y coordinando medidas para el agua y su saneamiento, dando pie a los ODS (ACNUDH, 2003).

1.4 Gobernanza del agua

La gobernanza del agua se describe como el conjunto de prácticas a implementar para el desarrollo y manejo de los recursos hídricos; en el que, según la GWP abarca al sistema político, administrativo, económico y social (Zarza, 2024). En ese sentido, no solo es la toma de decisiones estratégicas ni la implementación de políticas, además, es la interacción y cooperación de actores y niveles institucionales para una gestión integral y sostenible.

En México, la gobernanza del agua ha tomado una nueva dirección, orientándose hacia la ciudadanía e impulsada por la demanda de apertura y participación de la sociedad en su gestión; siendo un viraje que responde a procesos de cambio institucional documentados en Guanajuato, donde la gestión del agua ha transitado de un modelo centralizado hacia esquemas más participativos, aunque con tensiones entre actores locales y estatales (Caldera *et al.*, 2020).

Guanajuato vive una situación hídrica crítica, con desafíos que abarcan desde la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de fuentes de agua, poniendo en riesgo la sostenibilidad en general y sobre todo a las comunidades rurales (IMTA, 2021); siendo desafíos que se enmarcan en lo que Caldera y Tagle (2015) denominan construcción social de conflictos por el agua, donde las tensiones entre cuencas y actores institucionales reflejan la complejidad política de la gestión hídrica en León y el Bajío.

Ésta se estructura con base a dos autoridades principales, la SEMARNAT y la CONAGUA. La primera es responsable de la política nacional sobre aguas, incluyendo la gestión de aguas residuales y la regulación hidrológica, mientras que la segunda se encarga de supervisar el cumplimiento de obligaciones estatales y administra aguas nacionales y humedales (SEMARNAT, 2018 y CONAGUA, 2016a). Sin embargo, como señala Caldera (2014), la gestión urbana del agua en León evidencia que las políticas públicas no siempre logran traducirse en resultados efectivos, pues las ideas que las sustentan se ven limitadas por la capacidad institucional y las dinámicas políticas locales.

La Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, hoy Secretaría del Agua y Medio Ambiente, SAMA), está encargada de liderear la gestión y promoción del uso responsable

del agua en el Estado, colaborando con entidades académicas y gubernamentales con el fin de optimizar el recurso hídrico (CEAG, 2022). Organismos como el IMTA y la ECOTEC (siglas correspondientes a la Unidad de Ecotecnologías de la Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]), a nivel nacional, contribuyen en la investigación y el desarrollo tecnológico para una gestión sustentable del agua (IMTA, 2022ª y ECOTEC, 2023).

En Guanajuato, comunidades rurales, como Los Rodríguez y La Cieneguita en San Miguel de Allende, La Joyita en León y, Mineral de Pozos en San Luis de la Paz, han implementado un modelo de cogestión para la gobernanza del agua, colaborando autoridades locales y organizaciones comunitarias, implementando prácticas de conservación y promoviendo una cultura del agua, con técnicas apropiadas para uso eficiente, particularmente captación de agua de lluvia y tratamiento de aguas residuales (Instituto Estatal de Guanajuato [IEG, 2023] y Hernández Figueroa, 2024). Estas experiencias comunitarias dialogan con lo planteado por Caldera y Tagle (2020), quienes destacan que en el Bajío guanajuatense la acción ciudadana y la cogestión son claves para enfrentar la crisis multidimensional del agua y avanzar hacia esquemas de gobernanza más inclusivos.

Así, Guanajuato se posicionó en el segundo lugar a nivel nacional por los servicios de agua potable, refiriendo al agua como pura y cristalina, sólo por debajo de Nuevo León (Rivas, 2022). No obstante, quedan retos por atender como la falta de infraestructura adecuada y la limitada capacidad técnica de las comunidades en su gestión. Además, la legislación vigente no refleja precisamente las necesidades y realidades locales, enfatizando la relevancia de contar con reformas legales que permitan una mayor autonomía y recursos dentro de la gestión comunitaria (CEAG, 2024a). Entonces, en vías de avanzar hacia una gobernanza del agua más sostenible e inclusiva, se requiere fortalecer la capacidad local y promover la inversión en infraestructura, siendo crucial la colaboración intersectorial y la participación ciudadana en la toma estratégica de decisiones (IMTA, 2021). En este sentido, la crónica del cambio institucional en Guanajuato muestra que la gobernanza hídrica requiere no solo infraestructura y recursos, sino también un rediseño de las reglas del juego que permita mayor autonomía local y participación efectiva (Caldera y Tagle, 2020).

En la zona rural, la gobernanza del agua enfrenta desafíos como la brecha de inequidad en el acceso al agua y a tecnologías. De acuerdo con el Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH), diversas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales colaboran en la mejora de la calidad del agua y en promover el desarrollo sustentable; por su parte el sector privado desempeña un rol importante en el suministro de agua y el respeto a los derechos humanos (ACNUDH, 2003).

Para una gestión más efectiva, es crucial la participación de actores involucrados, autoridades, comunidades y sector privado, buscando asegurar para el futuro un acceso equitativo. *Grosso modo*, la Tabla *2* describe los mecanismos operadores en el agua en México.

Tabla 2. Mecanismos operadores para el Derecho al Agua en México. Elaboración propia con base en ANEAS (2025), CONAGUA (2022a) y agua.org.mx (2025).

Eje Participante	Descripción
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Organismo descentralizado de la SEMARNAT, encargado de administrar, proteger y asignar el agua, además de elaborar las políticas que refieran al recurso. Desde su creación, generando diversas opiniones, ha promovido la privatización del agua y la descentralización de los organismos municipales.
Comisiones Estatales de Agua	Organismos públicos descentralizados de los gobiernos estatales, responsables de coordinar la planeación, administración y ejecución de políticas relacionadas con el agua en su entidad. Su función es articular las acciones de los organismos operadores municipales, promover la eficiencia en el servicio y garantizar la sustentabilidad del recurso a nivel regional.
Organismos Operadores	Entes encargados de proporcionar el agua y lo relacionado a su servicio en los municipios o delegaciones según corresponda. Éstos pueden ser públicos, privados o la combinación de ambos. Actualmente, presentan una complejidad financiera que refleja las ineficiencias del proceso y servicio.
Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México (ANEAS)	Asociación encargada de conjuntar a todos los organismos operadores, cuyo fin es el de apoyarles en el mejoramiento de su administración y proveeduría en el servicio; además de capacitarles para la mejora, profesionalismos y búsqueda en la autonomía de los organismos.
Consejos de cuenca	Órganos colegiados que brindan apoyo para la coordinación, consulta y asesoría para la participación social; cuyo principal objetivo es incentivar el manejo integral de las cuencas, su sustentabilidad y la participación local.
Organismos de cuenca	Órganos de índole gubernamental y descentralizados, encargados de la gestión y planeación del agua. Integrados por órganos federales, estatales y municipales, cuyas decisiones finales competen a la autoridad del agua.
Consejo Consultivo del Agua	Organismo ciudadano, independiente, de administración propia y con personalidad jurídica, cuyos integrantes son convocados por el Ejecutivo Federal mediante filtros como su trayectoria empresarial, social o académica. Es el ente encargado de la muestra de participación social en procesos y actividades de CONAGUA.

1.4.1 Marco legal referente al derecho al agua

El fundamento jurídico de la gestión del agua deriva del artículo 27° de la CPEUM, el cual declara a todas las aguas como propiedad originaria de la Nación, refiriendo en el párrafo 3° a la preservación, conservación y protección del equilibrio ecológico, los elementos naturales y las reservas de agua (IMTA, 2019). La CPEUM, reformada en mayo de 2020, establece que el derecho de propiedad sobre las aguas es inalienable e imprescriptible y, que su goce deriva de las concesiones otorgadas por el Poder Ejecutivo Federal; señala además que, el artículo 115° regula los servicios de agua potable y saneamiento y que, son responsabilidad de las autoridades municipales (CPEUM, 1917a). El artículo 4° reconoce el derecho humano al agua, integrándolo como parte de un ambiente adecuado para el desarrollo y bienestar social.

Con base en principios constitucionales, la Ley de Aguas Nacionales, regula el uso prioritario del agua y establece el Registro Público de Derechos de Agua, brindando seguridad jurídica en la asignación y transferencia de los derechos de agua (Ley de Aguas Nacionales, 1992); dando a la CONAGUA la responsabilidad de administrar y gestionar el recurso. Por su parte, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define criterios para controlar la contaminación del agua y supervisa las obligaciones estatales relacionadas con el agua potable y residual. La SEMARNAT utiliza esta ley para emitir normas oficiales

mexicanas para prevenir la contaminación del agua (LGEEPA, 1988). Y en cuanto a legislaciones secundarias, la Ley Federal de Derechos clasifica zonas de disponibilidad de agua y establece tarifas según el uso (Ley Federal de Derechos, 1981). La Ley General del Cambio Climático (2012) y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2018) contribuyen a proteger y manejar los recursos hídricos y ecosistémicos.

En Guanajuato, para entrar en el ámbito estatal, es menester resaltar que la Ley de Aguas para el Estado de Guanajuato publicada en el año 2000 (Congreso del Estado de Guanajuato, 2000), fue abrogada a partir del 1 de enero de 2013 conforme al 2° artículo transitorio del Decreto no. 272; en el cual se estableció que las disposiciones en materia de agua se absorberían por el nuevo Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato (Congreso del Estado de Guanajuato, 2012).

El Código Territorial constituye el marco normativo que regula el ordenamiento territorial, el desarrollo urbano y la gestión de los recursos naturales, incluyendo al agua. Este código busca integrar la planeación urbana con la sostenibilidad ambiental, articulando criterios de uso eficiente y conservación del agua. En consecuencia, la transición de la Ley de Aguas hacia el Código Territorial refleja un esfuerzo legislativo por integrar la gestión hídrica en un esquema más amplio de desarrollo territorial y urbano, aunque ha conducido a distintos debates respecto a su suficiencia y especificidad en cuanto a disposiciones en el rubro hídrico (Congreso del Estado de Guanajuato, 2012).

Por tanto, para fortalecer el marco legal del derecho al agua, es menester considerar la adaptación de las leyes a los desafíos actuales, implicando la actualización de normativas que garanticen la sostenibilidad y la equidad respecto al acceso al agua, así como promover tecnologías de conservación y tratamiento que hagan frente a la escasez y la contaminación; siendo necesario fomentar la participación social dentro de la gestión y asegurar que las políticas públicas reflejen las necesidades y derechos de las comunidades locales.

1.4.2 Marco referencial de programas y proyectos en Guanajuato

En Guanajuato, la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable, conocida como GIZ por sus siglas en alemán *Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*, ha implementado la Alianza Mexicana Alemana de Cambio Climático, con el apoyo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU). La GIZ funciona como una sociedad de responsabilidad limitada, lo que en alemán se denomina GmbH (*Gesellschaft mit beschränkter Haftung*).

La Alianza Mexicana Alemana de Cambio Climático ha colaborado con el gobierno mexicano en la creación de políticas climáticas a nivel nacional, estatal y municipal. Guanajuato, cuenta con un marco legal e institucional propio, basado en la Ley de Cambio Climático de sus municipios (LCCEM) y la Ley Estatal publicada el 15 de diciembre de 2015. Además, ha desarrollado el Programa Estatal de Cambio Climático (PECC), que establece estrategias para mitigar y adaptarse al cambio climático (Diario Oficial de la Federación, 2012).

El PECC identifica que las alteraciones en las precipitaciones aumentan la vulnerabilidad, causando lluvias intensas y sequías y, una disminución en la captación de agua, afectando oferta y demanda para consumo humano.

Para abordar estos desafíos, se han lanzado iniciativas como el Programa Integral de Sustentabilidad Comunitaria (PISC) del Instituto Estatal de Ecología de Guanajuato (IEE), que promueve el uso de energías renovables y la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), enfocándose en las comunidades más vulnerables (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2018). Como parte del plan de gobierno 2015-2018, El PISC busca adaptar y mitigar el cambio climático mediante energías renovables y ecotecnologías.

En Guanajuato, la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT), actualmente SAMA, ha implementado SCALL, estufas ecológicas, calentadores solares, producción de biogás y sanitarios ecológicos. Este programa se alinea con el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, la Estrategia Nacional de Cambio Climático y, la Ley de Cambio Climático del Estado de Guanajuato. Además, trabaja junto a la estrategia de Impulso Social de la Secretaría de Desarrollo Social y Humano (SEDESHU), actualmente Secretaría del Nuevo Comienzo, beneficiando a las zonas más necesitadas.

Así pues, el marco jurídico y programático en torno al agua, a nivel nacional como estatal, establece las bases normativas y las estrategias de gestión que buscan garantizar el acceso equitativo y sostenible al recurso. No obstante, la existencia de leyes, programas y proyectos no asegura por sí misma la resolución de las problemáticas hídricas, pues su efectividad depende de la capacidad institucional para traducir estos instrumentos en acciones concretas y legítimas. En este sentido, la transición de lo normativo a lo político exige reconocer que los conflictos por el agua no solo se derivan de vacíos legales o técnicos, sino también de la manera en que las prioridades se integran, o se excluyen, de la agenda pública y gubernamental.

La relación entre derecho, programas y conflictos se vuelve evidente cuando la tensión social alrededor del agua demanda atención prioritaria y, pese a ello, no logran consolidarse como problemas públicos dentro de la agenda política. La distancia entre lo establecido en la ley y lo implementado en la práctica abre espacio a procesos de negación de agenda, donde las problemáticas hídricas se postergan, fragmentan o se atienden de manera simbólica.

Así, el análisis del conflicto por el agua como problema de agenda permite ver cómo la gestión se convierte en un terreno de disputa entre actores, instituciones y política, y cómo la falta de integración efectiva en la agenda puede perpetuar desigualdad y tensión respecto al acceso y uso del agua.

1.4.3 Los conflictos por el agua ¿Problema de agenda?

La conformación de una agenda requiere distinguir entre administración, política y la compleja percepción de los problemas públicos. El concepto de agenda admite varias clasificaciones que, pese a sus diferencias, comparten rasgos comunes (Casar y Maldonado, 2008).

Se reconocen dos tipos principales: la agenda sistémica, de carácter constitucional o público, la cual agrupa los asuntos considerados relevantes para la acción gubernamental, y la agenda institucional, de índole gubernamental o formal, dentro de la cual se concentran los temas expuestos públicamente para la deliberación exclusiva de las instancias representativas del Estado (Aguilar, 1993 y Cobb y Elder, 1972).

Desde la ciencia política, se entiende como agenda al conjunto de acciones a integrar y ejecutar, distinguiéndose tres modalidades: pública, conformada por asuntos que la sociedad percibe como prioritarios; gubernamental, que refleja prioridades definidas por el gobierno en sus proyectos y gestión; y política, integrada por temas debatidos entre actores con capacidad de impulsar y dar seguimiento a las decisiones (Casar y Maldonado, 2008).

Entonces, una agenda de gobierno se entiende como el conjunto de problemáticas públicas que se incorporan a las acciones de gobierno para convertirse, de ser posible, en políticas públicas; implicando formular, legitimar, implementar y evaluar dichas políticas, aunque en la práctica no siempre se concreta (Aguilar, 1993). Cuando ello no ocurre, la propuesta se convierte en una agenda denial, es decir, un proceso de negación de agenda.

Para Cobb y Ross (1997), este proceso político desestima la necesidad de analizar, ejecutar y evaluar las estrategias de política pública, debido a limitaciones de recursos, intereses contrapuestos, ausencia de liderazgo y la tendencia a evadir el debate y el conflicto, soslayando la necesidad de incluirles dentro de la atención prioritaria. Las estrategias de negación incluyen: postergar el análisis profundo del problema, producir resultados imponderables que justifiquen la inacción, generar procesos vacíos o placebo, normar de manera fragmentada y crear soluciones simbólicas que no resuelven directamente el conflicto (Thoening y Meny, 1992).

En continuidad con la discusión sobre la conformación de agenda, surge la pregunta: ¿En qué consiste un conflicto público del agua? Casar y Maldonado (2008) señalan que no todos los problemas sociales serán problemas públicos, pues éstos ocurren únicamente cuando se integran en la agenda política. No obstante, con regularidad son los problemas de índole social los que incitan a la transición hacia lo público (Subirats *et al.*, 2008) y; dependiendo de su magnitud, algunos logran visibilizarse y consolidarse dentro del consenso general, adquiriendo así la condición de problema público (Aguilar, 1993). El conflicto del agua se entiende como la disputa entre grupos sociales y actores con intereses contrapuestos en torno al abastecimiento, disposición y distribución del recurso.

En concordancia con la reflexión sobre la agenda gubernamental y los conflictos públicos, resulta esencial reconocer que su efectividad depende de la capacidad institucional para atender de forma integral y transparente las problemáticas emergentes, especialmente en el rubro de agua. La ausencia de claridad y legitimidad en la formulación de políticas públicas puede derivar en una negación de agenda, situación en la que las problemáticas, aunque presentes, no reciben la atención prioritaria que requieren.

La discusión sobre los conflictos por el agua como problema de agenda conduce inevitablemente a reflexionar sobre su dimensión jurídica y ética, en particular cuando se reconoce al agua como un derecho humano fundamental.

La falta de atención prioritaria a las problemáticas hídricas dentro de la agenda gubernamental no solo genera tensiones sociales y políticas, sino que también pone en riesgo el cumplimiento de los principios constitucionales y de justicia social que garantizan el acceso equitativo al recurso. En este sentido, el tránsito de los conflictos hacia el reconocimiento del agua como derecho humano implica ampliar la mirada más allá de la gestión administrativa, situando al recurso en el centro de la dignidad y bienestar de las personas.

1.5 El agua hacia los Derechos Humanos.

Con base en su origen etimológico, el concepto Derecho proviene del latín *directum* que significa no apartarse del buen camino, seguir el sendero marcado por ley, lo bien dirigido (RAE, 2025a).

De acuerdo con conceptos jurídicos fundamentales del Poder Judicial del Estado de Guanajuato (2023a, 2023b), los cuales aluden a Flores-Gómez y Carvajal, Derecho es el conjunto de normas jurídicas creadas por el Estado para regular la conducta externa humana y proveer sanciones judiciales en caso de incumplimiento; e igualmente aludiendo a Pereznieto y Ledesma, Derecho refiere al conjunto de normas que establecen las reglas y deberes que otorgan facultad, para el establecimiento de la convivencia social proveyendo a todos los individuos de la sociedad de libertad, justicia y seguridad.

Grosso modo, se puede definir como Derecho al grupo de normas y reglas jurídicas encargadas de regular el comportamiento y conducta humana en el entorno, es decir, en sociedad.

De acuerdo con el Comité de Derechos Económicos Sociales y Culturales (CESCR, 2002), en su observación número 15, detallan las características del derecho y las obligaciones que adquiere el Estado para cumplir y proteger el derecho al agua, definiéndolo como el derecho de disponer agua suficiente, de buena calidad y siendo accesible para todos, contando con elementos para la garantía de dignidad, vida y salud de todas las personas; además, considera como factores clave los detallados en la Tabla *3* y; desde esta observación, la ONU se compromete a dar seguimiento a estos factores no negociables en

torno al derecho al agua, con los cuales y, pese a la crítica y juicio de los derechos sociales, el derecho al agua lejos está de ser general (agua.org.mx, 2017a).

Tabla 3. Factores para el Derecho al Agua. Elaboración propia con base en agua.org.mx (2017a).

Factor	Descripción
Disponibilidad	Factor que indica la accesibilidad al abastecimiento del recurso hídrico, además de que éste sea continuo y suficiente.
Calidad	Factor que indica que el agua disponible y distribuida debe ser salubre, es decir, que no contenga sustancias dañinas ni perjudiciales para el ser humano.
Accesibilidad	Factor que indica el nivel de asequibilidad en el proceso y mecanismo para la distribución del agua, así como el agua *per se*; es decir, el nivel de alcance y acceso. Esto, en referencia a 4 tipos de accesibilidad: **1.- Física:** Poder literalmente acceder a algún suministro de agua. **2.- Económica:** Costo y cargo directo, alcance de pago de todos. **3.- No discriminación:** Está a disposición de todos, no importando raza, sexo, religión, origen, etc. **4.- Información:** Se debe tener acceso a la información del agua, a cualquiera que la pida, para su conocimiento y/o discusión.

Para ahondar en la expresión: el agua como derecho humano, se ha de contextualizar a los derechos humanos, sus implicaciones y reflexionar si realmente están dentro del derecho, pese a que su propio nombre indicase que sí. El estudio de éstos se aborda desde dos enfoques, tanto como atributos inherentes a la condición humana y, como figuras reconocidas dentro del marco jurídico.

Esta dualidad genera complejidad, ya que los derechos humanos pueden entenderse desde el derecho natural, por ser propios de la persona, como desde el derecho positivo, cuando el Estado los reconoce y garantiza. Sin profundizar en definiciones, se asume que éstos responden a necesidades esenciales del ser humano, independientemente de su formalización legal. Lo anterior plantea una pregunta clave: ¿Qué desafíos implica incorporarlos en el ámbito jurídico?

Según Hunt (2010), una primera dificultad se encuentra desde su construcción semántica, pues para ser derechos humanos, deben apelar y proteger a todos los humanos, necesitando ser naturales, iguales y universales, permitiendo que todos puedan poseerlos por igual. Además, de acuerdo con Dworkin (2011), la esencia de estos derechos radica en el concepto inalienable de dignidad, lo cual diferencia al humano de los demás seres, otorgando características específicas y, actuando en favor de alcanzar la unicidad y el respeto (propio y ajeno), lo que nos conduce a un concepto más, la dignidad.

Para Ferrer Mac-Gregor *et al.* (2013) la dignidad reconoce íntegramente la valía del ser humano en sí, otorgándole valor a la calidad y el respeto para su posterior cumplimiento. Carpizo y Valadés (2010) la identifican como la suma de características y necesidades reconocidas a la persona, confiriéndole el carácter de autor último en la toma de decisiones del Estado, agregando que, se referencia dentro del plano jurídico desde el ordenamiento político, jurídico y social de una comunidad, para que ésta se encargue de los mecanismos de protección y defensa de los derechos humanos.

Por ello, Martínez Bullé-Goyri (2013) explica que los derechos humanos son la explicitación normativa y jurídica de la dignidad humana. Ergo, el acceso al agua es un derecho humano que se fundamenta en 3 aspectos críticos: la cantidad, la calidad y la asequibilidad.

Según la ONU (2002), la cantidad necesaria para satisfacer las necesidades domésticas y personales se estima entre 50 a 100 L diarios per cápita, la calidad del agua debe ser tal que sea segura para el consumo, libre de contaminantes y con características organolépticas aceptables y; la asequibilidad implica que el costo no debe ser prohibitivo, permitiendo adquirirla sin sacrificar otros bienes y servicios esenciales (Domínguez, 2010).

Este derecho esboza una larga brecha y con ella, la resolución de diversos cuestionamientos y, aunque es reconocido como derecho humano sigue sin plasmarse dentro de las legislaciones nacionales explícitamente, dejando fuera procesos. Problemáticas que han abierto el debate, intentando configurar un acceso más amplio y seguro, considerando, por ejemplo, al saneamiento y tratamiento como prioridad dentro del derecho.

Los estudios que les consideran parte del derecho, desde el ámbito político y legislativo, permiten verlo como un tema de gobernanza, garantizando su abordaje como derecho legal y no como caridad, estableciendo bases y responsabilidades, fomentando la participación en toma de decisiones para abastecimiento y orientando la atención a los grupos vulnerables y marginados, brindado a su vez los requerimientos para su tratamiento y saneamiento y, con ello, la base para el desarrollo de reformas y políticas públicas que prioricen recursos y monitoreen cambios (*Íbidem*).

Reconocido internacionalmente y reafirmado por la CPEUM en su Artículo 4°, el cual estipula que toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico de manera suficiente, salubre, aceptable y asequible (CPEUM, 1917b); este derecho es crucial para el desarrollo y bienestar y, el Estado tiene la obligación de garantizarlo.

Mediante la ley mexicana se definen bases, apoyos y modalidades para acceder y usar equitativa y sustentablemente, promoviendo la participación ciudadana para alcanzar estos fines. En el ámbito internacional, a través de la Resolución 64/292 del 28 de julio de 2010, se reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, subrayando que es fundamental para la realización de todos los derechos humanos (ONU, 2024).

Esta resolución insta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar los recursos necesarios para asegurar que todos los individuos, especialmente aquellos en países en desarrollo, tengan acceso a servicios básicos. Se destaca la importancia de considerar el agua no solo como una necesidad básica sino como fundamental dentro del ejercicio de otros derechos humanos. Su reconocimiento remarca la responsabilidad del Estado para garantizar su acceso y gestión, asegurando así que cada individuo pueda vivir una vida digna y saludable.

La ONU, al reconocerlo en 2010, refuerza la necesidad de una acción global que enfrente los desafíos, lo que resuena profundamente con los compromisos postulados dentro de la CPEUM con el fin de dar protección a este derecho (*Íbidem*).

Entonces, se describe a los derechos humanos como aquellos derechos con importancia fundamental, otorgados a todos los seres humanos por ser humanos (ONU, 2014).

Jurídicamente, de acuerdo con el Poder Judicial del Estado de Guanajuato (2023a), los derechos fundamentales refieren a aquellas pretensiones que una sociedad dirige al poder público (Estado) para que éste se encargue de cubrir las necesidades prioritarias y proteger su garantía.

Teniendo un papel importante dentro del Estado Constitucional, pues son de carácter superior en el ordenamiento jurídico, pues determina y condiciona los actos del Estado. Cuando se reconoce un derecho fundamental a través de un tratado internacional o en la constitución, se establece al mismo en un puesto de supremacía jurídica, con lo cual todas las normas, actos y leyes quedan sometidos a ese derecho, impidiendo que ningún elemento del gobierno pueda actuar contra él.

Hacer válidos los actos y normas en el Estado constitucional actual dependerá de que los derechos sean considerados como fundamentales, de ahí la relevancia de que sean vistos como fundamentales.

1.5.1 Agenda 2030 y ODS como marco operativo del derecho humano al agua

Reconocer al agua como un derecho fundamental, dotado de supremacía jurídica e intrínsecamente vinculado con la dignidad humana, permite visibilizar los compromisos asumidos dentro de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (PNUD, 2022); la cual representa un marco de acción donde los recursos y, para este caso particular, el agua, es un recurso transversal, con lo cual, se reconoce que la satisfacción de este derecho le confiere una condición sine qua non no se logra el equilibrio en el desarrollo ambiental, social y económico (ONU, 2015).

En ese sentido, el camino hacia los ODS se vuelve una ruta operativa en vías de transformar el acceso al agua de un argumento jurídico a una realidad tangible, sobre todo para los grupos y comunidades históricamente vulnerados (PNUD, 2022).

Partiendo de este entramado global, el ODS 6: agua limpia y saneamiento, funge como eje central de este trabajo, ya que busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua para todos (PNUD, 2022). Su cumplimiento es esencial para terminar con el ciclo de exclusión y pobreza, ya que la carencia del agua impide el goce de otros derechos fundamentales.

Sin embargo, la efectividad del ODS 6 depende de su interconexión sistémica con otros objetivos estratégicos que este estudio busca atender (ONU, 2015), tales como:

El ODS 3: salud y bienestar, el cual reconoce la existencia de un vínculo directo e indivisible entre la calidad del agua y la salud pública; como menciona la OMS (2023), el acceso a agua y a servicios de saneamiento es el principal determinante para reducir la mortalidad infantil y prevenir enfermedades de transmisión hídrica.

También, el ODS 11: ciudades y comunidades sostenibles; objetivo que establece que el acceso al agua potable impacta directamente en la vida comunitaria y en la resiliencia de los asentamientos humanos (PNUD, 2022). La gestión eficiente, particularmente en zonas rurales y periurbanas marginadas, es esencial para fomentar el desarrollo sostenible y la equidad territorial, permitiendo que las comunidades se fortalezcan frente a las disparidades sociales.

Finalmente, el ODS 13: acción por el clima, el cual dilucida al agua como mediador crítico para la adaptación al cambio climático. Frente a la incertidumbre ambiental y la alteración del ciclo hidrológico, el desarrollo de un modelo ecotecnológico es una estrategia vital para promover el uso eficiente y obtención del agua, que permita mitigar riesgos climáticos y asegurar la permanencia del agua para generaciones futuras.

Así pues, alinear la gestión del agua con éstos ODS permite trascender la visión administrativa convencional y situar el recurso como eje central para un cambiar a una gestión hídrica justa y resiliente (PNUD, 2022). Solo mediante esta integración será posible avanzar hacia un modelo que no solo reconozca el agua como derecho en los estatutos escritos, sino que garantice su acceso como una realidad encaminada hacia la sostenibilidad y la justicia social (ONU, 2024).

1.5.2 Evolución histórica y dimensiones de igualdad en el derecho al agua

De acuerdo con el Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (FCEA) a través de su portal agua.org.mx (2017d), en la Figura *3* se presentan algunos de los documentos internacionales y nacionales vinculados con el agua, siendo en algunos casos un parteaguas para su reconocimiento como derecho y bajo este contexto surge la afirmación del agua como derecho humano; sin embargo, como se ha mencionado, falta trabajo por realizar para su reconocimiento jurídico y legal.

La cronología presentada en la Figura *3* abarca los principales hitos históricos hasta 2015, pero no incorpora las reformas y debates legislativos que han tenido lugar después de 2017. Posterior a ese año, se han impulsado iniciativas de actualización de la Ley de Aguas Nacionales. En 2020 se presentó una propuesta para armonizar la legislación con el derecho humano al agua reconocido en el artículo 4º constitucional, abriendo el debate respecto a la necesidad de una Ley General de Aguas. De manera más reciente, en 2022 y 2023, se discutieron nuevas iniciativas en el Congreso para fortalecer la gestión sustentable del agua, garantizar el acceso equitativo y fomentar la participación social en la toma de decisiones (Cámara de Diputados, 2023b y Senado de la República, 2022).

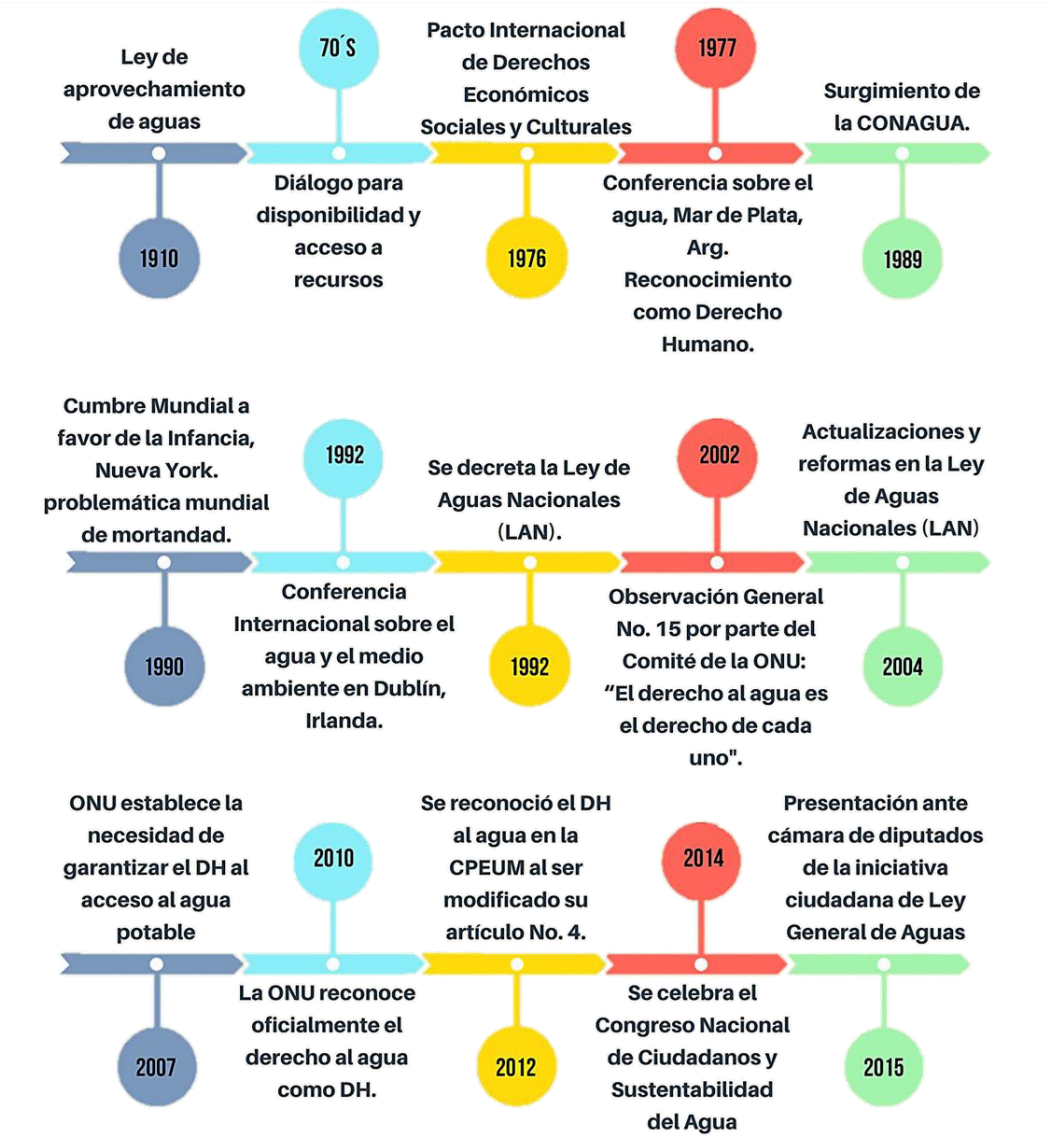


Figura 3. Cronología del derecho humano al agua. Elaboración propia con base en agua.org.mx (2017d).

Ahora bien, el derecho humano al agua potable y a su saneamiento está estrechamente relacionado con los principios indivisibles de igualdad y no discriminación, comprenderlo permea la disminución de segregación y exclusión hacia los grupos vulnerables y, también permite reconocer las responsabilidades y funciones para su aseguramiento.

Como lo menciona De Albuquerque (2014), la comprensión de la desigualdad por factores diversos permea ir erradicándola, con el fin de alcanzar la igualdad de oportunidades en el acceso al derecho. Es menester entender que, los derechos humanos, al igual que otros derechos, se rigen bajo el efecto de cumplimiento por periodicidad, esto es, se van alcanzando por objetivos; no obstante, no hay que olvidar que hay circunstancias cuyo trato

debe ser de naturaleza inmediata; un claro ejemplo es la erradicación de la segregación, exclusión y discriminación.

En materia de derechos humanos, la Asamblea General de las Naciones Unidas (AGNU), con la Convención sobre la eliminación de todas las formas de discriminación contra la mujer, define como discriminación a cualquier exclusión, distinción o restricción cuyo fin sea anular o perjudicar el ejercicio, disfrute y reconocimiento de las libertades y derechos humanos de alguien en cualquiera de los ámbitos: social, económico, político, civil o cultural (AGNU, 1979).

Por otro lado, en su Declaración Universal de Derechos Humanos, determinó como principio base para el disfrute de éstos y de las libertades fundamentales a la igualdad y no discriminación, prohibiendo la exclusión por cualquier índole (AGNU, 1948).

El marco jurídico internacional de derechos humanos aporta instrumentos para combatir la discriminación, pues como lo menciona el Comité de Derechos Humanos, si bien el derecho y el disfrute de éste es equitativo, no significa que el tratamiento para llegar a él sea igual en cada caso (HRI, 1994).

En relación con el agua, el análisis de Eliminación de la discriminación y las inequidades en acceso a agua y saneamiento (ONU–Agua, 2015), menciona que existen factores prohibitivos de discriminación que afectan el derecho al agua, siendo afectaciones mayoritarias para los grupos en desventaja social. Exponiendo los siguientes grupos vulnerados por discriminación de: sexo y género; pueblos indígenas, migrantes, etnias y otras minorías; discapacidad, edad y salud y; residencia, propiedad, estatus económico y social.

A nivel mundial, de acuerdo con este análisis y con el Consejo de Derechos Humanos (CDH, 2016), niñas y mujeres sufren discriminación en el disfrute de su derecho al agua, ya que, según el rol de género asignado, son las responsables de las tareas domésticas, mismas que incluyen el manejo, acarreo y preservación del agua, siendo actividades no remuneradas, pero necesarias, provocando que, desde la infancia, la mujer abandone su derecho a educación, esparcimiento y crecimiento laboral.

Según Miletto *et al.* (2017) la vulnerabilidad de los pueblos relativa a la escasez hídrica depende fuertemente del cambio climático, así como a la adaptabilidad de la comunidad a estos factores de riesgo. Pueblos y etnias indígenas sufren la exclusión y discriminación del derecho al agua a causa de su ubicación, religión y/o lengua; aunado al proceso de desplazamiento/migración (voluntaria y forzada), como resultado de la precariedad del país (malestar social, desempleo, cambio climático, inseguridad, entre otros), por lo que desde el deber ser, el derecho al agua debería ser garantía para cada pueblo (FAO, 2017).

Otro de los vínculos dentro de los grupos vulnerados es la salud. Grupo vulnerable pobremente representado y con alto grado de discriminación en su derecho al agua, sobre

todo, aquellos con alguna deficiencia intelectual, sensorial o física (CDH, 2010). Segregación expuesta al encontrar instalaciones de agua y saneamiento poco o nada adaptadas para satisfacer necesidades y discapacidades, imposibilitando el acceso a su derecho.

Si bien, se reconocen los avances respecto al suministro y gestión, aún queda largo camino por recorrer, en el que la urbanización camina a *paso firme* mientras que la expansión a los servicios públicos va a *paso lento*, con una discrepancia en la prestación de servicios entre zonas formales e informales en las ciudades. Por ejemplo, encontrando que las conexiones de alcantarillado predominan para la zona y mancha urbana con un 63 %, mientras que sólo hay un 9 % para la zona rural (OMS & UNICEF, 2017). Entendiendo así que, discriminación y desigualdad son un problema estructural, mucho más amplio a la prohibición del goce de un solo derecho.

No obstante, y, no importando la complejidad en el tratamiento específico por caso, la Comisión de Derechos Humanos (CHR, por sus siglas en inglés, *Commission on Human Rights*) considera menester atender en prioridad a grupos vulnerados, comprendiendo que, si bien es o debería ser un goce universal, se ha de trabajar prioritariamente con aquellos grupos históricamente soslayados, (CHR, 2005); estableciendo una lista (no exhaustiva) de grupos particularmente vulnerables en su derecho al agua, éstos son:

1. Situación de pobreza, la cual incrementa los costos para el acceso a los servicios.
2. Comunidades ubicadas en zonas marginales, donde se reciben servicios informales con alto costo e irregulares.
3. Poblaciones ubicadas en zonas remotas y aisladas de la *urbanización*, pagando costos elevados por el acceso a la prestación de los servicios a causa de la distancia.
4. Hogares monoparentales, encabezados particularmente por mujeres solteras, con ingresos bajos por el efecto *techo de cristal*, implicando costos elevados para acceder a los servicios.
5. Las infancias, a causa de la depreciación de sus derechos, dada la priorización a la atención de grupos adultos, generando, por ejemplo, servicios deficientes.
6. Grupos de enfermos, con discapacidad y ancianos que, requieren el apoyo de tecnologías con características específicas y de alto costo. A la vez, pudiendo tener recursos financieros más limitados al no percibir ingresos o ser muy bajos.
7. Grupo de refugiados y migrantes, grupo que recibe las dádivas del sistema, con soluciones temporales y deficientes, cuyo acceso al agua y a sus servicios está dado en gran medida, a la merced de las organizaciones no gubernamentales y donantes.

Discusión

La crisis hídrica constituye un fenómeno complejo, resultado de la contaminación, la escasez y una deficiencia histórica en la gestión del agua. El reconocimiento del agua como derecho humano se plantea como un imperativo para corregir una omisión histórica, pues

pese a ser crucial para la dignificación y calidad de vida, se ha soslayado bajo la premisa errónea de su carácter como inagotable.

Los raudos procesos de producción y consumo han intensificado su explotación, deteriorando disponibilidad y calidad, derivando en escasez que afecta a millones de personas. Reconocer el agua como derecho humano exige implementar mecanismos eficaces de protección (CESCR, 2002).

Sin embargo, su consolidación enfrenta retos significativos, como el debate sobre si debe concebirse como servicio público o privado, lo que repercute directamente en la marginación socioeconómica.

La CNDH (2014) sostiene que el agua debe ser entendida como un bien con valor social y cultural, indispensable para la vida digna y prerrequisito para el ejercicio de otros derechos. En consonancia, la AGNU (2010) declaró que el derecho al agua y al saneamiento es fundamental para garantizar todos los demás derechos humanos, instando a los Estados a asegurar su acceso universal. Estas posturas coinciden en que el acceso no debe depender de la capacidad económica, pues ello perpetúa la exclusión y la pobreza.

No obstante, la naturaleza limitada del recurso y la necesidad de grandes inversiones para su distribución y tratamiento plantean retos importantes. El cambio de paradigma radica en que proveer agua no basta: su saneamiento es indispensable para garantizar calidad, con implicaciones directas en la salud y el entorno.

Asegurar su acceso no refiere únicamente a una estrategia efectiva para promover el desarrollo sostenible y combatir la pobreza, sino también es de fondo una cuestión de justicia social (ONU, 2020). Se requieren propuestas sólidas que superen los diagnósticos, basadas en planificación, gestión y evaluación de acciones.

En este sentido, América Latina representa una zona clave para analizar la gestión y política pública, lo que demanda un cambio estructural en gobernanza y participación social (Zurbriggen, 2014).

Con lo anterior se confirma que la crisis hídrica y socioeconómica actual es resultado directo de la priorización de los aspectos económicos, lo que ha generado una fuerte dificultad para discernir la utilidad real de las acciones bajo la percepción de rentabilidad del mercado (Storper, 1997).

Frente a ello, se han planteado alternativas como la captación de agua de lluvia en respuesta a la problemática latente (Tagle *et al.*, 2018a). Así, el agua se concibe como derecho humano en proceso de consolidación, cuyo cumplimiento rompe el ciclo de exclusión y pobreza y requiere colaboración conjunta de gobiernos, organizaciones internacionales y sociedad civil.

Conclusiones

Este capítulo evidencia que la crisis hídrica no es únicamente un problema ambiental, sino también social y político, vinculado a desigualdades históricas en la gestión del recurso.

Reconocer el agua como derecho humano implica trascender la visión de recurso inagotable y asumir su carácter limitado, lo que exige acciones concretas para garantizar su disponibilidad y calidad.

El acceso universal al agua constituye una condición indispensable para la dignidad humana y el ejercicio de otros derechos y, no debe depender de la capacidad económica de las personas. La problemática del agua se entrelaza con la marginación y la pobreza, por lo que asegurar este derecho se convierte en una estrategia clave para el desarrollo sostenible.

Latinoamérica se presenta como un espacio prioritario para la transformación estructural en la gestión del agua, donde la gobernanza participativa y la innovación en alternativas de abastecimiento pueden marcar la diferencia.

En definitiva, el agua como derecho humano en consolidación requiere un compromiso colectivo que articule políticas públicas, inversión y acción social, con el fin de garantizar un recurso vital para la salud, la equidad y el futuro sostenible de las sociedades.

CAPÍTULO 2. ECOTECNOLOGÍA EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA: RECUPERACIÓN DE TÉCNICAS ANCESTRALES

"Quizás son pequeños actos, no acabarán con la pobreza, ni nos posicionarán fuera del subdesarrollo, pero quizás, sólo quizás, permeen el cambio forjado en alegrías que se traduzcan en mayores actos" (Galeano, 2010).

Introducción

Para abordar el concepto de ecotecnología, es indispensable realizar un análisis histórico que permita reflexionar sobre el deterioro ambiental y cuestionar el momento en que se fractura el equilibrio entre sociedad y naturaleza. La disponibilidad limitada de agua dulce en el planeta, siendo solo un 3 % del total, con un 22 % de agua subterránea, un 77 % de agua congelada en casquetes polares y un 1 % en la atmósfera, ríos y lagos (USGS, 2017), resalta un reto significativo para acceder y disponer del recurso, bien escaso y limitativo del desarrollo económico y social (Setegn *et al.*, 2011).

Su escasez, además, limita el desarrollo y bienestar social de las naciones (Oki *et al.*, 2001 y Rijsberman, 2006). En México, el promedio anual de disponibilidad de agua oscila en 5,000 m^3. Aunque el 94.8 % de las VPH cuentan con acceso al agua entubada, la distribución irregular, desigual y estacional alienta a una escasez que trasciende de lo físico, siendo más bien, una escasez socialmente construida (Agudelo, 2005; Alcamo *et al.*, 2010; Sixt *et al.*, 2018).

El modelo tecnológico tradicional ha sido un factor clave para la transformación de las sociedades, pero ha provocado una profunda degradación ambiental, ocasionando desequilibrios ecológicos significativos (Giannetti *et al.*, 2004). El modelo actual, basado en la acumulación de ganancia, ha dominado y explotado los recursos y la naturaleza, generando una crisis exacerbada hídrica y socioeconómica.

En busca de un acceso equitativo al recurso, se propone la ecotecnología. Ésta se suscribe como alternativa frente al modelo *High-tech* (Moser, 1996 y Massa y Andersen, 2000), pues busca soluciones para la cobertura de necesidades, a través de usos y costumbres, cambiando el paradigma tecnológico al considerar condiciones de cada lugar y sus habitantes en el diseño y gestión.

Así pues, el enfoque ecotecnológico es crucial para enfrentar la crisis ambiental y social, basándose en el rescate del conocimiento ancestral. Recuperar la práctica de técnicas ancestrales representa una propuesta más sustentable, ya que se adaptan a los ciclos naturales y a la disponibilidad de recursos y su entorno, reduciendo impactos y perjuicios de la producción masiva (Gómez *et al.*, 1999). Al involucrar a los colectivos, se logra una gestión activa del agua, volviéndoles capaces de gestionarla y transmitirla como símbolo vivo y comunitario (Calvo-Mendieta *et al.*, 2017).

El objetivo de este capítulo es realizar una revisión descriptiva de la literatura sobre técnicas ancestrales aplicadas al agua, con el fin de conocer tanto sus atributos como el porqué de su abandono en la modernidad, buscando fomentar su rescate y revalorización, permeando nuevas formas de abastecer oportunamente.

Mediante ello, se busca dilucidar si en la modernidad del siglo XXI, es viable implementarlas para enfrentar la problemática de acceso, disposición y abastecimiento de agua. Recopilando casos de aplicación que sirvan para comprender el agua en el contexto comunitario y desde la perspectiva de los pueblos, destacando la recuperación de técnicas ancestrales olvidadas por la modernidad. Para alcanzar el objetivo planteado, el capítulo se desarrollará de la siguiente manera:

1. Fundamentos de la Ecotecnología. Retomando antecedentes que sustenten y resalten la importancia de aplicarla para promover la inclusión social y hacer efectiva la cobertura de derechos humanos; además, se conceptualiza el término de ecotecnia, describiendo los atributos requeridos para ser implementada.
2. Saber Ancestral e Identidad Cultural. Abordando la relevancia del saber ancestral, su vínculo con la identidad cultural y su importancia como recurso para la humanidad y la gestión del patrimonio cognitivo.
3. Aplicaciones Ancestrales en el Agua. Mostrando casos de aplicación que sirven para comprender el agua en el contexto comunitario, destacando la recuperación de técnicas utilizadas en Mesoamérica y México para enfrentar la problemática hídrica.
4. Clasificación de Ecotecnias Modernas. Clasificándolas de acuerdo con su aplicación (abastecimiento, manejo de residuos y saneamiento seco), analizando algunas como los SCALL, biofiltros, humedales y sanitarios ecológicos secos.
5. Retos y Oportunidades. Finalmente, reflexionar sobre lecciones aprendidas del estudio de las técnicas, identificando retos y oportunidades en el ámbito ecotecnológico, postulando alternativas a los conflictos hídricos contemporáneos.

2.1 Antecedentes de la ecotecnología

Desde un enfoque integral y buscando dar respuesta a los desafíos sociales y ambientales actuales, la comprensión de la ecotecnología requiere un análisis detallado de las teorías y marcos conceptuales que la sustenten, a fin de establecer las bases epistemológicas y metodológicas que orienten su estudio y aplicación.

Primeramente, la tecnología, entendida como el conjunto de técnicas y teorías aplicadas para el aprovechamiento práctico del conocimiento científico (RAE, 2025c), ha sido clave para la transformación de las sociedades, aunque no necesariamente con resultados positivos. Otro concepto, la técnica, desde su origen etimológico, proviene del latín *technicus* y del griego *tecnikós*, haciendo referencia a la capacidad y habilidad de ejecutar un proceso o tarea, así como a la aplicación del arte o la ciencia (RAE, 2025b).

Distinguir entre tecnología y técnica permea la comprensión de cómo, históricamente, el conocimiento científico y las habilidades prácticas han interactuado para impulsar procesos de transformación social y productiva. No obstante, esta relación no siempre se ha orientado hacia el bienestar colectivo, pues en determinados momentos, su énfasis radicó en la aplicación intensiva de técnicas y teorías, derivando en consecuencias adversas para el entorno natural y social.

El uso intensivo de recursos y energía durante la Revolución Industrial, aunado a la producción masiva descontrolada, provocó una profunda degradación ambiental; fenómeno del cual emergió la denominada paradoja tecnológica, en la que, el desarrollo se aceleraba por el progreso tecnológico, pero, generaba desequilibrios ecológicos significativos por falta de planeación en la producción y por la generación de grandes cantidades de residuos contaminantes (Giannetti *et al.*, 2004).

En respuesta a las problemáticas anteriores, surgieron corrientes críticas sobre el desarrollo tecnológico convencional, entendido hasta ese entonces como el uso sistemático de la investigación y el conocimiento cuyo fin era la producción de métodos, sistemas y dispositivos que buscaran la mejora continua de productos y servicios (Conacyt, 2018).

En la década de 1970 y, como consecuencia del desarrollo industrial masivo, se intensificó la preocupación por el impacto ambiental, siendo coincidente como la publicación del informe del Club de Roma sobre los límites del crecimiento, donde se resaltó la urgencia de replantear las formas de producción y consumo (Meadows *et al.*, 1972 y Giddens, 1999).

Durante la Conferencia de Estocolmo en 1972, se introdujo el concepto de ecodesarrollo, proponiendo conservar equitativamente recursos, aumentar el desarrollo local y satisfacer necesidades humanas básicas (De Prada, 1972). Dicha noción se amplió gracias a Maurice Strong, quién la relacionó con un modelo socioeconómico que integraba ambiente y desarrollo, promoviendo una gestión responsable de los recursos (Herzer *et al.*, 1977).

Otra de las propuestas fue la modernización ecológica, enfoque desarrollado en la década de los ochenta en Europa, planteando la necesidad de reformar las políticas y normas ambientales, para reconciliar el desarrollo económico con la sostenibilidad ecológica (Oltra, 2005); resaltando tres postulados (Mol y Spaargaren, 2009; Spaargaren, 2000): (1) Si bien, la ciencia y la tecnología moderna son responsables de la devastación ambiental, pueden poseer también, un potencial para generar cambios positivos; (2) El mercado y la economía juegan un papel fundamental en la reforma ecológica al reestructurar procesos económicos y finalmente; (3) Los movimientos sociales tienen la capacidad para un cambio de paradigma hacia un consumo responsable.

Siguiendo esta línea, surgieron conceptos como las tecnologías alternativas, que buscan desarrollar soluciones adaptadas a cada contexto social, ambiental, económico y cultural; dando prioridad al uso moderado de recursos, el bajo costo de producción y la accesibilidad

comunitaria (Turner, 1972) y, enfatizando en el empoderamiento comunitario, dando una autonomía en el manejo de recursos y permeando el beneficio colectivo e individual.

Con ello, se consolidó una tercera ola ambientalista, por ejemplo, con El Informe de Brundtland en 1987, el cual popularizó el desarrollo sustentable, concepto que buscaba satisfacer las necesidades presentes sin comprometer los recursos de futuras generaciones; enfoque que integraba objetivos sociales, económicos y ecológicos, destacando la importancia de reducir la pobreza y preservar el ambiente (Brundtland, 1987 y WCDE, 1987).

Además, el concepto de ingeniería ecológica aportó las primeras bases conceptuales para la ecotecnología, definida como el diseño y gestión de estructuras ecosistémicas para beneficio humano y conservación ambiental (Barret, 1999 y Odum *et al.*, 1960).

Complementariamente, surgió la tecnología apropiada que, además de satisfacer necesidades humanas básicas, fomenta la participación social y la descentralización tecnológica, con soluciones de bajo costo y fácil mantenimiento (Schumacher, 1973; Masera, 1986; Basu y Weil, 1998). La cual, según Ezquerra (2017), tendría que ser adaptada conforme a las condiciones de cada contexto, buscando siempre el beneficio comunitario.

Por otro lado, la tecnología limpia cuya prioridad es la eficiencia en el uso de recursos y la adecuada gestión de los residuos, a través de procesos como el reúso y reciclaje, sin comprometer la calidad de los productos finales (Giannetti *et al.*, 2004).

Otro concepto clave dentro de este marco fue la tecnología social, definida como la metodología o el conjunto de técnicas y productos que son adaptados a partir de la interacción directa con la comunidad, brindando soluciones efectivas para una transformación social; desarrollada en contraposición a la tecnología apropiada, buscando garantizar a las comunidades el control sobre la tecnología que utilizan (Carbajal, 2018 y Peyloubet *et al.*, 2009).

Ergo, la ecotecnología se ha vinculado con todos los conceptos anteriores, suscribiéndose como una alternativa frente al modelo *High-tech*, concepto que se ha caracterizado por un consumo excesivo de recursos y por su alto impacto ambiental (Moser, 1996 y, Massa y Andersen, 2000).

Ahora bien, dentro del contexto actual, enmarcado por el crecimiento industrial y la globalización, hablar de ecotecnología supone una estrategia crucial para enfrentar la crisis ambiental y social, que además enfrenta retos impuestos por un sistema industrial que fomenta desigualdad social y la explotación desmedida de recursos (Gorelick, 1998).

Por tanto, reconocer la gravedad de estos problemas es un primer paso en la búsqueda de alianzas estratégicas que promuevan soluciones sostenibles e inclusivas.

2.2 Primeras nociones de ecotecnología

El término ecotecnia deriva de dos raíces griegas *Oikos* y *Teknos*, que significan casa y técnica, respectivamente (Significados, 2023 y RAE, 2025d). Por tanto, una ecotecnia aplica técnicas que contemplan al entorno, integrando procesos técnico-ecológicos, creando un conjunto de procedimientos adaptables, satisfaciendo necesidades humanas sin perjudicar al equilibrio ecológico.

Implementar ecotecnias posee resultados destacados, sobre todo en contextos con de desigualdad socioeconómica, desgaste e inaccesibilidad a recursos, ofertando un beneficio individual y colectivo, reduciendo la desigualdad, permitiendo acceder y disponer de los bienes y, promoviendo el uso responsable y consciente de recursos (Vélez, 2007).

Así pues, la ecotecnología surge como respuesta a la crisis socio ecológica, constituyéndose en una estrategia clave para el desarrollo sostenible. Propone alternativas al modelo tecnológico tradicional y, al mismo tiempo, fomenta la inclusión, el bienestar social y la reducción de los impactos ambientales.

Se propone como definición operativa de ecotecnología al conjunto de conocimientos teórico-prácticos y técnicas para la cobertura de necesidades humanas sin comprometer al ambiente, aportando beneficios culturales, al rescatar y adaptar saberes tradicionales; sociales, al fortalecer la participación comunitaria y la equidad en el acceso a recursos y; económicos, al reducir costos y generar alternativas productivas sostenibles en cada contexto.

Requieren, además, la participación de la comunidad en todo proceso, lo que permite traducir la definición en acciones concretas como la captación de agua de lluvia, el tratamiento de aguas residuales o el uso de estufas eficientes, asegurando impactos tangibles y replicables.

La heterogeneidad territorial de México constituye un factor crucial a considerar en la implementación ecotecnológica, dado que las condiciones hídricas presentan variaciones significativas. En este sentido, atender las necesidades económicas, sociales y culturales, comprendiendo el contexto específico de cada región, se convierte en el punto de partida para el diseño y aplicación de ecotecnias.

En México, la gestión del agua se organiza institucionalmente mediante cuencas y macrocuencas, mientras que en el ámbito comunitario se lleva a cabo por asambleas. Esta dualidad organizativa genera un conflicto estructural que requiere ser abordado bajo un enfoque integral (Gómez *et al.*, 1999).

Las comunidades indígenas valoran el agua como bien común y la integran a la naturaleza, su relación con ella se basa en prácticas colectivas que sustentan su visión del medio, difiriendo del modelo económico actual que excluye de su contabilidad a los costos

ambientales y sociales, incrementando la desigualdad y el deterioro ambiental. Por tanto, es relevante entender la relación de los pueblos con el agua, reconociendo sus prácticas y su conocimiento ancestral; indiscutiblemente, implementar ecotecnología debe considerar la diversidad cultural, los saberes plurales y los simbolismos del colectivo, permeando la conservación del patrimonio cognitivo y cultural (Martínez-Ruiz y Murillo-Licea, 2016).

Las ecotecnias al ser una propuesta de adaptación al contexto, se clasifican de acuerdo con el medio de aplicación y con base al tipo de recurso natural que atiende (Blanco, 2011):

1. Por energía (solar, eólica, hidráulica, biomasa),
2. Por material (bambú, tierra, piedra, madera, sintético, reciclado o prefabricado),
3. Para alimento (abono, composta, huerto, jardín vertical, hidroponía, invernadero) y,
4. Para el agua (captación pluvial, reúso de aguas grises, ahorradores de agua, cisternas, filtros, baños secos, entre otros).

Por ello, su conceptualización, construcción y uso considera las expectativas de quien pretende usarlas (Vélez, 2007). A continuación, se nombran ventajas y desventajas (*Íbidem*):

Ventajas:

1. Promoción de un uso consciente, racional y responsable de los recursos naturales, enfatizando en el aprovechamiento óptimo y disminuyendo la presión sobre aquellos de carácter no renovable.
2. Reducción y mitigación del deterioro ambiental por la actividad humana.
3. Incorporación de prácticas de reciclaje y gestión de residuos, permeando la viabilidad del modelo de economía circular.
4. Mejoran la salud de las personas, dado que su construcción se realiza principalmente con materiales naturales, evitando el uso de componentes tóxicos; además, ciertos tipos permiten la transformación de energía mediante el movimiento corporal, generando beneficios físicos adicionales.

Desventajas:

1. Pueden implicar elevados costos iniciales y de mantenimiento, pudiendo ser restrictivos y prohibitivos para algunas comunidades o individuos.
2. Su implementación puede ser compleja y requerir conocimientos técnicos especializados, limitando su adopción generalizada.
3. No siempre son adecuadas para todas las regiones o contextos, pues dependen de condiciones específicas o de recursos que no están disponibles en todo lugar.
4. Aunque buscan reducir el impacto ambiental, existe la posibilidad de que surjan efectos imprevistos que repercutan en el entorno o en la sociedad.

2.3 Saber ancestral e identidad cultural

Se concibe como conocimiento ancestral al conjunto de saberes interconectados que otorgan identidad desde una perspectiva colectiva del pasado. A lo largo del tiempo, estos saberes se van conformando mediante ciclos sociales y se transmiten a futuras generaciones a través del estudio del territorio, el cuerpo, el pensamiento y el espíritu, siendo preservados por las creencias, los mitos y la memoria (Díaz *et al.*, 2019). Por tanto, es el conjunto de percepciones y saberes que caracterizan a una cultura, siendo construido y transmitido a través de tradiciones simbólicas.

Los pueblos indígenas son un claro ejemplo de una custodia de la diversidad cultural (FAO, 2020) y, cuyo conocimiento es esencial, ya que resalta el vínculo con la tierra y su capacidad de transmisión intergeneracional mediante ceremonias, ritos y, distintos protocolos; contribuyendo al resurgir de la práctica de técnicas usadas por sus antepasados (Greenwood y Lindsay, 2019).

Para Bozu y Canto Herrera (2009), este conocimiento es parte del patrimonio de una nación, cuyo valor no se otorga sólo en función de los pueblos originarios, además, tiene valor al ser un recurso fundante de la humanidad, enriqueciendo al aprendizaje social a través del diálogo y conservar la diversidad cultural de cada contexto.

Desde una mirada comunitaria, territorio y naturaleza son factores clave para una entidad, concepto por el cual, Díaz *et al.* (2019) resaltan al conocimiento ancestral, argumentando la necesidad de comprender a los pueblos desde éste, ya que amplía la comprensión de identidades en función del colectivo y del respeto por la otredad. Así pues, una identidad cultural da sentido a un grupo social, generalmente delimitado por un territorio; pero, trasciende del reconocimiento histórico, reconociendo al entorno social y físico, al comportamiento y las tradiciones que dan patrones a la memoria histórica del territorio.

Por ello, no se puede comprender la identidad sin reconocer la existencia de la memoria ni de los referentes simbólicos del pasado que la construyen (Vergara Estévez y Vergara del Solar, 2002). La identidad cultural es un medio de consciencia y generadora de aprendizaje, en la cual, actores pasados y presentes concientizan al futuro (Vilches, 2018).

Por su parte, la diversidad cultural genera espacios y procesos de creatividad e innovación, fomentando la participación e inclusión social; en ese sentido, es importante reconocer, consolidar, promover y proteger el saber ancestral para que esté al servicio y beneficio de la humanidad (ONU, 2019).

La diversidad cultural amplía de manera equitativa las oportunidades y abre camino al desarrollo, no únicamente como crecimiento económico, sino como el acceso a una vida digna en sus dimensiones intelectual, espiritual y física (Delors *et al.*, 2000).

Un saber ancestral, referencia al conjunto de conocimientos que los pueblos poseían y que, han compartido de generación en generación (Cortez, 2013); pero, su poca visibilidad se debe a que, aunque están arraigados en el patrón cultural local, no han sido validados por la ciencia formal, siendo ininteligibles para el resto de la sociedad (Kashyapa, 2013).

Entonces, debe valorizarles, integrarles y difundirles como parte del conocimiento, respondiendo al contexto actual del sistema capitalista y occidental, que, junto con la mercantilización de la naturaleza, provocando según Sullivan (2013), la crisis ambiental, valorando soluciones monetarias y económicas; sugiriendo que el desuso y pérdida de saberes ancestrales varíen con el contexto que, cambia rápidamente.

2.4 Mirada desde los pueblos: agua y tecnología ancestral

Desde el inicio de la humanidad, respetar el medio, a los seres vivos y la naturaleza, ha sido una constante, haciéndose presente mediante rituales que resaltan la comunicación e interacción con el entorno (Yapa, 2013). Rituales que eran realizados en espacios de convergencia con otros seres, normados por la veneración y la búsqueda de favores en momentos de necesidad; así pues, eventos y manifestaciones adversas eran atribuidos a la furia de los dioses, en respuesta a la necesidad humana de otorgar significado a los acontecimientos que les afectaban (Gaarder, 2012 y Ayala Carcedo, 2003).

Pese a los avances tecnológicos y científicos, en la humanidad persiste la tendencia de atribuir los fenómenos naturales a lo desconocido con creencias arraigadas en divinidades, por ejemplo, inundaciones, tsunamis o sequías son interpretados como castigos divinos (IFRC, 2014); en diversas culturas, la sequía particularmente ha sido asociada con castigos, como con el dios egipcio *Seth*, el dios azteca *Tláloc* y el dios maya *Chac*, o con *Jehová* en el contexto bíblico (Yapa, 2013).

Dentro de las civilizaciones ha existido una gran diversidad de rituales para atraer el agua, por ejemplo, en Nuevo México, los *Zuni* danzaban y cantaban, mientras que; en Puno, Perú, realizaban expresiones vocales para invocar la lluvia; algunos pueblos mayas congregaban a sus habitantes entorno a los altares, imitando el sonido de ranas o aves pidiendo por lluvia. Distintas regiones del mundo tenían rituales ceremoniales, como en Bulgaria y Yugoslavia, dónde las mujeres bailaban pidiendo lluvia a sus dioses; algunos, además de agradecer y pedir bonanzas, incluían sacrificios físicos para conectar con lo divino, como así lo hacían los Totonacas en México (*Íbidem*).

Aunque la mayoría de los rituales provienen de raíces históricas, en varias comunidades persiste la práctica. Por ejemplo, en Otavalo, Ecuador, los Kotama realizan rituales agradeciendo a las hermanas y hermanos que representan diversas manifestaciones del agua, encargados de restablecer la armonía y el equilibrio por las necesidades comunitarias (Cachiguango y Pontón, 2010). La persistencia de su práctica refleja la relevancia simbólica y cultural del agua comunitariamente y la interconexión entre naturaleza y humanidad.

2.4.1 Aplicaciones de técnicas ancestrales para el agua

Las prácticas ancestrales relacionadas con la gestión del agua han sido frecuentemente relegadas y soslayadas por el proceso de la modernidad, al ser consideradas acciones incultas, primitivas, de barbarie, rudas o carentes de legitimidad. Pese a su desaprobación, varias perduran en el tiempo y han logrado mantenerse vigentes, pues desde una perspectiva histórica y de identidad colectiva aportan significado a la vida social, armonizando con la naturaleza y siendo parte integral de diversas comunidades.

Conceptualmente, se reconoce a la sequía como un fenómeno natural derivado de factores susceptibles al entorno como la zona geográfica y las variaciones climáticas multifactoriales (Lean y Rind, 2001; Schubert *et al.*, 2004; Sheffield *et al.*, 2009); cuya severidad y frecuencia aumenta con base en la deforestación, el cambio climático y la degradación ambiental, siendo éstos, productos de la masiva actividad humana (Mishra y Vijay, 2010 y IPCC, 2014).

Debido a la gravedad del fenómeno, emergen acciones para prevenir y mitigar sus repercusiones, mediante estrategias institucionales, técnicas y sociales, así como medidas reactivas y preventivas contra la escasez de agua (WMO, 2012).

Frente a ello, cada comunidad ha buscado y desarrollado técnicas ancestrales para gestionar el agua, *tzotziles* y *tzeltales* en Chiapas, reconocen la herencia intergeneracional y la responsabilidad colectiva sobre la naturaleza, el territorio y el agua, buscando acciones desde la reflexión y el compromiso a largo plazo (Cháves López, 2021); en ese sentido, desde su lenguaje, los mayas expresan y revelan al agua como bien común, dotado de una condición numinosa que trasciende lo individual y posesivo.

Por remarcar la severidad, en contextos semiáridos afectados por el cambio climático, acceder al agua es prácticamente imposible por la falta de lluvia y por periodos de sequía prolongados (SDGF, 2017); problema que no es puramente actual, pues, en sociedades antiguas, como la Roma antigua, se enfrentaban a retos similares al depender principalmente del agua de lluvia debido a la limitada capacidad para canalizar ríos y manantiales.

El legado de técnicas, como el de los olmecas para controlar caudales y prevenir deslaves al infiltrar el agua, reflejan adaptabilidad y resiliencia de las comunidades frente a los desafíos (Estrada, 2012). Si bien, muchas de éstas han desaparecido con el tiempo, algunas se han modificado, adaptándose a las necesidades actuales. En este sentido, resulta pertinente señalar que el acervo de conocimientos ancestrales vinculados con la gestión del agua trasciende las fronteras temporales y geográficas, manteniendo vigencia en distintas prácticas comunitarias. A continuación, se expondrán de manera sucinta algunos casos representativos que ilustran la aplicación de estas técnicas tradicionales en diversos contextos, con el propósito de evidenciar su relevancia y potencial en la construcción de alternativas sostenibles frente a los desafíos contemporáneos.

En el mundo

(1) *Suka Kollus*. Estructuras hidráulicas con presencia en diversas regiones de Latinoamérica, específicamente en Ecuador, Colombia, Bolivia y Perú. Surgieron para el cultivo en suelos con lluvia abundante, permitiendo el riego subsuperficial de otros cultivos (Erickson, 1992 y Serrano *et al.*, 2018). Consistían en intercalar camellones de tierra de cultivo y canales de agua, captando y almacenando el agua de lluvia. Como la mayoría de las ciudades estaban en zonas áridas, se erigían como alternativa asequible, facilitando recolectar el agua de lluvia (Yapa, 2013 y, Evanari y Shananad, 2001).

(2) *Q´hochas* o *atajados*. Con presencia destacada en Bolivia. Obra hidráulica que adaptaba hoyadas naturales para crear artificialmente lagunas para almacenar el agua de escorrentía. Surgen como iniciativa de campesinos en Cochabamba que buscaban resolver sus problemas y carencias comunitarias, logrando construir 300 Q´hochas aproximadamente en el año 2000 (Goetter y Pitch, 2010 y, NODAL, 2019) y; en conjunto con el Ministerio de Medio Ambiente y Agua, se implementaron estrategias en zonas y humedales de Ramsar, abarcando aproximadamente 14.8 millones de hectáreas del territorio boliviano (iagua, 2017).

(3) Campos elevados con los *Zenues* en Colombia. Se cultivaron extensivamente durante 2000 años para formar la gran depresión Momposina. Diseñados para llenar los canales de agua en temporada de lluvia, desviando y bloqueando mediante diques y permeando la humedad de cultivos y campos en época de sequía (Plazas *et al.*, 1993).

(4) Acequias de careo. En la época andalusí en la Sierra Nevada de España. Consideradas un sistema integral para gestionar el agua subterránea (Martos-Rosillo *et al.*, 2017); eran canales excavados que permitían recargar aguas del deshielo distribuyéndolas en puntos específicos con mayor permeabilidad de suelo. Al sur de la Península Ibérica, con la presencia árabo-beréber desde el siglo VIII, transformaron el paisaje coexistiendo con ecosistemas de alto valor ecológico, incluyendo pastizales y terrazas de cultivo.

(5) Sistema *impluvium* – *compluvium* – cisterna. Desarrollado en la antigua Roma y Pompeya, para abastecer de agua a las ciudades que luchaban con la escasez. Eran adaptables a cualquier contexto y captaban el agua de lluvia mediante el *compluvium*, dirigiéndola por gravedad al *impluvium* y almacenándola en la cisterna para uso posterior. Necesitaba un mantenimiento regular, requiriendo limpiar el *impluvium* y, buscando formas de mover el agua almacenada para que no se estancara a cielo abierto, evitando comprometer su pureza (Malissard, 1994).

(6) Sistema *impluvium* – cisterna de cámaras con pilares. En Estambul, antigua Constantinopla en tiempo romanos. Se implementaron para afrontar la problemática generada por presiones externas del suelo e internas del agua. Almacenaban agua de ríos y manantiales transportándolas mediante acueductos; al ser cisternas subterráneas, existía

acumulación de sedimentos sin filtros, por lo que, con la no exposición al sol, se reducía la generación de musgo, algas y moho (Malissard, 1994).

(7) Cisternas con cámaras paralelas. Dentro de Constantinopla, para almacenar el agua. Conformadas por 3 o 4 cámaras superpuestas y adyacentes; permitiendo que el agua de lluvia pase por cada cámara, filtrándose por decantación. En tiempos romanos se consideraban la mejor opción para captar el agua por sus diversas ventajas; mayoritariamente eran subterráneas y, las que no, podían mezclarse con el agua de los acueductos (Vitruvio, 1997). Captaban el agua mediante el *compluvium* y, era guiada por gravedad al *impluvium*, dónde se almacenada para uso posterior. Requerían un fuerte mantenimiento, debido al tamaño de cada cisterna y a falta de procesos de filtración, lo que propiciaba acumulación de algas, sedimentos, musgos y moho (Malissard, 1994).

(8) Terrazas o andenes. En Perú, particularmente en Los Andes. Técnica común en los lomeríos de las provincias; se construían en función de la topografía y el tipo de cultivo de la zona, permitiendo el uso eficiente de laderas y reduciendo el riesgo por heladas, previniendo la erosión por escorrentía. Eran adaptables a cualquier zona que contara con una pendiente entre 4 % y 60 %, su construcción se basaba en elaborar 3 muros de piedra que las sostenían. El muro de mayor longitud sigue la sinuosidad de la curva al nivel de la ladera, mientras que los dos restantes se ubican en los extremos del andén, paralelos a la pendiente más pronunciada. Con un ancho que varía de 1.5 a 20 metros y una longitud entre 4 y 100 metros, requerían un mantenimiento bajo y se estima que pueden perdurar entre 200 y 300 años sin intervención (Blossiers *et al.*, 2000 y Chilon, 2009).

En México

Desde una mirada preocupada por la sociedad, las técnicas ancestrales son relevantes económica y ambientalmente, donde la tierra es fundamental para la existencia del colectivo y para el cumplimiento de derechos humanos; centrándose en recuperar prácticas y saberes que, mediante un enfoque integral, social y multidisciplinario, permiten aprovechar los recursos.

En México, hay ejemplos de prácticas realizadas por los mayas, zapotecas, mixtecas, olmecas y teotihuacanos, reflejando la existente conexión entre espiritualidad, gestión del agua y adaptación al entorno. Por citar ejemplos, los mixtecas veneraban a *Tláloc* y *Chalchiuhtlicue* buscando un mejor aprovechamiento del agua, ofrendaban rituales, joyas y flores (Kroger y Granziera, 2012); asimismo, confiaban en la adivinación como medio para predecir desastres y, realizaban sacrificios (con niños, por ejemplo) invocando a la lluvia en tiempo de sequía (Florescano *et al.*, 1980 y Musset, 1991). Los mayas hacían rituales en celebración a *Chac* y *Gucomatz* dentro de cuevas, consideradas como lugar divino donde abundaba la humedad y el rocío (Bassie Sweet, 1991).

Además de ceremonias y rituales, en Mesoamérica existían prácticas para enfrentar la problemática hídrica; por ejemplo, la utilización de los primeros observatorios

astronómicos por los teotihuacanos contribuyó al análisis del clima, al estudio de fenómenos meteorológicos y a comprender los ciclos agrícolas (Liverman, 2000 y Florescano *et al.*, 1980). En el México Antiguo, se desarrollaron técnicas para aprovechar el agua, como sistemas de irrigación, terrazas agrícolas y sistemas de recolección de agua de lluvia (Wolf, 1967 y, Palerm y Wolf, 1972). A continuación, se describen algunas técnicas aplicadas en algunos Estados de la República Mexicana, como el Estado de México, Oaxaca y Guanajuato.

(1) Sistema de techos / desniveles - canales – desagüe. Estado de México. Implementado por los teotihuacanos, haciendo posible gestionar y conducir el agua de lluvia en las afueras de las ciudades y prevenir inundaciones. Estaban constituidos por canales que dirigían el agua a diferentes depósitos, devolviendo el agua limpia al río o manantial más cercano, separado las aguas pluviales de las negras. Al estar a cielo abierto, necesitaban un constante mantenimiento, siendo común la presencia de musgo (Sejourné, 1966).

(2) Sistema de desnivel - canal – fosa filtrante. Oaxaca. Implementado por zapotecas para evitar inundaciones en su metrópoli y gestionar escurrimientos. Dirigía el agua a una fosa filtrante, permeando la infiltración en capas del suelo de forma periódica. Requerían mantenimiento regular, pues al ser al exterior, era propenso al musgo (Sansores, 1992).

(3) Terraceado. Chacaltzingo. Los olmecas las construían para abastecimiento general y de autoconsumo de sus pueblos. Utilizadas en la agricultura, pues conservaban la tierra y evitaban la erosión de las montañas, manteniendo la humedad y captando el agua de lluvia. Requerían poco mantenimiento y eran referente para promover la adaptación a condiciones particulares del contexto (Angulo Villaseñor, 1990; 1988).

(4) Sistema de desnivel – *chultún*. Puuc, Chichen Itzá. Los mayas realizaron *chultunes* para almacenar el agua de lluvia, satisfaciendo las áreas más cercanas al hogar. Captaba el agua y la almacenaba en un depósito subterráneo, donde se conservaba hasta su uso. Eran adaptables en diferentes contextos y condiciones, sin embargo, requerían alto mantenimiento, pues se estaban al descubierto y esto podía generar la descomposición por el clima cálido de la zona (Zapata, 1985).

(5) Sistema de desnivel / canal – aljibe. Estado de México. Eran utilizados dentro de los claustros y haciendas mexicanas. Se recolectaba el agua de lluvia para uso de riego y consumo humano. Se construían a base de depósitos subterráneos de piedra, lo que permitía almacenar el agua y mantenerla fresca. Eran replicables en diferentes zonas y condiciones, necesitando un mantenimiento constante para evitar la presencia de musgo por humedad (Lorenzo Monterubio, 2007 y Castorena Espinosa, 2022).

En Guanajuato

En el Estado de Guanajuato, los sistemas tradicionales de conservación de agua tuvieron presencia en distintas regiones.

(1) Sistema de desnivel – surcos de maguey. Implementados en zonas semiáridas del Altiplano del norte (San Felipe y Ocampo), así como en los lomeríos de Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende y, en las periferias de comunidades rurales, particularmente en carreteras y áreas agrícolas. Su función era controlar y retener los escurrimientos de lluvia, reducir la corriente de agua en cultivos y caminos, y servir como límites de canales, facilitando la infiltración y previniendo la erosión. Para construirles, se requería excavar 20 centímetros a lo largo de la loma o pendiente, utilizando el suelo local y el suelo fino con permeabilidad. No requería gran mantenimiento, sólo para evitar la presencia de musgo debido a la exposición al aire libre (Sansores, 1992; Caldera Sosa, s.f.; Magaña Sosa, 2024).

(2) Sistema de techos / desniveles – canales – *jagüey*. Se ubicaban en zonas cercanas a los lomeríos, periferias y carreteras; particularmente, se utilizaban en haciendas dedicadas a la producción de pulque, como las haciendas pulqueras en Apaseo y Celaya, donde constituía la fuente de agua de abastecimiento general. Consistía en una zanja a cielo abierto que almacenaba agua de lluvia, conduciéndola a través de canales hasta su depósito en el *jagüey*. En las haciendas, servían como abrevadero para animales y para abastecimiento general. En comunidades rurales del Estado y en proyectos hidráulicos sustentables de León, se ha documentado la continuidad de éstos como parte de la captación de agua de lluvia. Respecto al mantenimiento, requería poco, ya que el agua almacenada carecía de residuos, sin embargo, se recomendaba contar con filtración para casos en los que el agua fuera recolectada desde los caminos y carreteras, evitando la presencia de contaminantes como aceites u otros residuos (Lorenzo Monterubio, 2007; Galindo-Escamilla *et al.*, 2008; Gobierno del Estado de Guanajuato, 2024; Hydra Aqua Systems, 2014).

2.5 Clasificación de ecotecnias para el manejo del agua

Las ecotecnias al promover la sostenibilidad y el respeto al medio, se han convertido en una herramienta esencial para el manejo responsable de los recursos naturales. Aquellas aplicadas al agua juegan un papel crucial debido a la creciente escasez y contaminación del recurso.

Pueden dividirse en: abastecimiento y purificación, manejo de residuos y, saneamiento seco, abordando diferentes aspectos del ciclo del agua y ofreciendo soluciones para garantizar su disponibilidad y calidad. A continuación, se exploran las características y beneficios de cada una de éstas, con base en el planteamiento, desarrollo, validación, difusión y monitoreo de Ortiz-Moreno *et al.* (2014), destacando la manera en que contribuyen a la sostenibilidad y al bienestar de las comunidades.

2.5.1 Abastecimiento: Sistema de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvia (SCALL).

Tal como lo indica su denominación, al tratarse de un sistema no corresponde a un dispositivo único, sino que se integra por diversos componentes que, con el paso del tiempo han sido probados mediante métodos, materiales y procesos de mantenimiento. Esta dinámica busca su adaptación a cada contexto, garantizando la captación del volumen y la calidad de agua requerida; por ende, no existe un modelo único ni un procedimiento estandarizado para su implementación.

De acuerdo con Rojas *et al.* (2009), entre los sistemas empleados para mejorar la calidad del agua captada, se resalta la desviación de primeras lluvias (*first-flush*) y el filtro de grava. El primero, conocido también como *Tlaloque*, fue desarrollado por Isla Urbana como el primer producto mexicano de su tipo, diseñado para separar automáticamente impurezas y desechos de las primeras precipitaciones (Pineda, 2013); el segundo corresponde al sistema implementado desde 2004 por el Fondo Pro-Cuenca Valle de Bravo A.C. (FpCVB18), que integra filtros de piedra y arena, cisterna, bomba de mecate y tratamiento de aguas grises.

Debido a la diversidad de factores comunitarios, existen múltiples tipos de construcción, lo que ha motivado la investigación académica en este campo; por ejemplo:

La Universidad Autónoma de Chapingo (UACh), a través del Centro Internacional de Demostración y Captación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI-CP), desarrolla estudios en distintas escalas y ofrece capacitación a personas interesadas (Pascual, 2011).

Además, cuenta con cinco prototipos de SCALL patentados, aplicables en ámbitos domésticos, consumo humano individual y comunitario (aproximadamente 3,000 personas), abastecimiento animal, cultivos en invernadero y producción de peces, tanto comestibles como ornamentales (Anaya, 2008); así pues, dado que se trata de sistemas patentados, resultaría pertinente revisar su viabilidad para una adopción comunitaria más amplia, considerando aspectos como accesibilidad, adaptabilidad técnica y sostenibilidad social.

Diversas instancias y organizaciones, como el CIDECALLI-CP, trabajan en su estandarización, con el fin de validar y certificar a técnicos especializados en SCALL; siendo un proceso clave para optimizar el diseño, garantizar una construcción e instalación adecuada y autentificar resultados a corto y largo plazo (*Íbidem*).

En la Ciudad de México, fue aprobada la Ley de Aguas del Distrito Federal (2003), que exige a todas las nuevas y futuras edificaciones la cosecha de agua de lluvia, además, fomenta la implementación de SCALL en las construcciones y, desde finales del 2008, mediante un programa de la Secretaría de Medio Ambiente, se permite la certificación de edificaciones

sustentables. Por otro lado, es importante su validación para dar veracidad y confiabilidad en sus resultados, buscando, además de construirse de manera adecuada y estandarizada, resultados óptimos para su uso final, brindando agua de lluvia para consumo humano que cumpla con los parámetros dictaminados por las tres normas siguientes:

1. Norma oficial mexicana NOM-230-SSA1-2002 de Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano (Secretaría de Salud, 1994), que delimita los estándares de calidad del agua permitidos para su consumo (doméstico y humano),
2. Norma oficial mexicana NOM-041-SSA1-1993 de bienes y servicios, agua purificada envasada, especificaciones sanitarias (Secretaría de Salud, 1993), que delimita estándares de calidad permisibles, en particular el agua embotellada y,
3. Norma oficial mexicana NOM-230-SSA1-2002 de Salud ambiental, agua para uso y consumo humano (Secretaría de Salud, 2002), que determina las características mínimas requeridas en el ámbito sanitario que han de cumplir los sistemas de abastecimiento y manejo del agua.

Desde su desarrollo, investigación y mejora continua, existen instituciones y organismos que promueven y difunden el funcionamiento de los SCALL, por ejemplo, en México, instancias gubernamentales como SEMARNAT, CONAFOR y SAGARPA han dedicado esfuerzos reflejados en manuales informativos: captación, distribución, almacenamiento y uso consciente y responsable del agua (Banco Mundial, 2005).

Isla Urbana, en la Ciudad de México, se ha dedicado a la implementación de estrategias de participación comunitaria y desarrollo de SCALL para uso doméstico (Pineda, 2013). La empresa Ingeniería, Construcción y Arrendamiento S.A. de C.V. (Incasa) junto con Descarga Cero, han implementado SCALL en la zona metropolitana de la Ciudad de México, brindado asesoría para el aprovechamiento del agua de lluvia.

Al no existir una validación formal, de manera simultánea no se cuenta con un monitoreo formal, si bien, las mismas organizaciones e instituciones que difunden y promueven su uso de alguna manera monitorean después de su construcción, en realidad el monitoreo es llevado a cabo por el usuario final.

Si bien, se entiende que la adopción del sistema por parte del usuario deriva de la adecuada implementación y diseño, también proviene de la asesoría brindada para el funcionamiento, procedimiento y mantenimiento.

Como reflexión al pie, Vignau (2009) considera trascendental una correlación, en la que el buen funcionamiento del sistema, a corto, mediano y largo plazo, es directamente proporcional a la participación comunitaria desde el inicio de la planeación, gestión y operación del proyecto.

2.5.2 Manejo de Agua Residual: biofiltro, humedal artificial y sistema séptico

Biofiltros

De manera similar a como ocurre con los SCALL, en México la información disponible acerca de los biofiltros es limitada y aún no existe una definición precisa de lo que constituye un biofiltro. No obstante, distintas instituciones y organizaciones han incursionado en su diseño y aplicación para uso doméstico. El IMTA ha desarrollado alternativas, como el lavadero ecológico, un biofiltro compuesto por cinco fases: dos lechos destinados a la eliminación de contaminantes orgánicos, una trampa de grasas y dos humedales para la remoción de nutrientes (Rivero y Córdova, 2011).

Asimismo, en colaboración con el *Centre de Recherche Industrialle du Québe*c, se creó un biofiltro con residuos de jacaranda y tabachín en 2007, instalado en una primaria de Cuernavaca, Morelos (Buelna *et al.*, 2011).

Por su parte, el grupo consultor interdisciplinario de la Organización Internacional Sarar Transformación, SC (conocido como Sarar-T) diseñó modelos como las biojardineras, integradas por un atrapa grasas, una sección de tezontle para distribuir el agua, un filtro con plantas acuáticas y otra sección adicional de tezontle (Buenfil y Garduño, SF).

Otro caso es el biofiltro de la Universidad Autónoma de Querétaro, implementado en la comunidad de La Concepción, Guanajuato, compuesto por un atrapa grasas, un lecho de hidrófitas, un depósito de estabilización y un espacio para almacenar el agua (Gay *et al.*, 2010).

Estos ejemplos reflejan la diversidad en su diseño, construcción y operación, los cuales se adaptan a materiales y recursos disponibles en el entorno donde se pretende su aplicación. Finalmente, se encuentra el Manual para la construcción de biojardineras en Costa Rica, que funciona como guía para su diseño, implementación y mantenimiento (Rosales, 2006).

De acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que dictamina la calidad de la descarga de aguas residuales se establecen los límites permitidos respecto a los contaminantes de las aguas residuales. Sin embargo, la falta de normativas establecidas con claridad ha permeado la imposibilidad en su difusión (SEMARNAT, 1996).

Un ejemplo de estas limitaciones, el IMTA, en 2003, desarrolló en la cuenca del Lago de Pátzcuaro un proyecto en el que se implementaron ocho tecnologías apropiadas, dentro de las cuales estaba el lavadero ecológico, el cual presentó complicaciones y fallos en el diseño del sistema para el proceso de desagüe, problemas que fueron corregidos, pero que, sin lugar a duda, una norma hubiera esclarecido el problema desde el inicio (Rivero y Córdova, 2011).

Existen proyectos que han difundido su uso por parte de empresas y organismos particulares, sin embargo, en México ha sido limitado. Sarar-T brinda talleres y un proceso

de capacitación en temas de saneamiento ecológico y específicamente en el diseño de biofiltros jardineros (Buenfil y Garduño, SF). Por su parte, GRUPEDSAC realiza talleres y demostraciones para su desarrollo e implementación. El IMTA ha promocionado lavaderos ecológicos como parte del desarrollo rural a través de las tecnologías apropiadas.

Únicamente se han documentado los procesos de seguimiento y monitoreo de éstos por parte de los organismos que los han desarrollado. Por ejemplo, el IMTA ha evaluado con indicadores económicos, técnicos, ambientales y sociales por medio de encuestas a las personas beneficiarias en su proyecto de la cuenca del Lago de Pátzcuaro; obteniendo resultados del número total de lavaderos ecológicos implementados (268), que un 8.21 % de ellos (22 lavaderos) presentaron fallas, mientras que únicamente un 3 % (8 lavaderos) no estaban siendo utilizados. Reflexionado que, fueron insertados de manera exitosa y considerando las condiciones y necesidades de su entorno, siendo útiles y prácticos para el usuario; además, se obtuvo que la mayoría de los usuarios sabían y se sentían capacitados para dar mantenimiento, donde un 6.7 % (18 usuarios) pudieron posteriormente realizar modificaciones acordes a sus necesidades (Rivero-Bustos *et al.*, 2012).

Humedales artificiales

En México se han desarrollado e implementado varios humedales artificiales. La Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), por su Centro de Biotecnología y en coparticipación con la Facultad de Química, instalaron un humedal artificial de flujo horizontal en Cuernavaca, con el fin de medir la eficiencia de remoción de la carga orgánica, fósforo y nitrógeno (Romero-Aguilar *et al.*, 2009).

En México, pese a la falta de normativas específicas, la norma oficial mexicana aplicable es la NOM-003-ECOL-1997, sobre sistemas sépticos y biofiltros, que regula la calidad de la descarga de aguas residuales en el servicio público y establece el límite permitido de contaminantes (Krekeler *et al.*, 2007 y SEMARNAT, 1997b). Además, la NOM-004-SEMARNAT-2002, establece las características requeridas para aprovechar y disposición final de biosólidos y lodos (SEMARNAT, 2002).

Si bien su difusión en México ha sido limitada, existen casos de implementación que la documentan, CONAGUA, en 2011 documentó 69 humedales artificiales, implementados mayoritariamente en el Estado de Oaxaca, para tratar aguas residuales municipales (Zurita *et al.*, 2012). Por ejemplo, en la península de Yucatán, donde mayoritariamente sus pequeñas localidades carecen de alternativas para el manejo y tratamiento de aguas residuales, han documentado varias implementaciones de humedales artificiales; en Akumal, Quintana Roo y sus zonas aledañas, desde la década de los años noventa, se han desarrollado alrededor de 50 humedales artificiales (Krekeler *et al.*, 2010).

Llevar a cabo el monitoreo de éstos es básico, ya que, el proceso de descomposición natural está fuertemente correlacionado a factores climáticos, el tipo de vegetación, microorganismos y contaminantes presentes en el agua; por lo que en dependencia con las

dimensiones del sistema se requerirán mayores o menores acciones de mantenimiento y operación (Romero-Aguilar *et al.*, 2009). Un grupo de investigación de Estados Unidos de América evaluó en Akumal, Yucatán, 20 humedales artificiales a nivel doméstico del tipo de flujo subsuperficial, para establecer una base de datos e información para el monitoreo y seguimiento a largo plazo, teniendo resultados como mal olor, insuficiencia en la cubierta vegetal y falta de contenedores secundarios. (Krekeler *et al.*, 2007).

De acuerdo con García *et al.* (2013) se encuentra como experiencia de monitoreo registrada, la llevada a cabo en los humedales de la ribera del lago de Pátzcuaro, cuyo fin era evaluar la efectividad de los sistemas implementados. En conclusión, respecto a su diseño, desarrollo, monitoreo y seguimiento, se puede puntualizar que existen barreras y obstáculos para su correcta adopción y uso en México, como la falta de información técnica y de desarrollo, desconocimiento de la ecotecnia, desinterés gubernamental para su regulación y normativa, entre otros (Zurita *et al.*, 2012).

Sistemas sépticos

En México, existe una gran diversidad de modelos para los sistemas sépticos, y de manera operacional, están dominados por las PyMES. En el Museo del Agua de Alternativas y Procesos de Participación Social, en Tehuacán, Puebla, cuentan con un modelo demostrativo. Pueden ser construidos in situ o de manera prefabricada. Las empresas Sépti-K y Rotoplas, han desarrollado sistemas prefabricados como el *Biodigestor Autolimpiable* (Rotoplas), el cual fue diseñado para eliminar automáticamente los lodos a través de una válvula de presión; ambas empresas cuentan con sus propios sistemas y patentes, evidenciando la competencia que emerge por el desarrollo e implementación de éstas.

Existe una norma oficial mexicana que las evalúa y regula, la NOM-006-CNA-1997 se encarga de establecer las características, especificaciones, métodos de prueba, procesos sépticos y de oxidación que se infiltran en el tanque. Determina las distancias mínimas entre el sistema y los cuerpos de agua, así como de edificios, además de determinar la capacidad nominal del sistema. También especifica que deberán contar con un registro de inspección (como construcción independiente o dentro del mismo sistema). Existen tres tipos de instalación para el proceso de oxidación del efluente: filtros de arena subterráneos, zanjas de infiltración y pozos de absorción (SEMARNAT, 1997a).

El IMTA y la CONAGUA elaboraron un manual técnico para aplicar de forma adecuada la NOM-006-CNA-1997 en estos casos. Si bien, las normas también especifican que las nuevas construcciones de vivienda que no estén integradas a la red de alcantarillado convencional deberán contar con un sistema séptico, dicha norma no determina y especifica ni el tipo de sistema a integrar ni las dimensiones para implementarlo (Febles-Patrón y Hoogesteijn, 2008).

Es relevante mencionar que cada Estado tiene sus propias regulaciones respecto a los sistemas sépticos, por ejemplo, el Plan Estratégico de Mérida, evalúa y regula los sistemas

para proteger las aguas subterráneas, debido a que, en su contexto, las localidades no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario, permeando la construcción innecesaria y fuera de norma de sistemas sépticos.

Debido al interés público y particular de esta tecnología, en México, su desarrollo e implementación ha sido ampliamente difundido. Diversas organizaciones y empresas se dedican a ello, como se mencionó en Mérida, Yucatán, dónde existe la gran mayoría, debido a sus condiciones geológicas y topográficas, que imposibilitan por factores económicos, la implantación convencional de sistema de alcantarillado y de tratamiento de agua residual, y abren el campo a la implementación de las fosas. De ello deriva la viabilidad de nombrarles alternativa común para el tratamiento y saneamiento domiciliar (Espadas *et al.*, 2007).

La Universidad de Quintana Roo en conjunto con la Universidad de Rhode Island (EUA) y la USAID, han difundido su uso a través de manuales de construcción y operación; que describen los requerimientos y cálculos necesarios para su implementación y adaptación adecuada, particularmente, en la zona de la península de Yucatán (Carballo *et al.*, 1999).

Mediante los ejemplos anteriores se puede concluir que los sistemas sépticos dependen de quién los promueve, siempre tomando como factor para su difusión al mercado de su interés, por lo que evidentemente, las regiones y poblaciones en condiciones de pobreza y sin acceso a procesos convencionales para el tratamiento y saneamiento, quedan excluidas. Su proceso de seguimiento y monitoreo está vinculado directamente con normativas descritas en el apartado de validación previamente mencionado. Existen empresas como, Guxval, Sondex, Septic y SatarAnaya, que en su oferta brindan servicios para mantenimiento y monitoreo, sin embargo, bajo el concepto de ser sustentable y sostenible, los usuarios son encargados y capacitados para estos procesos.

2.5.3 Saneamiento seco: Sanitarios Ecológicos Secos (SES)

En México existen diversos modelos de sanitarios ecológicos secos que, dependiendo del contexto se han adaptado a las condiciones climatológicas, geográficas y culturales, haciendo énfasis en factores como bajo costo, fácil construcción, utilización de materiales disponibles en el lugar de inserción, entre otros.

Debido a la necesidad imperante del estudio del contexto para su inserción, los sanitarios ecológicos secos que han sido difundidos con mayor facilidad y desarrollados con mayor aceptación, son aquellos que han sido diseñados in situ, partiendo de un diseño general básico, para posteriormente ser elaborados en serie, desarrollados y difundidos por promotores, técnicos y usuarios.

El Centro de Innovación en Tecnologías Alternativas (CITA), en el Estado de Morelos, se posiciona como uno de los referentes de mayor relevancia a nivel nacional para su diseño y construcción, pues ofrece talleres para la fabricación de baños secos separadores de orina (de cerámica o cemento), que son los moldes para su elaboración; además, constantemente

han contribuido en el desarrollo y difusión en comunidades cuyas condiciones imposibilitan el derecho al acceso al agua y el servicio de drenaje (Hieronimi, 2006; Añorve *et al.*, 2000; Rizzardini, 2009). Por parte de empresas se han realizado proyectos, como es el caso de Ingeniería, Ecología y Proyectos (IEPSA) y Sanitarios portátiles de México (SANIMEX), que han desarrollado modelos prefabricados, siendo portavoces y proveedores de proyectos gubernamentales dedicados a implementar mediante programas ambientales y sociales para el saneamiento seco.

En el sector urbano también han realizado prototipos, buscando dignificar el uso del sanitario con diseños similares a los de una taza de baño convencional; por ejemplo, el Centro de Investigación de Diseño Industrial (CIDI) de la UNAM y el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT), han realizado algunos modelos como el sanitario seco urbano autocontenido, el cual tomó en cuenta la opinión y necesidad de los usuarios potenciales, para que en el uso final, pudiera ofrecer las mismas comodidades de un retrete convencional, dignificando el proceso a diferencia de las letrinas (sentarse en el piso) y, asegurar su aceptación social (Del Olmo *et al.*, 2012).

Por tanto, se puede inferir que su desarrollo en México lleva varias décadas de experiencia, denotando que son una alternativa para el cumplimiento de una necesidad básica; por lo que quizás su reto más significativo es en sí seguir en el proceso de adaptación y de posibilitar el alcance a los usuarios y sus necesidades y condiciones climáticas, geográficas, socioeconómicas y culturales.

En México, se cuentan con reglamentos nacionales que evalúan el saneamiento, tal es el caso de la norma oficial mexicana NOM-009-CNA-2001 (CONAGUA, 2001), en la que dentro de sus estatutos se dirige a los sanitarios de arrastre hidráulico (convencionales), pero, en sí no evalúa directamente al sanitario ecológico. Por lo que el proceso de evaluación, monitoreo y mantenimiento en realidad corre a cargo de su usuario final.

No obstante, según Esrey *et al.* (1998) existen factores que evalúan su funcionamiento y efectividad, tales como: un diseño y conceptualización que sea atractivo, que sea asequible para el mismo usuario, que exista una capacitación para su manejo y mantenimiento y que claramente, exista un proceso estratégico para su promoción y difusión.

Esto no necesariamente implica su aceptación al cien por ciento, sin embargo, es menester considerar desde el diseño, desarrollo y gestión barreras culturales existentes dentro del entorno en el que la ecotecnia desea ser insertada, siendo un determinante para su adopción y aceptación (Peña, 2004).

De acuerdo con Córdova (2000) en su proceso de difusión, los usuarios finales y las comunidades que los adopten toman un papel trascendental, es mediante sus experiencias que han logrado generar impacto y posibilidad de réplica en otros contextos. El financiamiento de difusión, por lo regular es llevado a cabo por organizaciones de la sociedad civil, suscitando diversas circunstancias, por ejemplo, respecto a su costo total, en

algunos casos el usuario final lo cubre y, en otros casos, es quien financia el proyecto, pero pidiendo la participación de los usuarios con mano de obra, dejando en el intermedio una amplia gama de posibilidades.

Con base en CONEVAL (2012), Oaxaca, es de los Estados con un mayor índice de pobreza en México y, a la par es de los Estados con mayor registro de SES desarrollados e implementados con éxito y con aceptación social (Ysunza *et al.*, 2010).

Con base en Córdova (2000) y Vignau (2009) su aceptación a mediano y largo plazo depende del seguimiento que reciban; e igualmente, de las condiciones en las fue realizado determinarán su uso y mantenimiento.

Es decir, cuando el usuario final participa en su instalación, por principio de aceptación, se espera que se mantenga adecuadamente (Añorve *et al.*, 2000); no obstante, Córdova (2000) menciona que, en México, el involucramiento de los usuarios en la planeación, diseño y construcción ha sido baja, repercutiendo en su adopción. Hablar de adopción, indiscutiblemente requiere un cambio de paradigma en el hábito y concepción del usuario final, cambiando la perspectiva tradicional del uso de un retrete convencional en la zona urbana, como cambiar los hábitos tradicionales en la zona rural como la práctica del fecalismo a cielo abierto.

Además, como lo menciona Del Olmo *et al.* (2012), particularmente en la zona urbana, para que sean adoptados socialmente con éxito, deberán cumplir con un diseño y funcionalidad de comodidad que la taza de baño convencional posee actualmente.

Por último, es relevante precisar que para garantizar su aceptación se requiere que el usuario compruebe y comprenda la utilidad y las ventajas que poseen (Guerrero *et al.*, 2006 y Montes, 2009). De acuerdo con Córdova (2000), aún queda un largo camino por recorrer, pues el nivel de adopción de estos varía entre un 66 % y un 80 % en la población mexicana. Se requiere plantear nuevos objetivos para los proyectos ecológicos y en el caso particular, en su proceso de difusión, a fin de lograr maximizar los beneficios sociales, ambientales y de salud que derivan de su uso, en el que el indicador a evaluar no sea el número de implementaciones, sino el número de sanitarios en adecuado funcionamiento.

Discusión

En contraposición al modelo económico dominante, surge el interés por recuperar los saberes y técnicas ancestrales. La revisión de la literatura evidencia la búsqueda constante de estrategias desde tiempos antiguos.

Este conocimiento ancestral, que resalta la conexión entre espiritualidad, gestión y adaptación al entorno, revela como los ancestros otorgaban coherencia y significado a su entorno circundante (Broda, 1991), siendo el agua un elemento que da identidad comunitaria y cultural. Se concluye que recuperar la práctica de técnicas ancestrales

representa una propuesta sustentable (Gómez *et al.*, 1999). Al adaptarse a los ciclos naturales y a la disponibilidad de recursos, éstas reducen impactos y perjuicios de la producción masiva. Históricamente, sistemas como el *impluvium* romano o los *chultunes* demuestran su eficacia.

Ergo, la ecotecnología se presenta como una alternativa para abordar la problemática de acceso, disposición y abastecimiento de agua en el siglo XXI. Su inserción resalta por su capacidad de adaptarse a cada contexto, con soluciones de bajo impacto y costo, requiriendo la adquisición de conocimientos y saberes comunitarios para su implementación, lo cual dignifica las condiciones sociales y económicas de quienes las usan.

Proponer ecotecnias como alternativa para la gestión del agua resulta viable al promover procesos como la reutilización y el reciclaje. Además, su aplicación debe integrar factores socioeconómicos y de género, reconociendo el papel clave de las mujeres en la gestión (GWP & FAO, 2013).

Implementar ecotecnias resulta ser una solución sistémica e integral, ya que disminuye la discriminación y facilita la adaptación al cambio climático. La recolección de agua de lluvia tiene un gran potencial en todo el mundo.

Su gestión promueve soluciones naturales con beneficios locales, ayudando a reducir la presión sobre los recursos y evitando su sobreexplotación, a diferencia de enfoques convencionales como presas y embalses, que presentan desafíos logísticos, financieros y ambientales. La recuperación de lo ancestral toma importancia frente a la mercantilización y los ecocidios (Liffman, 2017).

La riqueza obtenida al mirar desde los colectivos en México invita al involucramiento integral en la gestión y protección de la naturaleza. La falta de reconocimiento y valoración del saber tradicional conduce un vacío cognitivo en los programas y políticas para la gestión del agua. Valorar este conocimiento es una respuesta y se convierte en una expresión de identidad, memoria, defensa y adaptación del territorio.

La implementación de técnicas tradicionales es viable y puede mejorar la seguridad hídrica. Pese a la tendencia macroeconómica y globalizada, es posible apostar por acciones de nivel local, generadas desde las condiciones particulares y que fomenten la autodeterminación comunitaria. Esto requiere que los Estados reconozcan la diversidad cultural y social del país, evitando el despojo simbólico-material de las fuentes de agua y respetando el derecho comunitario a la autodeterminación (Liffman, 2017).

Es menester plantear, controlar y regular las prácticas industriales, evitando la violación al ambiente (Gorelick, 1998). Con el desarrollo del capítulo, se resalta la inclinación creciente por priorizar los aspectos económicos por encima de cualquier otro, pues se ha considerado que las medidas económicas en vías del desarrollo son la única respuesta, silenciando cualquier crítica a dichos modelos, vistos desde la premisa de ser naturales e inevitables.

Conclusiones

La revisión del conocimiento ancestral evidencia que los grupos y sociedades han desarrollado históricamente estrategias sostenibles para la gestión del agua, vinculando espiritualidad, cultura y adaptación al entorno.

Estas prácticas, al integrarse hoy en día, ofrecen alternativas viables frente a los modelos convencionales que han priorizado la mercantilización y el crecimiento económico por encima de la sustentabilidad.

La ecotecnología, inspirada en el conocimiento ancestral y lo local, se presenta como una opción de bajo costo y alto impacto social, capaz de adaptarse a distintos contextos y de fortalecer la autogestión y gestión comunitaria.

Su implementación ha demostrado contribuir a la seguridad hídrica, por ejemplo, mediante la recuperación de hasta 80 % del agua de lluvia en sistemas domésticos, reducir la presión sobre los recursos, a disminuir el consumo de agua entubada en hasta un 40 % en comunidades con SCALL instalados y, promover la equidad social, al ampliar el acceso a agua segura en zonas marginadas (Anaya, 2008 y Pascual, 2011).

El rescate de los saberes ancestrales y de las alternativas locales no solo aporta soluciones técnicas, sino que también fortalece la identidad cultural y la memoria colectiva, convirtiéndose en un eje de resistencia frente a modelos económicos que invisibilizan la diversidad social y ambiental.

En suma, la integración de prácticas tradicionales y ecotecnias en la gestión del agua constituye una vía estratégica para enfrentar la crisis hídrica, promover la justicia social y avanzar hacia un desarrollo sostenible que respete la diversidad cultural y ambiental de los territorios.

CAPÍTULO 3. ADOPCIÓN SOCIAL

Introducción

El panorama social en México se caracteriza por limitaciones persistentes en el acceso a recursos y herramientas para cubrir necesidades básicas. Estas carencias reflejan una problemática estructural que condiciona el desarrollo económico y social y, que se traduce en desigualdades en la calidad de vida y en el ejercicio de derechos fundamentales. Tales condiciones permiten dimensionar la magnitud de la pobreza y la marginación en el país desde una perspectiva empírica.

En 2022 en México, alrededor del 36.3 % de la población vivía en pobreza generalizada y el 7.1 % en pobreza extrema, lo que implica que más de un tercio carece, entre otras cosas, de acceso a servicio de agua y vive en condiciones precarias (CONEVAL, 2023a).

Si bien la tecnología es relevante para desarrollar procesos que cubran estas necesidades básicas (alimento, agua potable, vivienda, energía renovable y manejo de residuos), los modelos tecnológicos dominantes en el país sirven como símil de la industrialización, donde el progreso es a costa de una inserción abrupta y carente en apropiación, transferencia y adopción y; siendo a menudo una imposición tecnológica sin sentido comunitario, cuyo avance refleja el olvido que sufren las comunidades rurales, que son las menos atendidas y presentan el mayor porcentaje de necesidad (Álvarez-Castañón y Tagle, 2019).

Frente a ello, surge la ecotecnología como alternativa que postula el tránsito de un contexto globalizado de producciones en masa a uno que se ocupa de atender lo local. No se trata de una alternativa anticuada, sino que es de gran aporte al estar fundamentada en un proceso de diálogo de saberes que integra insumos científicos con técnicas y prácticas ancestrales. Su intención es generar un modelo social con conocimiento democrático, justo y plural, que contribuya a reducir la brecha de desigualdad y marginación.

No obstante, se debe reconocer que, dentro del contexto actual, la adopción social de ecotecnias suele darse principalmente en sectores que carecen de otras opciones, lo que refleja más una estrategia de sobrevivencia que una elección libre; lo cual no debe desdibujar la responsabilidad pública en torno a la gestión inequitativa del agua, que constituye el problema de fondo.

A futuro, el planteamiento es que las ecotecnias se conviertan en parte de un cambio de paradigma, orientado a la transformación social y ambiental, y no únicamente como soluciones funcionales para quienes enfrentan carencias inmediatas. Así pues, cobra sentido el desarrollo de proyectos y alternativas que busquen dar respuesta en contextos diversos, sobre todo en zonas rurales, cubriendo necesidades básicas y asumiendo un rol fundamental (Galindo González, 2015).

Este enfoque es crucial para afrontar el agravante desgaste del medio y al agotamiento de recursos. Para lograr el progreso social, se torna necesario legitimar el conocimiento originario y cultural, e integrarlo con la innovación (Olivé, 2012), así como generar nuevos patrones de conducta, acciones y relaciones sociales que promuevan la conciencia ambiental (Leff, 1998 y Savater, 1997). Por tanto, para que la ecotecnología cumpla con su propósito de afrontar problemáticas con respuestas estratégico-tecnológicas de alto impacto social, debe ocurrir un proceso integral de implementación e inserción.

Esto hace necesaria la adopción social, proceso complejo que requiere sensibilización desde la formación (Freire, 1976) y que, es vital para la mejora de la calidad de vida, ya que la tecnología solo beneficia cuando hay un proceso adaptativo en su implementación.

La adopción transforma la mirada del individuo al colectivo, requiriendo un plan de formación y concientización. El proceso de inserción está intrínsecamente ligado a la transferencia tecnológica, siendo el punto de cruce entre la dinámica social, la técnica y la práctica tecnológica, donde convergen factores que influyen en la adopción social como son los culturales, institucionales, de infraestructura y organizacionales. En contextos de pobreza, el desarrollo de alternativas, como las ecotecnias, toma sentido especialmente en zonas rurales, cubriendo necesidades básicas como el agua potable y el saneamiento.

El objetivo del capítulo es analizar los factores que caracterizan la adopción social de ecotecnia aplicadas al agua en comunidades rurales. Específicamente, busca analizar cómo una ecotecnia pasa de ser una estrategia dentro de la agenda a una herramienta funcional de autogestión mediante su adopción social.

Para ello, dentro del presente trabajo se enfatiza en las ecotecnias aplicadas al agua como alternativa frente a la escasez, que abastecen y reutilizan agua en cantidad y calidad, como estrategia para zonas con carencia del recurso. Se plantea identificar las estrategias de gestión del agua de uso doméstico que son utilizadas en hogares rurales dentro de una zona de estudio semiárida en México, asumiendo que la adopción social y la autogestión son procesos transformadores que reconfiguran el espacio, las capacidades sociales y la cultura de un contexto determinado.

Ergo, se entiende a la adopción social de ecotecnias como el proceso de recibir una semilla especializada y la guía para plantarla, metáfora en la cual, la semilla es la ecotecnia (la tecnología en sí), el manual de cultivo y el conocimiento de la tierra representan la transferencia tecnológica y el diálogo de saberes; pero, la adopción social es el acto de que la comunidad elija cultivar esa semilla, adaptando el método a su clima y sus herramientas (autogestión), asegurando así que el fruto (acceso al agua y calidad de vida) sea una solución permanente y local, en lugar de una cosecha impuesta que se marchita al primer cambio.

Este capítulo se estructura en torno al análisis de la adopción social de ecotecnias aplicadas al agua. Tras la introducción, se expone el contexto social y tecnológico que da origen a la necesidad de alternativas sustentables. Posteriormente, se abordan tres ejes de discusión:

la apropiación tecnológica, que examina la relación entre conciencia ambiental y uso de recursos; la transferencia tecnológica, que analiza los mecanismos de inserción y adaptación de las ecotecnias y; la adopción socio-tecnológica en el agua, que estudia como estas prácticas se convierten en herramientas de autogestión comunitaria. Finalmente, la discusión y las conclusiones sintetizan los hallazgos, destacando los factores culturales, institucionales y organizacionales que condicionan la adopción social, así como las implicaciones para la gestión del agua en diversos contextos.

3.1 Apropiación Tecnológica ¿Raciocinio ambiental?

La tecnología moderna se sostiene a base de valores culturales propios de la sociedad de mercado, siendo producto de la imposición tajante del dominio tecnológico y de su violenta presión sobre el resto de las prácticas y sobre la sociedad. Sería más acertado reconocer que intervenir tecnológicamente se constituye a la par de valores propios de la cultura tecnológica y no necesariamente de la sociedad, lo que se vincula más con la novedad, siendo uno mal entendimiento de la innovación, y con los deseos ilimitados de cumplir expectativas y necesidades (Broncano, 2000 y Quintanilla, 1997). Es relevante observar que, lo anterior tiene más que ver con el deseo de doblegar y tener control sobre la naturaleza, con una confianza ciega e infundada en la razón, así como con una cultura de felicidad efímera y hedonismo; lo que, para Broncano (2000) ha hecho que el humano desarrolle la capacidad de vivir en la inestabilidad y tener resiliencia al cambio constante.

Se entiende por tecnología al proceso social que integra capacidades humanas e infraestructuras y, que hace capaz a una persona o grupo social de utilizar productivamente información y conocimiento, en conjunto con técnicas y estrategias específicas en favor de su desarrollo (Lichtenthaler, 2009); también se define como el uso eficiente de habilidades y conocimientos técnicos para mejorar un contexto con condiciones determinadas (Puranam *et al.*, 2007); cuyo factor determinante es el tiempo, pues, es requerido en la transferencia, para analizar, evaluar y dar seguimiento de avances y resultados (Lai y Shyu, 2005). Indudablemente, la tecnología es un proceso social que requiere ser gestionado y transferido; siendo menester contar con el conocimiento (técnico, práctico y teórico) que aporte a la solución de los distintos problemas sociales (Perrin, 1999).

Complementariamente, Rosenberg (1970) entiende como capacidad técnica al conjunto de recursos, cognitivos y materiales, de un grupo social, que son determinantes para el sistema de acciones y los objetivos planteados; esto desde una mira económica, que se enfoca en las posibilidades que tiene el grupo para aprovechar una técnica en pro de su desarrollo económico. Así, las capacidades técnicas son el conjunto de conocimientos y materiales disponibles para el desarrollo y mejora de técnicas insertas en contextos particulares.

Ahora bien, de acuerdo con Ortega y Gasset (1939) se definen como técnicas a las formas de acción humana cuyo fin es cumplir funcionalmente objetivos, los cuales involucran propios intereses y, en consecuencia, tienen una ordenación de valor implícita; tentando el

reemplazar objetivos por necesidades, desvirtuando, en cierto punto, al desarrollo tecnológico, pues se respondería más a lujos y fantasías, bajo la percepción de bienestar.

Así, las técnicas funcionan con base en la capacidad humana y a lo que desean hacer que; terminan reflejando expectativas, objetivos y posibilidades de acción de una cultura y sociedad, donde su diseño resultaría equívoco desde una mira individualista, pues en esencia es un proceso social. Ergo, lo que se quiere o hace es relativo al colectivo, es decir, el saber y hacer delimitan la capacidad técnica del grupo social.

Entonces, una tecnología apropiada se entiende como aquella que se ajusta a las condiciones locales, aprovechando de manera responsable los recursos disponibles y orientando el proceso productivo hacia una perspectiva humana. Su propósito es promover la igualdad social y fortalecer el desarrollo local, reduciendo la dependencia de factores macroeconómicos externos. Estas tecnologías se diseñan y producen en el propio territorio, con materiales y conocimientos locales, para responder directamente a las necesidades de la comunidad. De este modo, garantizan que cualquier persona pueda acceder y utilizarlas dentro de su entorno, lo que las convierte en sostenibles y sustentables (Bonsiepe, 1985).

Por su parte, Barbour (1980) señala que una tecnología apropiada puede entenderse como una receta dirigida especialmente a países en vías de desarrollo, donde se impulsa cada vez más la participación en la toma de decisiones. En este enfoque, se integran no solo aspectos técnicos, sino también sociales, humanos y éticos, diferenciándose claramente de la visión convencional que concibe la tecnología como un recurso homogéneo y descontextualizado.

Se considera como apropiación, de acuerdo con Toledo *et al.* (2002), a la acción mediante la cual el humano busca su beneficio al extraer elementos y servicios de la naturaleza, esto es, la circulación de energía o de material de un espacio natural (ecosistema) hacia un espacio social. Ostrom (2000) menciona que la apropiación de un recurso de uso común, como es el caso del agua, se lleva a cabo por varios individuos o grupos, cuya organización depende de la estructura y la organización de cada grupo y, mediante normas establecidas por el colectivo para usarle. Además, Boelens (2009) señala que, respecto a la apropiación de derechos, apropiarse de lo individual es directamente proporcional con la apropiación de lo colectivo, estando interconectados y siendo base para su gestión colectiva.

Los recursos de uso común se gestionan eficientemente cuando los procesos son a pequeña escala, desarrollando procesos adecuados de comunicación en un contexto específico, generando espacios de confianza colectiva e identificando los efectos de sus acciones sobre los recursos así como sobre otras personas, siendo posible a través de la generación de instituciones, que establecen el conjunto de reglas que definen el derecho y participación dentro de la toma de decisiones (Ostrom y Ahn, 2003); creando sus propias reglas de gestión de los recursos de uso común como: apropiar, proveer, supervisar, aplicar normas, resolver conflictos y gestionar. Dichas instituciones se pueden denominar entidades anidadas y son primordiales para sostener los recursos a largo plazo. Un ejemplo de entidad de gestión,

son las comunidades rurales en México, puesto que, debido a su contexto, el cual implica diversas instituciones entramadas que se organizan y coexisten de forma simultánea para regular la vida social. Así pues, apropiarse de recursos de uso común, es un proceso realizado por los integrantes y familias organizados a pequeña escala con el fin de ser sustentables y de satisfacer las necesidades hídricas dentro de un contexto geográfico particular (Ostrom, 2000).

Hablar del concepto sustentable ineludiblemente evoca a un complejo paradigma, dónde intervienen valores e ideales multidisciplinares (ecología, sociedad, política y economía). La sustentabilidad posiciona como participantes del mismo plano y realidad al ambiente y al desarrollo económico; considerando que, no sólo se ha incluir al uso de tecnología, conocimiento, inversión financiera o prácticas ecológicas; además, deben considerarse los cambios sobre las necesidades y responsabilidades para proteger y conservar la biodiversidad (especie, cultura, sociedad y ambiente) (Torres y Cruz-Castillo, 1999).

La discusión sobre el desarrollo sustentable implica innegablemente una crisis entre las relaciones humanas y los grupos sociales (Foladori, 2001) y; su evaluación no puede verse sólo como la extrapolación de los procesos sociales y naturales, siendo producto de la racionalidad instrumental y económica dominante (Leff, 2000). Además, éste debe ser constructo social de una racionalidad ambiental, que estudie valores éticos, materiales, técnicas, instrumentos legales y acciones sociopolíticas, permeando una gestión ambiental.

Una racionalidad ambiental se compone de 4 racionalidades: sustantiva, técnica instrumental, teórica conceptual y cultural (Leff, 2004); en contrapunto, en un raciocinio capitalista, lo formal y técnico son dominantes, por su principio de productividad y eficiencia, explicando, según Marcuse (1968), por qué el modelo capitalista de producción es una manifestación racional tecnológica. Frente a ello, es menester tornar la vista hacia la ciencia social y ambiental, impulsando modelos alternativos que buscan preservar ecosistemas y los valores de uso, en vez del valor de cambio (Gonzáles, 2011).

Es relevante comprender el vínculo entre técnica y sociedad para no caer en dos posturas que anteponen a estos términos como antagónicos. La primera postura, considera que la técnica es neutral y responsabiliza al uso humano por el nivel de inserción que tenga y; la segunda, que asume y da valor a las técnicas, siendo buenas o malas, pues integran valores culturales, morales y políticos, haciéndolas susceptibles a ser malignas, por ser capaces de explotar y alienarse al humano en su deseo utópico de liberación. Con ello, el debate debe dar paso a una mirada más amplia que, atienda integralmente la inserción de técnicas en sociedad y a los criterios socioculturales que impactan en el contexto; ya que, de sólo tomar en cuenta lo político, se descuidan valores implícitos de aceptación y, por otro lado, si se consideran sólo valores inherentes, se descuida el proceso de responsabilidad social (Vega Encabo, 2004).

3.2 Transferencia tecnológica

Para Rogers *et al.* (2001), la transferencia tecnológica es el proceso de transmisión de conocimiento técnico, de una persona/grupo a otro, para ser aplicado a través de la comunicación. También es vista como el proceso de transacción entre dos entes, quién posee la tecnología y quien la va a usar, es decir, un desplazamiento estratégico de tecnología (Herrera, 2006).

Por su parte Domínguez y Brown (2004) la definen como el proceso que transmite conocimiento explícito y tácito entre actores, a lo que Bozeman (2000) agrega que, hay 5 dimensiones clave para ella: emisor, receptor, objeto/técnica a transferir, medio de transmisión y contexto.

En ese sentido, de acuerdo con (Villavicencio, 1994) se afirma que la transferencia tecnológica permea el aprendizaje tecnológico mediante:

a) Adquisición, pues el emisor otorga información pertinente para el uso,
b) Ejecución, pues se ha de estandarizar el conocimiento para lograr su funcionamiento,
c) Mantenimiento, contando con la pericia requerida y,
d) Mejora continua, resaltando que no es un proceso lineal.

Ahora bien, contrastar la realidad permite conocer la percepción de las y los usuarios, por ejemplo, Tagle (2016) menciona que ciertos programas gubernamentales han planteado implementar ecotecnias, siendo percibidas como acciones diseñadas desde el escritorio, sin haber considerado las necesidades comunitarias y; Herrera (2006) suma que hay estudios que exponen la contradicción de instalar tecnologías que serán rechazadas a falta de apropiación y adopción; generando más conflictos y distando del fin; resaltando que, la transferencia tecnológica ecológica hace posible migrar del paternalismo a generar capacidades tecnológicas en diversos contextos.

La transferencia tecnológica se entiende como un proceso cultural que no reproduce de manera idéntica la técnica, sino que la transforma para adecuarse a distintos contextos y usos; su eficacia depende de la capacidad de adaptación de la técnica a las condiciones específicas del entorno, lo que involucra actores sociales, alternativas tecnológicas y factores naturales, económicos y culturales y; en consecuencia, transferir una técnica implica rediseñarla como práctica social orientada por valores culturales y capacidades técnicas del contexto, con el fin de cumplir objetivos de aplicación (Vega Encabo, 2004).

Por lo que, se infiere que toda transferencia implica un aprendizaje adaptativo que transforma tanto a la sociedad que lo incorpora como a la técnica misma y, consecuentemente, la implementación de técnicas mediante este aprendizaje se configura como un proceso que simultáneamente preserva y modifica el entorno.

La transferencia tecnológica se concibe como un espacio de intersección entre dinámicas sociales y prácticas técnicas, donde confluyen factores culturales, institucionales, de infraestructura y organizacionales que condicionan su adopción social. Este proceso se estructura en tres etapas (Álvarez-Castañón y Tagle, 2019, pp. 92–94):

1. Institucionalización de la tecnología, en la que se identifica necesidades del contexto, delimita la población objetivo y recopila información sobre beneficiarios y áreas de implementación;
2. Instalación de la ecotecnología, coordinada entre promotor, proveedor y beneficiario, que culmina con la entrega e instalación y;
3. Transferencia a los beneficiarios, fase destinada a la capacitación en uso y mantenimiento, acompañada de seguimiento posterior.

Además, identifican factores que inciden en la transferencia tecnológica y condicionan sus resultados, dilucidando que, al encontrarse en equilibrio, favorecen la inserción; en cambio, su desbalance genera conflictos, baja participación y rechazo al proyecto. Dichos factores se clasifican en: (a) externos, como diagnósticos técnicos y funcionales, participación en el proceso, articulación de conocimientos locales y técnicos, comunicación entre actores e instituciones, educación ambiental, perspectiva de género y sincretismo tecnológico y; (b) internos, que incluyen las capacidades técnicas de los beneficiarios, su interés por el cuidado ambiental, el bienestar comunitario y el beneficio económico, además de la convergencia de saberes locales y técnicos y la educación ambiental (*Íbidem*).

Abriendo un debate imprescindible en torno al papel de la tecnología en la inclusión social, el cual ha orientado los primeros esfuerzos en la formulación de políticas públicas (Fressoli *et al.*, 2013 y Moulay *et al.*, 2012). La FAO (2012) considera tres dimensiones condicionantes para la capacitación en contextos adversos: proceso formativo, construcción de habilidades comunitarias, (integración de conocimiento, habilidad y destreza) y, contexto social. La capacitación es un proceso continuo, participativo y holístico que, adapta al conocimiento al reconocer la realidad de cada lugar, creando habilidades necesarias para transformar su entorno (Herrera, 2006 y Pieck, 2011).

Así pues, dentro del diseño e implementación de una transferencia tecnológica ecológica, se busca la independencia de las instancias de poder y de gobierno, esto, al adquirir capacidades propias del colectivo. Lo que Según Mata *et al.* (2007), otorga la responsabilidad a la capacitación de, promover el aprendizaje tecnológico de forma holística, participativa y autogestiva, permitiendo construir capacidades y habilidades locales, centrándose en la persona y resignificándole como factor del cambio hacia un mejor uso y gestión. Finalmente, para hablar de adopción social, se ha de considerar que la transferencia se dé entre todos los entes involucrados.

3.3 Adopción socio-tecnológica en el agua

Para hablar de adopción social es relevante distinguir entre gestión y autogestión. Si bien, ambas hablan sobre transformar la realidad mediante una planeación estratégica, distan en que, la autogestión necesita de la participación directa de las personas afectadas, requiriendo su involucramiento en todo el proceso (planteamiento del problema, determinación de objetivos y metas y, resolución del conflicto).

Se entiende como autogestión a la organización directa de la sociedad y de los actores (comunitarios y sociales), siendo un sistema que requiere de la participación proactiva para la toma de decisiones, la administración y ejecución de tareas y recursos en favor del colectivo y de las personas que le gestionan (Sandoval-Moreno y Günther, 2015).

Se ha asociado a la autogestión del agua con la gestión social y comunitaria, pues desde un enfoque holístico, permite estudiar con mayor precisión la realidad de las comunidades, a diferencia del enfoque económico actual que se centra mayoritariamente en la acumulación de capital y, por ende, normaliza que la naturaleza se mercantilice.

Así pues, una gestión con perspectiva social, como la autogestión, no concibe la gestión de recursos como administración únicamente, además, posee valores contrapuestos a los dominantes, en el tema agua, por ejemplo, contempla al agua no sólo como recurso, sino como elemento constituyente para dignificar la vida individual y comunitaria (*Íbidem*); de forma tal que, la mayor debilidad de una adopción social se relaciona con las dinámicas desarticuladas entre actores involucrados y en la poca claridad en el proceso de autogestión para los usuarios.

Por otro lado, Vieta (2014) concibe la autogestión desde una mira filosófica y profunda, con un individuo que busca generar, controlar y provisionarse a sí mismo, entendiéndola como un proceso de auto crear, autoconceptualizar y autodefinir, para liberarse de los sistemas dominantes por autocracia y jerarquía.

Existe una gran diferencia entre la transformación de un individuo que considera pasivamente su derecho al agua y únicamente espera recibirla, con la de un individuo que activamente busca la forma de proveerse por autogestión. Por ejemplo, un SCALL, conlleva a la generación activa de transformaciones en la identidad individual y colectiva e, incidir en la aceptación y adopción social del sistema en cuestión. Dicho lo anterior, cobra sentido reconocer y resignificar la tecnología dentro de las dinámicas comunitarias, permitiendo diseñarlas y construirlas estratégicamente, en relación con el vínculo y la interacción entre dispositivo y usuario (Thomas, 2008).

Tal como se verá en el presente trabajo, resignificar la autogestión por medio de la ecotecnología, es un proceso que precede a la instalación, haciendo relevante el concepto clave de la memoria ancestral a la difusión, la cual se transmite a través del tiempo por canales de comunicación en un contexto y/o sociedad particular. Por ejemplo, pudiera

considerarse como técnica antigua dentro de la gestión del agua el captar agua de lluvia, pero definiendo que la innovación se da por objeto, técnica o idea vista como nueva, haciendo que, se considere innovador el resurgir de prácticas como la captación (Rogers, 2003).

De acuerdo con Otte (2013), existen 6 factores que impactan a la difusión y que son de análisis profundo para cada contexto, éstos son: social, económico, cultural, político, técnico y ambiental.

El proceso de difusión comprende un subproceso de decisión de diferentes tipos como: decisión opcional (independiente a los demás individuos), decisión colectiva (por censo entre miembros del grupo), decisión autoritaria (por parte de individuos con poder) o, decisión contingente (combinación con alguno de los anteriores); por ejemplo, al repartir los SCALL en los programas sociales, existió una difusión previa a los programas; cuando se institucionalizaron los SCALL, surgió la primera decisión de innovación autoritaria (dada por ONGs y gobierno) y, cuando la persona decidió ser parte del programa como beneficiario, se generó una segunda decisión de innovación de tipo contingente (Rogers, 2003).

Son 5 las etapas para el proceso de difusión: conocer, persuadir, decidir, implementar y confirmar; no obstante, aunque éstas permiten conocer el proceso desde la mirada del usuario, es decir, con perspectiva sociotécnica, además, las tecnologías sociales se relacionan con la capacidad de generar soluciones a problemas sistémicos y no precisamente a resolver carencias específicas (*Íbidem*).

Ergo, para que la innovación sea efectiva, es crucial integrar esfuerzos de los actores involucrados (academia, gobierno, organización civil, entre otras) junto con el conocimiento científico (teórico y aplicado), la actividad industrial, la aplicación de política pública y, el saber local. Lo anterior, según Olivé (2004), da origen a la multiculturalidad, que reconoce, respeta y dignifica a cada pueblo. México, como sociedad multicultural y plural, resalta la necesidad de que el Estado también lo sea, respetando su pluralidad y velando por la garantía de derechos, mediante la participación en la gestión y obtención de recursos.

Además, como práctica organizada, las redes socioculturales de innovación coadyuvan a resolver problemas ambientales y sociales, pues, incluyen a los actores clave: expertos (quienes viven la problemática y cuentan con expertise sobre ella) y gestores (mediadores que articulan las necesidades de los grupos sociales); permitiendo que los usuarios potenciales sean partícipes en todo momento, siendo medular para el éxito de la implementación ecotecnológica; siendo relevante también, la retroalimentación de usuarios, en la difusión y aceptación de ecotecnias, pues al ser procesos dinámicos y no lineales, ayudan a crear un histórico de experiencias, fomentando la mejora continua.

Así pues, la difusión no se da por concluida con la aceptación de un solo individuo, es hasta que la inserción, aceptación, socialización y uso se da entre el grupo social de forma

sostenida; a todo lo anterior se le conoce como adopción y, sucede cuando se vuelve cotidiana la tecnología implementada en una comunidad (Olivé, 2012).

Así pues, el modelo ecotecnológico surge de la necesidad por comprender que la demanda de recursos para sustento de las actividades humanas se funda en el conocimiento cultural y en el adecuado uso de los recursos disponibles (Pacheco y Gómez, 2007); es decir, se basa, según Vink (1975), en la culturización del paisaje, que integra las interacciones humanas con el ecosistema, con el fin de satisfacer las necesidades comunitarias y resolver las problemáticas del entorno.

Aun considerando a los modelos como la representación simulada de una realidad específica de un sistema productivo y comunitario que permite conocer, estudiar, predecir y representar factores e interacciones, la relación con la implementación tecnológica está en reconocer y establecer la potencialidad de los recursos en el ecosistema como parte del capital natural, siendo la ecotecnología el medio para transformar los recursos disponibles en productos y servicios mediante el uso y consumo responsable del patrimonio material comunitario como manifestación social y cultural.

Existen 5 atributos clave que miden la percepción de los usuarios para el proceso de adopción, de acuerdo con Rogers (2003) éstos son:

1. Ventaja relativa: percepción de mejoría respecto a la idea / práctica por reemplazar, p.e., un SCALL es mejor que la compra anual de pipas;
2. Compatibilidad: percepción de consistencia y congruencia con valores, experiencias y necesidades previamente planteadas, p.e., el SCALL no irrumpe con las dinámicas domésticas ni comunitarias;
3. Complejidad: percepción de fácil entendimiento y uso, p.e., conocer si la gente considera de fácil uso al SCALL;
4. Confiabilidad: percepción de seguridad y estabilidad en el uso, p.e., saber si el usuario se siente cómodo con el uso del SCALL y;
5. Observabilidad: percepción de visualización directa de beneficios y resultados por la implementación y uso, p.e., conocer si los usuarios consideran una mejoría en la calidad de vida.

Así pues, resulta necesario analizar el proceso a través del cual una ecotecnia pasa de ser una estrategia política de papel, para ser una herramienta para la autogestión del agua mediante la adopción social. Es relevante reflexionar que, ante la existencia de individuos que no cuentan con mecanismos para abastecerse de agua, éstos buscan cómo gestionar su obtención de diversas formas (garrafones, pipas, etc.); por lo que, quienes cuentan con una ecotecnia, potencialmente pueden, pasar de gestión a autogestión.

La ecotecnología permite aprovechar de forma sustentable y sostenible los recursos presentes en el entorno, siendo técnicas diseñadas con el fin de dar solución a problemáticas concretas en donde tendrá lugar su inserción; resaltando que para cada

contexto y tiempo se presentan particularidades respecto a los factores ambientales, culturales, sociales, políticos y económicos (Gavito *et al.*, 2017).

Éstas se diseñan, producen, mantienen y utilizan de manera local, no obstante, de acuerdo con Uribe Morfín (2014), su funcionamiento radica en la energía humana, caracterizándose por ser adaptables a cada contexto, lo que les confiere la cualidad de mejorar más los procesos que a los productos. *Grosso modo*, se define como aquellos dispositivos o técnicas a implementar para una tarea específica, realizada con el mínimo gasto de los recursos locales. La ecotecnología, entonces no busca desplazar, pero sí ser un complemento o sustituto de tecnologías convencionales; pues plantea la posibilidad de cubrir necesidades y el acceso a recursos, así como amortiguar el impacto ambiental.

El planteamiento desarrollado hasta aquí implica cuestionar, si el usar una ecotecnia implica directamente un proceso de adopción social. Lo que desde la reflexión contesta que no, dado que esto dependerá de los atributos mencionados, dentro de los cuales el usuario define por su percepción, el grado de adopción; otro punto importante es comprender que la autogestión mediante la ecotecnología requiere de la adopción social que tenga cada usuario; por ejemplo, un usuario puede adoptar el SCALL, utilizándolo en temporada de lluvia y, aun así, puede no autogestionar lo que consume a través del sistema (Vega Encabo, 2004).

Pero, entonces, ¿cómo hacer para que la adopción social de una ecotecnia sea una autogestión? Para lograrlo será necesario que el usuario conozca sus necesidades y que comprenda qué hacer y cómo usar la ecotecnia para satisfacer. Aunque en México hay programas para captar agua de lluvia, no se tiene como objeto principal la autogestión ni la adopción social que las ecotecnias promueven; sin embargo, se reconoce el potencial autogestivo que tienen y que, sin estar dentro del marco legal de la captación pluvial, este potencial está vinculado con las condiciones particulares del contexto y sus individuos.

Finalmente, en el ámbito ecotecnológico, esta idea se complementa con lo señalado por Leff (1998), quien entiende las ecotecnologías como instrumentos de apropiación social del conocimiento, capaces de articular saberes científicos y tradicionales para generar procesos de transformación cultural y ambiental.

De manera similar, Álvarez-Castañón y Tagle-Zamora (2019) destacan que la adopción social requiere fases de institucionalización, instalación y transferencia, donde la capacitación y el acompañamiento comunitario son esenciales para garantizar su viabilidad en territorios vulnerables. Así pues, se puede inferir que la tecnología posee una cualidad transformadora pues reconfigura al espacio, capacidad social y, a veces, la propia cultura de un contexto, por lo cual se considera que las técnicas son en esencia, un tipo de acción transformadora.

Además, Straub (2009) define como adopción social al proceso reflexivo individual mediante el cual una persona se inclina, o no, por seguir apostando por una práctica, poniendo mayor énfasis en los individuos y sus experiencias, esto es, conocer al individuo y

las decisiones que intervienen para su aceptación o rechazo, a través de la construcción de percepciones maleables pero únicas respecto a un objeto, técnica o idea, siendo éstas las que influyen en la adopción pero que son dependientes al contexto, así como a procesos emocionales y cognitivos del individuo. Reflexionando que, la adopción social es un proceso complejo cuyo estudio conlleva el análisis de información cuantitativa y cualitativa del conjunto de factores ambientales, económicos, políticos, técnicos, culturales y sociales, de las etapas de transferencia tecnológica y difusión, así como de los atributos de innovación.

Tomando en cuenta lo anterior y, considerando su capacidad de apropiación y con ello, satisfacer sus necesidades, se plantea que el presente trabajo sea en una zona de estudio semiárida de México, a fin de identificar aquellas estrategias de gestión del agua de uso doméstico que son utilizadas en los hogares rurales; planteando supuestos como que estos hogares poseen mayores estrategias para su gestión en comparación con los de la zona urbana, partiendo de la premisa que supone que dentro de la zona urbana se asegura una accesibilidad física del agua al abastecerse por la red pública controlada por el municipio.

Discusión

El estado de la sociedad actual se caracteriza por fragilidad, cambio constante e incertidumbre, colocando la técnica como elemento para la adaptación de instituciones, prácticas y costumbres. La intervención técnica asume que las prácticas sociales se transformarán, aunque no existan criterios concretos que definan su adaptabilidad en cada contexto. En este sentido, las técnicas deberían ser transferibles y modificables con rapidez, especialmente en entornos inestables.

Al hablar de tecnologías de bajo costo e impacto social, se reconoce la posibilidad de diseñar, transferir e implementar alternativas apropiadas. Sin embargo, la complejidad radica en establecer criterios claros, ya que estas tecnologías incluyen factores sociales y políticos, convirtiéndose en herramientas para el desarrollo comunitario y la liberación de grupos marginados.

La tecnología, vista como una ciencia aplicada, como brazo derecho del sistema social o como un producto cultural; de manera indistinta, se ha convertido en una herramienta para la transformación del mundo como lo concebimos, buscando primordialmente dar respuesta a necesidades humanas, de forma tal que, la tecnología requiere adaptarse al sujeto o colectivo que la usará y a sus condiciones de contexto; lo cual, ha producido una desigualdad tecnológica, pues desde la percepción de valor, se ha prescrito que la innovación no está al alcance de las personas con bajo nivel adquisitivo ni las ubicadas en zonas con marginación (Ángel-Maya, 1997).

La ecotecnología que se viene desarrollando en el país, en su mayoría se orienta hacia el uso y funcionamiento doméstico; sin embargo, no se aleja de la problemática ambiental global ni del uso inadecuado de recursos. Si bien su enfoque busca mejorar y dignificar la

calidad de vida, especialmente en zonas rurales, el trabajo realizado sigue siendo incipiente y aún queda un largo camino por recorrer.

En este sentido, resulta fundamental explorar mecanismos que permitan acercar estas tecnologías a comunidades rurales aisladas, de manera que puedan acceder a servicios que hoy generan confort en las ciudades. Para dichas comunidades, la posibilidad de tecnificar su entorno representaría no solo una mejora en las condiciones de vida, sino también una motivación para fortalecer la gestión y sostenibilidad, reduciendo la brecha territorial y social en el acceso a servicios básicos.

Por ello, para Galindo González (2015), la educación es clave para el desarrollo de la ecotecnología, siendo factor de cambio social, ya que invita a conocer, crear consciencia y el desarrollo de actitudes, habilidades y herramientas que les permita insertarse productivamente en sociedad. Se ha de tener presente, como menciona Gavito *et al.* (2017), que la innovación ecotecnológica enfatiza la necesidad de integrar en armonía la generación de conocimiento con el diálogo de saberes de las comunidades y de los actores sociales, lo que permitirá ser transformado en procesos o productos nuevos. En este sentido, la educación no sólo debe orientarse a reproducir acríticamente lo existente, sino a cuestionar, resignificar y modificar, promoviendo una apropiación crítica que permita a las comunidades decidir, adaptar y mejorar dichas técnicas según sus necesidades y contexto. Así, la ecotecnología se convierte no solo en una herramienta técnica, sino en un proceso educativo y social que fomenta autonomía, reflexión y capacidad de transformación colectiva.

Así pues, a través de la ecotecnología es viable el manejo responsable y eficiente de recursos, el desarrollo de capacidades locales, así como realizar un verdadero proceso de inclusión social. Como se ve con mayor detenimiento en otro apartado del trabajo, por su manejo óptimo y sustentable de recursos y energía, la ecotecnología es una alternativa fuerte para el desarrollo (Ortiz-Moreno y Masera, 2014).

Como reflexión, es menester comprender a la tecnología como lo que es, un proceso en formación, transformación e imperfecto, es decir, susceptible a la mejora continua; lo que para Latour (1992), es un proceso frágil, en el que cada contexto atribuirá y regulará procedimientos y factores requeridos para su desarrollo, evaluación y mantenimiento.

Se torna particularmente infructuoso adjudicar puramente a la tecnología, la injusticia o el fracaso que subyacen de proyectos de transferencia tecnológica y; siguiendo la tónica personal, me atrevo a afirmar que, prácticamente nadie, a menos que de forma cínica, dude del lastre cultural y valorativo de cualquier intervención técnica, no obstante, postulándose a favor o en contra, la racionalidad o normatividad en la toma de decisiones para su aceptación y éxito sigue en tela de juicio, es decir, ¿cuándo realmente se transfieren?

Finalmente, se subraya la relevancia de la educación como variable fundamental para lograr procesos de transformación social. Un pueblo que no conoce difícilmente podrá generar

innovaciones orientadas al desarrollo, lo que convierte a la autorreflexión y al autoconocimiento, en un eje indispensable para la consolidación de la ecotecnología.

En este sentido, también resulta prioritario acercar tecnologías innovadoras a comunidades rurales aisladas, con el fin de mejorar sus condiciones de vida. Ejemplo de ello son los SCALL, que permiten contar con agua necesaria para impulsar el bombeo desde fuentes de captación, además de brindar beneficios complementarios como alumbrado público y mayor autonomía energética.

Conclusiones

La técnica y la tecnología se presentan como procesos dinámicos, sujetos a transformación y mejora continua, cuya adaptabilidad resulta esencial en contextos sociales cambiantes e inestables.

La ecotecnología emerge como una alternativa viable para enfrentar la crisis ambiental y social, al ofrecer soluciones de bajo costo y bajo impacto que dignifican la calidad de vida, especialmente en comunidades rurales.

Su potencial radica en la capacidad de integrar saberes locales con conocimiento científico, generando procesos inclusivos y sustentables. La desigualdad tecnológica evidencia la necesidad de replantear modelos de innovación que sean accesibles para todos los sectores sociales, evitando que la marginación limite el derecho a la innovación y al desarrollo.

La educación se consolida como el factor clave para la apropiación y consolidación de la ecotecnología, pues permite generar conciencia, habilidades y actitudes que fortalecen la autodeterminación comunitaria y promueven la transformación social.

En suma, la ecotecnología no solo representa una herramienta técnica, sino también un proceso cultural y social que permite la participación en procesos comunitarios, pudiendo convertirse en un motor de desarrollo sostenible e inclusivo.

CAPÍTULO 4. GESTIÓN HÍDRICA, AGENDA GUBERNAMENTAL Y CONFLICTO SOCIAL: EL DESAFÍO DEL ABASTECIMIENTO

Introducción

El presente capítulo analiza la complejidad de la gestión hídrica en México, partiendo de la formación de agendas públicas y gubernamentales frente a los conflictos por el agua, los cuales surgen de intereses encontrados sobre el abastecimiento, disposición y distribución del recurso.

Se explora como la falta de claridad en las políticas puede derivar en una negación de agenda, un proceso donde se desestima la importancia de analizar y evaluar estrategias debido a la falta de recursos o intereses opuestos. A través de un enfoque multidimensional que considera factores de escasez, contaminación y distribución inequitativa, adentrándose en el panorama institucional mexicano, destacando la fragmentación y los desafíos de seguridad hídrica que enfrenta el país. El análisis se centra específicamente en el municipio de León, Guanajuato, examinando su transición histórica desde el uso de manantiales hasta la actual dependencia crítica de fuentes subterráneas, gestionadas por organismos como el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL) y el Consejos Técnicos de Aguas (COTAS). Se detalla cómo el rápido crecimiento poblacional y la intensa actividad económica han llevado a la sobreexplotación del acuífero Valle de León, exacerbando la crisis local.

En este contexto, el objetivo del capítulo es analizar el problema público del desabasto de agua en León y evaluar la respuesta institucional y social ante proyectos de gran infraestructura, como El Zapotillo, para comprender los retos de la gestión hídrica actual. En ese sentido, el abastecimiento de agua en Guanajuato se configura como un conflicto público relevante, incorporado en la agenda gubernamental pero limitado por obstáculos significativos en su gestión, persistiendo la ausencia de información clara y suficiente sobre su situación actual. A continuación, se examinará la situación actual de esta problemática hídrica y los actores implicados, con el propósito de comprender los principales desafíos y las oportunidades que se presentan en este contexto crítico.

4.1 Involucrados en la gestión hídrica y estado actual del problema.

La atención de los conflictos por el agua es de índole pública, pues siendo un recurso vital y un bien de acceso común, posee un alto potencial que suscita otros conflictos por su condicionante de escasez, lo que lleva a la pugna por su acceso (Ostrom, 2000). Su pluridimensionalidad se integra, además de escasez, por factores como contaminación, distribución inequitativa, uso ineficiente y disparidad social y; en México, agregando otros por sus condición geográfica, política y cultural. Así, el conflicto por el agua es entorno a una escasez relativa por cuatro factores mutuamente excluyentes: calidad, distribución geográfica y social, desastres naturales y cultura del agua (Ruiz Ortega, 2016).

Resulta conveniente revirar a las instancias encargadas de su gestión, resaltando su complejidad institucional por sus numerosas leyes, decretos, códigos y programas y, también, por los distintos niveles y dependencias de gobierno que involucran. Sin ser objeto primordial, es pertinente describir instancias y estructuras significativas, que dejan ver el panorama general en función de la gestión de la política hídrica, enfatizando en las que buscan solucionar las problemáticas actuales, al menos desde la normativa y agenda.

Institucionalmente, a nivel general, la gestión hídrica se vincula con: la Constitución Política de México, 22 reglamentos, 43 leyes, 10 decretos, 8 códigos civiles o penales, 3 planes y programas, 12 normas, 19 acuerdos y 9 documentos normativo-administrativos. En México, el agua se encuentra regida principalmente, más allá de la Constitución, por los Planes Hídricos Nacionales y por la Ley General de Aguas, con su respectivo reglamento. Además, cada Estado tiene la encomienda de realizar sus propios planes hídricos, atendiendo los lineamientos y rigiéndose bajo los principios de lo federal (CONAGUA, 2014).

La pérdida de la seguridad hídrica en México se vincula con la disputa por el agua, pues de haber mayor estrés hídrico y menor disponibilidad del recurso, la competencia por éste incrementa, creando complejos escenarios de conflicto entre agua, sociedad y ambiente; con lo anterior en mente, se dilucida que, de no contar con una planeación y reasignación multidimensional en la política hídrica del gobierno, se continuará con el enfrentamiento de conflictos sociales (CONAGUA, 2013), perpetuando el dilema de una política que es o debiera ser causa de otra política (Moran *et al.*, 2007).

Respecto a las características de cada conflicto, se estima que el 29 % de ellos se originan por alguna disputa directa por el agua, 20 % por alguna obra hídrica, 16 % por escasez presente en el suministro y 15 % por una ineficiente administración de las autoridades; además, en el 74 % de éstos, el gobierno es parte clave, destacando sus principales manifestaciones mediante el bloqueo de vialidades, toma de instalaciones, marchas, foros, denuncias públicas y cierre de suministro (Ruiz Ortega, 2016) e, identificando como otra implicación la insuficiencia o falta de claridad en la información y los datos disponibles. Los conflictos por el agua no son casos aislados en México, dónde se evidencia empíricamente el vínculo entre conflicto social y obra hídrica, por ejemplo, el caso representativo de El Zapotillo del cual se hablará más adelante, siendo un conflicto que los habitantes de Temacapulín habían enfrentado desde hace más de una década; si bien, es uno de los muchos casos, es menester resaltar la intensidad con la que varios conflictos se desarrollan, siendo desencadenante principal de otros costos (social, humano y material).

Por mencionar algunas afectaciones directas e indirectas, está el proceso deshumanizante de los desplazamientos forzados, el despojo y desalojo de propiedades, la transformación de hábitats naturales, la contaminación y la destrucción del medio, así como la reducción o erradicación de disponibilidad de recursos en una región. Si bien, la falta de datos no permite cuantificarlo claramente, es evidente que un conflicto va más allá de lo material, no sólo son las pérdidas generadas por el retraso o paro de una obra; pues para las

poblaciones afectadas y regularmente desestimadas por no ser cuantificables, el daño inmaterial se describe desde lo cultural, político, personal y emocional. Aunque, en un proceso de costo – beneficio pareciera que una obra o desestimar a un sector poblacional es justificable en vías de beneficiar a un porcentaje mayor que el afectado; desde los derechos humanos, el costo a pagar es irremisible, siendo urgente no postergar la planeación estratégica de metas claras, alcanzables y medibles, dentro de la gestión hídrica.

Para Cañedo (2012) desde una perspectiva sociológica, los conflictos por el agua desarticulan diversos patrones de existencia, generando crisis política y social, además, hace una crítica a instancias y gobiernos que ejecutan proyectos y políticas, resultando necesario cambiar de estrategia, pues se han centrado en planes que se acomoden a la obra erigida, como remedio paliativo, en lugar de buscar estrategias de no afectación.

En México, frente a éstos y su relevancia en el ámbito público, se ha de cuestionar qué es lo que las autoridades, las instancias encargadas y el gobierno consideran dentro de la política pública del agua. Subirats *et al.* (2008), Thoening y Meny (1992) mencionan que, no se puede concebir una política pública sólo como normatividad, sino que, debe figurar como el conjunto de acciones realizadas por la autoridad dentro del poder público para orientar el comportamiento de los grupos sociales, esto es, moverse del discurso a la acción concreta.

De manera más clara, se evidencia la disparidad en la implementación de políticas, pues las instituciones carecen de mecanismos que permitan coordinar y superar la fragmentación institucional y territorial. Asimismo, se subraya la insuficiencia de las acciones gubernamentales, aunque existen iniciativas como el registro público de derechos de agua, el intercambio entre usos y usuarios, y programas de ahorro y eficiencia, medidas que resultan limitadas frente a la magnitud de la crisis hídrica actual. El conflicto por el agua en México es de una naturaleza compleja y multifactorial, más allá de la escasez.

Resulta clave analizar la gestión en León, donde la interacción entre autoridad y comunidad ofrece aprendizajes relevantes. A continuación, se examina la situación actual, los actores implicados y las estrategias implementadas para enfrentar esta problemática.

4.2 Cronología y Actores en la Gestión del Agua en León

León representa el 4 % de la superficie del Estado, limitando al norte con Jalisco y el municipio de San Felipe, al este con los municipios de San Felipe, Guanajuato y Silao, al sur con Silao, Romita y San Francisco del Rincón y, al oeste con San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y Jalisco (INEGI, 1993). Según el Censo de Población y Vivienda 2020, León tenía alrededor de 1,721,215 habitantes, siendo el tercer municipio más poblado del país, después de Tijuana e Iztapalapa (INEGI, 2024a, 2024b).

La actividad económica del Estado se centra en el sector comercio, manufactura, transporte, servicio inmobiliario, educación, correo y almacenamiento, sector agropecuario

y forestal, entre otros (INEGI, 2016). En 2023, León registró ventas internacionales por 1,678 millones de dólares (USD), destacando la exportación de calzado, carretillas apiladoras, partes y accesorios de vehículos automotores (Gobierno de México, 2024a).

La ubicación estratégica de León, combinada con un rápido crecimiento poblacional y una intensa actividad económica, ha generado una presión considerable sobre el recurso hídrico, particularmente sobre las aguas subterráneas. El 99 % del abastecimiento de agua en León proviene de fuentes subterráneas a través de 167 pozos (Ayuntamiento de León, 2022b). La distribución de agua potable está a cargo del SAPAL, que opera una red de 6,420 km, cubriendo al 96.1 % de la población, mientras que un 3.9 % de la población, principalmente en asentamientos irregulares, no cuenta con este servicio (Ayuntamiento de León, 2021).

En la zona rural, un 11.4 % de la población no tiene acceso a agua entubada, y un 5 % carece de servicio de drenaje. A principios de 2021, se trataban alrededor de 27.8 millones de m^3 de agua residual en 22 plantas de tratamiento y, de ello, alrededor de 11.9 millones de m^3 fueron reutilizados para uso industrial, riego agrícola y áreas verdes (Ayuntamiento de León, 2022b).

León cuenta con aproximadamente 1,290 títulos de concesión para la explotación de aguas subterráneas y 102 para aguas superficiales. El volumen concesionado anual de aguas subterráneas es de 159,388,718 m^3, siendo su principal destino el uso agrícola (52.3 %), seguido del uso público urbano (40.8 %), mientras que el volumen restante se destina a usos industriales, domésticos, pecuarios y agroindustriales en menor medida. Respecto a las aguas superficiales, el volumen total concesionado es de 33,264,543 m^3, de los cuales el 85.2 % se destina al uso agrícola, el 13.4 % al uso público urbano y el 1.4 % a otros usos (CONAGUA, 2024a).

Esta alta dependencia de las aguas subterráneas ha provocado la sobreexplotación del acuífero Valle de León, como lo demuestran diferentes estudios. En 2015, el acuífero presentaba un déficit de 177.67 millones de m^3, que disminuyó a 51.8 millones de m^3 en 2020 debido a una reducción en los volúmenes concesionados; sin embargo, este déficit aumentó nuevamente a 61.6 millones de m^3 en 2023, coincidiendo con un incremento en los volúmenes de agua concesionados (CONAGUA, 2023a).

La gestión del agua en el municipio de León, Guanajuato, es crucial para asegurar tanto el suministro como la calidad de este recurso en una región que experimenta un crecimiento sostenido. Su administración efectiva demanda un enfoque integral que contemple las necesidades urbanas, así como la sostenibilidad del recurso. A medida que León continúa desarrollándose, resulta esencial implementar estrategias y fomentar la participación comunitaria para garantizar una gestión eficiente, adaptada a las condiciones locales.

León se abastecía principalmente de un gran manantial hasta finales del siglo XIX, ubicado en lo que hoy es el Parque Hidalgo, utilizando el recurso principalmente para el riego de

huertas, en la industria del lavado y curtido de pieles. En 1887, se perforó el primer pozo en Barrio Arriba para satisfacer las necesidades de la industria curtidora, lo que marcó el inicio de la intensificación en la perforación de pozos por empresas como las de Alfonso Martínez, Juan José Guerra y Enrique Ulibarri, evidenciando la prioridad de suministrar agua potable y saneamiento al sector productivo (Caldera y Tagle, 2015).

Desde entonces, el agua subterránea ha sido una fuente principal de abastecimiento en León (Hernández, 2018). Un hito importante ocurrió en 1902 con la construcción de la presa Los Castillos, actualmente presa El Palote, la cual, aunque solo aporta 1 % del volumen requerido para la ciudad, sigue siendo una de las principales fuentes de agua superficial (Ayuntamiento de León, 2022b).

Entre 1920 y 1940, el servicio de agua potable era proporcionado por la dependencia municipal Ramos de Aguas Municipales y, a medida que se centralizaba el servicio a nivel nacional, se fueron creando las Juntas Federales de Agua Potable y Alcantarillado. En 1964, se publicó el decreto no. 181, encargando las obras y sistema de agua a una Junta Estatal, aunque el control seguía en lo federal debido a la complejidad del sistema (Caldera y Tagle, 2015). Al hablar del origen de SAPAL, se ha de mencionar el decreto no. 362 de febrero de 1968, que promulgó la Ley para el Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado del Medio Rural de Guanajuato; creando en 1982 una comisión mixta (municipal y estatal) para León, convirtiéndose en 1984 en SAPAL, un organismo completamente municipal (*Íbidem*).

El COTAS de León, con origen en 1998 como iniciativa del gobierno del Estado, es también un actor importante, ya que busca implementar políticas hídricas en León fundamentadas en la GIRH, siguiendo un modelo establecido en Celaya y Laguna Seca en 1997. El Consejo Directivo de COTAS incluye representantes de diversos sectores como el comercial, agrícola, de servicios, público, urbano e industrial y, su Asamblea General está compuesta por todos propietarios de pozos, quienes eligen un Consejo Directivo cada tres años (*Íbidem*).

Aunque el COTAS de León logró unificar a usuarios principales, han sido escasos los acuerdos efectivos para reducir la presión sobre el acuífero, sin lograr dar solución a la crisis hídrica local. Actualmente, debido a recortes presupuestales, el COTAS de León ha reducido sus funciones a la consultoría, lo que ha impedido el avance de proyectos, incluidos aquellos para la recarga de los mantos acuíferos y la retención de agua (Jiménez, 2023).

Respecto a la gobernanza, en León, la gestión del agua se rige:

A nivel federal, la CONAGUA es el principal organismo responsable de la explotación, uso, aprovechamiento, distribución y control de las aguas nacionales, establecido por la Ley de Aguas Nacionales de 1992 y su reforma más reciente en 2023 (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2023a). Si bien, tiene un enfoque centralizador, CONAGUA colabora con diversas instancias federales, estatales, municipales, asociaciones, empresas, instituciones del sector privado y organizaciones internacionales para llevar a cabo la GIRH (CONAGUA, 2024b).

A nivel estatal, la gestión del agua en Guanajuato se rige por el Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato, así como por las disposiciones reformadas en 2024 que dieron origen a la SAMA. Esta dependencia concentra las funciones que antes correspondían a la CEAG y a la SMAOT y, tiene como objetivo coordinar la política hídrica y ambiental del Estado (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, Decreto Legislativo 345, 2024; CEAG, 2024b; IPLANEG, 2019).

A nivel estatal, la gestión del agua en Guanajuato se rige por el Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato, así como por las disposiciones reformadas en 2024 que dieron origen a la Secretaría del Agua y Medio Ambiente. Esta dependencia, encabezada actualmente por José Lara Lona, concentra las funciones que antes correspondían a la CEAG y a la SMAOT, y tiene como objetivo coordinar la política hídrica y ambiental del estado (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, Decreto Legislativo 345, 2024; Correo, 2024). En coordinación con autoridades municipales, academia y sociedad civil, la Secretaría del Agua y Medio Ambiente es responsable de promover el uso eficiente del recurso hídrico y supervisar la implementación de políticas de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano.

A nivel local, los municipios, conforme al artículo 115 de la Constitución Mexicana, son responsables de proveer los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento (CONAGUA, 2024b). En León, SAPAL administra la infraestructura hidráulica y proporciona estos servicios a la población (SAPAL, 2024a). Además, la Dirección General de Medio Ambiente implementa proyectos como Agua para todos, que busca incrementar la disponibilidad de agua a través de la captación de agua de lluvia, la construcción de obras hidráulicas en zonas rurales y la incorporación de comunidades al sistema de SAPAL para el suministro de agua potable y drenaje (Ayuntamiento de León, 2022a). El seguimiento de estos proyectos se realiza a través del Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN).

Finalmente, los COTAS son un mecanismo de coordinación entre sociedad y gobierno, cuyo objetivo es promover la conservación y gestión eficiente del agua. En el Estado de Guanajuato existen 14 COTAS, siendo el de León el responsable de representar a los usuarios del agua en el área del acuífero Valle de León (CEAG, 2024c). La gestión del agua en León enfrenta retos significativos, en particular debido a la alta dependencia de los recursos subterráneos, la sobreexplotación del acuífero y las crecientes demandas de una población en expansión y una economía en crecimiento. En las últimas décadas, SAPAL ha impulsado proyectos de modernización de la red de agua potable y de reúso, destacando la ampliación de la Línea Morada, que permite aprovechar agua tratada para uso industrial, agrícola y urbano. En su informe 2024, SAPAL reportó la rehabilitación de más de 240 km de red y la ampliación de 46 km de infraestructura para agua de reúso, consolidando a León como uno de los municipios con mayor eficiencia física en el país, con un índice superior al 71 %, muy por encima de la media nacional (SAPAL, 2024b). Estas acciones reflejan un esfuerzo por reducir la dependencia del acuífero y avanzar hacia una gestión sostenible.

La crisis también ha motivado inversiones en tratamiento y aprovechamiento de agua residual. SAPAL ha destinado más de mil millones de pesos mexicanos (MXN) en plantas de tratamiento y en infraestructura para infiltración de agua tratada, con el fin de reutilizar hasta el 30 % del volumen procesado. En 2023 se realizaron 48 obras con una inversión superior a 400 millones MXN, incluyendo proyectos de drenaje en zonas críticas y la construcción de tubería para ampliar la cobertura de agua de reúso (SAPAL, 2023). Estas medidas buscan atender tanto la disponibilidad como la calidad, alineándose con los ODS.

León enfrenta una producción anual cercana a los 85 millones de m^3, de los cuales el 99.8 % proviene de pozos y apenas el 0.2 % de fuentes superficiales, lo que evidencia la sobreexplotación del acuífero (*Íbidem*). Para comprender la crisis hídrica que enfrenta León, es crucial estudiar proyectos como El Zapotillo, cuya influencia va más allá de un simple abastecimiento de agua. Este proyecto, que buscaba llevar agua de la cuenca del río Verde hacia León, generando un intenso debate sobre su viabilidad y las implicaciones que tendría no solo para la ciudad, sino también para las comunidades afectadas en su camino.

Por otro lado, la persistencia del estrés hídrico en León ha reavivado el debate sobre proyectos de gran escala como El Zapotillo, pero también ha impulsado estrategias locales de gestión comunitaria y de eficiencia. Si bien, El Zapotillo ya no se considera una opción para abastecer a la ciudad, se ha impulsado una nueva estrategia: el Acueducto Solís-León, que trasladará agua desde la Presa Solís en Acámbaro; este proyecto, cuenta con una extensión aproximada de 2001 km y una capacidad de conducción de 119.91 millones de m^3 al año, buscando garantizar el suministro para más de 3.5 millones de habitantes de Guanajuato durante los próximos 50 años (Proyectos México, 2025; Líder Empresarial, 2026).

La construcción, a cargo de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDEMA), contempla además una planta potabilizadora y tanques de almacenamiento, beneficiando a municipios del corredor industrial como Irapuato, Salamanca, Celaya, Silao y León (Proceso, 2025). Bajo este escenario, tanto la coordinación interinstitucional, así como la participación ciudadana son menesteres para el diseño de políticas que garanticen el derecho humano al agua y reduzcan la vulnerabilidad hídrica de la región.

Por mencionar otro ejemplo, la presa El Realito, en el municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato, inaugurada en 2012 forma parte de un hito importante dentro de la política hídrica en la zona, ya que, al haber sido diseñada para abastecer, primeramente, a la zona urbana de San Luis Potosí, también planteaba ser parte de un esquema más amplio de redistribución del recurso hídrico la zona del Bajío (CONAGUA, 2017c y Gobierno de México, 2024b).

Su construcción buscaba responder con la disminución de la presión sobre los acuíferos sobreexplotados, diversificando las fuentes de abastecimiento mediante agua superficial. Bajo esta premisa, el proyecto se inscribía bajo la misma lógica de los grandes proyectos

hidráulicos como El Zapotillo, mediante los cuales se busca garantizar mayor seguridad hídrica, aunque con implicaciones sociales y ambientales significativas.

La relevancia de El Realito en León radica en que evidencia la interdependencia hídrica regional. Si bien, el objetivo principal ha sido San Luis Potosí, El Realito forma parte de la política nacional de infraestructura hidráulica que también afecta a Guanajuato, donde la sobreexplotación del acuífero Valle de León ha generado déficits recurrentes (CONAGUA, 2023c). Mencionar este proyecto permite resaltar cómo las soluciones planteadas han seguido la lógica de los megaproyectos, en contraposición a estrategias locales de eficiencia y gestión comunitaria.

Así pues, a medida que se explora la historia de la gestión del agua, se hace evidente que el dilema no solo se refiere a la cantidad disponible, sino también a la justicia en su distribución y los conflictos que surgen en el proceso.

4.3 Crisis hídrica en León y la reacción institucional por El Zapotillo

La crisis del agua en León es un desafío creciente que afecta tanto a la disponibilidad como a la calidad del recurso. Como se ha mencionado, teniendo una población en constante expansión y una demanda hídrica en aumento, León se enfrenta a una sobreexplotación del recurso, generando un descenso en el nivel de agua subterránea y un deterioro en su calidad; a ello se suman los efectos del cambio climático, que altera los patrones de lluvia y la escasez. Ante ello, León se ve obligado a buscar alternativas sostenibles y eficientes para afrontar retos como desperdicio, infraestructura insuficiente y la necesidad de una mayor participación ciudadana en la gestión y para garantizar un acceso equitativo al agua.

La crisis en León emergió a finales de 1980, principalmente por la grave contaminación de fuentes subterráneas y superficiales debido a desechos industriales, en particular de la industria curtidora y, la sobreexplotación del acuífero, lo que resultó en un suministro deficiente, ya que la red operaba a menos del 70 % de su capacidad (Caldera y Tagle, 2015).

Esto evidenció la urgencia de buscar nuevas fuentes de agua, llevando a SAPAL, en 1990, a explorar recursos fuera de la subcuenca, adquiriendo derechos de extracción del acuífero La Muralla en Romita y construyendo un acueducto con 19 pozos que proporcionaron 60 L por segundo a León, finalizando en 1992. Sin embargo, en 2002, SAPAL inició el proyecto Muralla II, lo que aumentó tensiones con los habitantes de Romita que se oponían a ceder más agua subterránea, llevando a la integración del acuífero de Romita en el acuífero Valle de León para su uso continuo (Hernández, 2018).

Ambos proyectos fueron fundamentales para el suministro de agua y establecieron las bases del modelo de gestión actual. Pese a ello, SAPAL ha buscado principalmente obtener agua de la cuenca del Río Verde, meta que se logró en 1992 tras complicadas negociaciones entre Jalisco y Guanajuato, relacionadas con el Consejo de Cuenca Lerma–Chapala, y un alto costo financiero de 3,500 millones MXN (Caldera y Tagle, 2015).

En 1995, se firmó un decreto presidencial que reservaba un volumen del Río Verde para uso urbano en León (Caldera *et al.*, 2020) y, a finales de 1997, se publicó otro sobre el aprovechamiento integral del Río Verde y la construcción de la presa El Zapotillo, con capacidad de 911 millones de m³ (Peniche *et al.*, 2023). El proyecto inició en 2005, con una cortina de 80 m de alto para abastecer a León por un acueducto de 135 km (Mendoza *et al.*, 2023).

Con el tiempo, se aprobaron modificaciones, como el aumento de la altura de la cortina a 105 metros, buscando abastecer también a Guadalajara, lo que llevó a la inundación de 4,500 hectáreas y afectó a comunidades como Acasico, Palmarejo y Temacapulín, desplazando a 1,500 personas y dañando el ambiente (Hernández, 2018).

Esto generó tensiones entre los actores involucrados, especialmente el rechazo de Temacapulín al proyecto (Pacheco-Vega y Hernández, 2014). A pesar de los esfuerzos de autoridades y empresarios de León en defensa del proyecto, en 2008, un amparo limitó la altura de la presa a 80 metros, protegiendo a las comunidades afectadas (Caldera, 2014 y Casillas, 2023). La construcción del acueducto y la presa se inició en 2009, pero en 2013, con un avance del 54.6 %, se detuvo la obra tras la invalidación del convenio de 2007 por la Suprema Corte; desde entonces, el conflicto ha sido documentado, reflejando la oposición del Comité Salvemos Temacapulín.

En 2021, después de 16 años de resistencia, el Gobierno Federal y la CONAGUA acordaron un Plan de justicia integral para Acasico, Palmarejo y Temacapulín, limitando la altura de la presa a 42 metros y excluyendo a Guanajuato del uso de agua, decisión generó descontento en León, ya que se consideraba la solución a la crisis hídrica (Caldera, 2014; Caldera y Tagle, 2015; Godínez *et al.*, 2023; Hernández, 2018; Mendoza Gómez *et al.*, 2023; Pacheco-Vega, 2017; Pacheco-Vega y Hernández, 2014; Peniche *et al.*, 2023; Tagle *et al.*, 2023).

Aunque se perdió la opción de trasvasar agua del Zapotillo, León mantiene una concesión del Río Verde, y se proponen alternativas para buscar agua en cuencas cercanas (Godínez *et al.*, 2023). Algunos sugieren que SAPAL podría aumentar la disponibilidad de agua mejorando la eficiencia del sistema (Mendoza *et al.*, 2023). Además, organizaciones civiles proponen reducir la demanda en el acuífero Valle de León como parte de la solución (Caldera, 2014 y Casillas, 2023) y sugieren acciones locales de gestión del agua, como educación hídrica y tarifas que fomenten el ahorro (Hernández, 2018).

A pesar de los esfuerzos por encontrar soluciones viables, la exclusión de León del proyecto del Zapotillo deja a la ciudad en una situación de incertidumbre. Sin embargo, es imperativo explorar alternativas más sostenibles que se centren en mejorar la eficiencia del uso del agua, la conservación y la educación hídrica.

Empero, El Realito ha enfrentado retos técnicos y sociales significativos, por ejemplo, en 2023, una fisura en la cortina del acueducto dejó sin agua a más de 400 mil habitantes de

San Luis Potosí, evidenciando la vulnerabilidad de depender de una sola infraestructura (Gobierno de México, 2024b).

Lo cual permea la reflexión en el caso de León, en lo que, si bien las presas pueden aportar un volumen significativo, su sostenibilidad depende de un mantenimiento constante y de la confianza social en las instituciones que gestionan. Ahora bien, la comparación con El Zapotillo resulta ineludible, pues ambos reflejan tensiones entre la necesidad de garantizar agua y el costo social y ambiental conducente.

Así pues, incluir a El Realito dentro del análisis histórico de la gestión hídrica en León permite ampliar la perspectiva hacia un enfoque local, aportando elementos para comprender que la crisis hídrica no puede estudiarse de forma aislada, sino como parte de un entramado de políticas y proyectos que abarcan a todo el Bajío.

Reconocer esta interdependencia fortalece la narrativa de este capítulo y subraya que las soluciones a la crisis hídrica requieren tanto obras de infraestructura como estrategias locales de eficiencia, conservación y participación comunitaria.

Discusión

El análisis de la gestión del agua en León demuestra que la implementación de grandes proyectos de infraestructura, como la presa El Zapotillo, ha resultado en una negación de agenda o en la creación de soluciones simbólicas que no resuelven el conflicto de fondo.

De acuerdo con Thoening y Meny (1992) y Cobb y Ross (1997), este proceso desestima la importancia de evaluar estrategias reales debido a intereses encontrados, postergando soluciones efectivas y generando procesos vacíos para tratar el problema.

Tras 16 años de resistencia social y disputas legales, la decisión del Gobierno Federal de limitar la altura de la presa y excluir a Guanajuato del suministro dejó a la ciudad en una situación de incertidumbre crítica, evidenciando las fallas en la coordinación institucional y la fragmentación territorial señaladas por Subirats *et al.* (2008).

Lo que confirma que la solución planteada solo generó costos económicos y sociales de gran magnitud, sin que se pudiera atender de manera efectiva el tema del abastecimiento del agua. Teniendo impactos como los mencionados a continuación:

Costo social y humano. El proyecto provocó procesos deshumanizantes, como desplazamiento forzado y despojo de propiedades en las comunidades de Acasico, Palmarejo y Temacapulín (Hernández, 2018; Pacheco-Vega, 2014; Casillas, 2023). Intervenciones que desarticulan patrones de existencia y hacen un daño inmaterial irreversible en lo cultural, político y emocional de la población involucrada (Cañedo, 2012).

Costo económico y Material. El proyecto implicó un alto costo, estimado por Caldera y Tagle (2015) en poco más de 7,000 millones MXN, incluyendo inversiones en una infraestructura que quedó inconclusa o limitada funcionalmente para el objetivo originalmente previsto.

Persistencia del Desabasto. Pese a estos sacrificios, León sigue enfrentando una crisis hídrica severa, manteniendo una dependencia del 99 % de fuentes subterráneas (Ayuntamiento de León, 2022 y CONAGUA, 2023a). La sobreexplotación del acuífero Valle de León persiste y, aunado a la ineficiente administración y la falta de una planeación multidimensional continúan siendo fuentes de conflicto social (Ruiz Ortega, 2016).

En definitiva, el análisis realizado sugiere que privilegiar obras físicas por encima de la GIRH y la participación comunitaria, como proponen Ostrom (2000) y Jiménez (2023), solo ha postergado la crisis. El caso de El Zapotillo queda como un testimonio de una política que falló en su objetivo principal, dejando una deuda social y económica irremisible mientras el problema del agua permanece sin resolver.

Conclusiones

Con el análisis realizado dentro del capítulo, como con el caso de la presa El Realito se refuerza esta reflexión, resaltando que aun cuando los proyectos logran concretarse, su ejecución afronta vulnerabilidades técnicas y sociales que ponen en riesgo la seguridad hídrica. La falta en la infraestructura y la dependencia de un solo sistema evidencian que la resiliencia hídrica no puede basarse únicamente en los megaproyectos, sino que requiere diversificación de fuentes, mantenimiento constante y confianza institucional.

Asimismo, comparar proyectos como El Zapotillo y El Realito muestra un patrón recurrente en la política hídrica, apostando por soluciones centralizadas que, lejos de resolver el problema estructural, generan nuevas tensiones territoriales y sociales. En el caso de León, esta dinámica ha perpetuado la incertidumbre y ha limitado la posibilidad de construir alternativas locales más sostenibles, como la recarga de acuíferos, el reúso de aguas tratadas y la gestión comunitaria.

La evidencia sugiere que la crisis hídrica no puede abordarse únicamente desde la perspectiva de la oferta, sino que exige un cambio de paradigma hacia la gestión de la demanda, la eficiencia en el uso y la participación social; permitiendo reducir con ello la presión sobre los acuíferos y, a la par, fortalecer la gobernanza mediante la inclusión de actores locales en la toma de decisiones.

Así pues, ejemplos como El Zapotillo y El Realito muestran que las soluciones basadas en grandes obras son insuficientes y, en ocasiones, contraproducentes. La experiencia de León confirma la necesidad de transitar hacia un modelo de gestión integral, participativo y adaptativo, capaz de equilibrar las dimensiones técnicas, sociales y ambientales. Solo así será posible garantizar un acceso equitativo al agua y construir resiliencia frente a los desafíos actuales en la región.

CAPÍTULO 5. OBRAS ADAPTATIVAS DE GESTIÓN HÍDRICA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO DENTRO DE LA POLÍTICA PÚBLICA.

Introducción

La crisis hídrica actual plantea retos complejos para todos aquellos entes cuya encomienda es el derecho al agua, exigiendo una voluntad política capaz de transformar los modelos de gestión y asegurar calidad en el abastecimiento y saneamiento.

En el Estado de Guanajuato, desde principios del milenio, los planes de desarrollo y los programas de cambio climático han incorporado la intención de transitar hacia una gestión adaptativa del agua, buscando enfocarse en la protección y remediación de zonas de recarga de acuíferos, así como en la implementación de SCALL.

Este capítulo realiza una revisión documental y hemerográfica para resaltar la relevancia de las propuestas inscritas en la política hídrica actual, identificando acciones de gestión adaptativa del agua en tres niveles: no gubernamental, mediante proyectos impulsados por asociaciones civiles; estatal, con planes y programas de largo plazo como Planes Estatales de Desarrollo Guanajuato 2025–2040 y el Programa Estatal de Cambio Climático (PECCG) y; municipal, con iniciativas en León como el Programa Municipal de Cambio Climático (PMCC) y la Visión al 2045.

Con el fin de mostrar cómo, desde distintos ámbitos, se construye un entramado de estrategias que buscan responder al conflicto actual y futuro en torno al agua, encaminando el discurso público hacia la reflexión de fortalecer la GIRH.

El enfoque de gestión adaptativa se distingue por su carácter cíclico y participativo, permitiendo evaluar continuamente las estrategias y fortalecer la capacidad de los actores involucrados para proteger sus intereses e incorporarlos en la toma de decisiones (Morales, 2012).

Bajo esta lógica, el capítulo se organiza en apartados que abordan experiencias no gubernamentales, estatales y municipales, para posteriormente ofrecer un panorama actual de las estrategias y proyectos, seguido de una discusión crítica y conclusiones que buscan aportar a la construcción de política pública hídrica más justa y sostenible.

5.1 El enfoque tecnocrático y la apuesta por megaproyectos

La ubicación geográfica del Estado de Guanajuato condiciona de manera significativa sus recursos hídricos. El clima seco y semiseco cubre el 43 % de la superficie estatal, con una precipitación media anual de 650 milímetros (mm) (INEGI, 2023), marcada por fuertes contrastes: mientras zonas como la Sierra de Guanajuato o el sur del Estado alcanzan entre 800–1000 mm, municipios del norte como Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, Ocampo o San Diego de la Unión apenas registran 300–400 mm (INEGI, 2022).

A ello se suma la posición estratégica de Guanajuato en el centro del país, que ha impulsado un crecimiento económico e industrial acelerado, pero también ha intensificado la presión sobre los acuíferos y la calidad del agua, generando un escenario de estrés hídrico (Baltazar *et al.*, 2020 y, Caldera y Tagle, 2020). Los desafíos más relevantes incluyen la falta de acceso al agua potable en cantidad y calidad, la contaminación de cuerpos superficiales y subterráneos y, la sobreexplotación de acuíferos, todos agravados por los efectos del cambio climático (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2015).

Paradójicamente, el enfoque tecnocrático, tradicional y dominante frente a la crisis, encuentra una salida a través de la implementación de tecnologías que permitan incrementar la oferta de agua, justificando intervenciones con el fin de brindar mayor acceso al consumo humano, pero siendo en realidad más benéficos para el patrón de acumulación y producción económica de los actores con poder en la región; por lo que, siendo producto de dicho enfoque, los territorios viven una crisis de déficit del agua permanente (Caldera y Tagle, 2020).

Los megaproyectos, son claro ejemplo de ello, siendo obras controvertidas que siguen fundamentando la gobernanza del agua en México desde el periodo neoliberal. Si bien éstas buscan prevenir inundaciones o dar abasto de agua para uso agrícola, doméstico e industrial; implementarles está asociado a un alto costo ambiental, social y económico, derivando en problemas como desvío de ríos, desplazamiento de comunidades, extinción de especies animales, deforestación, desaparición de ecosistemas, emisión de gases de efecto invernadero, sobrecostes de construcción, represión o, hasta una violación al derecho a la vida (FCEA, 2006).

En contraste, emergen alternativas sustentables que promueven un modelo de desarrollo con enfoque de derechos humanos. Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), como techos verdes, jardines de lluvia o reforestación, ofrecen respuestas adaptativas que integran bienestar humano, resiliencia ecosistémica y beneficios para la biodiversidad (ONU, 2023). Asimismo, las acciones adaptativas descentralizadas y de pequeña escala, como la recarga artificial de acuíferos, los SCALL, la siembra y cosecha de lluvia o la implementación de humedales, representan un cambio de paradigma hacia sistemas sociotécnicos flexibles.

5.2 Acciones adaptativas de gestión hídrica propuestas

Como se mencionó con anterioridad, dentro de la gestión del agua en León, un logro significativo fue crear el COTAS de León en 1998, organización formada por usuarios, cuya función se centra en la gestión local, regulación, vigilancia y conservación del agua; contrariamente a los comités propuestos por CONAGUA, los COTAS en Guanajuato no permitían la participación de la autoridad gubernamental en sus órganos representativos; siendo capaces de gestionar integralmente las aguas superficiales y subterráneas y, desempeñar un papel que trasciende de la consulta, integrando un Sistema Estatal de

Planeación y Manejo del Agua que contribuyera con acciones y estrategias de infraestructura específica y para estabilizar los acuíferos (Caldera *et al.*, 2020).

Siendo algunos de sus proyectos, la construcción de obras de recarga y conservación de suelos, tales como 7 obras de cabeceo de cárcavas, 6 podas fitosanitarias y 625 tinas ciegas en San José de Otates Sur, comunidad al norte del municipio; la construcción de 17 sistemas de captación y potabilización del agua de lluvia para el consumo humano, apoyando a habitantes con escasez de agua potable en zonas marginadas de la Sierra de Lobos (COTAS de León, 2018); demostrando en sus resultados su importancia y, añado, la actual relevancia por recuperarle, pues prácticamente está desaparecido desde el 2023 (Jiménez; 2023).

Se puede entrever desde este contexto que, los programas y proyectos implementados han dotado resultados limitados, siendo aplicados a una escala reducida, dónde ha convenido más el imponer y apostar por mega proyectos de infraestructura, como el Zapotillo (Caldera, 2014 y Caldera *et al.*, 2020); resaltando con ello que los obstáculos de la crisis hídrica en León son mayoritariamente de carácter político y económico, además, remarcando la falta de esfuerzos para un verdadero proceso de adopción social dentro de la política hídrica actual, no bastando proponer acciones adaptativas para la gestión del agua como parte de un discurso centrado en la GIRH (Caldera y Tagle, 2015).

Con la reestructuración de la CEAG y la intención de adoptar el modelo de GIRH en el Estado y en León, se fueron considerando acciones dentro de los planes de desarrollo de Guanajuato, como incorporar tecnologías sustentables y acciones para enfrentar los conflictos del agua.

Por ello, se exponen a continuación ciertas acciones y medidas propuestas por parte del Programa del Gobierno del Estado de Guanajuato 2018 – 2024; el Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato con visión al 2025, al 2030, 2035 y 2040 respectivamente; el Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato 2040 (PEDUOET); el Programa Estatal de Cambio Climático de Guanajuato (PECCG); el Programa de Gobierno Municipal de León 2021 – 2024; el Programa Municipal de Cambio Climático de León (PMCC), el Plan Municipal de Desarrollo: León hacia el futuro con visión al 2045 y, algunas acciones de la iniciativa civil.

La evaluación de la situación actual de éstas en el periodo 2003 al 2024 y, de las planteadas para el 2045, permite identificarlas y conocer su estado actual, por lo que, igualmente, se ha explorado ciertos boletines informativos de gobierno, periódicos locales e informes ambientales como los Informes Ambientales del Estado de Guanajuato del 2012 al 2022.

Finalmente, buscando profundizar sobre su situación actual, se buscó tener contacto con las autoridades responsables de la implementación y seguimiento de dichos proyectos y acciones; siendo realizado en algunos casos a través de medios digitales y en otros, con visitas presenciales.

Entre las instancias consultadas se encuentra la CEAG y la SMAOT (actualmente SAMA, creada en 2024 tras la reestructuración que sustituyó a ambas), el SAPAL, el IMPLAN y la Dirección General de Gestión Gubernamental del Ayuntamiento de León. Actualmente la SAMA concentra las funciones hídricas y ambientales previamente dispersas, con el objetivo de coordinar la política estatal en materia de agua y medio ambiente, promover el uso eficiente del recurso y fortalecer la articulación con municipios, academia y sociedad civil.

5.2.1 Acciones No Gubernamentales.

El caso del Proyecto de Sistemas de Captación de Agua Pluvial (SISCAP) en zonas con vulnerabilidad hídrica en Sierra de Lobos, León

En el municipio de León, Guanajuato, la sociedad civil ha jugado un papel crucial en la implementación de acciones no gubernamentales enfocadas en el manejo sustentable del agua, en consonancia con los principios de la GIRH. Diversos proyectos han sido incentivados por organizaciones y colectivos locales con el objetivo de ofrecer alternativas que respondan a la creciente demanda de agua y a la necesidad de preservar los recursos hídricos en zonas rurales y marginadas. Estos esfuerzos abarcan desde actividades orientadas a la recarga hídrica, la reforestación y la conservación de suelos, hasta la implementación de tecnologías que faciliten el acceso al agua en comunidades vulnerables.

Un ejemplo destacado es el proyecto SISCAP, llevado a cabo por el COTAS de León, cuyo enfoque se ha centrado en la conservación y recarga de acuíferos. Asimismo, en la comunidad de San José de Otates Sur, se han construido presas de geocostal y tinas ciegas, soluciones que buscan optimizar la captación y almacenamiento de agua, favoreciendo así la seguridad hídrica local. Estas iniciativas, impulsadas por la participación de la sociedad civil, buscan no solo mitigar la escasez de agua, sino también promover una cultura de sostenibilidad y adaptación frente a los desafíos del cambio climático en la región.

A partir de 2016, el COTAS de León incluyó en sus planes anuales diversos programas dirigidos a la inserción de sistemas de captación y potabilización de agua de lluvia, con el fin de beneficiar a pobladores de zonas marginadas y de escasos recursos en la Sierra de Lobos, León.

Entre 2016 y 2018, se implementaron sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia en comunidades como Sauz Seco, Mesa de Ibarrilla, Media Luna, Saucillo de Avalos, San José de Otates (Sur y Norte), Llano Grande, Mesa de Medina y Los Bancos. Hasta 2018, se habían instalado 17 sistemas, beneficiando a aproximadamente 53 viviendas y 183 personas, quienes obtuvieron 170,000 L de agua purificada (COTAS de León, 2018).

Además, en San José de Otates Sur se construyeron 625 tinas ciegas y 7 cárcavas con geocostales para controlar la erosión. El éxito de estos proyectos se debe a varios factores, como el análisis previo de las características de las viviendas y los habitantes, y un análisis

fisicoquímico que confirmó la idoneidad del agua captada para el consumo humano (*Íbidem*).

Dado el impacto positivo de estas acciones, se considera viable replicarlas a mayor escala, destacando beneficios como el bajo costo de los sistemas (aproximadamente $59,950 pesos mexicanos en 2018), la rápida implementación (de 2 a 3 semanas por sistema), la reducción de los gastos en agua embotellada, la promoción del cuidado del agua, la integración social a través de la infraestructura comunitaria, y la disminución de enfermedades gastrointestinales gracias al consumo de agua purificada (*Íbidem*).

5.2.2 A nivel estatal

Planes Estatales de Desarrollo Guanajuato 2025, 2030, 2035, 2040

En el año 2000, con el estudio Guanajuato Siglo XXI, se originó el Plan Estatal de Desarrollo de Guanajuato, el cual estableció la planificación a largo plazo en la Ley de Planeación del Estado de Guanajuato. Desde entonces, estos planes se han diseñado con perspectivas a 25 años y se actualizan cada 5 años, dando lugar a los Planes Estatales de Desarrollo 2025, 2030, 2035 y, más recientemente, 2040. Éstos comparten características comunes, como la consulta a expertos en áreas técnicas, económicas, sociales y políticas, un diagnóstico del contexto actual y la presentación de líneas estratégicas orientadas al desarrollo del Estado (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2003).

El Plan Estatal de Desarrollo 2025 resalta la relevancia de optar por acciones adaptativas en los servicios de agua, promoviendo SCALL, reciclaje y reutilización y, buscando la sustentabilidad en la extracción, captación, conducción y uso del agua. El plan para 2030 introduce la línea estratégica número 7, enfocada en mejorar la infraestructura hidráulica, resaltando el aprovechamiento del agua de lluvia. En el plan para 2035, se incorporan acciones de adaptación al cambio climático en la dimensión de Medio Ambiente y Territorio, incluyendo la cosecha de agua de lluvia (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2003, 2011a, 2012).

No obstante, en los Planes 2025 y 2030 no se mencionan mecanismos específicos para el seguimiento y evaluación de las estrategias planteadas; asignando en el Plan 2035 dicha responsabilidad al Instituto de Planeación, Estadística y Geografía del Estado de Guanajuato (IPLANEG), encargado de actualizar, revisar y evaluar el plan mediante la participación ciudadana (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2012).

Por último, el Plan con visión hacia 2040 se ajusta al marco normativo vigente y está alineado con los ODS, adoptando un enfoque basado en DD.HH., perspectiva de género y gestión por resultados. El plan incluye un diagnóstico estratégico, prospectiva y escenarios de desarrollo, con dos proyecciones clave para el recurso hídrico: el ahorro de agua mediante la mejora en la eficiencia del riego agrícola y la reducción de la población sin

acceso a servicios, con valores actuales y proyecciones hasta 2040 bajo escenarios conservadores y optimistas (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2018).

Aunque no se incluyen estrategias específicas para la gestión adaptativa del agua, como los SCALL, se plantean estrategias como proteger las zonas de recarga y, la conservación del suelo y la vegetación nativa (IPLANEG, 2022).

La implementación de este plan está a cargo de las administraciones estatal y municipal mediante programas y proyectos alineados con las estrategias de versiones previas a éste. En esta actualización, se estipula que el monitoreo de las estrategias debe incluir la verificación de su alineación con las metas del Programa de Gobierno, el seguimiento del avance de las acciones y el análisis de la inversión por dimensión del plan (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2018).

Programa Estatal de Cambio Climático de Guanajuato (PECCG)

Debido a los efectos inminentes del cambio climático y los riesgos que este representa para el desarrollo humano, económico y social en Guanajuato, el gobierno del Estado, en conjunto con el gobierno federal, asumió la responsabilidad de enfrentarlos. En 2011, se establecieron estrategias climáticas a través del Programa Estatal de Cambio Climático (PECCG), el cual propuso acciones en tres áreas estratégicas: mitigación de emisiones, adaptación y educación ambiental (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2011b).

Este programa marcó el punto de partida para abordar el cambio climático en la región, sentando las bases para la creación en 2007 de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Guanajuato (COCLIMA). Las funciones de COCLIMA incluían la elaboración de un diagnóstico sobre el impacto del cambio climático en el Estado, la formulación de propuestas de políticas públicas y reformas legales, así como la creación del PECCG (*Íbidem*).

Las acciones y estrategias del PECCG se basaron en escenarios prospectivos desarrollados por el Instituto Nacional de Ecología (INE) en 2010, que proyectaban cómo se comportarían la precipitación y la temperatura en Guanajuato en los periodos 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2099. Según el PECCG, todos los escenarios predicen un aumento en las temperaturas y una disminución en la precipitación, afectando especialmente a las cuencas del Río Laja, Laguna Seca y Turbio-Palote, siendo las más vulnerables a los impactos del cambio climático. Además, encuestas y foros de consulta pública con expertos revelaron que la población considera necesario implementar acciones comunitarias en zonas rurales y marginadas, como la microbordería y la cosecha de agua de lluvia, para enfrentar al cambio climático y a los conflictos del agua (*Íbidem*).

El PECCG aborda directamente la implementación de infraestructura adaptativa para captar e infiltrar agua, destacando esto en varios de sus objetivos y estrategias. Por ejemplo, el Objetivo 2.1 busca reducir la vulnerabilidad de los recursos naturales, mientras que la

Estrategia 2.1.1 propone disminuir el déficit hídrico mediante la optimización de la infraestructura y la captación de agua de lluvia. Con base en estas propuestas, y apoyándose en el Diagnóstico Climatológico y Prospectiva, se plantearon acciones a corto plazo para enfrentar el cambio climático, como instalar SCALL y microbordería, con el fin de aumentar el volumen de agua captada y reducir la extracción de los acuíferos.

Finalmente, COCLIMA fue designada como la entidad responsable de la evaluación del programa, encargándose de definir el proceso de seguimiento, retroalimentación y mejora, considerando la participación ciudadana mediante consultas periódicas y Consejos Consultivos, garantizando así su efectividad (*Íbidem*).

Programa de Gobierno del Estado de Guanajuato 2018 – 2024

El programa, elaborado e implementado por el IPLANEG, busca servir como una guía para las acciones y sentar las bases de la política pública durante la actual administración estatal. Su principal objetivo es abordar de forma integral las necesidades y demandas de la ciudadanía, incluyendo iniciativas para resolver los problemas más relevantes de la población mediante objetivos estratégicos, proyectos y acciones concretas, alineadas con el Plan Estatal de Desarrollo 2040.

Se organiza en torno a 6 ejes gubernamentales: desarrollo humano y social, gobierno humano y eficaz, seguridad y paz social, educación de calidad, desarrollo ordenado y sostenible, y una economía inclusiva. En su objetivo 5.1.2, se proponen algunas acciones adaptativas relacionadas con la captación y recarga de agua, por medio de un programa de captación que busca reducir y mitigar los efectos del cambio climático.

Por su parte, el objetivo 5.1.4 se centra en mejorar la eficiencia, cobertura y calidad del agua mediante iniciativas como la recuperación del agua a través de la reforestación de Áreas Naturales Protegidas, la identificación de fuentes alternativas de agua y la protección de zonas de recarga. Aunque no se han asignado responsables específicos para evaluar y dar seguimiento a los objetivos, la CEAG y la SMAOT, que ya se encargan de otros ODS, podrían asumir esta responsabilidad dada su capacidad en dichos ámbitos (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2019).

A nivel estatal, para conocer el estado actual de las acciones delineadas en los Planes de Desarrollo de Guanajuato, se tomó inicialmente contacto con el IPLANEG, quien recomendó dirigirse a la CEAG y a la SMAOT. A través del contacto electrónico con la CEAG, no se obtuvo respuesta, lo que llevó a una visita presencial a sus oficinas centrales.

Durante la visita, se informó que no había información adicional sobre las acciones de captación de agua de lluvia, ecotecnias o recarga de acuíferos en el municipio de León. Siguiendo la recomendación del IPLANEG, se contactó a la SMAOT para obtener información sobre el PECCG publicado durante la administración estatal 2006-2012.

La respuesta indicó que dicho programa ya no estaba vigente y se sugirió revisar el Informe Ambiental del Estado de Guanajuato de los periodos 2012-2018, 2020 y 2021-2022 para obtener datos recientes sobre infiltración y captación de agua de lluvia. Al revisar estos informes y tras una nueva visita presencial a la SMAOT, se nos informó que no había información disponible sobre las acciones de recarga y se recomendó acudir al área de Recursos Naturales de la SMAOT.

5.2.3 A nivel municipal

Programa Municipal de Cambio Climático de León (PMCC)

En respuesta a la crisis hídrica actual y la emergencia del cambio climático, y con el fin de mejorar la sustentabilidad ambiental en León, en 2017 se presentó el Programa Municipal de Cambio Climático (PMCC). Este programa define 63 estrategias, organizadas en tres áreas: mitigación (30), adaptación (26) y educación y comunicación (7).

Las estrategias se basan en ejes sectoriales que incluyen la promoción del uso eficiente y renovable de la energía, movilidad sustentable y transporte con bajas emisiones, prevención de los efectos del cambio climático en el uso sostenible del agua, reducción de la huella de carbono a través del consumo de alimentos, adaptación al cambio climático mediante el manejo y conservación de los ecosistemas, resiliencia frente a los impactos del cambio climático, y manejo de residuos sólidos urbanos. Dentro del él, se destacan acciones específicas entorno al agua, como la implementación de obras para regular la escorrentía, la inclusión de elementos de infraestructura verde en la normativa para el análisis de riesgos, la construcción de parques lineales para el control de inundaciones y la recarga de acuíferos, y la realización de obras para la compensación, restauración y conservación del suelo. Sin embargo, el programa actualmente no cuenta con un método específico para la evaluación, monitoreo o verificación de sus metas (Ayuntamiento de León, 2017).

Plan Municipal de Desarrollo, León hacia el futuro. Visión al 2045

Este plan forma parte de las actualizaciones realizadas al Plan con horizonte hacia 2024, el cual fue revisado para evaluar los desafíos identificados en 2015, con el objetivo de verificar o ajustar la dirección general y las prioridades a corto, mediano y largo plazo del Sistema Municipal de Planeación.

El plan se basa en 4 pilares esenciales para lograr el desarrollo: territorio sustentable y ciudad resiliente, economía sostenible, sociedad incluyente y nuevos modelos de gobernanza. A través de ellos, se han establecido 5 principios básicos para la promoción, coordinación y gestión estratégica: resiliencia evolutiva, alianzas, sustentabilidad, cultura de la prevención y enfoque en los DD.HH.. En el pilar de Territorio Sustentable y Ciudad Resiliente, se pone énfasis en la adopción de medidas adaptativas para la gestión del agua debido a la problemática de sobreexplotación de las aguas subterráneas y los cambios en la demanda de agua en León.

Se destaca la importancia de garantizar el acceso al agua de forma eficiente y con calidad para los diferentes sectores (doméstico, industrial, comercial, de servicios y agrícola). Entre las acciones concretas propuestas se incluyen: la implementación de políticas para prevenir la sobreexplotación y conservar el subsuelo, la búsqueda de nuevas fuentes de agua como la captación y la infiltración de agua de lluvia para mejorar el suministro de agua potable y, la regeneración de las cuencas hidrológicas. La Administración Pública Municipal, en colaboración con el IMPLAN, ha designado varios colaboradores para la ejecución y el seguimiento de las estrategias y acciones establecidas en el plan. Cada entidad municipal será responsable de liderar estas acciones en conjunto con otros participantes, como la ciudadanía, organismos, así como dependencias estatales y municipales (Ayuntamiento de León, 2021).

Programa de Gobierno Municipal de León 2021-2024

El programa destaca el esfuerzo de la Administración Pública Municipal y del Ayuntamiento para alcanzar los objetivos definidos por la población durante el trienio, implementando acciones específicas para el desarrollo de León. Está alineado con el Plan Estatal de Desarrollo de Guanajuato 2040, con el propósito de cumplir las acciones establecidas en los planes de planificación a corto plazo. El programa se estructura en 11 programas, basados en 6 estrategias fundamentales: estado de derecho y seguridad pública, cultura e identidad, medio ambiente y sustentabilidad, economía y emprendimiento, bienestar para la población e, infraestructura para el futuro. En el rubro de agua, el proyecto Agua para Todos, incluido en la estrategia de medio ambiente y sustentabilidad, tiene como objetivo garantizar un acceso asequible y constante al servicio de agua de calidad, además de fomentar una cultura del agua en un contexto de fuentes de abastecimiento limitadas debido al cambio climático (Ayuntamiento de León, 2022b).

Dentro de los 11 programas, 3 están relacionados con la infiltración y captación de agua: el programa VS. 1.5.6, propone aumentar la disponibilidad de agua mediante fuentes alternativas; el programa VS 1.5.8, busca implementar acciones para la captación de agua de lluvia; y el programa VS 1.5.9, centrado en realizar obras de infraestructura hidráulica en zonas rurales. No obstante, es importante señalar que el programa no especifica ubicaciones concretas para la implementación de estas acciones. El IMPLAN será responsable de evaluar y dar seguimiento al programa, utilizando métricas y resultados de diversas fuentes para monitorizar el progreso y abordar los desafíos del municipio de León (*Íbidem*).

A nivel municipal, se realizaron visitas a las instalaciones del IMPLAN y del SAPAL para obtener información sobre las acciones del Plan Municipal de Desarrollo: León hacia el futuro Visión al 2045, y del Programa de Gobierno Municipal 2021-2024. En el SAPAL, se sugirió contactar al IMPLAN, y una vez en el IMPLAN, se recomendó volver al SAPAL y a la Dirección General de Gestión Gubernamental dentro de la Presidencia Municipal. En esta

última instancia, se aconsejó revisar el Primer Informe de Gobierno y contactar con la Unidad de Transparencia Municipal si se encontraba información relevante (IMPLAN, 2019).

No obstante, al contrastar la información recolectada a través de los contactos y visitas con los Informes Ambientales de Guanajuato publicados por la SMAOT, se observó que, entre 2013 y 2018, se implementaron aproximadamente 1,504 SCALL, se restauraron más de 44,724 hectáreas mediante zanjas, piedra acomodada, tinas ciegas y geocostales, y entre 2019 y 2022, se realizaron acciones de recarga de acuíferos en diversas localidades. Sin embargo, la información presentada en los informes resultó ser bastante general y careció de detalles específicos o de un seguimiento riguroso, lo que impidió una adecuada evaluación y monitoreo de los resultados a nivel general, comunitario o de microcuenca.

Se exploró la evolución de la gestión del agua en León, así como la estructura y administración a nivel federal, estatal y municipal. A través de esta reflexión, se revelan los intereses económicos y particulares que han influido en la gestión del agua. Estos intereses continúan siendo significativos y han llevado a la construcción de grandes infraestructuras como solución a la crisis hídrica. No obstante, lo revisado sugiere que la crisis puede ser más de carácter político y social que físico, impulsada en parte por el modelo de gestión del sistema operador (Tagle, 2023).

Si bien, desde 1990 la CEAG se ha interesado en adoptar diversas acciones con un enfoque de GIRH para el Estado y particularmente para León, investigaciones indican que persisten limitaciones en los resultados de sus esfuerzos, debido principalmente a obstáculos políticos y a un arreglo institucional que ha promovido una gobernanza distante y no democrática en el Valle de León. A pesar de los intentos de descentralización de la gestión del agua en el ámbito público, los beneficios han favorecido al sector privado en lugar de a la sociedad (Caldera, 2014; Caldera y Tagle, 2015; Caldera *et al.*, 2020).

5.3 Panorama actual de las estrategias y proyectos

Según los informes ambientales de Guanajuato proporcionados por la SMAOT, se han logrado avances significativos en la implementación de infraestructura hídrica adaptativa, incluyendo proyectos de recarga hídrica y captación. El informe de 2012-2018 destaca la restauración de suelos en más de 44,724 hectáreas en la región del Bajío mediante la instalación de geocostales, zanjas, tinas ciegas y piedras acomodadas (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2018). Estas intervenciones no solo restauran y conservan el suelo, sino que también sirven como sistemas de infiltración.

En el informe de 2020, se reportó la ejecución de acciones de recarga de acuíferos en aproximadamente 550 hectáreas, con medidas como barreras de piedra, tinas ciegas, podas sanitarias, redensificación de áreas arbóreas y adecuación de zanjas para la captación de agua en varios municipios, incluyendo León. Además, se instalaron 188 SCALL para enfrentar las sequías, lo que mejoró el acceso al agua potable para aproximadamente 913

personas en distintos municipios. Aunque este informe es el único que menciona explícitamente acciones adaptativas en León, es posible que el informe anterior (2012-2018) también haya incluido al municipio en las actividades de restauración del suelo en la región del Bajío (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2020).

En el Primer Informe de Gobierno del Ayuntamiento de León 2021-2024, se reportó el inicio del Programa de Captación de Lluvia para Uso Doméstico en la zona norte de León, que incluyó la instalación de 13 sistemas de captación con una inversión de $376,740 pesos y una capacidad de 5,000 L por sistema. Aunque estos sistemas no infiltran directamente al acuífero, ofrecen una alternativa para el abastecimiento y contribuyen a reducir el volumen de extracción (Ayuntamiento de León, 2022a).

Además de los informes oficiales estatales y municipales, hay evidencia de avances a través de comunicados y periódicos locales. Por ejemplo, un boletín oficial de 2017 destacó la promoción de acciones alternativas, tales como los SCALL para el suministro de agua en viviendas sin acceso a la red de agua potable, así como cisternas y purificadores, entre otros, dentro de comunidades como Sauz Seco, Saucillo, Media Luna, Mesa de Ibarrilla, Mesa de Medina y San José de Otates (Norte y Sur) mediante el proyecto SISCAP (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2017).

A finales de 2022, la SMAOT anunció el programa Aprovechamiento de la Lluvia para la Adaptación Climática, con una inversión aproximada de 8 millones de pesos para instalar SCALL en escuelas y viviendas con acceso limitado al agua, tanto en zona urbana como rural e, incluyendo filtros potabilizadores externos (Estrada, 2023). En 2020, el Gobierno del Estado informó sobre la construcción de 50 bordos dentro del programa Captemos Agua, beneficiando a 21 comunidades no especificadas (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2020).

Por otro lado, en 2023, la Dirección General de Desarrollo Rural presentó un programa de inversión para el campo en León de aproximadamente 4.3 millones de pesos, destinados a captar agua de lluvia mediante acciones de bordería y sistemas de captación doméstica (Esqueda, 2023). También, la Dirección de Desarrollo Rural de León, en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural, instaló cisternas de 5,000 L para la captación de agua de lluvia y realizó 22 obras de bordería en la zona norte de León, sumándose a los 2 mil bordos existentes en esa área (Pérez, 2023).

En lo que respecta a los planes y programas estatales y municipales relacionados con la implementación o propuesta de acciones adaptativas para la gestión hídrica, se manifiesta un claro interés por parte de las autoridades en adoptar estas tecnologías como una solución para enfrentar la sobreexplotación de aguas subterráneas, así como para satisfacer la demanda de agua de los sectores más vulnerables, especialmente en áreas rurales y en respuesta a los efectos del cambio climático. No obstante, en el proceso de consulta de

estos proyectos, se evidencia una falta de información sobre la distribución espacial y temporal de las obras, así como sobre su seguimiento, evaluación y mejora.

Por un lado, los planes estatales ofrecen propuestas generales, indicando que los proyectos serán gestionados por las administraciones municipales a través de sus propios planes y programas, los cuales serán responsables de proponer medidas concretas, además de su implementación y seguimiento. Ejemplos de ello son el Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato Visión 2040, así como los Planes Estatales de Desarrollo Guanajuato 2025 y 2030. Sin embargo, se observa que en estos dos últimos planes no se asigna un responsable específico para su seguimiento. Por otro lado, en los planes y programas municipales, como el Programa Municipal de Cambio Climático de León (PMCC) y el Plan Municipal de Desarrollo, León hacia el Futuro Visión al 2045, se limita a indicar que las acciones se llevarán a cabo en León sin proporcionar detalles sobre los lugares específicos o los tiempos de ejecución.

Además, las acciones propuestas en estos documentos municipales son tan generales como en los estatales, mencionando medidas como la implementación de SCALL, conservación de suelos, regulación de escorrentías y obras de infiltración de agua al subsuelo. Sin embargo, es notable que el Programa de Gobierno Municipal León 2021-2024 presenta acciones específicas, como la ejecución de 90 obras de bordería, con un período de implementación establecido entre 2021 y 2024.

Se llevó a cabo un análisis histórico del manejo del agua en el Estado de Guanajuato y en el municipio de León, evidenciando un modelo de gestión predominante que se centra en la oferta y en la implementación de grandes obras de infraestructura como la principal solución ante la crisis hídrica. Este enfoque ha sido fundamental en las políticas públicas relacionadas con el agua, como se ejemplifica con el caso del Zapotillo, uno de los proyectos más recientes. La reforma de la CEAG y la creación de los Comités de Agua, particularmente el COTAS de León a finales de los años noventa representaron los primeros intentos de incorporar un enfoque de GIRH en León. Sin embargo, los resultados han sido limitados y de pequeña escala, debido en gran medida a obstáculos institucionales y políticos que han perpetuado el modelo de gestión vigente.

Un ejemplo claro de este interés es el incremento en la instalación de SCALL, así como las iniciativas de restauración de suelos, como zanjas, borderías y tinas ciegas. No obstante, persisten deficiencias significativas en los programas y planes, destacando la falta de información accesible sobre el estado actual de las intervenciones, el lugar de implementación y los responsables del seguimiento y evaluación de estas acciones. Esta situación complica la transparencia y dificulta el monitoreo de las propuestas institucionales, generando dudas sobre la validez de los programas, que, aunque se presentan como robustos ante el público, carecen de profundidad práctica (*Íbidem*).

Además, se observa una dificultad para establecer la relación entre las acciones reportadas en diversos informes y boletines y las estrategias propuestas en los planes. La falta de claridad sobre a qué proyectos se refieren determinadas acciones y la escasez de detalles, limitándose a la mención del número de acciones sin un análisis sobre su seguimiento, estado actual o éxito de implementación, son aspectos que requieren atención.

En cuanto al panorama actual de las acciones adaptativas de gestión hídrica dentro de la política hídrica del Estado de Guanajuato y la ciudad de León, aunque en términos generales es favorable a corto y mediano plazo, se subraya la necesidad de perfeccionar los instrumentos propuestos por las autoridades para llevar a cabo un inventario, seguimiento y evaluación de las obras.

También se sugiere mejorar las herramientas de acceso a la información para la población en general, con el fin de facilitar la comprensión del estado actual de las acciones. En conjunto, estas mejoras permitirían optimizar las intervenciones en las zonas ya afectadas y replicar estas experiencias en otras regiones vulnerables del municipio de León y el Estado de Guanajuato, todo bajo un enfoque participativo y transdisciplinario.

Es relevante señalar que no se logró establecer una conexión clara entre lo reportado en informes, periódicos, boletines o comunicados y lo propuesto en planes estatales y municipales, con excepción del proyecto SISCAP, presupuestado por el COTAS de León y, del programa Captemos Agua.

Este último presenta significativas limitaciones, destacando las deficiencias en su normativa, propuestas de acciones para el corto plazo sin ofrecer soluciones duraderas y, una reducción en la transparencia, claridad y credibilidad del programa. Además, se identificó la falta de instrumentos efectivos para medir los resultados, con indicadores inadecuados y una base de datos incompleta, dificultando su evaluación y análisis, impidiendo identificar avances y logros y, limitando demostrar la pertinencia de estos en la sociedad. Finalmente, se resalta la ausencia de seguimiento a las obras, con poca o nula claridad de sus avances concretos (Sagarnaga y Salas, 2020).

Discusión

Para comprender la influencia de este modelo en la crisis hídrica de León, especialmente en relación con la sobreexplotación del acuífero Valle de León, se revisaron los planes y programas principales. La revisión de planes y programas estatales y municipales evidencia un interés institucional por incorporar obras de gestión sostenible del agua, tales como la recarga y captación de agua de lluvia dentro de la política hídrica (Tagle, 2023).

No obstante, dicho interés afronta vacíos desde la normativa, así como una falta de información precisa que limita la transparencia y dificulta la evaluación de resultados. Al carecer de estrategias claras para prevenir y resolver el conflicto hídrico ha conllevado a

una agenda denial, donde las acciones se incluyen formalmente pero no cuentan con mecanismos efectivos de implementación y seguimiento.

Los planes estatales, como Guanajuato Visión 2040 y los Planes de Desarrollo 2025 y 2030, presentan propuestas generales sin responsables específicos para su ejecución, mientras que los programas municipales, como el PMCC y León hacia el Futuro Visión 2045, carecen de detalles sobre tiempos y lugares de implementación. Aunque el Programa de Gobierno Municipal 2021-2024 sí plantea acciones concretas, como las 90 obras de bordería, la falta de claridad en la distribución espacial y temporal de las intervenciones limita su impacto.

El contraste entre la información obtenida en campo y lo reportado en los Informes Ambientales de Guanajuato revela inconsistencias: entre 2013 y 2018 se implementaron más de 1,500 SCALL y se restauraron 44,724 hectáreas, pero los informes carecen de detalles sobre seguimiento y evaluación, lo que impide valorar su efectividad. Esta situación refleja un modelo de gestión centrado en la oferta y en grandes infraestructuras, como el Zapotillo, que responde más a intereses políticos y económicos que a necesidades sociales (Caldera, 2014; Caldera y Tagle, 2015; Caldera *et al.*, 2020).

La dificultad para vincular las acciones reportadas en boletines e informes con las estrategias propuestas en los planes es otro aspecto crítico. Con excepción del proyecto SISCAP y del programa Captemos Agua, supervisados por el COTAS de León, la mayoría de las acciones carecen de indicadores adecuados y bases de datos completas, lo que limita su evaluación y credibilidad (Sagarnaga y Salas, 2020). En consecuencia, los esfuerzos de descentralización han favorecido más al sector privado que a la sociedad, perpetuando un modelo de gobernanza distante y poco democrática.

Conclusiones

El análisis realizado muestra que, aunque existe un interés por parte de las instituciones para adoptar técnicas y obras de gestión hídrica, falta claridad dentro de las propuestas respecto a las responsabilidades, seguimiento y evaluación, limitando su efectividad real.

La crisis del agua en León se explica más por factores políticos y sociales que por una escasez física de agua, reflejando un modelo de gestión centrado en grandes infraestructuras y en la oferta como solución principal.

La falta de transparencia y de mecanismos de monitoreo genera dudas sobre la validez de los programas, si bien en apariencia son robustos, éstos carecen de profundidad práctica. La ausencia de políticas públicas integrales y adaptables impide abordar de manera efectiva un fenómeno complejo y dinámico como la crisis hídrica.

A pesar de estas limitaciones, se reconoce que los esfuerzos realizados constituyen un punto de partida. Para avanzar, será necesario intensificar acciones concretas que permitan incorporar la gestión del agua en la agenda gubernamental de forma efectiva y alcanzable.

Apostar por el desarrollo de ecotecnologías y ecotecnias representa una vía estratégica para coadyuvar al acceso equitativo a bienes y servicios, mejorar la calidad de vida y reducir la pobreza y la desigualdad. Estas herramientas inclusivas y participativas pueden contribuir a una transformación socioecológica que impulse un desarrollo sostenible y justo para las comunidades de León y Guanajuato.

A partir de lo mencionado, se concluye la ausencia de políticas públicas integrales, multifactoriales y adaptables para abordar un fenómeno tan complejo y en constante cambio. No obstante, es importante reconocer los esfuerzos realizados hasta ahora.

Para avanzar hacia este objetivo, será fundamental intensificar los esfuerzos mediante acciones concretas que permitan que las políticas públicas entorno al agua se incorporen de forma efectiva y alcanzable en la agenda gubernamental. El análisis y compilación realizados pudieran considerarse como parte de estos esfuerzos necesarios.

Lo que en resumen conlleva a apostar por el desarrollo de la ecotecnología y las ecotecnias, considerándoles como factor clave para lograr el acceso de bienes y servicios al grueso poblacional, proporcionando la posibilidad de adquirir condiciones dignas de vida y el cumplimiento de sus necesidades básicas.

Es por medio de sus procesos inclusivos y de innovación ecotecnológica que se puede contribuir al mejoramiento de la calidad de vida, reducir la pobreza y la brecha de marginación y desigualdad, permeando el desarrollo social, sostenible y sustentable y generando una transformación socio ecológica.

Conclusión respaldada por experiencias como las presentes en comunidades rurales de Oaxaca, donde se han transferido ecotecnias mediante diagnósticos participativos, logrando mejoras en el acceso al agua y la producción agrícola; igualmente en Quintana Roo, con proyectos de agricultura sustentable han fortalecido la seguridad y resiliencia comunitaria y; a nivel internacional, iniciativas de la Red de Ecotecnología de México vinculada con la UNAM han mostrado resultados en la integración de agua, alimentos y energía para un futuro sostenible .

Estos casos permiten observar en qué condiciones se han dado los resultados y refuerzan la pertinencia de apostar por la ecotecnología como motor de transformación social y ambiental.

CAPÍTULO 6. REFLEXIONAR LO COMUNITARIO DESDE LAS EXPERIENCIAS EN LEÓN, GUANAJUATO

Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo el análisis del impacto de los SCALL en comunidades rurales de León, Guanajuato. A través de datos cuantitativos y cualitativos, se evaluó el consumo, abastecimiento, ahorro y percepción comunitaria, permitiendo realizar una valoración económica e integral, así como valorar su nivel de adopción social, para que en pasos futuros se puedan proponer estrategias de política pública para ampliar su implementación como solución a la vulnerabilidad hídrica que sigue presentándose en la población de Guanajuato y en particular de León.

La escasez de agua en zonas rurales de León ha motivado la búsqueda de soluciones sostenibles. Los SCALLs por tanto, se han presentado como alternativas para los problemas de acceso hídrico. La escasez de agua, el aumento de la demanda y la contaminación han generado una crisis hídrica global, provocando competencia entre sectores y conflictos políticos, tal y como también se puede evidenciar para el caso de León (Castelletti y Soncini-Sessa, 2006).

La GWP propone el Manejo Integrado de Recursos Hídricos como solución, lo que implica un cambio de paradigma (GWP, 2000, 2003). Sin embargo, su implementación ha sido limitada por la falta de comunicación entre ciencia y política, y por priorizar la modelación sobre la participación social (Castelletti y Soncini-Sessa, 2006).

En el centro-norte de México, Guanajuato y su ciudad más poblada, León, enfrentan serios desafíos hídricos. A pesar de su desarrollo industrial, la región sufre escasez de lluvia, sobreexplotación de acuíferos y crecimiento poblacional (Nava *et al.*, 2024).

Guanajuato tiene un balance hídrico negativo, con recarga insuficiente de acuíferos, situación crítica en León, donde la alta demanda de agua agudiza la sobreexplotación y reduce los niveles subterráneos, generando impactos ambientales, sociales y económicos (Mendoza *et al.*, 2022 y García León, 2023).

Atender esta problemática es clave para garantizar el acceso equitativo al agua, conservar los recursos y fomentar el desarrollo sustentable (Nava *et al.*, 2024). Esto requiere coordinación entre comunidades, organizaciones y gobiernos para impulsar políticas de conservación y uso eficiente del agua (Mendoza *et al.*, 2022). La adopción social de ecotecnias ofrece un enfoque integral y colaborativo (García León, 2023).

Frente al cambio climático, las ecotecnias, como captación de lluvia, filtros y sanitarios secos, son soluciones sostenibles para enfrentar la escasez y mejorar la gestión hídrica. No obstante, su adopción depende de factores económicos, sociales y culturales que deben

analizarse para diseñar estrategias efectivas. Estas tecnologías pueden fortalecer la seguridad hídrica y promover la sostenibilidad ambiental.

El capítulo se organizará en torno a un recorrido metodológico y analítico que permitirá comprender la experiencia comunitaria en torno a los SCALL en León.

En primer lugar, se presentará el método empleado para la recopilación y sistematización de datos, destacando la combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos que posibilitan una visión integral.

Posteriormente, se expondrán los resultados obtenidos, iniciando con la caracterización de los usos y medios de abastecimiento de agua, para después avanzar hacia la valoración económica del consumo y la disponibilidad, así como la identificación de déficits hídricos y sus implicaciones en la vida cotidiana de las comunidades rurales.

En una segunda parte, el análisis se centrará en la dimensión social y cultural de la adopción de ecotecnias, explorando el conocimiento comunitario, la percepción de sostenibilidad y el impacto de los SCALL en la seguridad hídrica.

Se incluirán comparativas de ahorro y eficiencia entre hogares con y sin ecotecnias, lo que permitirá evaluar su pertinencia como estrategia de gestión hídrica. Finalmente, se presentará una síntesis de resultados y conclusiones que integren tanto los hallazgos técnicos como las reflexiones comunitarias, abriendo paso a propuestas de mejora y posibles líneas de política pública orientadas a fortalecer la resiliencia hídrica en León y en el Estado de Guanajuato.

6.1 Método

La investigación seleccionó el formato metodológico de entrevistas debido a la accesibilidad y eficacia que ofrece para establecer contacto directo con los miembros de las comunidades involucradas. De acuerdo con Díaz – Bravo *et al.* (2013), esta herramienta metodológica resulta valiosa en la investigación cualitativa debido a su carácter flexible, dinámico y no directivo, lo que facilita la interacción directa con los sujetos de estudio y permite captar sus experiencias en profundidad.

Las visitas de campo se realizaron durante el mes de marzo de 2025, permitiendo el levantamiento de 19 entrevistas. La estructura del instrumento se diseñó a partir de preguntas orientadas a cumplir con los criterios / atributos fundamentales propuestos por Rogers (2003) para facilitar un proceso de adopción social (Ventaja relativa, compatibilidad, complejidad, confiabilidad y observabilidad).

Posteriormente, las respuestas obtenidas fueron sistematizadas mediante un formulario digital en la plataforma Google Forms, con el propósito de consolidar la información recolectada y dar inicio al análisis correspondiente.

Del total de personas entrevistadas, 15 residen en la comunidad de Llano Grande, 2 en Media Luna, 1 en Mesa de Ibarrilla y 1 en Saucillo de Ávalos; todas estas localidades se encuentran dentro del municipio de León, en el Estado de Guanajuato.

Dentro de los datos de contexto, encontramos que la media de habitantes por hogar es de 4.82 ≈ 5 habitantes. En su mayoría cuentan entre 5 o 6 habitantes y 4 habitantes, con un 41.18 % y un 35.29 % respectivamente.

Cabe destacar que la totalidad de las personas participantes en las entrevistas fueron mujeres, lo cual coincide con lo señalado por Montero Contreras (2020), quien subraya que la gestión y el uso del agua, así como de otros recursos domésticos, es una responsabilidad que recae predominantemente en las mujeres dentro del ámbito familiar. Al inicio, el análisis contemplaba exclusivamente el uso y la adopción de ecotecnias en el entorno doméstico. No obstante, durante el trabajo de campo se identificaron dos casos de instituciones educativas rurales con implementación de SCALL. En este sentido, del total de entrevistas realizadas, el 89.5 % de las entrevistas (17 casos) refieren a prácticas de uso y consumo en el entorno doméstico, mientras que el 10.5 % restante (2 casos) alude a su utilización en contextos escolares rurales.

En relación con los rangos etarios de las personas entrevistadas, se observa que el 52.6 % se encuentra en el intervalo de 31 a 40 años, mientras que el 21.1 % corresponde al grupo de 21 a 30 años. Esta distribución etaria, sumada al hecho de que la totalidad de las participantes son mujeres, coincide con lo señalado por Robinson Trápaga y Díaz – Carrión (2019), quienes argumentan que la responsabilidad de la gestión del agua en el ámbito doméstico es asumida mayoritariamente por mujeres en edad productiva, representando una limitación significativa para su inserción y permanencia en el mercado laboral formal.

El propósito general de las entrevistas realizadas es documentar las experiencias en hogares que han incorporado prácticas ecológicas y ecotecnias en su vida cotidiana, con especial énfasis en la implementación de SCALL. Para tal fin, el instrumento de entrevista fue estructurado en apartados temáticos que permitieron la exploración integral de aspectos clave del fenómeno estudiado (adopción social). Estos apartados comprenden:

1. Información general relativa a las fuentes de obtención y los usos del agua.
2. Nivel de conocimiento y grado de adopción de prácticas ecológicas y ecotecnologías. Particularizando en un subapartado en la implementación de SCALL.
3. Evaluación del impacto y percepción del valor de la ecotecnia adoptada.
4. Perspectivas sobre la sostenibilidad de las prácticas implementadas.
5. Propuestas de mejora y recomendaciones por parte de las personas entrevistadas.

Los cuales se desarrollan en lo subsecuente, con el fin de ofrecer un análisis detallado y contextualizado de los hallazgos obtenidos.

6.2 Presentación e interpretación de resultados

6.2.1 Datos generales sobre obtención y usos del agua

Dentro de este primer apartado, inicialmente se indagó acerca de los usos del agua, así como los medios mediante los cuales acceden al agua; con el objetivo de identificar las fuentes de abastecimiento utilizadas y las dinámicas asociadas a su uso en el contexto doméstico.

(a) Usos del Agua

Inicialmente, se indagó sobre las actividades cotidianas que requieren su utilización, requiriendo agregar con ciertas distinciones las experiencias reportadas por dos escuelas primarias rurales. Los resultados revelan que el 100 % la usa para limpieza general, lavado de ropa y utensilios de cocina, así como en la higiene personal mediante ducha. Asimismo, un 63 % reportó utilizarla en la descarga del inodoro y el riego de patio / jardín. A continuación, se separan las interpretaciones correspondientes a cada uno de los usos.

Consumo de agua potable

Respecto al consumo de agua potable, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009), recomienda un consumo mínimo de 2 L diarios por persona. A partir de esta cifra, se calculó el consumo anual de agua potable esperado por hogar; cuyo promedio es de 3,521 L/año para el hogar y un promedio de 730 L/año por persona.

Consumo de agua en preparación de alimentos

En este uso se solicitó que estimaran la frecuencia semanal con la que cocinan y el volumen aproximado de agua utilizado por día; usando como referencia común un bote de 1 L bajo la sugerencia y criterio de las participantes. Sección que fue respondida por 17 personas pertenecientes a hogares y 2 correspondientes a escuelas; reportando estas últimas un uso nulo en la actividad, dado que no la realizan. Los resultados indican que la mayoría de los hogares cocinan entre 5 y 7 días por semana (35.3 % y 41.2 % respectivamente). En cuanto al volumen de agua utilizado por día, se identificó un promedio de 4 L. Cabe señalar que los cálculos se basan en la estimación autorreportada por las entrevistadas, lo cual introduce un margen de subjetividad. No obstante, la homogeneidad en la unidad de referencia y la consistencia en las respuestas permiten una aproximación razonable al consumo real.

Consumo de agua por lavado de trastes y utensilios del hogar

Para el uso destinado al lavado de trastes y utensilios, se tomó como unidad de referencia la cubeta, estimando una capacidad promedio de 20 L (Ramírez Hernández, 2024). El 42.1 % utiliza alrededor de un tercio de cubeta por día (alrededor de 6.6 L); con lo cual se estimó el volumen de agua utilizado para la actividad. Con la equivalencia de 20 L por cubeta, se calcularon los litros usados según la fracción reportada (1/2 cubeta ≈ 10 L, 1/3 cubeta ≈ 6.67

L o 1/4 cubeta ≈ 5 L). El consumo diario se obtuvo de multiplicar por 3 el volumen por evento, al reportar realizar la actividad 3 veces al día. Los datos muestran una variabilidad significativa, desde 5,040 hasta 10,080 L/año, diferencia que puede darse por el tamaño del hogar, hábitos de limpieza, disponibilidad de agua y percepción de suficiencia. Igualmente, las 2 entrevistadas de las escuelas reportaron un uso nulo en ésta, al no realizarla en las instalaciones al igual que la actividad anterior.

Consumo de agua por ducha

En continuidad con la caracterización de los usos del agua, se abordó la actividad de higiene personal, solicitando indicar la frecuencia semanal con la que cada integrante del hogar se ducha, así como el volumen aproximado de agua utilizado, tomando nuevamente como referencia la cubeta de 20 L. Encontrando que, en promedio, cada habitante se baña 4 veces por semana, empleando aproximadamente 1.5 cubetas por ducha, siendo un consumo estimado de 30 L por evento. Con ello, se realizó la estimación de consumo anual con el fin de dimensionar el impacto de esta práctica cotidiana. Resultados que muestran una importante variabilidad que entre 14,400 y 34,560 L/año por hogar, dependiendo del número de personas, frecuencia de baño y volumen utilizado por evento.

Consumo de agua por lavado de ropa

Respecto al uso para el lavado de ropa, se reportó que los hogares lavan 3.21 tandas por semana (3 ≈ 4 tandas), considerando que cada una requiere 60 L en promedio (Ruiz, 2024). Con base en esta referencia y lo reportado, se estimó el volumen de agua utilizado para esta actividad, con el objetivo de dimensionar su impacto en el consumo doméstico total, el cual varía entre 8,640 y 17, 280 L/año por hogar.

Consumo de agua por limpieza general del hogar

Lo reportado para este uso indica que los hogares realizan de 3 a 4 veces por semana esta actividad, con un 47.4 % y un 42.1 % respectivamente. Para estimar el volumen de agua utilizado, se empleó nuevamente como referencia la cubeta de 20 L. Así pues, el 52.6 % reportó usar 2 cubetas por día de limpieza, mientras que el 36.8 % indicó emplear 1 cubeta por ocasión. Con ello, se estimó el consumo de agua, cuyos resultados permiten observar una tendencia de consumo anual entre 2,880 y 14,400 L/año por hogar, dependiendo de la frecuencia de limpieza y el volumen de agua por jornada.

Consumo de agua por riego de patio / jardín

En relación con el agua destinada al riego o limpieza de patio y jardín, se identificó que el 68.4 % lleva a cabo esta actividad 2 veces por semana. Asimismo, se observó que el 57.9 % indicó utilizar un promedio de 4 cubetas de agua por ocasión. Al realizar los cálculos se puede dimensionar el impacto del uso del agua en estas actividades, cuyo rango de consumo anual varía entre 3,840 y 11,520 L/año. Permitiendo inferir que, aunque el riego

de jardines y patios no representa el mayor uso del agua, su impacto acumulado puede ser significativo, especialmente en contextos de escasez hídrica.

Consumo de agua por uso de sanitario

En lo que concierne al uso en el sanitario, inicialmente se indagó si emplean agua para la descarga que, de acuerdo con diversos autores como Domènech y Saurí (2010), ha sido identificada como una de las principales fuentes de consumo doméstico; cuyos estudios destacan que el uso del inodoro puede representar entre el 25 % y el 30 % del consumo total de agua en el hogar. Afirmación que enfatiza la necesidad de implementar tecnologías de bajo consumo y estrategias de reúso para reducir el impacto.

Los resultados revelaron que el 52.6 % efectivamente utiliza agua para este fin, mientras que el 47.4 % no lo hace, sugiriendo una adopción creciente de alternativas como baños secos. Entre los hogares que reportaron utilizar agua para la descarga, el 70 % indicó emplear agua de reúso, en tanto que el 30 % restante manifestó utilizar agua potable.

Se ha de destacar que 2 de las 3 personas que reportaron el uso de agua limpia eran de las escuelas, explicando quizás la preferencia por agua limpia a causa de normativas sanitarias o consideraciones institucionales.

Para el volumen de agua utilizado, se mantuvo como medida la cubeta de 20 L y considerando que en promedio cada descarga requiere de 4 a 6 L (un cuarto de cubeta, 5 L aproximadamente) (*Íbidem*). Asimismo, se consideró un uso promedio de sanitario de 7 veces por persona al día (3 veces en el entorno escolar) (CONAGUA, 2018).

La información generada permitió estimar su consumo anual asociado, encontrando un rango de consumo entre 35,280 y 190,800 L/año, dependiendo del número de habitantes y la frecuencia de uso. El caso con mayor consumo, sin considerar a las escuelas, corresponde a un hogar con 8 personas (56 descargas diarias), alcanzando 94,040 L/año.

La

Tabla *4* concentra el consumo de agua anual del hogar por actividad requeridos por cada uno de los hogares (o escuelas) participantes en la entrevista, presentando únicamente el total por año en litros (L) como en metros cúbicos (m^3), mismo que contempla las actividades previamente mencionadas que utilizan agua para su operación.

Tabla 4. Consumo hídrico total anual por actividades en la dinámica del hogar. Elaboración Propia.

Entrevista	Personas por hogar	TOTAL (m^3 / año)
#1	6	***148.14***
#2	5	***111.79***
#3	4	***100.89***
#4	8	***189.20***
#5	4	***101.37***
#6	6	***151.26***
#7	5	***128.69***
#8 (Escuela)	53	***209.04***
#9	5	***117.70***
#10	7	***148.63***
#11	4	***103.96***
#12	4	***100.89***
#13	4	***100.46***
#14	6	***140.22***
#15	4	***92.44***
#16	3	***82.40***
#17	3	***85.47***
#18	4	***94.17***
#19 (Escuela)	29	***127.44***

A continuación, se presentarán los medios de abastecimiento de agua actual (Figura *4*), a través de los cuales, en conjunto con lo anterior, permitirán realizar el cálculo del déficit de agua dentro de los hogares y posteriormente, la forma de sustentarlo mediante el uso de ecotecnias y prácticas ecológicas.

(b) Medios de abastecimiento de agua

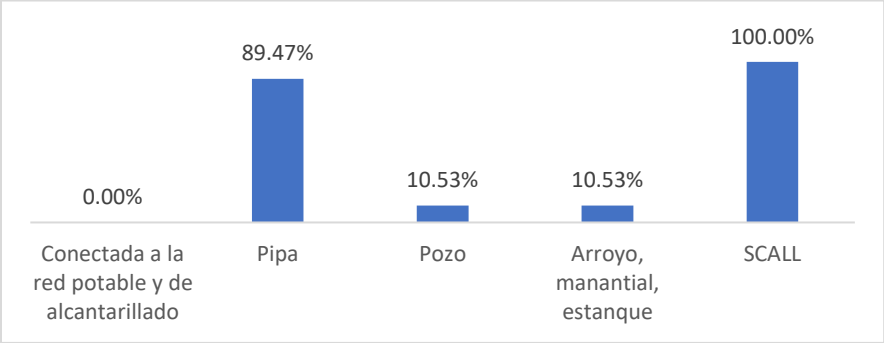


Figura 4. Gráfico de los medios de obtención de agua en los hogares. Elaboración propia.

De manera general, encontramos que, el 100 % de los hogares entrevistados emplea SCALL como una de las principales fuentes de abastecimiento hídrico para el hogar. Si bien este recurso no se utiliza de manera continua a lo largo del año, se aprovecha en promedio por 5 o 6 meses.

Asimismo, el 89.5 % señaló que recurre al uso de pipas como complemento en el suministro de agua, ya sea mediante su adquisición directa o a través del apoyo proporcionado por el SAPAL, el cual realiza el abastecimiento con frecuencia de una vez por semana. Finalmente,

un 10.5 % manifestó que obtiene agua mediante pozos o a través del acarreo desde cuerpos naturales como arroyos, estanques o manantiales, siendo un medio incierto. A continuación, se presentan de manera desglosada las fuentes de abastecimiento actual.

1.- Abastecimiento mediante Pipa

El 84.2 % de las personas señaló que el pago por el agua en pipa se cubre de manera compartida: una parte con recursos propios y otra mediante el apoyo gratuito que brinda SAPAL. En cambio, el 10.5 % indicó que no realiza ningún gasto, pues depende únicamente del apoyo de SAPAL. Por su parte, el 5.3 % mencionó cubrir el costo total sin recibir subsidio alguno.

El costo promedio por suministro es de 1,242 MXN, con un rango que va de 700 hasta 1,700 MXN. Cuando el pago corre por cuenta de los usuarios, el 42.1 % solicita el servicio cada dos meses, mientras que el resto lo hace con una frecuencia variable entre uno y seis meses (Tabla *5*).

Tabla 5. Volumen total de agua y costo asociado por compra de pipas para cada hogar. Elaboración propia.

Entrevista	Compra Pipa	Precio Unitario	No. Pipas (año)	Total (m^3 / año)	Gasto (MXN)
#1	Sí	$1,300	6	60	***$7,800***
#2	Sí	$1,300	3	30	***$3,900***
#3	Sí	$1,300	6	60	***$7,800***
#4	Sí	$1,200	12	120	***$14,400***
#5	Sí	$1,200	6	60	***$7,200***
#6	Sí	$1,300	2	20	***$2,600***
#7	Sí	$1,200	2	20	***$2,400***
#8 (Escuela)	No	$ -	0	0	***$ -***
#9	Sí	$700	3	30	***$2,100***
#10	No	$ -	6	60	***$ -***
#11	No	$ -	4	40	***$ -***
#12	Sí	$1,300	4	40	***$5,200***
#13	Sí	$1,100	6	60	***$6,600***
#14	No	$ -	0	0	***$ -***
#15	Sí	$1,300	6	60	***$7,800***
#16	No	$ -	0	0	***$ -***
#17	Sí	$1,700	6	60	***$10,200***
#18	No	$ -	6	60	***$ -***
#19 (Escuela)	No	$ -	0	0	***$ -***

Abastecimiento por apoyo del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL)

En relación con el apoyo de SAPAL, la mayoría (89.5 %) reportó recibir dicho suministro semanalmente. Solo 2 informantes indicaron que el apoyo se brinda cada 21 días, mientras que una persona señaló recibirlo de forma esporádica, sin periodicidad definida.

El suministro otorgado, según lo expresado, varía entre 1 y 6 tambos por hogar; siendo una medida base para las personas, con una capacidad de 150 L en promedio; entregando a cada hogar 5 tambos en promedio (750 L aproximadamente) (Tabla *6*).

Tabla 6. Volumen total de agua por apoyo de SAPAL para cada hogar. Elaboración propia.

Entrevista	Veces al mes que surten	No. Tambos	Tambos (Año)	Total (m^3 / año)
#1	1	6	72	***10.8***
#2	4	4	192	***28.8***
#3	4	4	192	***28.8***
#4	4	6	288	***43.2***
#5	4	5	240	***36***
#6	4	6	288	***43.2***
#7	4	4	192	***28.8***
#8 (Escuela)	4	6	288	***43.2***
#9	4	6	288	***43.2***
#10	4	5	240	***36***
#11	4	3	144	***21.6***
#12	4	3	144	***21.6***
#13	4	4	192	***28.8***
#14	0	0	0	***0***
#15	4	4	192	***28.8***
#16	4	4	192	***28.8***
#17	4	4	192	***28.8***
#18	4	6	288	***43.2***
#19 (Escuela)	4	6	288	***43.2***

Abastecimiento de agua potable mediante garrafones

73.7 % manifestó no comprar garrafones y 26.3 % sí. Del total de los que compran, se estimó que la compra promedio semanal es de 3 a 5 garrafones. Puesto que en su mayoría no adquieren agua embotellada, se exploraron estrategias usadas para hacerla apta: 57.9 % recurre a desinfectar al añadir cloro u otro agente purificador, el 10.5 % la hierve antes de ingerir y el 5.3 % la consume directamente, sin ningún tipo de tratamiento previo (Tabla 7).

Tabla 7. Volumen total de agua por compra de garrafón para cada hogar. Elaboración propia.

Entrevista	Compra garrafón	No. Garrafones (Semana)	Garrafones (Año)	TOTAL (m^3 / año)	GASTO
#1	No	0	0	0	***$ -***
#2	Sí	3	144	2.88	***$ 7,920***
#3	No	0	0	0	***$ -***
#4	Sí	5	240	4.8	***$ 13,200***
#5	No	0	0	0	***$ -***
#6	No	0	0	0	***$ -***
#7	No	0	0	0	***$ -***
#8 (Escuela)	No	0	0	0	***$ -***
#9	No	0	0	0	***$ -***
#10	Sí	4	192	3.84	***$ 10,560***
#11	Sí	3	144	2.88	***$ 7,920***
#12	No	0	0	0	***$ -***
#13	No	0	0	0	***$ -***
#14	No	0	0	0	***$ -***
#15	No	0	0	0	***$ -***
#16	No	0	0	0	***$ -***
#17	No	0	0	0	***$ -***
#18	Sí	3	144	2.88	***$ 7,920***
#19 (Escuela)	No	0	0	0	***$ -***

Abastecimiento mediante SCALL

Para el abastecimiento por SCALL, se indagó la cantidad de sistemas que tenían, así como la capacidad de almacenamiento de cada uno, lo que permitió conocer la capacidad con la que cuentan para captar sobre todo en época de lluvias (Tabla *8*). La duración del agua de lluvia disponible para consumo en las viviendas no depende sólo de la cantidad potencial a captar, además, depende de la capacidad de almacenamiento y de las características propias de cada hogar. Factores como el número de integrantes del hogar y sus hábitos diarios de uso del agua repercuten directamente en el tiempo que el agua puede cubrir sus necesidades básicas. Así, un mismo volumen de captación puede representar un periodo de suficiencia distinto entre familias, evidenciando la relevancia de considerar tanto la infraestructura de almacenamiento como la dinámica social y cultural en la evaluación de la seguridad hídrica comunitaria.

Tabla 8. Número de SCALL por hogar y capacidad total de almacenamiento disponible. Elaboración propia.

Entrevista	Meses de Lluvia	NO. SCALL	Volumen Total SCALL (m^3)	Volumen extra Por tambos (m^3)	Costo Total (Reportado por usuario)
#1	6	1	5	2.25	***$3,500***
#2	6	1	5	2.25	***$2,000***
#3	6	3	20	2.25	***$5,400***
#4	4	1	5	2.25	***$3,500***
#5	6	1	5	2.25	***$2,800***
#6	8	2	10	2.25	***$7,000***
#7	6	2	15	2.25	***$3,500***
#8 (Escuela)	6	1	20	2.25	***$ -***
#9	6	2	15	2.25	***$3,500***
#10	4	2	10	2.25	***$5,600***
#11	8	1	20	2.25	***$ -***
#12	6	2	15	2.25	***$3,000***
#13	4	2	10	2.25	***$6,000***
#14	6	1	5	2.25	***$3,000***
#15	6	3	20	2.25	***$6,000***
#16	8	2	15	2.25	***$3,000***
#17	4	2	15	2.25	***$15,000***
#18	4	2	15	2.25	***$3,500***
#19 (Escuela)	4	2	20	2.25	***$ -***

Los resultados reflejan que cada hogar tiene en promedio, la capacidad de almacenar 12,500 L de agua de lluvia, sin contemplar algún otro almacenamiento. De ello, reportaron que, al valorar tanto el agua de lluvia, han adoptado la práctica de vaciar lo captado en otros recipientes, compartiendo que poseen de 10 a 18 tambos (15 tambos ≈ 2,250 L promedio) para almacenamiento adicional. Además, se refleja el costo asumido por la implementación de cada SCALL para cada uno de los casos entrevistados, encontrando que en promedio el costo promedio asumido (con subsidio) es de 3,400 MXN por sistema, con un costo mínimo de 2,000 y un máximo de 7,500 MXN. Resultados que se analizarán en un apartado posterior.

Ahora bien, para calcular el volumen de agua de lluvia captada al año en promedio, fue necesario revisar la precipitación por zona, consultando 2 estaciones meteorológicas cercanas a las comunidades (La Laborcita y Media Luna) (CONAGUA, SF); cuyos datos más recientes reportan hasta el 2018. A continuación, se presentan las precipitaciones reportadas del 2014 al 2018 en la Tabla *9*; realizando posteriormente un promedio para realizar los cálculos correspondientes al potencial total anual de agua de lluvia captada.

Tabla 9. Precipitaciones de 2014 a 2018 de las estaciones La Laborcita, Media Luna y su promedio. Elaboración propia.

Año	PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE ESTACIÓN LA LABORCITA (mm)	PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE ESTACIÓN MEDIA LUNA (mm)	PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)
2014	738.3	844.6	791.5
2015	860.7	1033.2	947
2016	594	2064.2	1329
2017	887.2	621.6	754.4
2018	2	53.5	27.8

La fórmula de volumen de captación del Manual Técnico de Sistemas de Captación del Agua de Lluvia (SCALL) del Colegio de Postgraduados (COLPOS); reconocida y utilizada para estimar el potencial de captación de agua de lluvia en función de la precipitación local, el área disponible para captar el agua (como techos o superficies impermeables) y la eficiencia del sistema (que considera pérdidas por evaporación, filtración, etc.) permitió en conjunto con lo anterior el cálculo del volumen de captación (Anaya Garduño *et al.*, 2018):

$$Volumen\ Captación\ (l\ ó\ m^3) = Precipitación(mm) x\ Área\ de\ captación(m^2) x\ Eficiencia\ SCALL(\%)$$

Para su cálculo se tomó un área de captación de 60 m² y un coeficiente de eficiencia por SCALL de 80 %, datos de la Guía de diseño para captación de agua de lluvia de la Unidad Académica de Tecnología de Sistemas de Aprovechamiento de Agua de Lluvia y Biogás para Áreas Rurales (UNATSABAR, 2001); ya que en la guía se mencionan ejemplos con techos de 50, 60 y 65 m², donde 60 m² es el valor más representativo de área de captación más común en vivienda (soliendo estar construido con lámina o concreto). Si bien hubiera sido más preciso calcular el área de captación real de cada una de las 17 viviendas entrevistadas, e incluso considerando las 2 escuelas, cuyo potencial de captación es mayor, dichas superficies variaban significativamente y no era posible obtener un valor homogéneo sin recurrir a levantamientos específicos. Por ello, se optó por utilizar referencias oficiales de la guía, permitiendo establecer un parámetro estándar y comparativo para el análisis.

Asimismo, la eficiencia del SCALL depende del tipo de techo, canaletas, filtros, pérdidas por evaporación o fugas; por lo que 80 % es un valor estándar recomendado sin pérdidas significativas. Con ello, se obtuvo un volumen potencial anual de 36,956 L de agua de lluvia captada, cantidad que remarca la percepción de limitación de los usuarios, ya que el potencial de captación es mayor a la capacidad de almacenamiento total que poseen actualmente (Tabla *10*).

Además, según lo reportado en la adquisición de pipas, se consume 1 pipa (10,000 L) cada 2 meses, por tanto, se estima que los 36,956 L captados equivalen a 4 pipas, con duración promedio de 7 a 8 meses; coincidiendo con lo mencionado por las participantes al cubrir sus necesidades de 4 a 7 meses.

Tabla 10. Volumen potencial de agua de lluvia captada por mes del periodo 2014 al 2018. Elaboración propia.

VOLUMEN DE AGUA CAPTADA (Litros)												
Año	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**
2014	2,136	96	816	384	4,356	7,344	11,400	4,423	3,566	2,856	300	312
2015	72	255	4,486	1,608	3,936	11,376	7,005	4,755	6,733	3,809	576	840
2016	192	547	948	436	1,164	9,636	18,108	2,448	1,699	3,660	19	24,938
2017	0.24	Sin registro	340	60	420	3,604	6,343	3,756	4,659	5,468	10,186	1,373
2018	420	420	420	24	48	Sin registro	Sin registro	Sin registro	Sin registro	Sin registro	Sin registro	Sin registro

PROMEDIO	
L/año captados	***36,956***
Pipas pedidas	***3***
Número de meses que les rinde	***7***

Disponibilidad de agua actual

En la Tabla *11* se observa el análisis de disponibilidad de agua por hogar y 2 escuelas, revelando una marcada heterogeneidad en el acceso y suficiencia, teniendo implicaciones en términos de equidad, sostenibilidad y bienestar comunitario. Se obtuvo que reciben en total 109,803 L en promedio, con un mínimo de 36,956 y un máximo de 204,956 L.

Tabla 11. Disponibilidad de agua por fuentes de abastecimiento actual. Elaboración propia.

DISPONIBILIDAD DE AGUA POR MEDIOS DE ABASTECIMIENTO ACTUAL					
Entrevista	**SCALL (L)**	**Apoyo SAPAL (L)**	**Pipas (L)**	**Garrafones (L)**	**TOTAL (m^3 / año)**
#1	36,956	10,800	60,000	0	***107.8***
#2	36,956	28,800	30,000	2,880	***98.6***
#3	36,956	28,800	60,000	0	***125.8***
#4	36,956	43,200	120,000	4,800	***205***
#5	36,956	36,000	60,000	0	***133***
#6	36,956	43,200	20,000	0	***100.1***
#7	36,956	28,800	20,000	0	***85.8***
#8 (Escuela)	36,956	43,200	0	0	***80.1***
#9	36,956	43,200	30,000	0	***110.1***
#10	36,956	36,000	60,000	3,840	***136.8***
#11	36,956	21,600	40,000	2,880	***101.4***
#12	36,956	21,600	40,000	0	***98.5***
#13	36,956	28,800	60,000	0	***125.8***
#14	36,956	0	0	0	***37***
#15	36,956	28,800	60,000	0	***125.8***
#16	36,956	28,800	0	0	***65.8***
#17	36,956	28,800	60,000	0	***125.8***
#18	36,956	43,200	60,000	2,880	***143***
#19 (Escuela)	36,956	43,200	0	0	***80.1***

Los SCALL fueron estimados con una dotación anual de 36,956 L, resultado del cálculo con un área de captación estándar de 60 m² y una eficiencia del 80 %. No obstante, dicho valor debe ser tomado como una referencia aproximada, ya que en la práctica existen variaciones considerables de acuerdo con las dimensiones reales de cada área de captación para cada vivienda entrevistada e incluso de las escuelas, cuyo potencial se presume sería mayor, así como por la variabilidad propia de la precipitación. Los registros de lluvia utilizados provenientes de las estaciones meteorológicas cercanas no reflejan con exactitud lo ocurrido en la zona de estudio; por ello, si bien el cálculo permite establecer un parámetro comparativo, la disponibilidad de agua de lluvia puede diferir significativamente, obligando a complementar mediante el apoyo de SAPAL, compra de pipas y garrafones.

Las diferencias en el volumen de agua recibido son notables, mientras que el 42 % obtienen 60,000 L (habiendo un caso con hasta 120,000 L) por apoyo o compra, un 21 % no reciben nada; diferencia que puede vincularse con factores como ubicación geográfica, infraestructura, organización comunitaria o criterios administrativos no estandarizados. Ahora bien, con base al consumo requerido y a la disponibilidad de agua actual, se presenta un comparativo del volumen de agua requerido para sus actividades y la cobertura actual.

(c) Consumo total vs. disponibilidad de agua actual por abastecimiento

Mediante los resultados obtenidos por el consumo total por actividades dentro del hogar y el volumen de agua disponible por las fuentes de abastecimiento, permitiendo reflexionar sobre la presencia persistente de un déficit hídrico dentro de los hogares y posteriormente, la forma de sustentarlo mediante el uso de ecotecnias y prácticas ecológicas (Tabla *12*).

Tabla 12. Comparativo entre consumo total requerido y disponibilidad de agua actual. Elaboración propia.

CONSUMO REQUERIDO VS. DISPONIBILIDAD ACTUAL (L / año)			
Entrevista	**Consumo Total Requerido por hogar**	**Disponibilidad de agua por abastecimiento**	**DÉFICIT HÍDRICO (Cantidad faltante a cubrir)**
#1	148,140	107,756	***40,383***
#2	111,794	98,636	***13,157***
#3	100,888	125,756	***0.00***
#4	189,200	204,956	***0.00***
#5	101,368	132,956	***0.00***
#6	151,260	100,156	***51,103***
#7	128,690	85,756	***42,933***
#8 (Escuela)	209,040	80,156	***128,883***
#9	117,698	110,156	***7,541***
#10	148,630	136,796	***11,833***
#11	103,960	101,436	***2,523***
#12	100,888	98,556	***2,331***
#13	100,456	125,756	***0.00***
#14	140,220	36,956	***103,263***
#15	92,440	125,756	***0.00***
#16	82,398	65,756	***16,641***
#17	85,470	125,756	***0.00***
#18	94,168	143,036	***0.00***
#19 (Escuela)	127,440	80,156	***47,283***

Encontrando que, a pesar de los apoyos suministrados, 9 de las 19 entrevistas presentan un déficit en la cobertura anual, con faltantes de hasta 128,883 L. Este hallazgo es particularmente preocupante, ya que compromete el derecho al agua, afectando higiene, salud y desarrollo. La existencia de hogares con cobertura total frente a otros con carencias evidencia una inequidad estructural en la distribución del agua. Esta situación demanda una revisión de los criterios de asignación y una planificación más equitativa y sostenible. Además, la dependencia de medios como pipas y garrafones, que suelen implicar mayores costos y menor estabilidad, refuerza la vulnerabilidad de ciertos sectores. Los datos analizados reflejan una situación de acceso desigual al agua, donde la cobertura básica no garantiza la suficiencia, y los mecanismos de apoyo presentan una distribución inequitativa. Este panorama exige intervenciones integrales que consideren no solo la cantidad, sino también la calidad, regularidad y asequibilidad del agua.

(d) Gasto actual asociado con el consumo de agua en el hogar

La Tabla *13* presenta el gasto actual anual en abastecimiento de agua, diferenciando entre 3 fuentes principales: pipa, garrafón, apoyo SAPAL y SCALL. Esta información permite identificar patrones de dependencia económica hacia fuentes externas y evaluar el grado de transición hacia soluciones autosuficientes como los SCALL. Los datos muestran una diversidad de estrategias de abastecimiento. Los resultados revelan que el gasto anual en abastecimiento de agua puede superar los 11,000.00 MXN. La dependencia de servicios como la pipa y el garrafón representa una carga económica significativa, además de una vulnerabilidad ante interrupciones del suministro o aumentos de precio.

Tabla 13.Gastos actuales asumidos por hogar para el abastecimiento de agua. Elaboración propia.

GASTO ACTUAL POR AÑO				
Entrevista	**PIPA**	**GARRAFÓN**	**SCALL**	**GASTO ACTUAL**
#1	$ 7,800	$ -	$ 3,500	***$ 11,300***
#2	$ 3,900	$ 7,920	$ 2,000	***$ 13,820***
#3	$ 7,800	$ -	$ 5,400	***$ 13,200***
#4	$ 14,400	$ 13,200	$ 3,500	***$ 31,100***
#5	$ 7,200	$ -	$ 2,800	***$ 10,000***
#6	$ 2,600	$ -	$ 7,000	***$ 9,600***
#7	$ 2,400	$ -	$ 3,500	***$ 5,900***
#8 (Escuela)	$ -	$ -	$ -	***$ -***
#9	$ 2,100	$ -	$ 3,500	***$ 5,600***
#10	$ -	$ 10,560	$ 5,600	***$ 16,160***
#11	$ -	$ 7,920	$ -	***$ 7,920***
#12	$ 5,200	$ -	$ 3,000	***$ 8,200***
#13	$ 6,600	$ -	$ 6,000	***$ 12,600***
#14	$ -	$ -	$ 3,000	***$ 3,000***
#15	$ 7,800	$ -	$ 6,000	***$ 13,800***
#16	$ -	$ -	$ 3,000	***$ 3,000***
#17	$ 10,200	$ -	$ 15,000	***$ 25,200***
#18	$ -	$ 7,920	$ 3,500	***$ 11,420***
#19 (Escuela)	$ -	$ -	$ -	***$ -***

Por otro lado, el uso de SCALL, aunque la muestra es limitada (19 casos), aparece como una alternativa económicamente viable, por ejemplo, en el caso de la entrevista 1, su uso representa aproximadamente el 31 % del gasto total, lo que sugiere una inversión inicial que podría traducirse en ahorros a mediano y largo plazo. Los datos evidencian una alta heterogeneidad en las estrategias de abastecimiento de agua, con fuentes comerciales en la mayoría de los casos. La incorporación de tecnologías como los SCALL aún es incipiente, pero muestra potencial para reducir la dependencia económica y aumentar la resiliencia hídrica. Se recomienda fomentar políticas de subsidio e instalación, especialmente en comunidades con altos gastos en suministro de agua.

(e) Estimación de gasto para cubrir el volumen de agua faltante (déficit hídrico)

Con el objetivo de evaluar la viabilidad económica, se realizó un análisis comparativo de sus costos asociados a la cobertura del volumen de agua faltante (Tabla *12*) entre el consumo anual requerido por hogar y la cantidad efectivamente disponible a través de fuentes propias o alternativas. Esta comparación se estructuró en tres escenarios: a) Si el volumen faltante fuera cubierto exclusivamente mediante la compra de agua por medio de pipas (Tabla *14*), b) Si se cubriera únicamente mediante la adquisición de agua en garrafón (Tabla *15*) y, c) Si se optara por una estrategia combinada (Tabla *16*), en la cual el agua potable se obtuviera mediante garrafón y el resto de los usos domésticos se abastecieran mediante pipa. Esta propuesta metodológica fue originalmente planteada por Isla Urbana (2018) en colaboración con la cooperación alemana GIZ, como parte de sus proyectos de evaluación de alternativas de abastecimiento en contextos urbanos y rurales de México, y se retoma en este trabajo como referente para valorar la viabilidad económica de dichas opciones.

Tabla 14. Gasto estimado por consumo total requerido del escenario de cobertura por pipa. Elaboración propia.

SI EL GASTO FUERA CUBIERTO ÚNICAMENTE MEDIANTE PIPAS			
Entrevista	**Consumo total (Litros / año)**	**No. Pipas Requeridas**	**Gasto por año**
#1	148,140	14.81	$ 18,517.50
#2	111,794	11.18	$ 13,974.25
#3	100,888	10.09	$ 12,611
#4	189,200	18.92	$ 23,650
#5	101,368	10.14	$ 12,671
#6	151,260	15.13	$ 18,907.50
#7	128,690	12.87	$ 16,086.25
#8 (Escuela)	209,040	20.90	$ 26,130
#9	117,698	11.77	$ 14,712.25
#10	148,630	14.86	$ 18,578.75
#11	103,960	10.40	$ 12,995
#12	100,888	10.09	$ 12,611
#13	100,456	10.05	$ 12,557
#14	140,220	14.02	$ 17,527.50
#15	92,440	9.24	$ 11,555
#16	82,398	8.24	$ 10,299.75
#17	85,470	8.55	$ 10,683.75
#18	94,168	9.42	$ 11,771
#19 (Escuela)	127,440	12.74	$ 15,930

Tabla 15. Gasto estimado por consumo total requerido para escenario de cobertura únicamente por garrafón. Elaboración propia.

SI EL GASTO FUERA CUBIERTO ÚNICAMENTE MEDIANTE GARRAFÓN			
Entrevista	Consumo total (Litros / año)	No. Garrafones Requeridos	Gasto por año
#1	148,140	7,407	$ 407,385
#2	111,794	5,589.70	$ 307,433.50
#3	100,888	5,044.40	$ 277,442
#4	189,200	9,460	$ 520,300
#5	101,368	5,068.40	$ 278,762
#6	151,260	7,563	$ 415,965
#7	128,690	6,434.50	$ 353,897.50
#8 (Escuela)	209,040	10,452	$ 574,860
#9	117,698	5,884.90	$ 323,669.50
#10	148,630	7,431.50	$ 408,732.50
#11	103,960	5,198	$ 285,890
#12	100,888	5,044.40	$ 277,442
#13	100,456	5,022.80	$ 276,254
#14	140,220	7,011	$ 385,605
#15	92,440	4,622	$ 254,210
#16	82,398	4,119.90	$ 226,594.50
#17	85,470	4,273.50	$ 235,042.50
#18	94,168	4,708.40	$ 258,962
#19 (Escuela)	127,440	6,372	$ 350,460

En el caso del escenario de cobertura exclusiva por medio de pipa, se infiere que el costo por metro cúbico es significativamente menor que el del garrafón; dentro del cual el consumo anual por hogar se traduce en un requerimiento de entre 5 y 13 pipas por año. Generando un gasto anual que oscila entre 5,367 y 16,110 MXN, con un promedio de 5,073 MXN por hogar.

Este modelo es más económico, pero no garantiza la calidad del agua para consumo humano, por lo que su uso se limita a actividades como limpieza, higiene y riego u, ocasionando un costo adicional para dar tratamiento al agua y hacerla apta para su consumo. Es una opción viable para reducir costos, pero insuficiente si no se complementa con una fuente segura de agua potable.

Específicamente en el escenario de garrafones, se reconoce que resulta inviable como estrategia integral de abastecimiento, ya que los volúmenes requeridos exceden las posibilidades reales de consumo. No obstante, fue incluido como escenario comparativo debido a que, en las comunidades entrevistadas, se reporta una alta compra de garrafones para consumo humano, lo que refleja la búsqueda de agua de calidad para su consumo. Así, aunque no constituye una alternativa práctica para cubrir todas las necesidades, su incorporación permite contrastar costos y prácticas reales de los hogares en el acceso al agua potable.

Con base en las entrevistas realizadas, los hogares informaron que consumen principalmente garrafón de marca comercial, abastecido por camiones distribuidores de

empresas como Coca-Cola (Cristal) y PepsiCo (Epura). El precio promedio reportado y confirmado en campo fue de 55 MXN por garrafón de 20 L, lo cual se alinea con los precios estándar difundidos en medios y monitoreados por la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, S.F.), que ha señalado que el costo de este insumo básico oscila entre $42 y $60 MXN, dependiendo de la marca y la región.

Esta diferencia de precios entre marcas comerciales y purificadoras locales es relevante, pues impacta directamente en el gasto mensual de los hogares y en la valoración económica de las alternativas de abastecimiento hídrico.

Esta aproximación permitió estimar el impacto económico diferencial de cada modalidad, considerando tanto el tipo de uso del recurso como los precios unitarios asociados a cada fuente de abastecimiento y, facilitó la identificación de escenarios más sostenibles desde el punto de vista financiero y operativo para los hogares evaluados. Para ello se consideró que en promedio 1 garrafón cuesta 55 MXN y tiene una capacidad de 20 L, así como una pipa cuesta en promedio 1,250 MXN y una capacidad de 10,000 L y, se consideró al volumen total de consumo requerido, para saber en qué cantidad ascendería el gasto a cubrir.

Tabla 16. Gasto estimado por consumo total requerido para escenario combinado (pipa y garrafón). Elaboración propia.

SI EL GASTO FUERA CUBIERTO DE AMBAS (COMPRA DE PIPA Y GARRAFÓN)					
Entrevista	**Consumo Agua Potable**	**Consumo Restante (Litros / año)**	**No. Garrafones Requeridos**	**No. Pipas Requeridas**	**Gasto por año**
#1	4,380	143,760	219	14.38	$ 30,015
#2	3,650	108,144	182.50	10.81	$ 23,555.50
#3	2,920	97,968	146	9.80	$ 20,276
#4	5,840	183,360	292	18.34	$ 38,980
#5	2,920	98,448	146	9.84	$ 20,336
#6	4,380	146,880	219	14.69	$ 30,405
#7	3,650	125,040	182.50	12.50	$ 25,667.50
#8 (Escuela)	0	209,040	0	20.90	$ 26,130
#9	3,650	114,048	182.50	11.40	$ 24,293.50
#10	5,110	143,520	255.50	14.35	$ 31,992.50
#11	2,920	101,040	146	10.10	$ 20,660
#12	2,920	97,968	146	9.80	$ 20,276
#13	2,920	97,536	146	9.75	$ 20,222
#14	4,380	135,840	219	13.58	$ 29,025
#15	2,920	89,520	146	8.95	$ 19,220
#16	2,190	80,208	109.50	8.02	$ 16,048.50
#17	2,190	83,280	109.50	8.33	$ 16,432.50
#18	2,920	91,248	146	9.12	$ 19,436
#19 (Escuela)	0	127,440	0	12.74	$ 15,930

En el escenario de cobertura exclusiva por garrafón, el consumo anual por hogar se traduce en un requerimiento de entre 126 y 6,445 garrafones por año. El gasto anual correspondiente oscila entre 6,940 y 354,449 MXN, con un promedio de 111,605 MXN por hogar. Este modelo representa el escenario más costoso, debido al alto precio unitario del

garrafón, y aunque garantiza calidad para consumo humano, resulta financieramente inviable para cubrir todos los usos del agua.

Finalmente, el tercer escenario propone una solución intermedia, en la que el agua potable se cubre mediante garrafón y el resto del consumo mediante pipa. En la cual el consumo anual por hogar se traduce en un requerimiento de entre 0 y 292 garrafones, con un promedio de 157 garrafones por año; así como 0 y 13 pipas y, en promedio 2 pipas por año; lo que equivale a un gasto anual que oscila entre 5,910 y 16,110 MXN, con un promedio de 10,182 MXN por hogar.

Se observa que esta estrategia permite una distribución funcional del recurso, optimizando el gasto sin comprometer la calidad del agua para consumo humano. Esta modalidad representa un equilibrio entre costo y seguridad sanitaria, y se perfila como la opción más racional desde una perspectiva técnica, sin embargo, no es la más económica.

La comparación permite revelar que el uso exclusivo de garrafón, aunque garantiza calidad, es financieramente insostenible para cubrir todo el consumo doméstico. Por otro lado, el uso exclusivo de pipa reduce costos, pero compromete la calidad del agua para consumo humano. La estrategia combinada ofrece una solución balanceada, permitiendo cubrir necesidades básicas con agua segura y reducir costos en usos no potables.

6.2.2 Conocimiento y adopción de ecotecnias

El objetivo del segundo apartado consistió en explorar el grado de conocimiento y la implementación de prácticas ecológicas, con especial énfasis en el uso de SCALL. Se indagó inicialmente si han adoptado alguna práctica con enfoque ecológico (Figura *5*).

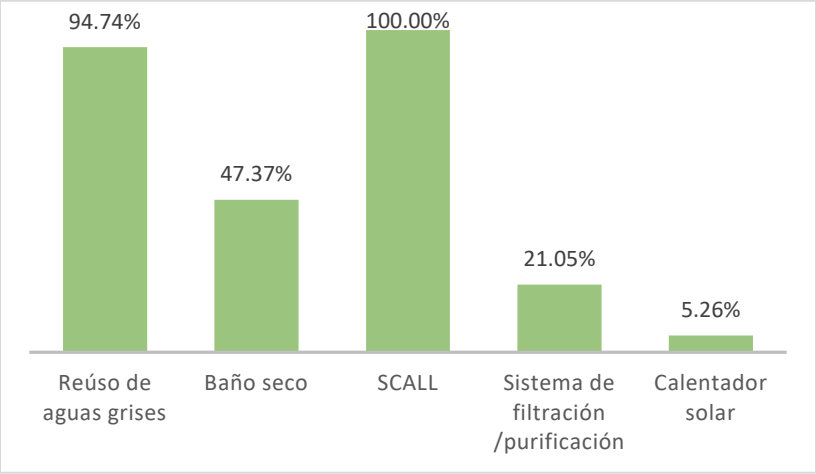


Figura 5. Tipo de práctica ecológica o ecotecnia que hay por hogar. Elaboración Propia.

Los resultados indican que el 100 % ha implementado al menos una. Afirmación que se ve reforzada por el apartado anterior, documentando que el 47.4 % no utiliza agua para la descarga del inodoro, ya sea por uso de baño seco o por reutilizar agua.

Se identificó que la totalidad de los participantes ha instalado SCALL, el 94.7 % reutiliza el agua, el 21.1 % tiene sistemas de filtración o purificación de agua y, únicamente un 5.3 % dispone calentador solar; reflejando un alto nivel de apropiación de técnicas sustentables.

El uso de baños secos representa una práctica efectiva para la reducción del consumo doméstico de agua, particularmente en contextos donde el saneamiento convencional implica un uso intensivo del agua. Para cuantificar su impacto, se comparó entre el consumo estimado de agua con baño convencional y el consumo actual registrado con uso de baños secos (Tabla *17*).

Tabla 17. Consumo de agua (o ahorro) por implementación de baño seco en el hogar. Elaboración propia.

CONSUMO DE AGUA (SI TIENE BAÑO SECO)		
Entrevista	**Tiene Baño Seco**	**TOTAL (m^3 / año)**
#1	Sí	***0***
#2	Sí	***0***
#3	Sí	***0***
#4	Sí	***0***
#5	No	***47.04***
#6	Sí	***0***
#7	No	***58.80***
#8 (Escuela)	No	***190.80***
#9	Sí	***0***
#10	No	***82.32***
#11	No	***47.04***
#12	Sí	***0***
#13	Sí	***0***
#14	Sí	***0***
#15	No	***47.04***
#16	No	***35.28***
#17	No	***35.28***
#18	No	***47.04***
#19 (Escuela)	No	***104.40***

Según lo proporcionado, el requerimiento promedio de agua para uso en el sanitario, de manera convencional, oscila entre 35,280 y 94,080 L/año por hogar. En contraste, hogares que han implementado baño seco reportan un consumo nulo en este uso, siendo un ahorro total del 100 %. El ahorro anual por hogar varía según el tamaño de la familia; por ejemplo, un hogar de 6 personas ahorra 70,560 L/año y, un hogar de 4 personas ahorra 47,040 L/año. Este ahorro no solo representa una reducción significativa en el consumo de agua, sino también en el costo asociado al abastecimiento, tratamiento y disposición de aguas residuales. La implementación del baño seco permite eliminar completamente el uso de agua en el sanitario, generando ahorros anuales que pueden superar los 70 m^3 por hogar y hasta 190 m^3 en escuelas. Ello, evidencia su potencial para contribuir a la sustentabilidad hídrica, especialmente en regiones con estrés hídrico o sin acceso a infraestructura de saneamiento convencional. Además, reduce la carga sobre sistemas de tratamiento y minimiza la generación de aguas negras, reforzando su valor ambiental y económico. Cabe

señalar que, más allá del costo inicial de instalación o construcción, su operación no implica gastos elevados, sino la necesidad de un mantenimiento adecuado y constante, así como el reemplazo periódico de las cámaras de desechos, cuyo contenido puede ser aprovechado posteriormente como composta, cerrando el ciclo de nutrientes y fortaleciendo su valor ecológico. Otra de las prácticas ecológicas utilizadas en los hogares entrevistados es la del reúso de agua proveniente de una o más actividades domésticas, el 95 % indicaron llevarla a cabo. Profundizando en ello, se preguntó sobre las fuentes específicas de donde se reutiliza y los usos que se le da a posteriori.

Encontrando que el 77.8 % reutiliza el agua residual del lavado de trastes, el 94.4 % la proveniente del lavado de ropa y, el 44.4 % la generada en las duchas. En cuanto a los destinos de dicha agua, el 100 % indicó emplearla en la limpieza general del hogar, el 82.4 % en el riego de patio / jardín y, el 41.2 % en la descarga del sanitario que; si bien pudiera parecer bajo, adquiere relevancia, considerando que cerca del 47.4 % reportó utilizar baño seco y, por ende, explicando su menor proporción de reúso. Ahora bien, se ha de contemplar que el total de agua residual no se reúsa al 100 %. La proporción de agua que puede ser reutilizada sin tratamiento previo, únicamente mediante almacenamiento, oscila entre el 10 % y el 20 %, por lo que, a efectos de estimación, se adoptó un 15% como valor promedio del coeficiente de reúso potencial (Kesari *et al.*, 2021). Permitiendo calcular una estimación sobre el potencial volumen de agua reutilizable (Tabla *18*).

Tabla 18. Estimación de volumen de agua potencialmente reutilizable. Elaboración propia.

VOLUMEN DE AGUA POSIBLE A REUTILIZAR (15%) (L)					
Entrevista	**¿Reutilizan?**	**Duchas**	**Lavar trastes**	**Lavar ropa**	**TOTAL m^3 / año**
#1	Sí	5,184	1,512	1,728	***8.42***
#2	Sí	2,160	1,008	11,520	***14.68***
#3	Sí	3,456	1,008	8,640	***13.11***
#4	No	6,912	756	17,280	***0***
#5	Sí	3,456	1,512	8,640	***13.61***
#6	No	6,480	1,008	11,520	***0***
#7	No	5,760	1,008	11,520	***0***
#8 (Escuela)	No	0	0	0	***0***
#9	Sí	3,240	756	11,520	***15.52***
#10	Sí	3,024	756	17,280	***21.06***
#11	No	3,456	1,512	8,640	***0***
#12	Sí	3,456	1,008	8,640	***13.10***
#13	No	3,456	1,008	8,640	***0***
#14	Sí	5,184	1,008	11,520	***17.71***
#15	Sí	1,728	1,512	8,640	***11.88***
#16	Sí	3,240	756	5,760	***9.76***
#17	Sí	3,456	756	5,760	***9.97***
#18	Sí	2,592	1,008	8,640	***12.24***
#19 (Escuela)	No	0	0	0	***0***

La variabilidad en los resultados refleja tanto la diferencia en el número de personas por hogar como en los hábitos de consumo y reúso; permitiendo dimensionar el potencial de

ahorro hídrico mediante el reúso de aguas grises en actividades no potables. Encontrar valores entre 8,424 y 21,060 L/año representa un volumen significativo en contextos de escasez hídrica y refuerza la viabilidad de estrategias de reúso.

2.1.- SCALL

En relación con los SCALL, se indagó sobre los usos que le otorgan al agua captada. Los resultados obtenidos revelan una amplia diversidad de aplicaciones domésticas (Figura *6*).

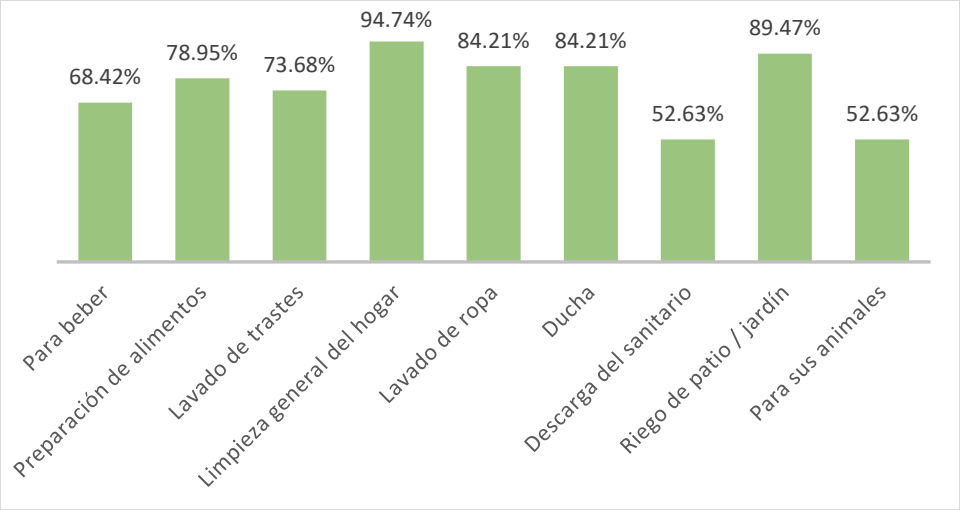


Figura 6. Usos del agua de lluvia captada. Elaboración propia.

El 94.7 % indicó utilizarla para el aseo general del hogar, 89.5 % la emplea en el riego de patio / jardín. Asimismo, el 84.2 % reportó su uso en el lavado de ropa y en la higiene personal. Por otro lado, el 75 % manifestó utilizarla en la preparación de alimentos y en el lavado de utensilios de cocina. Finalmente, un 11 % señaló emplearla para consumo humano, descarga del inodoro y para sus animales.

En cuanto al número de SCALL por hogar, la mayoría (52.6 %) poseen 2, mientras que el 36.8 % cuenta únicamente con uno. Los datos reflejan una apropiación significativa de tecnologías sustentables para aprovechar el agua. El 84.2 % tiene SCALL con capacidad de almacenamiento de 5,000 L y, un 47.4 % los tiene con capacidad mayor (10,000 L). En cuanto al tipo de captador, se identificó que el tanque prefabricado (Rotoplas) es el más común, presente en el 89.5 % de los casos y, el 52.6 % con cisternas de ferrocemento.

Respecto a la forma de financiamiento al adquirir su SCALL, en varios casos, si bien no se exigió una contribución monetaria directa, sí se requirió la participación en actividades como la nivelación del terreno, la construcción de bases, la instalación y la provisión de materiales (por ejemplo, canaletas de PVC). En su mayoría, fueron implementados con el respaldo de programas gubernamentales o municipales, tales como el Programa de Reactivación Económica de las Comunidades Marginadas (REPROCOM), apoyos municipales

y esquemas de subsidio del 70 %, siendo la participación económica de los beneficiarios entre el 10 % y el 30 % del costo total, o se limitó a la provisión de mano de obra.

La totalidad reportó haber recibido apoyo (total o parcial) por parte de las entidades ejecutoras. De este grupo, 78.9 % indicó que, aunque la mayor parte provino de las instancias, también contribuyeron con recurso propio (económico y mano de obra). Se documentaron múltiples casos en los que realizaron aportaciones económicas directas para la instalación. Los montos invertidos presentaron una amplia variabilidad, siendo los más frecuentes: 2,000 y 2,700 MXN por SCALL de 5,000 L; 3,000 MXN, comúnmente destinado a la base y mano de obra del captador; 3,500 MXN, contemplando captador, base o instalación y; un caso excepcional de 15,000 MXN, correspondiente a la instalación de 2 captadores.

Con ello, se estimó que el costo promedio asumido fue de 4,475 MXN. Costo que contempla tanto contribuciones individuales como compartidas y, refleja una heterogeneidad asociada al tipo de SCALL y al grado de subsidio. Cabe destacar que el cálculo excluye los casos reportados por escuelas rurales, ya que señalaron que el costo total fue cubierto por sólo por la instancia ejecutora. Finalmente, hubo quien no recordaba con precisión el monto invertido, así como los casos en los que fue instalado íntegramente por la instancia, sin costo para los usuarios. Igualmente, se registraron iniciativas individuales, en las que fueron implementados sin apoyo, generalmente por miembros del hogar.

Previo al trabajo de campo, únicamente se tenía conocimiento del proyecto impulsado por el Comité Técnico de Aguas de León A.C. (COTAS de León), cuyas intervenciones se llevaron a cabo entre el 2016 y 2018. No obstante, conforme avanzó el trabajo, emergieron evidencias de nuevas implementaciones realizadas, cuya autoría institucional no pudo ser precisada por las informantes. Hallazgos que sugieren que la mayoría de los SCALL fueron promovidos por actores distintos al COTAS, indicando una expansión significativa en la adopción de éstos, más allá del proyecto originalmente identificado.

La distribución temporal de las implementaciones revela una concentración posterior a 2018, destacando el año 2023 con el mayor número de hogares (5 casos, 26.3%), seguido por 2022 (4 casos, 21.1%) y 2021 (3 casos, 15.8%). En contraste, solo se registraron 4 casos durante el periodo de intervención del COTAS (1 en 2017 y 3 en 2018), lo que representa apenas el 21% del total de casos documentados. Reforzando así la hipótesis en la que la mayoría no estuvieron vinculados directamente con dicho organismo, contrariamente a lo que se asumía en un inicio. Finalmente, un 21.1% de las participantes no pudo precisar el año de instalación, pudiendo atribuirse a la falta de documentación formal o de claridad respecto a la identificación institucional de la entidad ejecutora.

Se aplicó un reactivo orientado a explorar el conocimiento previo sobre las ecotecnias. Revelando que el 84.2% no tenía familiaridad con el concepto antes de su implementación, lo cual sugiere una limitada difusión y accesibilidad de información sobre éstas. Solo el

15.8% manifestó haber tenido conocimiento previo, principalmente a través de experiencias compartidas por familiares residentes en otras comunidades, quienes relataron los beneficios obtenidos tras su adopción. Hallazgos que ponen de manifiesto la necesidad de fortalecer estrategias de comunicación y educación ambiental, explicando qué son, cómo operan y qué ventajas ofrecen, fomentando su apropiación más informada y autónoma.

En cuanto a la percepción de utilidad de los SCALL, calificaron a éstos como “muy útiles” o “de gran utilidad”, sin registrarse opiniones negativas o indiferentes. Las razones más frecuentemente mencionadas para justificar esta valoración fueron: la mejora en la seguridad hídrica y la sensación de tranquilidad asociada (36 %), el aprovechamiento del agua de lluvia (28 %), la disponibilidad de almacenamiento adicional (16 %), el ahorro económico (12 %) y el uso con fines escolares o comunitarios (8 %).

Entre los beneficios más destacados se encuentra la reducción del estrés, expresada por las participantes como un “respiro” o “alivio” al contar con una fuente más confiable de agua, traduciéndose en una mayor percepción de control sobre el recurso.

Asimismo, se valoró positivamente la eficiencia del almacenamiento durante la temporada de lluvias, señalando que se llenan rápidamente, lo que ha motivado a algunas personas a ampliar su capacidad mediante la incorporación de tambos adicionales.

El aprovechamiento del agua de lluvia fue resaltado como un cambio significativo, ya que anteriormente este recurso se desperdiciaba. Ahora, en cambio, se almacena y se utiliza, siendo percibido como una forma de “obtener agua del cielo”.

En términos económicos, se reportó una disminución en la necesidad de adquirir agua, ya sea por compra directa o mediante SAPAL, utilizando el SCALL como aljibe. En el caso de las escuelas, se identificaron aplicaciones comunitarias relevantes, como el abastecimiento de agua para sanitarios y el almacenamiento de agua distribuida por programas de apoyo durante la temporada seca, con volúmenes semanales de entre 2,000 y 3,000 L.

En síntesis, el SCALL es percibido como una herramienta de alta utilidad, no solo por su funcionalidad técnica en la captación y almacenamiento de agua, sino también por su impacto positivo en la vida cotidiana, la economía doméstica y la gestión colectiva del recurso, cuya implementación ha transformado la relación de las personas con el agua, especialmente en contextos caracterizados por escasez o distribución irregular.

6.2.3 Impacto y valoración de la ecotecnia

En este apartado se buscó conocer el impacto percibido, aplicando reactivos orientados a conocer la experiencia de los usuarios. Un primer aspecto fue la duración del agua captada a lo largo del año, mostrando que más de la mitad de los hogares (52.6 %) logra almacenar agua de lluvia suficiente para cubrir sus necesidades durante aproximadamente 4 a 7 meses, lo que evidencia una eficiencia significativa.

Otro aspecto explorado fue la percepción de cambio en el consumo de agua tras la implementación. Ninguna de las entrevistadas reportó un aumento en el consumo; por el contrario, se destacó una mayor conciencia sobre el uso del recurso.

El cambio más relevante identificado fue la mejora en la percepción de seguridad hídrica y en la capacidad de almacenamiento, manifestando sentirse más tranquilas al saber que disponen de agua, especialmente durante la temporada de lluvias. Y aunque el volumen de consumo no aumentó, se resalta una revalorización del agua y un compromiso sostenido con su cuidado.

Respecto al impacto económico, el 100 % afirmó haber experimentado una reducción en los costos asociados al acceso al agua, tanto en términos monetarios, de transporte o de esfuerzo físico. La disminución más significativa relacionada con una menor necesidad de comprar pipas: ya que antes adquirían entre 4 y 6 pipas anuales y, ahora compran solo 1 o 2, o incluso ninguna durante varios meses. Reportando, además, la reducción en gasto de gasolina y en esfuerzo físico requerido para acarrear agua desde fuentes externas.

En relación con la percepción de asequibilidad, el 100 % consideró que el costo fue razonable en relación con los beneficios obtenidos. Aunque muchas no recordaban el monto exacto, atribuyeron esta percepción positiva al apoyo recibido por parte de los programas ejecutores. En la mayoría de los casos, asumieron entre el 25 % y el 50 % del costo total, complementando con mano de obra.

Algunos no realizaron aportaciones económicas directas, pues el programa cubrió el costo total (aplicando esto en las escuelas). Incluso en los casos donde se asumió el costo completo (entre 10,000 y 15,000 MXN), los beneficios percibidos, como el ahorro en pipas y la seguridad hídrica, justificando así la inversión.

6.2.4 Percepción y sostenibilidad

Este apartado buscó analizar la percepción y grado de sostenibilidad de las ecotecnias; integrando reactivos para explorar su percepción entorno al mantenimiento, capacitación, recomendaciones y dificultades enfrentadas en su implementación y uso.

Se indagó en primer lugar, el nivel de dificultad percibido en el mantenimiento de los SCALL. Manifestando en su totalidad que ha sido fácil o muy sencillo, sin reportarse complicaciones técnicas significativas, aunque algunas señalaron que la limpieza interna del tanque puede resultar físicamente demandante, no la consideran una tarea compleja.

Entre las prácticas de mantenimiento más comunes compartieron: limpieza preventiva a la temporada de lluvias (incluyendo techos, canaletas y captadores), separación del agua de la primera lluvia para evitar la acumulación de contaminantes, limpieza periódica durante lluvias y, cierre adecuado del SCALL al usarse como aljibe para almacenar agua en la temporada seca.

Los factores que han facilitado el mantenimiento incluyen la participación en la construcción e instalación, la capacitación recibida al momento de su implementación y, la simplicidad del diseño. En conjunto, éstos han favorecido la apropiación y posterior adopción, permitiendo que gestionarla de manera autónoma y efectiva.

Respecto a la capacitación, la mayoría reportó haber recibido formación básica durante la instalación, donde se incluyeron explicaciones sobre el funcionamiento general, la identificación de sus componentes, las prácticas de mantenimiento (frecuencia de limpieza, uso de pastillas de cloro) y, recomendaciones para el almacenamiento y manejo adecuado del agua.

Si bien, algunas no recordaban todos los detalles, reconocieron haber recibido información esencial, en un caso particular, menciona no haber sido capacitada directamente, pero accedió al conocimiento a través de otros miembros de su comunidad.

Respecto a la disposición para recomendar estas prácticas y ecotecnias, el 100 % afirmó positivamente con recomendarlas. Los motivos más recurrentes fueron la mejora en la seguridad hídrica, el ahorro económico, la reducción de la dependencia de fuentes externas, el aprovechamiento del agua de lluvia (previamente desaprovechado) y, la facilidad de uso y mantenimiento.

Destacando los siguientes consejos: animarse a probar el sistema, complementar con recipientes adicionales para mayor capacidad de almacenamiento y, considerar la inversión como una estrategia a largo plazo con beneficios tangibles en ahorro y tranquilidad.

Finalmente, se exploraron las dificultades enfrentadas durante la implementación y uso. Dentro de las cuales, la mayoría no reportó problemas significativos. Las fallas mencionadas fueron menores y solucionables, como desperfectos en componentes específicos (llaves, bombas, canaletas), problemas de diseño (por ejemplo, ubicación inadecuada de la cisterna) o, limitaciones en la capacidad de almacenamiento.

De las 19 entrevistas, 14 no reportaron fallas, mientras que 5 señalaron inconvenientes menores o estructurales, no obstante, el 100 % coincidió en que los beneficios superan ampliamente las dificultades.

6.2.5 Propuestas y mejoras

En este apartado final, se formularon reactivos con el fin de identificar propuestas de mejora y condiciones necesarias para fomentar la adopción y sostenibilidad de las ecotecnias, desde la perspectiva de los usuarios.

El primero, abordó estrategias para incentivar una adopción más amplia. Coincidieron unánimemente en que el SCALL es altamente recomendable, sin embargo, reconocen que, para su adopción, se requiere una mayor visibilidad, educación ambiental y desarrollo de empatía social.

Entre los elementos clave identificados para su promoción resaltan la necesidad de difusión de beneficios tangibles y cotidianos, como la seguridad hídrica en contextos de escasez, el ahorro económico, el aprovechamiento de la lluvia y la mejora en la calidad de vida al reducir esfuerzos físicos y la incertidumbre asociada al acceso al agua.

En ese sentido, proponían fortalecer estrategias para difundir mediante la presentación de casos reales y testimonios, así como la promoción activa en escuelas y espacios comunitarios. Se sugería también utilizar medios locales y visitas comunitarias como herramientas para visibilizar sus beneficios.

Señalaron como componentes clave a la educación y la capacitación, no solo para enseñar el funcionamiento y mantenimiento, sino para fomentar también una cultura del agua. Asimismo, subrayaron la relevancia de promover una conciencia social más profunda sobre la escasez, incentivando la empatía hacia zonas con acceso limitado y fomentar una reflexión crítica del uso responsable.

En conjunto, apuntan a que la adopción de las ecotecnias requiere no solo un proceso de infraestructura, también, un cambio cultural y social que valore el agua como bien común.

El segundo reactivo se centró en los apoyos necesarios para garantizar la continuidad y mejora en su uso. Coincidiendo en que, si bien el SCALL es útil, su sostenibilidad depende de diversos apoyos.

Entre las necesidades más recurrente están: la ampliación de programas que ofrezcan subsidios, convocatorias o proyectos que faciliten el acceso a éstas; el incremento en la capacidad de almacenamiento, ya que varias señalaron que lo actual no permite aprovechar todo el volumen de agua disponible durante la temporada de lluvias y; una mayor promoción de beneficios económicos, sociales y ambientales.

También, proponían el desarrollo de esquemas de financiamiento accesibles, como cofinanciamiento compartido (por ejemplo, 50% aportado por la familia y 50% por el programa), que permitan a más hogares adoptar estas soluciones. En suma, consideran que para fortalecer el uso y adopción de las ecotecnias se requiere una combinación de apoyo institucional, mejoras técnicas y estrategias de comunicación efectivas.

Estas propuestas reflejan una comprensión integral de los factores que inciden en la adopción de las ecotecnias. Las personas no solo valoran los beneficios obtenidos, sino que también identifican con claridad las condiciones necesarias para que puedan ser replicadas y sostenidas en el tiempo, contribuyendo a una gestión más equitativa y resiliente del agua.

6.3 Comparativa de ahorro entre consumo requerido versus consumo actual (Sin o con ecotecnias)

El análisis presente tuvo como objetivo evaluar cuantitativamente el impacto del uso de ecotecnias, específicamente baños secos, SCALL y prácticas de reutilización, en el consumo de agua y el gasto económico asociado en contextos domésticos y escolares.

La muestra está compuesta por las 19 unidades de análisis y, se comparan 2 escenarios: el consumo convencional de agua y el consumo bajo condiciones de implementación de ecotecnias. En el escenario base, sin la implementación de ecotecnias, el consumo promedio anual por unidad fue de 148,140 L, con un gasto económico promedio de 23,626 MXN.

Estos valores reflejan una alta dependencia de fuentes convencionales de agua, lo cual representa una carga económica significativa, además de una presión considerable sobre los recursos hídricos locales (Tabla *19*).

Tabla 19.Estimación de gasto por consumo total requerido por escenario. Elaboración Propia.

Entrevista	m^3 / año	GASTO TOTAL (Si se cubriera por Garrafón)	GASTO TOTAL (Si se cubriera por Pipa)	CON GASTO TOTAL (Ambos)
#1	148.14	$ 407,385	$ 18,517	***$ 30,015***
#2	111.79	$ 307,433.50	$ 13,974	***$ 23,555***
#3	100.89	$ 277,442	$ 12,611	***$ 20,276***
#4	189.20	$ 520,300	$ 23,650	***$ 38,980***
#5	101.37	$ 278,762	$ 12,671	***$ 20,336***
#6	151.26	$ 415,965	$ 18,907	***$ 30,405***
#7	128.69	$ 353,897.50	$ 16,086	***$ 25,667***
#8 (Escuela)	209.04	$ 574,860	$ 26,130	***$ 26,130***
#9	117.69	$ 323,669.50	$ 14,712	***$ 24,293***
#10	148.63	$ 408,732.50	$ 18,578	***$ 31,992***
#11	103.96	$ 285,890	$ 12,995	***$ 20,660***
#12	100.89	$ 277,442	$ 12,611	***$ 20,276***
#13	100.46	$ 276,254	$ 12,557	***$ 20,222***
#14	140.22	$ 385,605	$ 17,527	***$ 29,025***
#15	92.44	$ 254,210	$ 11,555	***$ 19,220***
#16	82.39	$ 226,594.50	$ 10,299	***$ 16,048***
#17	85.47	$ 235,042.50	$ 10,683	***$ 16,432***
#18	94.17	$ 258,962	$ 11,771	***$ 19,436***
#19 (Escuela)	127.44	$ 350,460	$ 15,930	***$ 15,930***

En contraste, el escenario de implementación de ecotecnias, el consumo promedio anual se redujo drásticamente, con una disminución de más del 89 % y en algunos casos 100 % en comparación con el consumo convencional.

Evidenciando la efectividad de las ecotecnias no solo en términos de ahorro hídrico, sino también en la disminución de los costos operativos asociados al abastecimiento y tratamiento del agua (

Tabla *20*).

Tabla 20. Estimación de gasto por consumo actual con ecotecnias tanto en el año de implementación como para años posteriores. Elaboración propia.

Entrevista	DÉFICIT HÍDRICO L / año	Litros ahorrados por uso de baño seco	Litros ahorrados por reúso de agua	RESTANTE A CUBRIR L / año	GASTO ACTUAL	GASTO TOTAL (Año de Instalación)	GASTO ANUAL ESTIMADO
#1	40,383	70,560	8,424	0	$11,300	$14,800	***$11,300***
#2	13,157	58,800	14,688	0	$13,820	$15,820	***$13,820***
#3	0	47,040	13,104	0	$13,200	$18,600	***$13,200***
#4	0	94,080	0	0	$31,100	$34,600	***$31,100***
#5	0	0	13,608	0	$10,000	$12,800	***$10,000***
#6	51,103	70,560	0	0	$9,600	$16,600	***$9,600***
#7	42,933	0	0	42,933	$5,900	$9,400	***$5,900***
#8 (Escuela)	128,883	0	0	128,883	$ -	$ -	***$ -***
#9	7,541	58,800	15,516	0	$5,600	$9,100	***$5,600***
#10	11,833	0	21,060	0	$16,160	$21,760	***$16,160***
#11	2,523	0	0	2,523	$7,920	$7,920	***$7,920***
#12	2,331	47,040	13,104	0	$8,200	$11,200	***$8,200***
#13	0	47,040	0	0	$12,600	$18,600	***$12,600***
#14	103,263	70,560	17,712	14,991	$3,000	$6,000	***$3,000***
#15	0	0	11,880	0	$13,800	$19,800	***$13,800***
#16	16,641	0	9,756	6,885	$3,000	$6,000	***$3,000***
#17	0	0	9,972	0	$25,200	$40,200	***$25,200***
#18	0	0	12,240	0	$11,420	$14,920	***$11,420***
#19 (Escuela)	47,283	0	0	47,283	$ -	$ -	***$ -***

El análisis del ahorro económico revela un promedio de 13,466 MXN. En términos porcentuales, el ahorro varió entre el 38.35 % y el 100 %, siendo este último el caso más frecuente. Esto indica que, en la mayoría de los casos, las ecotecnias y prácticas ecológicas permitieron eliminar completamente el gasto asociado al consumo de agua convencional, lo cual representa un incentivo económico directo para su adopción (Tabla *21*).

Tabla 21.Comparativa de ahorro. Elaboración Propia.

COMPARATIVO DE AHORRO		
% DE AHORRO EN	**AHORRO ECONÓMICO**	
Consumo de agua	**1er año**	**Años siguientes**
100%	$ 15,215	$ 18,715
100%	$ 7,735	$ 9,735
100%	$ 1,676	$ 7,076
100%	$ 4,380	$ 7,880
100%	$ 7,536	$ 10,336
100%	$ 13,805	$ 20,805
66.64%	$ 16,267	$ 19,767
38.35%	$ 26,130	$ 26,130
100%	$ 15,193	$ 18,693
100%	$ 10,232	$ 15,832
97%	$ 12,740	$ 12,740
100%	$ 9,076	$ 12,076
100%	$ 1,622	$ 7,622
89%	$ 23,025	$ 26,025
100%	$ -	$ 5,420
91%	$ 10,048	$ 13,048
100%	$ -	$ -
100%	$ 4,516	$ 8,016
62%	$ 15,930	$ 15,930

Síntesis de resultados

En este capítulo, se realizó el análisis con base a las 19 entrevistas (17 hogares y 2 escuelas), en las cuales existe un rango de habitantes por hogar entre 3 y 53 personas. El consumo total anual por hogar varió entre 82,224 y 209,040 L, con un promedio de 122,600 L/hogar. Las actividades con mayor consumo promedio fueron: descarga del sanitario (66,291 L/año, mayor contribuyente al total), la ducha (23,242 L/año) y el lavado de ropa y trastes (9,246 y 6,278 L/año respectivamente). Esto refleja que las necesidades básicas de higiene y saneamiento representan la mayor parte del consumo doméstico.

El consumo promedio por persona fue de 22,455 L/año, significativamente por debajo del umbral recomendado por la ONU de 33,600 L/persona/año. Todos los hogares y escuelas analizados se encuentran por debajo del estándar de la ONU, incluyendo, lo cual indica una situación generalizada de subconsumo hídrico, que puede estar asociada a restricciones de acceso, prácticas de ahorro extremo o carencias estructurales. La columna en rojo representa el umbral de la ONU. Como se observa, ningún hogar alcanza el nivel recomendado, lo que plantea una preocupación en términos de cumplimiento del D.H. al agua.

La ONU establece que el acceso a un mínimo de 50 a 100 L diarios por persona (equivalente a 18,250 a 36,500 L/año) es esencial para garantizar la salud, la dignidad y el bienestar (OMS, 2023). El hecho de que todos los hogares analizados estén por debajo del umbral de 33,600 L/persona/año sugiere una situación de vulnerabilidad hídrica estructural. Esto puede tener implicaciones en la salud pública, la higiene, la equidad de género (por la carga del cuidado del agua en los hogares) y la calidad de vida. Las escuelas, en particular, presentan un consumo per cápita alarmantemente bajo, lo que podría afectar el entorno educativo y sanitario de niñas, niños y adolescentes.

El análisis revela una brecha significativa entre el consumo real y el estándar internacional. Se requiere una intervención urgente en términos de políticas públicas, infraestructura y educación para garantizar el acceso equitativo y suficiente al agua. La estimación del volumen de agua que se deja de consumir anualmente en hogares que han adoptado tecnologías alternativas al sistema convencional de descarga de inodoros, como el uso de baños secos o el reúso de aguas grises. Este análisis se construye en contraste con los datos de consumo, donde se estimó el uso anual de agua para descarga en hogares que sí utilizan agua para esta función.

Las sumatorias totales por año reflejan el volumen de agua que no se utiliza gracias a la implementación de estas prácticas. En varios de los casos, se reporta un ahorro total en el volumen de agua, esto es que, los hogares no utilizan agua para la descarga del sanitario, presumiblemente por el uso de baños secos. Este ahorro es particularmente significativo si se considera que, con base en la literatura, la descarga del sanitario representa una de las principales fuentes de consumo de agua en el hogar. La eliminación de esta demanda

mediante baños secos o el uso exclusivo de aguas grises representa una estrategia eficaz de mitigación del consumo hídrico, especialmente en contextos de estrés hídrico o en comunidades con acceso limitado a fuentes seguras de agua.

Se evidencia el potencial de ahorro hídrico derivado de la implementación de tecnologías alternativas de saneamiento. En contraste con los hogares que utilizan agua potable o de reúso para la descarga del sanitario, aquellos que emplean baños secos logran una reducción total del consumo en esta categoría, lo cual puede representar entre 47 y 94 m^3/año por hogar. Esta diferencia cuantitativa refuerza la viabilidad de estas prácticas como medidas sostenibles de gestión del recurso hídrico en el ámbito doméstico. Sin embargo, es menester resaltar que lo reportado por las entrevistas deviene de que estas viviendas ya utilizan el baño ecológico seco, dado que en las condiciones actuales no existe la posibilidad de contar con un sanitario convencional por la falta de conexión a la red.

Si bien las entrevistas no registraron explícitamente una preferencia entre baño seco y convencional, esta situación abre la reflexión que sustenta la investigación: en el presente, la adopción social de ecotecnias está fuertemente vinculada a la necesidad de cubrir carencias históricas de acceso al agua; no obstante, el reto será que dicha adopción se dé por un cambio de paradigma, en el que los beneficios directos, como es el ahorro hídrico, salud, bienestar y dignidad, se reconozcan como la razón principal para adoptarlas, más allá de la falta de infraestructura.

Los hallazgos en el apartado número 3 respecto al impacto y valoración de las prácticas y ecotecnias reflejan que los SCALL contribuyen a una autonomía hídrica parcial considerable, permitiendo a las familias extender el uso del agua de lluvia durante varios meses del año. En este sentido, se consolidan como una estrategia efectiva de adaptación frente a la escasez o irregularidad en el suministro hídrico.

En este, se exploró la percepción sobre la posibilidad de replicar estas tecnologías en otras familias o comunidades. Todas las personas entrevistadas coincidieron en que los SCALL son tecnologías deseables, replicables y altamente efectivas, especialmente en contextos donde el acceso al agua es limitado o costoso.

Se valoró especialmente el aprovechamiento de un recurso que antes no se usaba y, se destacó la tranquilidad que brinda contar con una fuente adicional de agua. No obstante, también se identificaron barreras culturales y de percepción que podrían limitar su adopción, como la falta de valoración del recurso hídrico por parte de quienes tienen acceso garantizado al agua entubada; caso en el cual, las entrevistadas refieren principalmente a la población urbana que sí cuenta con conexión al sistema de agua potable, y que, desde su perspectiva, no desarrolla una conciencia ni una valoración suficiente del recurso, al percibirlo como un servicio asegurado y continuo. Esta percepción contrasta con la experiencia de las comunidades rurales, donde la escasez y el esfuerzo por obtener agua generan una mayor sensibilidad hacia su cuidado y aprovechamiento. Así como por la falta

de interés en el mantenimiento de techos y sistemas de captación. En este sentido, se subraya la necesidad de implementar campañas de sensibilización y educación ambiental que visibilicen los beneficios de estas tecnologías y promuevan su adopción más amplia.

Respecto a lo reportado para el apartado número 4 sobre la percepción y sostenibilidad. En síntesis, se rescata que, los SCALL son percibidos como tecnologías sostenibles, de fácil mantenimiento y alta utilidad. La experiencia de los usuarios revela una apropiación efectiva del sistema, facilitada por la capacitación, la simplicidad del diseño y los beneficios tangibles en términos de seguridad hídrica, ahorro económico y autonomía. Aunque se han identificado algunas barreras menores, estas no han afectado la satisfacción general, y los usuarios se convierten en promotores activos de la tecnología, compartiendo consejos prácticos que pueden facilitar su adopción en otras comunidades.

Finalmente, los hallazgos obtenidos dentro del apartado número 5, en relación con las propuestas y mejoras, revelan que los usuarios perciben a los SCALL como tecnologías altamente recomendables, pero cuya adopción más amplia requiere intervenciones estratégicas en tres dimensiones clave: visibilidad, educación, conciencia social e integración de los saberes locales.

Las personas entrevistadas identificaron como fundamentales la difusión de beneficios tangibles, como la seguridad hídrica, el ahorro económico y la mejora en la calidad de vida, así como la promoción de estas tecnologías en espacios comunitarios y educativos. Además, subrayaron la importancia de fomentar una cultura del cuidado del agua y de generar empatía hacia comunidades con acceso limitado al recurso, lo que sugiere que la sostenibilidad de estas ecotecnias no depende únicamente de su funcionalidad técnica, sino también de un cambio cultural y educativo más amplio.

En cuanto a las condiciones necesarias para garantizar la continuidad y expansión de éstas, destacaron la necesidad de apoyos institucionales sostenidos, mejoras en la infraestructura de almacenamiento y esquemas de financiamiento accesibles y transparentes. Se propuso ampliar los programas gubernamentales y comunitarios que las subsidian, así como implementar modelos de cofinanciamiento que faciliten su adopción.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la implementación de ecotecnias constituye una estrategia altamente efectiva para la gestión sustentable del agua. La reducción del consumo en más del 89% y del gasto en más del 58% demuestra que estas tecnologías no solo son viables desde el punto de vista técnico, sino también desde una perspectiva económica. Además, la inclusión de instituciones educativas en la muestra sugiere que estas prácticas pueden ser escalables y adaptables a diferentes tipos de usuarios.

Cabe destacar que, aunque algunas unidades aún presentan consumos residuales bajo el uso de ecotecnias, estos son significativamente menores y pueden atribuirse a usos

complementarios o a fases de transición tecnológica. La variabilidad en los porcentajes de ahorro también puede estar relacionada con factores como el nivel de adopción, el mantenimiento de los sistemas y las condiciones climáticas locales.

Este estudio proporciona evidencia empírica sólida sobre los beneficios del uso de ecotecnias para el manejo del agua. La implementación de estas prácticas no solo reduce el consumo y el gasto, sino que también contribuye a la resiliencia hídrica de las comunidades. Se recomienda fomentar políticas públicas que incentiven su adopción, así como programas de capacitación y financiamiento para su instalación y mantenimiento.

En cuanto a la adopción de SCALL, éstos representan una alternativa viable para avanzar hacia la seguridad hídrica en contextos de escasez. Su replicabilidad y adopción social, aunado a los beneficios tangibles en ahorro económico y autogestión, les atribuyen su condición como herramienta estratégica para transformar la gestión del agua en comunidades vulnerables. Los resultados muestran que no solo permiten aprovechar el recurso antes visto como desperdicio, sino que también generan confianza y tranquilidad en los hogares al contar con una fuente adicional de agua. Son percibidos como sostenibles, de fácil mantenimiento y con un impacto directo en la calidad de vida. Su adopción contribuye a una autonomía hídrica parcial significativa, extendiendo el uso del agua de lluvia durante varios meses del año y reduciendo la dependencia de fuentes convencionales.

No obstante, para que su adopción sea más amplia y sostenida, es menester superar barreras culturales y de percepción, especialmente en contextos urbanos donde el acceso al agua genera una falsa sensación de seguridad. La poca valoración del agua contrasta con la sensibilidad de las comunidades rurales, lo que subraya la importancia de campañas de sensibilización y educación ambiental que visibilicen sus beneficios. Ergo, pueden ser una estrategia altamente recomendable y replicable, capaz de integrarse en políticas públicas y programas comunitarios como una solución práctica y sostenible frente a la crisis hídrica.

Su éxito dependerá de la combinación entre funcionalidad técnica, apoyo institucional y un cambio cultural que promueva la conciencia social sobre el valor del agua. De lograrse esta articulación, los SCALL pueden consolidarse como un pilar fundamental en la transición hacia modelos de gestión hídrica más equitativos, participativos y resilientes.

CAPÍTULO 7. ECOTECNIAS VS. EXPANSIÓN DE RED CONVENCIONAL. UN ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO PARA LA GESTIÓN DEL AGUA EN COMUNIDADES RURALES

Introducción

México, particularmente en sus regiones áridas y semiáridas como el Bajío guanajuatense, afronta un desafío monumental para la gestión del recurso hídrico. El municipio de León, ubicada en el Estado de Guanajuato, pese a contar con una alta cobertura en la zona urbana por parte del SAPAL; presenta retos para garantizar el acceso al recurso, especialmente la zona periurbana y rural.

En este marco, el presente busca realizar una evaluación socioeconómica comparativa con proyección a 20 años (2025-2045), situada en cuatro comunidades rurales de León, comparando 2 posturas pretendidamente antagónicas respecto al abastecimiento de agua.

La primera, bajo el supuesto de expansión de la red de distribución y la segunda, bajo la implementación de ecotecnias. Haciendo uso del análisis del Valor Presente Neto (VPN), una Tasa Social de Descuento (TSD) y, considerando costos de inversión y operación, los resultados muestran que la expansión de la red resulta ser un proceso social y financieramente inviable para SAPAL e igualmente costoso para el usuario.

En contrapunto, el escenario de ecotecnias, surge como alternativa ambiental, económica y técnicamente viable, con ahorros directos para los hogares, generando una resiliencia comunitaria y una autonomía hídrica; y con ello, sentando las bases para proponer a futuro, un modelo de política pública que integre ecotecnias en la planificación estratégica, mediante financiamiento híbrido, gobernanza participativa y un marco regulatorio ajustado, poniendo a León como referente en una gestión del agua más justa y sostenible.

El municipio de León, caracterizado por su clima árido (Figura *7*), enfrenta una conjunción crítica de problemáticas en torno a la gestión del agua, entre las que destacan la sobreexplotación de acuíferos, la intensa actividad industrial, el crecimiento demográfico acelerado y efectos adversos del cambio climático, cuyos impactos económicos han sido ampliamente documentados (Stern, 2007; IPCC, 2022; OECD, 2012; Banco Mundial, 2016; SEMARNAT, 2020); los que han ejercido una presión insostenible sobre los recursos y además, conllevando a un acceso inequitativo e insostenibilidad (CONAGUA, 2024c y OECD, 2012).

León, es un claro ejemplo de una vívida polaridad, siendo uno de los municipios con más alta cobertura de servicios en la zona urbana, pero coexistiendo con la exclusión para la zona rural (Gecentenarios, 2025 y SAPAL, 2025a).

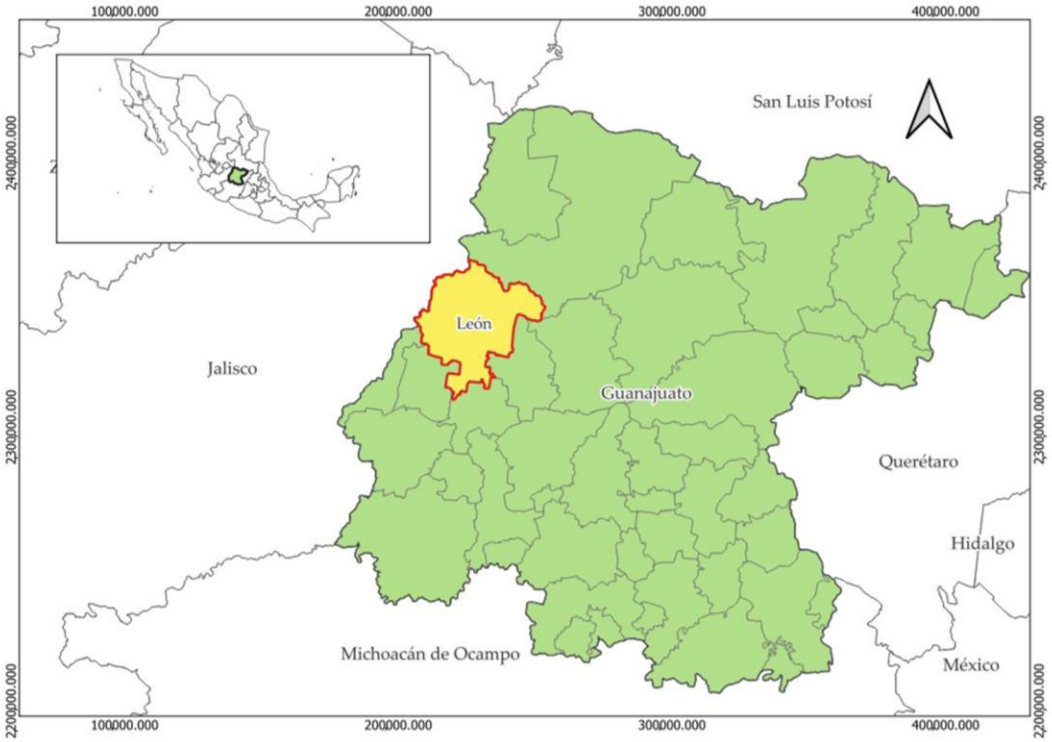


Figura 7. Ubicación del Municipio de León, Guanajuato, México.

Empero, no es menester la desacreditación de las labores y proyectos de SAPAL dentro de León, mediante los cuales ha logrado una cobertura del 96.98 % del servicio de agua potable en la zona urbana, dotando aproximadamente a 2 millones de habitantes por medio de 187 pozos y más de 506,000 tomas domiciliarias (Bonito León, 2025 y Entérate León, 2025); siendo la zona urbana una prioridad en las inversiones de SAPAL; inversión que entre 2022 y 2025, incrementaron a 3,866,000,000 pesos mexicanos (MXN) aproximadamente y que; mayoritariamente han sido destinadas al alcantarillado, a la limpieza de infraestructura y a la renovación de tuberías (*Íbidem*).

SAPAL, bajo su objetivo como sistema operador, ha suministrado agua por pipa a alrededor de 22 comunidades rurales, mediante un subsidio de 114 millones MXN y también, promovieron campañas informativas y educativas, a través de las cuales buscaron atender a 154,259 personas en 2024 (Gecentenarios, 2025).

Pese a los esfuerzos realizados, plantear la expansión de la red de distribución de agua potable en la zona rural de León afronta una barrera crítica de gran envergadura, tanto técnica como financiera. Barrera que abarca los elevados costos por metro lineal de tubería, la dificultad en el proceso de logística y en el proceso legal para la obtención de permisos de derecho de vía, una fuerte prioridad política enfocada en la zona urbana consolidada, la percepción de los habitantes rurales sobre un incumplimiento de promesas y la falta de estudios técnicos detallados para estas zonas (IMTA, 2022b y ANEAS, 2024).

A ello se suma que, de acuerdo con los entrevistados, el organismo operador no lleva agua a estas comunidades porque no existen pozos que resulten de interés estratégico para SAPAL; de lo contrario, se buscaría la municipalización del servicio. Además, se percibe que la baja rentabilidad financiera derivada de atender a un número reducido de viviendas limita la viabilidad de extender la red, reforzando así una inequidad territorial inmarcesible, donde, pese al apoyo y los subsidios, las comunidades rurales continúan sin acceso directo al agua (SAPAL, 2025a y OECD, 2012).

A la luz de las circunstancias, la ecotecnología y su aplicación, la ecotecnia, como es el SCALL, emerge como una opción adaptativa, sostenible y descentralizada. En vías de su reconocimiento, en el periodo agosto – septiembre 2024, la CONAGUA avala su potencial, publicando lineamientos técnicos nacionales para los SCALL y para el saneamiento básico a nivel vivienda, con modelos tipo y presupuestos que facilitan su implementación en zona rural marginada y con condiciones de alta vulnerabilidad (CONAGUA, 2025a, 2025b).

Dentro de lo que, a nivel nacional, se encuentran y resaltan por antonomasia algunos casos, como las experiencias de éxito en México, como las documentadas por la Secretaria del Medio Ambiente de Ciudad de México (SEDEMA, 2023) y las de Isla Urbana con el programa CHAAC en la Ciudad de México (Isla Urbana, 2023); el proyecto Ha Ta Tukari en la comunidad Wixárika de Jalisco (De la Torre, 2025) e implementaciones dentro de comunidades como Cerro Blanco en Pénjamo, Guanajuato (Publimetro, 2025) y, las presentes en las cuatro comunidades de este estudio; demostrando su viabilidad y sostenibilidad, puntualmente del SCALL, para la recolección de agua de lluvia, obteniendo agua de calidad para consumo humano, reduciendo afectaciones en la salud, mejorando la seguridad y disponibilidad hídrica y el proceso de autogestión comunitaria (Martínez Mendoza y López Zamora, 2024; Prieto-Jiménez *et al.*, 2024; El Financiero, 2023).

El trabajo busca profundizar en el entramado entre la viabilidad técnica de la ecotecnia y su proceso de adopción social como estrategia dentro de la política pública; mediante la proyección hipotética a 20 años (2025–2045) que considere el costo que representaría para los usuarios de comunidades rurales el contar con la conexión a la red de distribución de agua; en contraposición con la inversión y mantenimiento requerido por un programa estandarizado de ecotecnias. Para ello, se emplea el Análisis Costo Beneficio (ACB) con base en el VPN, con una TSD del 10%, lo anterior tomando como base los lineamientos nacionales e internacionales para proyectos de infraestructura (Boardman *et al.*, 2018; OCDE, 2018; SHCP, 2023; Banco Mundial, 2023).

Cabe subrayar que el objetivo primario de las ecotecnias es dar cumplimiento al derecho humano al agua, garantizando acceso equitativo y sostenible en comunidades rurales. Sin embargo, incluso al ser evaluadas desde una perspectiva de rentabilidad económica, mediante la aplicación de la TSD, los resultados muestran que los SCALL constituyen una alternativa más viable y pertinente, reforzando que su valor no solo radica en la eficiencia

financiera, sino en su capacidad de responder a un principio de justicia social y ambiental (Prieto-Jiménez *et al.*, 2024 y, Hanley y Barbier, 2009).

El estudio se centra en cuatro comunidades rurales del municipio de León, cuya selección responde no solo a la disponibilidad de información técnica, como los trazos de ruta para conexión elaborados, sino también por el conocimiento previo generado en campo sobre su vinculación con el programa de implementación de ecotecnias desarrollado entre 2016 - 2018 por el Comité Técnico de Agua de León (COTAS). Asimismo, se cuenta con evidencia cualitativa derivada de 19 entrevistas realizadas a habitantes de las comunidades, documentando con ellas, percepciones, experiencias de uso, facilidad operativa y prácticas de mantenimiento asociadas a las ecotecnias implementadas en sus hogares.

La hipótesis planteada dilucida que la adopción social contextualizada puede incidir en el diseño de políticas públicas más costo-eficientes y sostenibles, contribuyendo en garantizar el derecho humano al agua en zonas enmarcadas por la marginación y la vulnerabilidad hídrica. El eje principal se articula en torno a la noción de política pública hídrica definida y vinculada por propuestas centralizadas y descentralizadas. Por ello, estudiar la viabilidad de ambos escenarios permite orientar decisiones institucionales y comunitarias, superando la inercia histórica de priorizar exclusivamente la infraestructura convencional.

7.1 Crisis Hídrica y Necesidad de un Cambio de Paradigma

La gestión del agua, históricamente se ha fundamentado bajo el modelo centralizado de oferta y demanda a gran escala, esto es, para las grandes masas; modelo que ha demostrado ser insuficiente en la afronta de los desafíos del siglo XXI, entre los cuales resaltan la desigualdad en el acceso al agua, la sobreexplotación de recursos y el cambio climático (Bakker, 2007 y ONU-Agua, 2013).

El paradigma anterior, basado en los megaproyectos y las grandes infraestructuras, ha sido el causante de fuertes y altos costos económicos y ambientales e indudablemente, de la generación de conflictos sociales por la inequitativa distribución del agua (Swyngedouw, 2004 y Molle, 2009).

En respuesta, diversos enfoques han surgido, como la GIRH, la cual promueve una visión integral y participativa, que contempla distintas dimensiones del agua (económica, social y ambiental). Empero, su implementación ha sido fuertemente criticada por ser un proceso lento y por no integrar de manera profunda las jerarquías sociales y políticas regentes (Biswas, 2004).

En ese sentido, diversos conceptos han tomado relevancia, como la resiliencia y seguridad hídrica que, puntualizan como prioridad el diversificar y adaptar las fuentes de agua, tomando como papel fundamental la presentación de alternativas descentralizadas (UN-Water, 2013; U.S. Department of Energy [DOE], n.d.; Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

7.2 Gobernanza del Agua en México

La gobernanza del agua en México presume de regirse bajo una estructura descentralizada, asignando a los organismos operadores de cada municipio el rol de proveedores del servicio de agua potable y de saneamiento.

Descentralización que ha provocado una fuerte desigualdad territorial, como lo menciona Shah (2009) en contextos de gobernanza descentralizada en Asia; sobre todo en la zona rural, donde la cobertura es limitada y con costos de operación prácticamente prohibitivos (OECD, 2012).

Como organismo operador de agua en León, SAPAL expone lo anterior al priorizar la cobertura en la zona urbana, cuyo criterio de prioridad se centra en la rentabilidad y la densidad poblacional, soslayando a la zona rural y periurbana que sufre de vulnerabilidad hídrica (SAPAL, 2025a).

7.3 Ecotecnias

Desde el ámbito del agua, por ejemplo, el SCALL es una de las ecotecnias más efectivas, cuyo uso data desde tiempos antiguos, surgiendo como alternativa viable frente a la escasez (Helmreich y Horn, 2009 y, CONAGUA, 2025b). Un SCALL capta, recolecta y almacena el agua de lluvia para su uso posterior, reduciendo la dependencia a las fuentes centralizadas y disminuyendo la sobreexplotación de acuíferos (DOE, n.d. y Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

Diversos programas y estudios han destacado su potencial, por ejemplo, en India, se han revitalizado acuíferos en regiones semiáridas al captar agua de lluvia y con ello, mejorando también su seguridad alimentaria (DOE, n.d.). En Alemania y Australia, mediante la captación de agua de lluvia se ha disminuido hasta en un 50% la demanda de agua potable del entorno urbano, mitigando la presión ejercida sobre la red de distribución convencional (Hatt *et al.*, 2006 y, Helmreich y Horn, 2009).

Por otro lado, en México, organizaciones como Isla Urbana han llevado a cabo de forma exitosa proyectos de implementación de SCALL dentro de escuelas y comunidades indígenas, resaltando su capacidad de proveer agua de calidad para consumo humano (Isla Urbana, 2023) o; como el proyecto Ha Ta Tukari, en la comunidad Wixárika de Jalisco, el cual incrementó la disponibilidad de agua per cápita diaria, pasando de 5.6 a 17.7 L, disminuyendo enfermedades y mejorando la autogestión comunitaria (De la Torre, 2025).

Es pertinente resaltar factores decisivos y relevantes para el alcance y viabilidad de las ecotecnias. Por ejemplo, para un SCALL, es necesario considerar factores como el área disponible de captación, la capacidad de almacenamiento y la precipitación de la región. Aunado a ello, se deben resaltar los beneficios exógenos de su implementación y adopción social efectiva, tales como el fomentar la autonomía y la participación comunitaria, así como

la transformación de los usuarios, pasando del rol usuario para convertirse en gestor activo de bienes y recursos.

La Comisión Nacional de Zonas áridas (CONAZA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) destacan la viabilidad y adaptabilidad del SCALL dentro de contextos semiáridos con precipitaciones limitadas, brindando una alta sostenibilidad mediante infraestructuras de bajo consumo energético y gasto de recursos (Infobae, 2024).

La CONAGUA, a través de su publicación de lineamientos técnicos, ha reforzado su potencial, definiendo a los SCALL como alternativa económicamente viable, sobre todo para la zona rural y aquellas poblaciones sin cobertura por parte de la red de distribución de agua convencional (CONAGUA, 2025b y Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

7.4 Modelos de evaluación socioeconómica para proyectos hídricos

Para realizar el comparativo entre la expansión de la red de distribución de agua y la implementación de ecotecnias, se torna indispensable una evaluación socioeconómica que considere variables sociales y ambientales, trascendiendo de un único análisis de costos.

A fin de lo anterior se ha pensado en hacer uso del ACB, el cual es una herramienta estandarizada para evaluar proyectos de inversión pública.

Empero, desde el ámbito de proyectos hídricos, su aplicación es compleja por la dificultad de cuantificar beneficios intangibles, como la percepción sobre la seguridad hídrica, el ahorro de tiempo implicado en la obtención de agua (como se suscita con el acarreo), la visibilidad inmediata de la mejora en la salud y, la resiliencia climática y comunitaria (Boardman *et al.*, 2018; SHCP, 2023; Prieto-Jiménez *et al.*, 2024; Hanley y Barbier, 2009).

Así pues, en vías de superar las limitaciones descritas, es menester recurrir a otros enfoques, como el Análisis de Costo Efectividad (ACE), el cual compara el costo de las alternativas para el alcance de un mismo objetivo (Hanley y Barbier, 2009).

Por ello, se considera importante integrar una TSD para realizar la proyección a largo plazo, permitiendo reflejar el valor otorgado por el usuario a los beneficios futuros en comparación con sus condiciones actuales (Banco Mundial, 2023).

Con ello, la valoración es decisiva para afirmar la viabilidad de proyectos cuya inversión inicial es alta y cuyos beneficios se sostienen a largo plazo. A fin del presente, se toma como referente lo recomendado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2023), que establece una TSD del 10% anual para los proyectos de inversión pública.

7.5 Método

El presente se desarrolló en cuatro comunidades rurales del municipio de León, Guanajuato: Mesa de Ibarrilla, Media Luna, Saucillo de Ávalos y Llano Grande (Figura *8*). La selección se basó en tres criterios:

1. disponibilidad de información técnica,
2. trazos de ruta elaborados por SAPAL y
3. conocimiento previo generado en campo por el Comité Técnico de Agua de León (COTAS) durante el programa de ecotecnias 2016–2018.

Se realizó trabajo in situ en las cuatro comunidades, tomadas como referencia por el conocimiento previo del proyecto realizado por el COTAS en éstas y otras comunidades aledañas dentro del cerro de El Gigante, durante el periodo 2016 - 2018, con implementaciones de ecotecnias, particularmente de SCALL, como parte de un programa de ecotecnias adaptado a las condiciones locales. Experiencia que ha permitido observar de primera mano los beneficios operativos, sociales y ambientales de soluciones descentralizadas. Considerando este antecedente, se acudió a las comunidades para conocer el estado actual de estas implementaciones ecotecnológicas.

Documentando que, además del proyecto del COTAS, se realizaron implementaciones extemporáneas a éste, resaltando la aceptación de los hogares por las ecotecnias y sus beneficios, pero sin poder documentar específicamente por parte de qué instancias fueron realizadas, dado que las entrevistadas no lo recordaban con claridad.

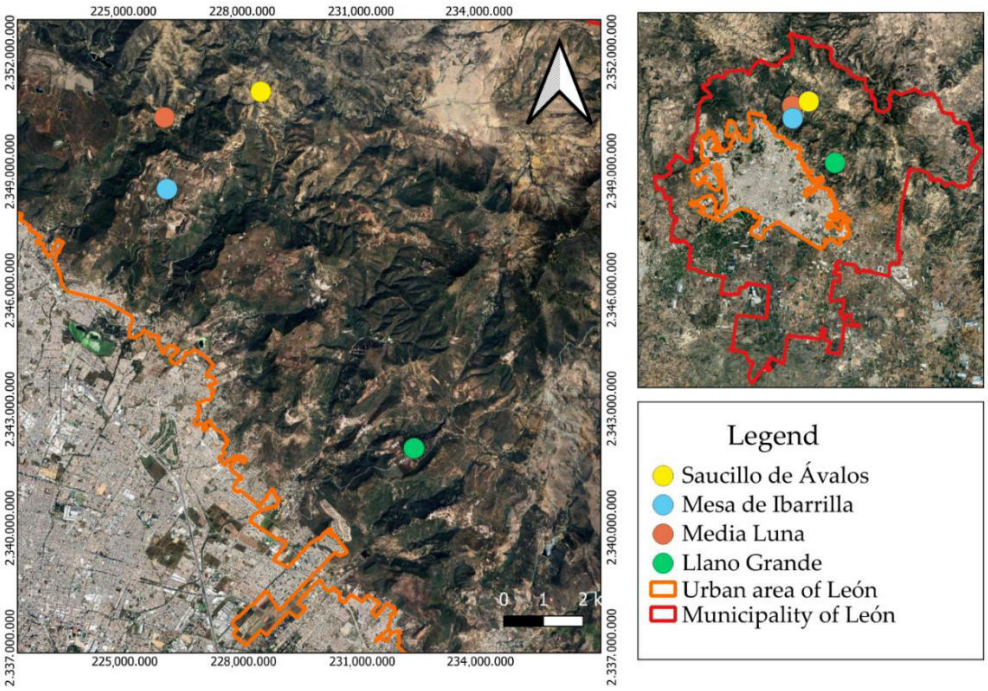


Figura 8. Localización de las cuatro comunidades rurales dentro del Municipio de León.

Posteriormente, se planteó una simulación hipotética para estimar el costo de implementar un proyecto de red de distribución convencional a través del organismo operador; con el fin de contrastar ambos escenarios, en vías de una reflexión más profunda sobre la viabilidad de cada alternativa.

Los resultados preliminares sugieren que, en contextos rurales o en zonas con vulnerabilidad hídrica, un proyecto estandarizado de ecotecnias, pudiese resultar más viable, tanto en términos de implementación como económicos, además de ofrecer mayores beneficios comunitarios y ambientales.

La metodología se divide en tres etapas:

7.5.1 Levantamiento de datos y caracterización demográfica

Se recopilaron datos de población y vivienda de los censos de INEGI (INEGI, 2011; 2021), calculando la tasa de crecimiento anual para proyectar el número de viviendas al año 2045. La estimación poblacional proyectada al 2045 se realizó aplicando tres métodos clásicos de proyección: aritmético, geométrico y geométrico decreciente. Métodos que permiten modelar escenarios de crecimiento o decrecimiento demográfico; utilizándolos por su uso extendido en estudios de planeación territorial y diseño de infraestructura en contexto rural (UNAM, 2022 y CEPAL, 2021). A partir de ello se calcularon las tasas de crecimiento anual, que constituyen el insumo principal para la proyección a 2045 (Tabla *22*).

Tabla 22. Datos de población por comunidad en 2010 y 2020 (INEGI, 2011; 2021).

Comunidad	Población 2010 (Hab)	Población 2020 (Hab)
Mesa de Ibarrilla	220	290
Llano Grande	53	50
Saucillo de Ávalos	148	111
Media Luna	57	91

El método aritmético parte del supuesto de crecimiento lineal, es decir, un aumento constante en número absoluto de personas por año. El método geométrico considera que la población crece proporcionalmente cada año, reflejando mejor los efectos acumulativos de natalidad, migración y urbanización. Cuando la población disminuye, como ocurre en Media Luna y Saucillo de Ávalos, se aplica el mismo cálculo de tasa geométrica, pero con resultado negativo (geométrico decreciente), permitiendo modelar escenarios de despoblamiento rural, asociados a migración, envejecimiento poblacional o falta de servicios.

Ahora bien, para estimar el número de viviendas en 2045, se aplicó un coeficiente de ocupación promedio de 5 personas por vivienda, según datos rurales del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2023); permitiendo traducir en necesidades habitacionales, fundamentales para la planeación de infraestructura hídrica, energética y social.

$$P_{f\ aritmética} = P_0 + r * t \qquad P_{f\ geométrica} = P_0 * (1 + r)^t$$

7.5.2 Simulación hidráulica y diseño de infraestructura

Para este apartado, se realizó el análisis de costos de tubería, asumiendo que el diámetro mínimo de 6 pulgadas (DN ≥ 6") corresponde a la norma establecida por SAPAL para líneas de conducción, con el fin de garantizar condiciones hidráulicas adecuadas en los proyectos. En las estimaciones de costos se especificó la clase de presión utilizada, reconociendo que un análisis transitorio más detallado formaría parte de un diseño ejecutivo.

Los cálculos preliminares de diámetro se conservaron como parte de un análisis previo pensando en contar con referencias diagnósticas sobre el diámetro óptimo a utilizar, no obstante, las estimaciones finales de costos se basaron en DN = 6". Con base en lo anterior, las tuberías se diseñaron desde el punto más cercano de la red de SAPAL, considerando la longitud de la tubería (m), la diferencia de elevación (m), el diámetro de la tubería y el costo total anual.

En el análisis de costos de tuberías, se consideraron tuberías de hierro dúctil con un diámetro mínimo de 6", correspondientes a especificaciones estándar para redes urbanas presurizadas. El hierro dúctil ofrece una resistencia mecánica superior y mayor capacidad frente a cargas externas como tránsito, peso del relleno y asentamientos diferenciales, en comparación con el PVC o la fundición gris, de acuerdo con los requisitos especificados durante la entrevista con SAPAL. Su elasticidad y capacidad de deformación le permiten soportar condiciones geotécnicas variables sin fracturarse, lo cual es particularmente relevante en León, Guanajuato, donde son comunes las arcillas expansivas y los rellenos urbanos. Aunque las tuberías de hierro dúctil implican una inversión inicial más elevada, su durabilidad a largo plazo y seguridad hidráulica justifican su inclusión en el análisis de costos.

7.5.3 Evaluación económica y Análisis Costo Beneficio (ACB)

Finalmente, la evaluación económica y el ACB se aplicaron a ambos escenarios: la expansión convencional de la red y la implementación de captación de agua de lluvia (SCALL).

El objetivo de la evaluación es comparar la viabilidad socioeconómica de los escenarios; busca realizarse desde una perspectiva social, identificando costos y beneficios para las comunidades, y no únicamente desde la perspectiva financiera de SAPAL o de los hogares.

Por lo tanto, el ACB se utiliza para calcular el VPN de cada escenario. Se estableció un horizonte de evaluación o proyección de 20 años, periodo que permite calcular los costos de inversión inicial, los flujos de operación y mantenimiento, y finalmente los beneficios de largo plazo. Para obtener los beneficios, así como los flujos futuros de costos en su VPN, se aplica una tasa de descuento social anual del 10%, conforme a las directrices del gobierno mexicano, lo cual impacta el VPN y la decisión sobre la rentabilidad social de un proyecto.

La evaluación incluye el cálculo de la inversión inicial, los Costos de Operación y Mantenimiento (COM), los ingresos proyectados por tarifas y el VPN con una tasa de descuento social del 10%. Donde: B_t= beneficios en el año t, C_t= costos en el año t, r= tasa de descuento social (10%) y, n= horizonte de evaluación (20 años).

$$VPN = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Los valores de costos fueron verificados utilizando fuentes oficiales: IMTA (CONAGUA, 2017a), SAPAL (Bonito León, 2025 y Entérate León, 2025), Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2023), y la OMS junto con el IMSS (Prieto-Jiménez *et al.*, 2024; Hanley y Barbier, 2009).

Asimismo, se realizó un análisis de sensibilidad, variando los costos de agua en pipas en ±30%, los costos de mantenimiento en ±25%, y la tasa de descuento social alrededor del 10% (SHCP, 2023), con el fin de evaluar la robustez de los resultados.

7.6 Resultados

7.6.1 Levantamiento de datos y caracterización demográfica

A partir de los valores de población por comunidad en 2010 y 2020 (INEGI, 2011; 2021) y con la proyección con los métodos clásicos, se obtuvo por ejemplo que, en Mesa de Ibarrilla, el incremento fue de 70 personas en 10 años, lo que arroja una tasa de 7 personas por año. Aplicando esta tasa, se obtiene una proyección de 465 habitantes para el año 2045. En el caso de Llano Grande, por ejemplificar la aplicación del método geométrico, da una tasa geométrica de aproximadamente 4.83 % anual, resultando una proyección de 293 habitantes para 2045. Así pues, para el caso de Saucillo de Ávalos, la tasa es de aproximadamente –2.8% anual, proyectando para 2045, 54 habitantes aproximadamente. Los resultados comparativos por método se presentan en la Tabla *23*, según la tendencia observada entre 2010 y 2020:

Tabla 23. Estimación de población proyectada a 2045 por métodos de proyección.

Comunidad	Población Proyecto con Método Aritmético (Hab)	Población Proyecto con Método Geométrico (Hab)
	2045	2045
Mesa de Ibarrilla	465	579
Llano grande	176	293
Saucillo de Ávalos	19	54
Media Luna	43	43

La aplicación combinada de métodos permite observar distintos escenarios de crecimiento. En Mesa de Ibarrilla y Llano Grande, el método geométrico refleja un crecimiento acelerado, posiblemente vinculado a procesos de urbanización o atracción de población. En contraste,

Media Luna y Saucillo de Ávalos muestran tendencias de decrecimiento, lo que sugiere migración negativa o envejecimiento poblacional. Estas proyecciones son fundamentales para orientar decisiones sobre infraestructura hídrica, servicios básicos y estrategias de desarrollo rural.

Además, permiten anticipar necesidades habitacionales y ajustar políticas públicas a las dinámicas locales. La estimación de población futura mediante los diferentes métodos ofrece una base sólida para la planificación comunitaria. La selección del método más adecuado debe considerar la tendencia histórica, el contexto territorial y los factores socioeconómicos locales, siendo recomendable complementar las proyecciones con estudios participativos y comunitarios para validar y enriquecer los escenarios planteados.

Los datos obtenidos de población proyectada a 2045 permiten estimar el número de viviendas proyectadas, tomando como base el coeficiente de ocupación promedio de 5 personas por vivienda, según datos rurales del CONAPO (2023). Por ejemplo, en Mesa de Ibarrilla, la proyección de 578 habitantes se traduciría en 116 viviendas, tal y como se presentan para cada comunidad dentro de la Tabla *24*.

Tabla 24. Proyección de viviendas al 2045.

Comunidad	Población Proyectada a 2045 (Hab)	No. Viviendas Proyectadas a 2045
Mesa de Ibarrilla	579	116
Llano Grande	293	59
Saucillo de Ávalos	54	11
Media Luna	43	9
TOTAL		***195***

7.6.2 Simulación hidráulica y diseño de infraestructura

Se realizó un cálculo de asignación de consumo para estimar la demanda diaria de agua potable. Para ello, se utilizó una metodología basada en criterios técnicos de dimensionamiento, segmentación poblacional y asignaciones diferenciadas por clase socioeconómica. Se asumió una distribución equitativa entre clases socioeconómicas: residencial, clase media y clase trabajadora.

Esta segmentación permite aplicar asignaciones diferenciadas de acuerdo con los hábitos de consumo y el nivel socioeconómico, siguiendo los criterios establecidos por la CONAGUA (2018b), que recomiendan considerar factores culturales, económicos y climáticos en el diseño del sistema de abastecimiento.

La dotación doméstica diaria se definió con base en el tipo de vivienda y el nivel de ingreso. Para la clase media y la clase trabajadora se asignaron 203 y 175 L/persona/día, respectivamente. Estas cifras se encuentran dentro del rango recomendado por CONAGUA, que establece dotaciones entre 150 y 350 L por habitante por día en zonas urbanas y entre 50 y 200 L por habitante por día en zonas rurales (Tabla *25*).

La elección de estos valores también responde a la recomendación de la OMS (2023), que sugiere un mínimo de 50 L por habitante por día para cubrir necesidades básicas en áreas rurales y hasta 100 L para garantizar una higiene adecuada.

Tabla 25. Consumo de agua por nivel socioeconómico.

Nivel socioeconómico	Porcentaje	Consumo Doméstico per cápita (L/hab/día)
Residencial	0%	217
Media	5%	203
Popular	95%	175

En cuanto al consumo doméstico, por ejemplo, en Mesa de Ibarrilla, con 578 habitantes (29 de clase media y 549 de clase trabajadora), el consumo fue de 5.87 y 96.09 m³/día, respectivamente (Tabla *26*), dando un total de 101.96 m³/día.

Tabla 26. Consumo doméstico de agua por comunidad y nivel socioeconómico.

	Consumo Doméstico (m³/día)		
Comunidad	**Clase Residencial**	**Clase Media**	**Clase Popular**
Mesa de Ibarrilla	0	5.88	96.26
Media Luna	0	0.44	7.15
Saucillo de Ávalos	0	0.55	8.98
Llano grande	0	2.97	48.71

Este proceso se replicó en las cuatro comunidades (Tabla *27*), y la demanda total se obtuvo con base en la siguiente fórmula:

$$Demanda = \frac{Consumo}{(1 - \frac{\%\ Pérdidas}{100})}$$

Tabla 27. Balance hídrico comunitario: consumo, demanda y dotación.

Comunidad	Consumo doméstico total (m³/día)	Demanda (m³/día)	Dotación (l/hab/día)
Mesa de Ibarrilla	102.14	127.67	220.50
Media Luna	7.59	9.48	220.50
Saucillo de Ávalos	9.53	11.91	220.50
Llano grande	51.69	64.61	220.50

La demanda consolidada de las comunidades varía entre 9.48 y 127.45 m³/día, lo que representa el volumen mínimo requerido para garantizar el suministro diario en condiciones normales, con una dotación promedio de 220.50 L por habitante por día.

Con base en lo anterior, se realizaron cálculos para estimar el caudal medio (Q_m), el caudal máximo diario (Q_{MD}) y el caudal máximo horario (Q_{MH}).

Se consideraron dos escenarios de consumo: (a) 100 L/persona/día, siguiendo las directrices de CONAGUA para poblaciones menores de 70,000 habitantes. (b) 220.50 L/persona/día, basado en registros empíricos de comunidades rurales de la región del Bajío y previamente utilizado en estudios de diseño hidráulico.

El valor de 220.50 L/persona/día se aplicó como escenario principal de cálculo, ya que refleja de manera más realista los hábitos de consumo observados y las necesidades de higiene en campo (Tabla *28*).

$$Q_m = \frac{\text{Población Proyectada} * \text{Dotación por habitante al día}}{86400}$$

$$Q_{MD} = Q_m * 1.4$$

$$Q_{MH} = Q_m * 1.55$$

Tabla 28. Estimación de caudal de diseño por comunidad.

Comunidad	Con dotación de 220.50 l/hab/día		
	Qm	QMD	QMH
Mesa de Ibarrilla	1.48	2.07	3.21
Media Luna	0.11	0.15	0.24
Saucillo de Ávalos	0.14	0.19	0.30
Llano grande	0.75	1.05	1.62

Una vez definido el QMD, se calculó el caudal de bombeo (QBombeo) por hora y por segundo, en función del número de horas de operación diaria. Se analizaron alternativas de bombeo que van desde 6 hasta 24 horas por día; no obstante, el análisis se realiza únicamente con un escenario de 2 horas de bombeo al día, permitiendo establecer una referencia para la evaluación técnica y económica del sistema.

Para cada caso, se aplicaron las siguientes conversiones, partiendo de la equivalencia de 1 litro por segundo (L/s) es a 86.4 m^3/día y que, 1 m^3/hora equivale a 1,000 L/hora entre 3,600 segundos, esto es, 0.2778 L/s; así como el uso del QMD obtenido con dotación de 220.50 L/hab/día.

$$Q_{bombeo}\ (\mathrm{m}^3/\mathrm{día}) = Q_{MD} * 86.4$$

$$Q_{bombeo}\ (m^3/hora) = \frac{Q_{bombeo}\ (\mathrm{m}^3/\mathrm{día})}{horas\ de\ bombeo}$$

$$Q_{bombeo}\ (\mathrm{L/s}) = \frac{Q_{bombeo}\ (\mathrm{m}^3/\mathrm{hora})}{3.6}$$

Lo que permitió simular distintos escenarios, considerando restricciones energéticas, disponibilidad de personal o condiciones climáticas. Por ejemplo, si se opta por bombear

durante solo 2 horas al día, el sistema deberá manejar un caudal instantáneo significativamente mayor que si se operara durante 24 horas.

Los resultados muestran una marcada heterogeneidad en la capacidad de extracción entre las comunidades.

Por ejemplo, Mesa de Ibarrilla presenta un caudal de 24.8 L/s, otorgándole un mayor rendimiento hidráulico y capacidad de abastecimiento en comparación con otras comunidades.

En contraste, Media Luna y Saucillo de Ávalos presentan caudales bajos, de 1.8 y 2.3 L/s respectivamente, limitando su potencial de cobertura; en estos casos, su utilidad se orienta más hacia un abastecimiento complementario o de emergencia, que a una propia provisión sostenida para la población.

Finalmente, Llano Grande se ubica en un punto intermedio, con 12.6 L/s y una lámina de 134 mm; aunque no alcanza el rendimiento de Mesa de Ibarrilla, su desempeño es significativo y podría responder a demandas de escala media, especialmente si se optimiza el tiempo de operación o se complementa con almacenamiento (Tabla *29*).

Tabla 29. Indicadores hidráulicos de bombeo y dimensionamiento de tuberías por comunidad.

	Mesa de Ibarrilla	Media Luna	Saucillo de Ávalos	Llano grande
Tiempo de bombeo (hrs)	2	2	2	2
Q bombeo (L/s)	24.8	1.8	2.3	12.6
Q bombeo (m^3/s)	0.025	0.002	0.002	0.013
D dupuit (m)	0.189	0.052	0.058	0.134
D dupuit (mm)	189.070	51.525	57.740	134.498
D dupuit (plg)	7	2	2	5

Siendo lo anterior, información clave para la toma de decisiones, donde la equidad en el acceso, la sostenibilidad del recurso y la viabilidad técnica deben dialogar.

Ahora bien, se presenta un análisis comparativo de los sistemas de conducción por bombeo para abastecimiento hídrico en las comunidades. Cada sistema se caracteriza por su tiempo de operación, caudal bombeado, longitud de conducción, elevaciones topográficas y, cálculo del diámetro óptimo de tubería.

Primeramente, se trazaron rutas de conducción desde el punto de red de SAPAL más cercano hasta cada comunidad (Figura *9*), considerando topografía, distancia y elevación.

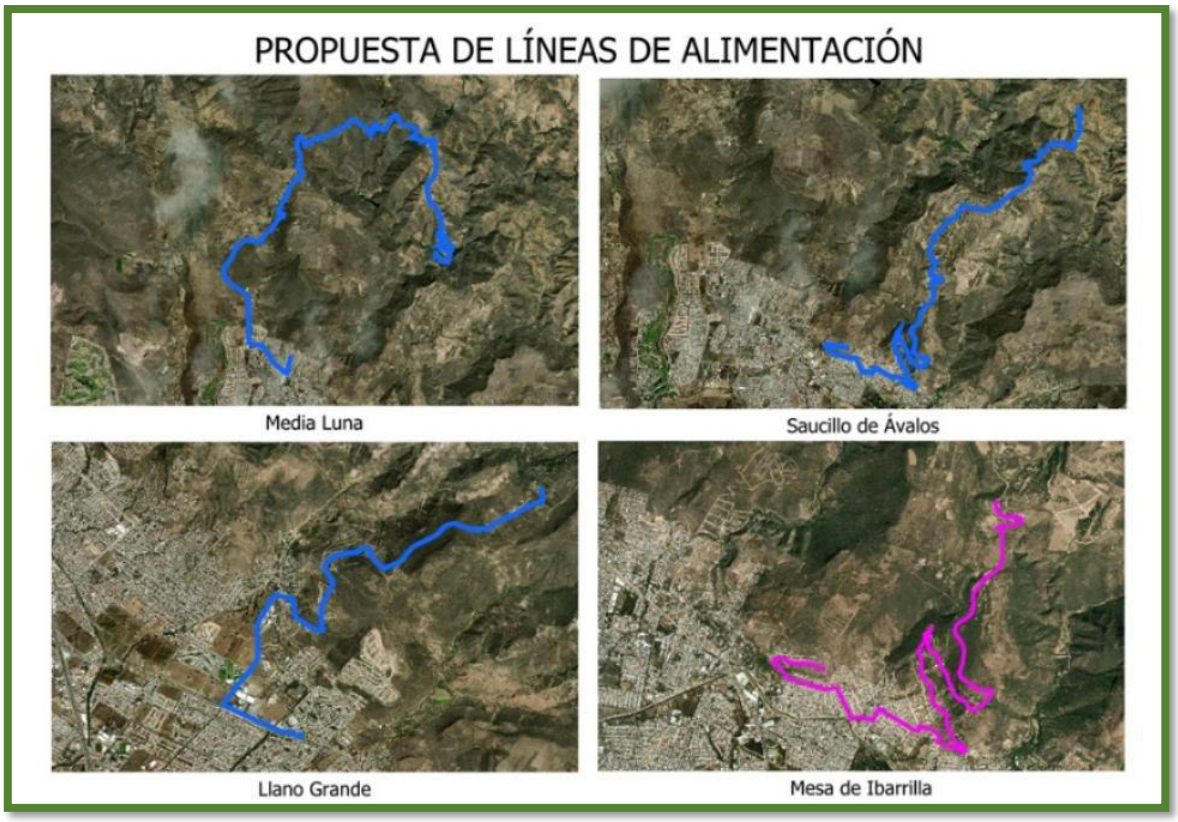


Figura 9. Trazos propuesto para líneas de alimentación a las cuatro comunidades rurales.

Empero, desde que se plateó este escenario, obteniendo longitudes que oscilan entre 7,700 y 19,900 metros, así como elevaciones de hasta 425 metros (Tabla *30*), se dilucidaba que no se podría considerar como una alternativa viable, principalmente porque no existiría una justificación socioeconómica suficiente para llevarlo a cabo en las condiciones actuales.

Tabla 30. Trazo de ruta propuesta, elevación y diámetro óptimo de conducción por comunidad.

	Mesa de Ibarrilla	Media Luna	Saucillo de Ávalos	Llano Grande
Trazo / Ruta Propuesta (m)	8400	19900	12800	7700
Longitud en tanque (m)	23	23	23	23
Diferencia de elevación (m)	276	359	425	318
Elevación de descarga (m)	299	382	448	341
Caudal de bombeo (L/s)	24	1.8	2.3	12.5
Cálculo del diámetro óptimo (DO) (plg)	***7***	***2***	***2***	***5***

El diámetro óptimo (DO) se calculó inicialmente mediante la fórmula de Dupuit, como una aproximación técnica que permite estimar un diámetro económico en función del caudal, longitud y pendiente de la conducción. Sin embargo, en este análisis se parte del criterio normativo establecido por SAPAL, que requiere utilizar un DN = 6” para las líneas de conducción.

Bajo estas condiciones, el procedimiento consistió en ajustar el tiempo de bombeo de cada sistema de manera que el caudal de diseño se adaptara al diámetro de 6 pulgadas, reconociendo que este enfoque no corresponde al diseño hidráulico convencional, pero responde a las especificaciones planteadas por la institución.

La selección se fundamenta en criterios de eficiencia hidráulica (debiendo ser igual o superior al DO para evitar sobrepresión, cavitación o pérdidas excesivas por fricción), viabilidad económica (comparando costo total de instalación, tubería, atraques de concreto y pruebas de hermeticidad) y, compatibilidad operativa (priorizando el uso de diámetros comerciales que faciliten mantenimiento, reposición y estandarización de componentes).

El costo se incrementa exponencialmente con el DN, lo que refleja el impacto del precio unitario de la tubería y los atraques. Por ejemplo, Media Luna, a pesar de tener el menor caudal, presenta el mayor costo total debido a su longitud de conducción (19,900 m), lo que evidencia que la distancia es un factor crítico en la inversión.

En las Tabla *31* y Tabla *32* se presenta la comparación entre el DO estimado y los costos asociados a cada DN, con el fin de justificar la selección más adecuada para cada comunidad. Los resultados evidencian que el sobredimensionamiento por encima del DO no siempre genera beneficios hidráulicos proporcionales y, puede generar costos significativos. En cambio, subdimensionar el DN respecto al DO puede comprometer la operación del sistema, especialmente en líneas de mayor caudal o longitud. Por ello, se recomienda adoptar el DN más cercano al DO que garantice eficiencia sin incurrir en costos excesivos.

Tabla 31. Costo de instalación y tubería por DN 6”.

	Diámetro 6”
Precio Unitario por instalación, junteo y prueba de hermeticidad	$35.11
Precio Unitario por atraques de concreto	$468
Precio Unitario por tubería	$3,990

Tabla 32. Costo de infraestructura hidráulica para el DN 6”.

	Mesa de Ibarrilla	Media Luna	Saucillo de Ávalos	Llano Grande
Instalación, Junteo y Prueba de hermeticidad (ml)	8400	19900	12800	7700
Atraques de concreto (Pieza)	840	1990	1280	770
Tubería (ml)	8400	19900	12800	7700
COSTO TOTAL Diámetro 6"	$34,204,195	$81,031,367	$52,120,678	$31,353,845

Aunque los cálculos hidráulicos teóricos puedan sugerir diámetros óptimos alternativos, el requisito normativo establecido por SAPAL obliga a un diámetro mínimo de 6”, garantizando el cumplimiento con las normas institucionales y proporcionando una base consistente para la comparación socioeconómica. Este ajuste clarifica el flujo de trabajo y fortalece la transparencia metodológica del estudio.

7.6.3 Evaluación económica y análisis costo-beneficio

Escenario 1: Expansión de la red de distribución de agua.

Este escenario busca simular el costo y el beneficio social asociado al proyecto hipotético a futuro de conexión a la red de agua para las comunidades. Los datos e información se sustentan con los reportes técnicos brindados por SAPAL y con estimaciones realizadas con datos de fuentes nacionales (SAPAL, 2025a y CONAGUA, 2024c). En colaboración y apoyo con personal del departamento de proyectos de SAPAL, se elaboraron mapas de las rutas propuestas, partiendo desde el punto de conexión de la red último y más cercano, hacia cada comunidad; siendo fundamental para estimar la diferencia de elevación y la extensión lineal de tubería, permitiendo generar un cálculo más preciso y realista de la inversión requerida a fin de este escenario (IMTA, 2022b y ANEAS, 2024).

Pese a que se realizaron los cálculos hidráulicos para determinar los DO de cada línea y, se estimaron los costos correspondientes utilizando el DN más cercano, resultando un DN 2" para Media Luna y Saucillo de Ávalos y un DN 6" para Mesa de Ibarrilla y Llano Grande. No obstante, en el marco de la colaboración con SAPAL, se nos informó que, conforme a disposiciones técnicas y normativas internas, no se instala tubería con DN menor a 6". Por tanto, para efectos de análisis técnico-económico y de alineación institucional, se adoptará el DN 6" para el cálculo de costos y diseño en las comunidades, asegurando así la viabilidad operativa y la compatibilidad con criterios de implementación de SAPAL.

La Tabla *33* refleja el costo por comunidad, entre 31,353,845.6 MXN (Llano Grande) y 81,031,367.2 MXN (Media Luna), con un costo acumulado de 198,71,086.40 MXN para las cuatro comunidades (Siendo en promedio 101,900 MXN por cada vivienda). Inversión que contempla sólo algunos costos de la línea de conducción principal y no incluye estudios de impacto ambiental, obras complementarias (tanques, válvulas, casetas, electrificación) ni mantenimiento a largo plazo (SAPAL, 2025a). Igualmente, presenta el cálculo del COM que, en una estimación conservadora, fue considerado como un 2% de la inversión inicial de 198,71,086.40 MXN; esto en concordancia con lineamientos técnicos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2022b). Lo que representaría anualmente 3,974,201.73 MXN para la infraestructura total; cifra que incluye energía requerida para bombeo, pago de personal, reparación y tratamiento de agua (CONAGUA, 2024c y ANEAS, 2024).

Tabla 33. Estimación de costos por conexión a la red de distribución para cada comunidad.

Comunidad	Monto Paramétrico (Sólo Línea de Conducción) (MXN)	Costo de Operación y Mantenimiento (COM) (2%) (MXN)
Mesa de Ibarrilla	$34,204,195	$684,083
Llano Grande	$31,353,845	$627,076
Saucillo de Ávalos	$52,120,678	$1,042,413
Media Luna	$81,031,367	$1,620,627
TOTAL	***$198,710,086***	***$3,974,201***

Ahora bien, de acuerdo con los datos reportados por CONAGUA (2024c), se estableció un consumo mensual de 15 m^3 en promedio por vivienda y, se consideró una tarifa básica anual de 6.50 MXN por m^3 (SAPAL, 2025a). Con base a los lineamientos de proyección financiera de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2023) y del Banco Mundial (2023), se proyectó una Tasa de Aumento Anual Compuesta (TAAC) del 5.5%; tasa que contempla una inflación promedio y ajustes operativos. Además, con lo reportado por SAPAL (2025b), se estimó que, el costo inicial de conexión por hogar (contrato), oscila entre 550 y 750 MXN (650 MXN en promedio). Por tanto, el costo acumulado por vivienda a lo largo de 20 años, considerando la tasa mensual proyectada y el costo de conexión inicial, sería superior a 40,795.93 MXN, monto sin descuento.

Ahora bien, como sugieren varios autores dentro del análisis de proyectos de inversión pública y social, se puede estimar el gasto acumulado por vivienda, con una TSD del 10% (Boardman *et al.*, 2018; SHCP, 2023; Hanley y Barbier, 2009; Banco Mundial, 2023); gasto de 36,716.34 MXN en promedio. Por otro lado, el costo de contrato acumulado por vivienda a lo largo de 20 años sería mayor a 22,664.41 MXN, monto sin descuento y; con la TSD del 10%, sería de 20,397.97 MXN en promedio.

En relación con el ingreso anual que recibiría SAPAL, el cual es considerado como un gasto anual acumulado por usuario; se estima que, para las 195 viviendas proyectadas en 2045, en el primer año de facturación, este ingreso sería de 63,460 MXN en promedio. Monto que, con la TAAC del 5.5% y, sin descuento es de 12,374,766 MXN (Banco Mundial, 2023; SHCP, 2023; Hanley y Barbier, 2009). El cual es drásticamente inferior a los 198,710,086 MXN planteados como inversión inicial sólo para la línea de conducción.

Mostrando la inviabilidad financiera del proyecto de conexión a la red desde la perspectiva de SAPAL. Por ejemplo, Media Luna con 9 viviendas proyectadas al 2045, con un costo de 81,031,367 MXN, sería prácticamente imposible recuperar la inversión; esto, sin considerar depreciación ni mantenimiento. El pago por usuario a SAPAL, desde el ACB es visto como una transferencia, esto es, definido como ingreso para SAPAL y siendo un costo para el usuario, con un efecto neto de cero en la sociedad (Boardman *et al.*, 2018; Hanley y Barbier, 2009). No obstante, calcular este pago es crucial para comprender la sostenibilidad financiera de SAPAL y el impacto económico implicado para los hogares (Tabla *34* y Tabla *35*).

Tabla 34. Análisis económico de ingreso por servicio de agua (conexión y contrato).

Comunidad	Gasto Por Conexión (MXN)	Costo por Contrato SAPAL (MXN)	Ingreso Anual para SAPAL (Conexión & Contrato) (2%) (MXN)
Mesa de Ibarrilla	$135,720	$75,400	$211,120
Llano Grande	$69,030	$38,350	$107,380
Saucillo de Ávalos	$12,870	$7,150	$20,020
Media Luna	$10,530	$5,850	$16,380
	$228,150	**$126,750**	**$354,900**

Tabla 35. Gasto total acumulado y costos anuales de conexión y contrato por vivienda.

	Gasto total (Ingreso Total Acumulado) (MXN)	Gasto Anual de Conexión (MXN)	Gasto Anual de Contrato (MXN)
Por 195 Viviendas Proyectadas	$12,374,766	$7,955,206	$4,419,559
Por vivienda (Sin Descuento)	$63,460	$40,795	$22,664
Por vivienda (Con Descuento)	$57,114	$36,716	$20,397

Ahora bien, se calculó el VPN con ingresos iniciales proyectados por año y costos estimados para cada periodo y, con una TSD del 10 %, en concordancia con criterios de evaluación de proyectos de infraestructura hídrica en contextos rurales. La Tabla *36* presenta los flujos anuales, el VPN acumulado y el resultado total del proyecto. El VPN obtenido evidencia una tendencia negativa sostenida a lo largo de los 20 años.

A pesar de que los ingresos iniciales proyectados muestran un crecimiento anual, los costos los superan significativamente en cada año. Lo que se traduce en flujos netos negativos que, al ser descontados, acumulan un VPN total de −228,078,534.50 MXN; infiriendo que, bajo las condiciones actuales, el proyecto no sería económicamente viable.

Tabla 36. VPN total del proyecto de expansión de la red de distribución de agua SAPAL.

Año	Ingreso Inicial (MXN)	Flujo (II - COM) (MXN)	VPN (MXN)
1	$354,900	-$3,619,302	**-$3,290,274**
2	$374,420	-$3,599,782	**-$2,975,027**
3	$395,013	-$3,579,189	**-$2,689,098**
4	$416,738	-$3,557,463	**-$2,429,795**
5	$439,659	-$3,534,543	**-$2,194,673**
***	***	***	***
10	$574,617	-$3,399,585	**-$1,310,687**
***	***	***	***
20	$981,528	-$2,992,674	**-$444,842**
		Σ	***-$29,368,448.10***
VPN TOTAL DE ESCENARIO RED DE DISTRIBUCIÓN SAPAL			***-$228,078,534.50***

Este análisis evidencia que la expansión de red convencional en zonas rurales con baja densidad poblacional y topografía compleja representa una alternativa financieramente inviable. Al aplicar el ACB con una TSD del 10%, el VPN del proyecto resulta negativo, lo que refuerza la necesidad de considerar soluciones descentralizadas como los SCALL, más eficientes, replicables y adaptables al contexto rural.

Escenario 2: Implementación de ecotecnias.

Este escenario pretende evaluar el proyecto de estandarización e implementación de ecotecnias en las viviendas de las comunidades, tomando como base las 195 viviendas proyectadas para 2045. Se estimó el costo de inversión y mantenimiento de SCALL por vivienda, considerando techos de 60 m^2, un coeficiente de escurrimiento de 0.8 y una

precipitación promedio de 700 mm/año. De acuerdo con lo reportado por las entrevistas realizadas a los habitantes de las comunidades, se pudo estimar que, con el apoyo y subsidio recibido por las instancias ejecutoras, el costo promedio de la inversión de un SCALL oscilaba entre 4,000 a 5,500 MXN; mientras que, de acuerdo con CONAGUA (2025b), el costo total sin subsidio ni apoyo oscila entre 30,000 a 40,000 MXN (35,000 MXN en promedio). Por tanto, de acuerdo con los cálculos realizados, la inversión inicial sería de 6,825,000 MXN para las 195 viviendas proyectadas en total; cifra que representa alrededor de un 5.98% de la inversión que SAPAL ya ha realizado como subsidio a comunidades rurales para abastecer mediante pipas (114 millones MXN [Gecentenarios, 2025]).

Respecto al tiempo requerido para su implementación, un SCALL puede instalarse en menos de 3 meses, dato reportado por las entrevistadas y sustentado por la CONAGUA (2025b), en cuyo manual menciona que puede concluirse en un periodo de entre 6 a 12 semanas; tiempo dependiente de factores como condiciones logísticas y capacitación comunitaria. En suma, Isla Urbana (2023) afirma que, su implementación no requiere una infraestructura compleja ni permisos institucionales extensos.

En relación con el mantenimiento, se estima que el costo por vivienda oscila entre 1,000 a 1,500 MXN por año (1,250 MXN en promedio) (Isla Urbana, 2023; CONAGUA, 2025b; Prieto-Jiménez *et al.*, 2024). Costo que se considera mínimo y que puede ser gestionado de manera local por medio de la capacitación comunitaria, fomentando la sostenibilidad operativa y la autogestión (*Íbidem*). Dando un costo acumulado anual aproximado de 243,750 MXN para las viviendas proyectadas (Tabla *37*).

Tabla 37. Inversión inicial para implementación de SCALL.

Comunidad	No. Viviendas Proyectadas a 2045	Costo SCALL (Subsidio) (MXN)	Costo SCALL (CONAGUA) (MXN)	Mantenimiento SCALL (MXN)
Mesa de Ibarrilla	116	$551,000	$4,060,000	$145,000
Llano Grande	59	$280,250	$2,065,000	$73,750
Saucillo de Ávalos	11	$52,250	$385,000	$13,750
Media Luna	9	$42,750	$315,000	$11,250
INVERSIÓN INICIAL (Año 1)	***195***	**$926,250**	***$6,825,000***	***$243,750***

La implementación de un SCALL conlleva a diversos beneficios, siendo uno de los principales el ahorro directo para el usuario, disminuyendo o erradicando el recurrente pago mensual por la obtención o el servicio de agua. Si bien, actualmente existe un subsidio otorgado por SAPAL para suministrar mediante pipas (mismo que gozan las 4 comunidades de este estudio); dilucidar este apoyo como solución, resulta inviable al ser un servicio intermitente y al no garantizar la disponibilidad del recurso de forma sostenida. Por medio del SCALL, el costo y mantenimiento requerido se traduce en una inversión inicial que, en el mejor de los casos, resultaría ser subsidiada, representando un ahorro significativo para los hogares (Isla Urbana, 2023 y CONAGUA, 2025b). Ahorro que permitiría a las viviendas contar con la posibilidad de destinar recursos a otras necesidades y servicios básicos requeridos, como

salud, alimentación o educación; siendo un impacto positivo crucial, sobre todo para poblaciones con alto IM (Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

Otro de los beneficios económicos directos es la eliminación del gasto anual asociado a la conexión a la red de distribución. Gasto anula previamente estimado en 1,170 MXN por vivienda; siendo una tarifa fija que, en contexto rural, no siempre garantiza un suministro continuo ni de calidad, así como evitar el gasto por contrato estimado en 650 MXN por vivienda. Al proyectar este gasto para el total de 195 viviendas, se obtiene un monto acumulado anual, visto como ahorro de 354,900 MXN. Ahorro que no sólo refleja la eficiencia económica del SCALL, además, evidencia la carga financiera implicada en mantener la conexión en zonas donde la infraestructura hídrica es limitada o intermitente. En este sentido, evitar dicha tarifa permite redirigir recursos hacia soluciones más sostenibles y adaptadas a las condiciones locales.

Otro ahorro significativo corresponde a la reducción del gasto en la adquisición de agua por pipas, práctica extendida en las comunidades rurales ante la falta de acceso confiable al recurso. Según lo reportado en las entrevistas, una pipa tiene un costo promedio de 1,242 MXN y, cada hogar en promedio adquiere 6 pipas al año, implicando un gasto anual de 7,452 MXN. Al extrapolar lo anterior, pensando en que con el uso del SCALL se pasaría de un consumo de 6 a 3 pipas por año, se estima un ahorro anual total de 726,570 MXN para las 195 viviendas proyectadas. Monto que revela la magnitud del gasto que los hogares destinan para abastecimiento externo, estando condicionado por disponibilidad, calidad del agua y urgencia del consumo. Erradicar este gasto no sólo representa un alivio económico, sino también una mejora en la autonomía hídrica de las viviendas.

Ahora bien, algunos beneficios del SCALL son complejos de cuantificar financieramente, pero, a modo de imperdible, es menester ubicar ciertos beneficios sociales, que si bien, no representan gastos asumidos, retratan los costos evitados por el usuario.

Primeramente, se resalta un ahorro en el rubro de salud, estimando una reducción en la incidencia de enfermedades, particularmente gastrointestinales, por la posibilidad de acceder asequiblemente a agua de mejor calidad para consumo humano (DOE, n.d. y Prieto-Jiménez *et al.*, 2024). Beneficio que bien podría monetizarse al calcular costos médicos evitados (consultas y medicamentos evitados), así como por pérdida de productividad por día de trabajo no laborado (Hanley y Barbier, 2009 y, Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

De acuerdo con Rodríguez Dozal *et al.* (2021), el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) reportó que, en 2019 en México, se presentaron alrededor de 6.58 millones de casos incidentes de enfermedades diarreicas; siendo factor clave e incidente el acceso a agua contaminada en las comunidades rurales. Por su parte, conforme al Acuerdo ACDO.AS3.HCT.281124/434.P.DF publicado en 2024 por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), se establecen los costos unitarios vigentes para 2025; permitiendo con ellos estimar el valor económico de la atención médica en modelos de análisis social; dando un

costo unitario promedio por consulta externa en primer nivel de atención de 1,296 MXN por evento, incluyendo atención médica, insumos y medicamentos básicos (IMSS, 2024).

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2024) respalda esta aproximación al señalar que, en localidades rurales dispersas, el acceso a servicios médicos se ve limitado por la distancia física y la falta de transporte público, lo que representa un gasto adicional para los hogares. Además, estudios recientes sobre atención primaria en zonas rurales destacan que la falta de transporte constituye una barrera económica recurrente para acceder a servicios médicos oportunos (León, 2025).

Esta barrera económica, implica un gasto indirecto significativo, generado por el traslado hacia unidades médicas urbanas como centros de salud o CAISES, variando según la distancia recorrida (entre 10 y 25 kilómetros) y el tipo de transporte disponible. Las opciones más comunes incluyen transporte privado, camiones suburbanos y taxis. Con base en tarifas locales vigentes de 2025, el costo promedio por trayecto oscila entre 100 y 200 MXN en transporte privado, 10 y 13 MXN en camión suburbano y hasta 150 MXN en taxi. Permitiendo estimar un gasto de transporte por evento médico (ida y vuelta) de aproximadamente 24 MXN en modo económico (camión), 300 MXN en carro (privado o taxi).

Esta cédula de gasto indirecto se construyó a partir de observaciones de campo en terminales suburbanas de León, así como del análisis de patrones de movilidad en las comunidades. Por lo que a fin del presente se considera un costo promedio por transporte para atención médica de 200 MXN. A este último gasto se suma la pérdida de ingreso por día no laborado, sobre todo en el contexto rural donde predominan actividades informales o agrícolas. Aunque el salario mínimo diario en México para 2025 es de 248.93 MXN, según la tabla oficial publicada por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI, 2024), en comunidades rurales el ingreso diario puede superar dicho monto en jornadas productivas, particularmente durante temporadas agrícolas. Estimado que la pérdida de ingreso por enfermedad o por consulta médica puede oscilar entre 280 y 320 MXN por día (300 MXN en promedio), lo que representa un costo económico significativo para los hogares rurales que dependen de ingresos no regulados (CONEVAL, 2024).

El INSP (Rodríguez Dozal *et al.*, 2021) reporta que, en zonas sin acceso a agua segura, la incidencia de enfermedades gastrointestinales puede superar los 2 a 3 episodios por persona/año, especialmente en niños menores de 5 años, quienes presentan una de las mayores cargas de discapacidad asociada a enfermedades entéricas en México.

A partir de lo anterior, se estimó un ahorro anual por reducción en la incidencia de enfermedades por consumo de agua de baja calidad; considerando este ahorro como el beneficio a la salud. Se estimó al sumar los costos de consulta médica (1,296 MXN), del transporte requerido (200 MXN) y del ingreso no percibido por día no laborado (300 MXN), multiplicado por el número de incidencias estimadas por año (2 a 3). Estimando que, el

ahorro anual por persona al año oscilaría entre 3,592 y 5,388 MXN (4,490 MXN en promedio). Y considerando en promedio 5 habitantes por vivienda, el ahorro anual promedio por vivienda sería de 22,450 MXN.

Otro beneficio social es el ahorro de tiempo, estimado a partir del ahorro implicado al evitar la búsqueda de medios y fuentes para abastecerse de agua por parte de los integrantes del hogar que recae principalmente en mujeres e infancias, tal y como sucede con el acarreo desde fuentes lejanas (Prieto-Jiménez *et al.*, 2024 y Isla Urbana, 2023). Tiempo que se traduce en un costo de oportunidad y en un beneficio económico tangible (Boardman *et al.*, 2018; SHCP, 2023).

En comunidades rurales sin acceso a la red de distribución de agua, actividades para el abastecimiento de agua, representa una inversión diaria de tiempo. Tiempo que, aunque no remunerado, puede valorarse como costo de oportunidad, especialmente en contextos donde las actividades productivas o educativas se ven desplazadas por la necesidad de abastecimiento doméstico.

Centrus IBERO (2024) ha documentado que el acarreo puede tomar entre 1 y 2 horas diarias por hogar, dependiendo de la distancia, el tipo de fuente y la disponibilidad de recipientes o medios de transporte. Estimando que este esfuerzo equivale entre 30 y 60 horas al mes, lo que, valorado con el salario mínimo vigente, representa una pérdida económica significativa (*Íbidem*).

Con un salario mínimo diario 248.93 MXN (CONASAMI, 2024) que equivale a 31.12 MXN por 1 hora y, considerando una jornada estándar de 8 horas. Se estima que el costo de oportunidad mensual por vivienda, con una base conservadora de 1 hora diaria de acarreo, sería de 933.49 MXN y, ascendiendo a 11,201.85 MXN al año.

Lo que refuerza la relevancia del ahorro en tiempo como beneficio social tangible. Los lineamientos del Programa de Captación de Agua de Lluvia (PROCAPTAR) reconocen este ahorro como un impacto positivo relevante zonas rurales con alta dispersión territorial, reduciendo carga doméstica y liberar tiempo para actividad educativa, productiva o de cuidado (CONAGUA, 2025a).

Finalmente, existen otros beneficios sociales como el aumento en la autonomía, la resiliencia y la autogestión hídrica comunitaria; además, la reducción de la presión sobre los acuíferos de la región y aprovechar el agua de lluvia como recurso previamente visto como desperdicio (CONAGUA, 2025b y Infobae, 2024).

Para fortalecer la transparencia en el ACB, la Tabla *38* presenta explícitamente los componentes del flujo de efectivo anual de beneficios y costos. La tabla detalla el valor monetario por hogar y el valor agregado para todas las comunidades en cada categoría, incluyendo ahorros por agua en pipas, tarifas evitadas de SAPAL, ahorros relacionados con la salud, ahorros de tiempo y costos de mantenimiento.

Tabla 38. Desglose de los componentes del flujo de efectivo anual de beneficios y costos.

	Por vivienda (MXN)	Por las 195 Viviendas (MXN)
Ahorro por No Gasto de Conexión	$1,820	$354,900
Ahorro por No Gasto de Pipas	$3,726	$726,570
Ahorro por Beneficios de Salud	$22,450	$4,377,750
Ahorro por Tiempo	$11,202	$2,184,361
Costo por mantenimiento	- $20,380	- $3,974,201

Igualmente se realizó el cálculo del VPN de este escenario, con flujos netos constantes anuales derivados de beneficios estimados (7,399,931 MXN) menos el mantenimiento anual (243,750 MXN) y, una TSD del 10%.

La Tabla *39* presenta los flujos y el VPN acumulado, en el cual se consideró la inversión inicial estimada de 6,825,000 MXN. El resultado del VPN indica una viabilidad económica favorable, generando un VPN acumulado positivo de 56,173,930.61 MXN. Valor que sugiere que el proyecto no sólo recupera la inversión inicial, sino que genera beneficios económicos sostenidos.

La estabilidad de los flujos y la progresiva acumulación del VPN refuerzan la pertinencia del escenario como alternativa eficiente para abastecimiento hídrico en comunidades rurales.

Tabla 39. VPN total del escenario de implementación de ecotecnias (SCALL).

Año	Flujo (MXN)	VPN (MXN)
1	$7,399,831	$6,727,119
2	$7,399,831	$6,115,563
3	$7,399,831	$5,559,602
4	$7,399,831	$5,054,184
5	$7,399,831	$4,594,713
***	***	***
10	$7,399,831	$2,852,955
***	***	***
20	$7,399,831	$1,099,938
	Σ	***$62,998,930***
VPN TOTAL DE ESCENARIO DE SCALL		***$56,173,930***

7.6.4 Análisis comparativo

Con el análisis comparativo se reveló una notable disparidad en la viabilidad socioeconómica entre ambos escenarios. Primeramente, con el escenario de expansión de la red de suministro de agua, se encontró que los costos de inversión para llevar la conexión a las comunidades resultan sumamente elevados, tal y como se logran apreciar en la Tabla *40*.

Resulta importante destacar que los montos de inversión para el proyecto de la red de distribución sólo implican los costos asociados a la línea hidráulica, sin contemplar los costos vinculados a estudios técnicos, permisos, obras complementarias o mantenimiento

continuo. En el que, por ejemplo, las comunidades con menor número de viviendas, como Media Luna con 9 viviendas, el costo por vivienda ascendería a 9,183,555 MXN aproximadamente (82,651,995 MXN / 9 viviendas) o Saucillo de Ávalos, con alrededor de 4,833,008.36 MXN (53,163,092 MXN / 11 viviendas).

Tabla 40. Comparativa de costos de inversión entre el escenario de conexión a la red y el escenario de ecotecnias por comunidad.

Comunidad	No. Viviendas Estimadas 2045	Costo Total Estimado Línea de Conducción (Monto Paramétrico y COM) (MXN)	Costo Total Estimado SCALL (Inversión y Mantenimiento) (MXN)
Mesa de Ibarrilla	116	$34,888,279	$4,205,000
Llano Grande	59	$31,980,923	$2,138,750
Saucillo de Ávalos	11	$53,163,092	$398,750
Media Luna	9	$82,651,995	$326,250
TOTAL	**195**	***$202,684,288***	***$7,068,750***

Así pues, con un costo total que asciende a 202,684,288 MXN para la línea hidráulica de las 4 comunidades, es un monto altamente superior al beneficio directo que obtendría por ingreso de tarifas el SAPAL; ya que, contemplando un ingreso total acumulado sin descuento de 29,368,448 MXN en 20 años, resulta prácticamente imposible recuperar la inversión de SAPAL en un horizonte temporal razonable.

En contrapunto, la propuesta del escenario con implementación de ecotecnias, particularmente de SCALL, dilucida una alternativa descentralizada, cuyo costo es significativamente menor. La inversión total para implementarle en el número de viviendas proyectadas en 2045 (195 viviendas), estaría entre 7,068,750 MXN; monto que contempla la estimación del costo anual de mantenimiento, monto mínimo y que teóricamente es más sencillo de gestionar de manera local a través de capacitación comunitaria (Isla Urbana, 2023; Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

Cifra que representaría alrededor del 5.3% del monto estimado para la inversión inicial de la red. Cabe precisar que este cálculo corresponde únicamente a los meses en que la captación de agua de lluvia es posible (aproximadamente entre 5 y 7 meses al año). Durante los meses restantes, las comunidades seguirían dependiendo de pipas u otros medios de abastecimiento, lo que implica un gasto adicional que debe considerarse en la evaluación integral de costos.

Aun así, la comparación evidencia que, incluso contemplando esta limitación, los SCALL representan una alternativa económicamente más accesible y con mayor potencial de gestión comunitaria frente a la inversión inicial de una red convencional.

Ahora bien, respecto a los beneficios sociales, en su conjunto, al evitar el costo por abastecimiento mediante pipas, la necesidad de contar con un subsidio para el servicio de alto costo y el ahorro directo en tarifas para los hogares, se generan impactos económicos significativos.

Los ahorros estimados por evitar la conexión a la red (354,900 MXN) y la compra de pipas (726,570 MXN) se suman a otros rubros de impacto económico directo, como el ahorro en salud (4,377,750 MXN), permeando un camino hacia la mejora dentro del rubro de salud, ya que se accede a agua de mejor calidad, lo que disminuye los gastos médicos e incrementa la productividad, como se mencionaba en el caso de Wixárika (Infobae, 2024) y; el ahorro por tiempo (2,184,361 MXN), ahorro significativo vinculado a la disminución de actividades como el acarreo o la gestión cotidiana del recurso, beneficio que, aunque complejo de cuantificar y monetizar, es un impacto social tangible (Prieto-Jiménez *et al.*, 2024 y Isla Urbana, 2023).

En suma, se encuentran otros beneficios como el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria y una autonomía hídrica, así como el empoderamiento de los usuarios y el fomento de la sostenibilidad ambiental al disminuir la presión sobre los acuíferos.

Así, el modelo proyectado genera un ahorro total anual estimado de 7,643,580.75 MXN para las 195 viviendas contempladas, lo que evidencia su viabilidad económica y su potencial transformador en términos de bienestar, equidad y sostenibilidad comunitaria. Así pues, la evaluación económica de ambos escenarios de intervención hídrica revela contrastes significativos en términos de viabilidad financiera, escalabilidad operativa e impacto comunitario.

Desde una perspectiva estrictamente económica, el escenario del SCALL presenta un VPN positivo de 56,173,930 MXN, lo que sugiere una recuperación eficiente de la inversión inicial y generación de beneficios, posicionándole como una alternativa económicamente viable. En contraste, el escenario de la expansión de la red de SAPAL arroja un VPN negativo de −228,078,534 MXN, derivado de flujos anuales deficitarios que no logran compensar los costos, incluso considerando el crecimiento proyectado de ingresos.

En términos de escalabilidad, la expansión de la red implica una infraestructura más robusta, con mayores requerimientos técnicos, logísticos y administrativos, lo que puede dificultar su implementación en comunidades con limitaciones presupuestales o institucionales. Por su parte, el escenario de ecotecnias brinda una opción replicable y de bajo costo, con potencial de adaptación a diversas condiciones geográficas y sociales.

Respecto al impacto comunitario, ambos proyectos pueden contribuir al acceso equitativo al agua, pero el escenario de ecotecnias resalta por su capacidad de empoderamiento local, al fomentar la autogestión del recurso y reducir la dependencia de redes centralizadas. No obstante, este potencial de descentralización se materializa si y solo si se logra una verdadera adopción social, en la cual los propios usuarios sostengan el funcionamiento y mantenimiento de sus ecotecnias con recursos propios.

De lo contrario, si el financiamiento depende de entes gubernamentales o externos, la lógica de descentralización se ve limitada y se corre el riesgo de reproducir esquemas de dependencia institucional. La expansión de la red, aunque más complejo, podría ser

pertinente en zonas con alta densidad poblacional y capacidad institucional consolidada. En la Tabla *41* se resumen los factores clave del comparativo realizado, remarcando la viabilidad de la implementación de ecotecnias de manera generalizada, pero sobre todo dentro del contexto rural.

Tabla 41. Comparativa de escenarios para el abastecimiento de agua.

Factores	Red de distribución de agua	Ecotecnia (SCALL)
Costo de Inversión Inicial	Muy Alto (>$200 MM MXN)	Bajo (<$8 MM MXN)
VPN Socioeconómico	Altamente Negativo	Positivo
Tiempo de Implementación	Largo (años), sujeto a permisos y complejidades técnicas	Corto (1-3 meses por fase)
Sostenibilidad Financiera	Dependiente de subsidios, financieramente inviable para el operador	Sostenible, con bajo COM gestionado por la comunidad
Sostenibilidad Ambiental	Alta dependencia energética para bombeo, presión sobre acuíferos	Sostenible, aprovecha recurso pluvial y opera con baja o nula energía
Equidad y Beneficio Social	Perpetúa un modelo que excluye a las zonas rurales y periurbanas	Fomenta la equidad, autonomía y resiliencia comunitaria
Riesgo Institucional	Alto (conflictos por derecho de vía, promesas incumplidas)	Bajo (basado en consenso y participación comunitaria)

7.7 Recomendaciones

A continuación, se presentan algunas recomendaciones para el trabajo futuro. Con base en el análisis hidráulico, económico y climático realizado en las cuatro comunidades, se propone adoptar criterios de costo total anual (CT) para seleccionar el diámetro de tubería, considerando eficiencia hidráulica, potencia requerida y costos operativos. Priorizar diámetros mayores (≥6”) en comunidades con alta elevación y trazos largos, como Media Luna y Saucillo de Ávalos.

Utilizar la precipitación local como parámetro clave para dimensionar SCALL, considerando techos de al menos 30–40 m² y coeficientes de escurrimiento adecuados (0.6–0.9). Fomentar la implementación de SCALL como solución descentralizada, especialmente en comunidades con baja densidad poblacional y alta vulnerabilidad hídrica. Integrar estos criterios en los manuales de diseño y convocatorias de financiamiento público, promoviendo esquemas híbridos que combinen infraestructura convencional con ecotecnias.

Dentro del modelo de gestión y la política pública se recomienda la creación o la propuesta de un programa dentro de los sistemas operadores para “SAPAL rural y captación de agua de lluvia; en el que se reconozca a la ecotecnia, particularmente al SCALL como parte integral de la infraestructura hídrica; buscando estandarizar técnicamente, la capacitación comunitaria y el seguimiento continuo a los SCALL.

También, contar con un modelo de financiamiento híbrido, esto es, contar con un esquema de subsidio o cofinanciamiento donde el organismo operador dirija una parte de su presupuesto para subsidiar parte del costo inicial del SCALL, mientras que el usuario aporta el resto, fomentando con ello la apropiación, transferencia y adopción de las ecotecnias.

Por otro lado, la promoción de un modelo descentralizado, al reformular o reaparecer las figuras de los Comités de Agua como parte de una gobernanza participativa. Donde SAPAL actúe como facilitador y supervisor técnico, brindando capacitación para el mantenimiento básico y la gestión local de los sistemas.

Otra recomendación fundamental consistiría en ajustar el marco normativo de SAPAL para que pueda invertir en soluciones descentralizadas de la red de distribución de agua y, reconocerlas como un cumplimiento válido de su obligación de proveer el servicio. Esto permitiría al organismo operador expandir su alcance sin las limitaciones de la infraestructura actual y convencional.

Igualmente, se recomienda realizar simulaciones técnicas por comunidad (considerando precipitación, área de techos disponible, demanda de agua) y profundizar el trabajo de campo con entrevistas a habitantes y técnicos del organismo operador; además de, evaluar mecanismos de financiamiento mixto (público-comunitario) para su implementación a mayor escala.

Finalmente, con la adopción de este enfoque, el gobierno municipal de León y SAPAL, no solo saldarían una deuda histórica con las comunidades, sino que posicionarían al municipio como referente de adopción de un modelo de gestión de agua innovador, resiliente y socialmente justo, contribuyendo a la seguridad hídrica y la justicia ambiental.

Síntesis de resultados

Los resultados obtenidos reflejan de forma contundente que el modelo centralizado y urbano propuesto por los organismos operadores, a pesar de destacar y reconocer la innegable labor y los logros obtenidos dentro de la cobertura urbana municipal, como sucede en León, con aproximadamente un 97% de la cobertura (SAPAL, 2025a); empero, se evidencia una profunda inequidad territorial.

La zona rural y con ella poblaciones en alto grado de marginación y vulnerabilidad hídrica, continúan sin acceso directo a agua potable, situación que se acentúa a causa de la lógica institucional tecnocrática, la cual no brinda soluciones adaptadas a contextos rurales dispersos (CONAGUA, 2024c y CONEVAL, 2023b). La expansión de la red en estas zonas, por ende, afronta fuertes barreras técnicas, estructurales y económicas (Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

Viabilidad (o inviabilidad) de los escenarios

Con el análisis realizado se encontró que llevar la infraestructura de la red hidráulica a comunidades como las cuatro estudiadas asciende entre 31,980,923 y 82,651,995 MXN. Por el contrario, implementar SCALL puede realizarse por menos del 6% del monto total del escenario anterior. Condiciones presentes en dichas comunidades, tales como una baja densidad poblacional y una topografía accidentada, aumentan los desafíos financieros y técnicos al plantear el escenario de expandir el modelo convencional de la red de distribución, conllevando a costos elevados por metro lineal de tubería y generando una considerable y compleja logística para los permisos de derecho de vía (IMTA, 2022b).

Además, las ecotecnias evitan dichos retos al operar de forma local y descentralizada, postulándose como alternativa más adaptable y eficiente en contextos dispersos (Prieto-Jiménez *et al.*, 2024). Que, de ser estandarizada dentro de la política pública hídrica, como lo menciona CONAGUA (2025b) y CONAZA (2025) una alternativa viable para la zona rural.

No obstante, para que su implementación sea eficiente se requiere, por principio, desarrollar lineamientos técnicos locales que reconozcan las particularidades territoriales; además, un modelo de financiamiento público-comunitario que permita la corresponsabilidad en la inversión y; programas de capacitación para el mantenimiento, fortaleciendo la autogestión y la sostenibilidad (Prieto-Jiménez *et al.*, 2024 y Isla Urbana, 2023).

Aunado a la experiencia previa en las comunidades, dentro de las cuales diversos programas e instancias han apoyado en la implementación de ecotecnias, entre los que se destaca el proyecto elaborado por el COTAS, se dilucida que bajo la aceptación explícita y la adopción de estas prácticas y técnicas por parte de los usuarios, se valida la viabilidad y el potencial de éstas para la adaptación y la generación de beneficios en el contexto rural (Tagle Zamora y Azamar Alonso, 2020; CONAGUA 2017a; Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

Sostenibilidad operativa y equidad territorial

Es menester resaltar las acciones realizadas por SAPAL, no obstante, la actual priorización respecto a los proyectos de cobertura en la zona urbana sigue perpetuando la exclusión de comunidades históricamente vulnerables y marginadas (CONEVAL, 2023b).

Por su parte, la adopción social de SCALL ofrece una alternativa para acceder equitativamente al agua, fomentando una resiliencia comunitaria y justicia hídrica. Alineándose con la perspectiva que critica al modelo tecnocentrista actual convencional, pues, al no contar con la infraestructura adecuada, el agua de lluvia, en su mayoría, es un desperdicio, en lugar de ser aprovechada y fungir como parte del abastecimiento en comunidades (CONAZA, 2025).

Con base a lo reportado en las experiencias de implementación de SCALL, se encontró una significativa reducción del costo operativo a través del mantenimiento comunitario,

evidencia que se respaldada por la participación para la gestión local de los recursos. Así pues, este escenario fortalece la gobernanza y autogestión comunitaria y, permea un proceso de apropiación, transferencia y adopción social. Siendo una dinámica en la cual se comparte la responsabilidad, siendo consistente con los principios de gestión de recurso propuestos por Ostrom (1990), y reconocida por instancias como CONAGUA (2025b).

Asequibilidad y ahorro para usuarios contrario al costo de oportunidad para SAPAL

El VPN obtenido para cada uno de los escenarios, refleja que, a pesar de tomar en consideración que los usuarios serán quienes asuman la inversión inicial, bajo la hipótesis de proyección a 20 años; el costo de implementación de SCALL es menor significativamente en relación con el costo acumulado asociado al proyecto de conexión a la red de distribución de agua. Representando un beneficio económico tangible y significativo para las viviendas; además de permear una perspectiva y estado de seguridad hídrica y permitiendo el uso de recursos y esfuerzos para otras necesidades básicas a cubrir.

Ahora bien, desde el punto de vista de SAPAL, con el escenario actual de no conexión a la red para las viviendas rurales, podría considerarse o traducirse como un ingreso no percibido. Sin embargo, el monto establecido como posible ingreso debe compararse con el costo de inversión implicado para la infraestructura (líneas de conducción, tanques de rebombeo, etc.) que se evita; costo que representa una magnitud superior. A ello se suma que, en la práctica, SAPAL ya incurre en gastos significativos para garantizar el abastecimiento mediante pipas en estas comunidades, lo cual constituye una forma de prestación del servicio que implica costos operativos y logísticos recurrentes.

Por ende, desde la perspectiva hacia un gasto público eficiente y del mandato de servicio, la inversión en ecotecnias resultaría ser una opción más efectiva para SAPAL, al permitir al organismo cumplir con su obligación de servicio de una forma más equitativa y sostenible, reduciendo tanto los costos de infraestructura como los gastos asociados al suministro provisional mediante pipas.

Desarrollo sostenible y beneficios no cuantificados

Con el análisis de los costos y beneficios directos, se subraya la superioridad de la implementación de ecotecnias. Empero, esta alternativa ofrece, además de los beneficios directos, otros de índole cuantitativa, pero igualmente esenciales, mismo que lo resaltan como una propuesta de valor desde una mira en vías hacia el desarrollo sostenible.

Algunos de estos beneficios incluyen la mejora en la salud pública mediante el acceso a agua de mejor calidad, un ahorro de tiempo significativo al eliminar actividades adicionales para lograr el abastecimiento, el fomento de una resiliencia comunitaria frente a las problemáticas hídricas actuales y, el empoderamiento de los usuarios al trascender de ser consumidores pasivos a gestores activos del recurso (DOE, n.d. y Prieto-Jiménez *et al.*, 2024).

En suma, se reduce la presión sobre los acuíferos y se da el aprovechamiento del agua de lluvia, resaltando beneficios ambientales que postulan a las ecotecnias con los ODS, particularmente los objetivos 3, 6, 11 y 13 (ONU, 2015; CONAZA, 2025; CONAGUA, 2025b).

Ahora bien, la realización del comparativo desde una evaluación socioeconómica demuestra que, si bien SAPAL ha migrado y ampliado su cobertura con eficiencia de forma significativa en la zona urbana, el modelo centralizado actual no ha logrado resolver la exclusión de comunidades rurales marginadas dentro del municipio. De acuerdo con la legislación mexicana, los sistemas municipales de agua tienen la obligación de garantizar el acceso al recurso hídrico en todas las comunidades de su jurisdicción, no únicamente en la cabecera municipal (Gobierno de México, 2025).

Siendo un reflejo de las problemáticas estatales, nacionales y globales. La extensión de la red de distribución de agua convencional como escenario propuesto, se enfrenta con altas barreras técnicas, estructurales y económicas prácticamente insuperables, mismas que desde el escenario ecotecnológico pueden superarse de forma efectiva.

La implementación de ecotecnias, como los SCALL, emerge entonces como una alternativa y solución económica, social y técnica más viable y ambientalmente sostenible, con un alto potencial para replicar a nivel municipal. Los VPN resultantes reafirman que las ecotecnias ofrecen una opción más costo-efectiva para lograr un acceso más equitativo del agua, además de generar un ahorro directo y significativo para el usuario final, además de liberar recursos de SAPAL que pueden ser destinados para el fortalecimiento de la red existente.

Conclusiones

Los resultados permiten concluir que el modelo centralizado de gestión hídrica ha alcanzado altos niveles de cobertura en zonas urbanas, pero ha perpetuado la exclusión de comunidades rurales marginadas. Esta inequidad territorial refleja que la lógica tecnocrática vigente no responde a las necesidades de poblaciones dispersas y vulnerables, generando barreras técnicas, económicas y sociales prácticamente insuperables para la expansión de la red convencional.

En contraste, la implementación de ecotecnias como los SCALL se presenta como una alternativa más viable, adaptable y costo-efectiva. Su operación descentralizada permite superar los retos de baja densidad poblacional y topografía accidentada, al tiempo que fomenta la autogestión comunitaria y la corresponsabilidad en el mantenimiento. Además, su adopción social fortalece la resiliencia hídrica y promueve una justicia territorial que el modelo urbano centralizado no ha logrado garantizar.

La evidencia también muestra que, desde la perspectiva de los usuarios, las ecotecnias representan un beneficio económico tangible, reducen el gasto operativo y liberan recursos para otras necesidades básicas. Desde la perspectiva institucional, constituyen una opción

más eficiente para organismos como SAPAL, al disminuir los costos de infraestructura y los gastos asociados al suministro provisional mediante pipas.

Finalmente, los beneficios no cuantificados, como la mejora en la salud pública, el ahorro de tiempo, el empoderamiento de los usuarios y la reducción de la presión sobre los acuíferos, refuerzan que las ecotecnias no solo son una solución técnica, sino también social y ambiental. En suma, la conclusión es que la integración estratégica de estas tecnologías en la política pública puede convertirse en un pilar fundamental para avanzar hacia un modelo de gestión hídrica equitativo, sostenible y resiliente, capaz de responder a los desafíos actuales y futuros en comunidades rurales y urbanas.

Centrándonos en la evidencia respecto a la viabilidad y efectividad de las ecotecnias, así como en el análisis socioeconómico resultante, se busca como parte final de proyecto de investigación la propuesta de un modelo administrativo que pudiese ser útil para la política pública donde se permee la integración estratégica de ecotecnias en la gestión del agua.

CAPÍTULO 8. MODELO ADMINISTRATIVO ECOTECNOLÓGICO DEL AGUA: PROPUESTA COMUNITARIA COMPLEMENTARIA

Introducción

La gestión del agua en comunidades rurales se ha consolidado como un campo que exige soluciones híbridas, necesitando ser capaces de articular a nivel doméstico y comunitario. Diversos estudios han demostrado que los SCALL son una alternativa viable para garantizar el acceso al agua, brindar seguridad hídrica, reducir la presión ejercida sobre fuentes convencionales y fortalecer la resiliencia comunitaria (Fonseca, 2022 y CONAGUA, 2017b).

A partir de ello, este capítulo plantea una propuesta complementaria: la creación de un espacio comunitario multifuncional, que pudiera ser un auditorio o cancha comunitaria, cuyo techo funja como área de captación para un SCALL comunitario. Se dilucida que esta infraestructura no solo fortalecería la cohesión social, sino que también ampliaría la capacidad de abastecimiento de agua para la comunidad, añadiéndose de forma congruente al volumen estimado en los capítulos anteriores.

8.1 Resultados previos: captación a nivel doméstico

Previamente se calculó la capacidad de captación de agua de lluvia en el hogar para las cuatro comunidades rurales de León (Sevilla Angulo *et al.*, 2026), para lo cual se consideró una precipitación media anual de 700 mm y un área de captación de 60 m y un coeficiente de escurrimiento de 0.8. Los resultados reflejan que cada hogar puede llegar a captar entre 50,000 y 56,000 L/año aproximadamente, dependiendo de la características y condiciones particulares de cada comunidad.

Así, el potencial de captación a nivel vivienda para las cuatro comunidades se estimó en un volumen anual mayor a los 2,000,000 L, lo que representa una fuente significativa de agua para usos no potables y, contando con un tratamiento adecuado, siendo viable para el consumo humano. Dichos resultados sientan la base para construir una propuesta comunitaria, buscando amplificar la capacidad de abastecimiento mediante infraestructura compartida.

8.2 Propuesta comunitaria: espacio multifuncional con SCALL

La propuesta consiste en la construcción de un espacio comunitario cuyo techo se diseñe para ser el área de captación de un SCALL. Su dimensionamiento proviene de la consideración de parámetros climáticos y representativos de la zona, así como de la consideración de una cubierta metálica de baja rugosidad, integrando, además, pérdidas por primera descarga y por filtración y, criterios de almacenamiento y operación estacional (CONAGUA, 2023b).

Con una precipitación media anual para León, Guanajuato, se considera como $P = 700$ mm/año $= 0.7$ m/año (CONAGUA, 2023b; Sevilla Angulo *et al.*, 2026). Por ello, el área de captación definida para el espacio comunitario sería $A = 400$ m^2, correspondiente a una cubierta promedio de 20 m × 20 m en una cancha techada o auditorio abierto, considerando una pendiente moderada (3–5%), la cual favorecería el escurrimiento hacia bajantes. El coeficiente de escurrimiento, considerando una lámina galvanizada es $C = 0.8$, éste estando dentro del rango para techos metálicos con pérdidas y rugosidad baja (Fonseca, 2022).

Para incorporar pérdidas por primera descarga y por filtración y conducción, se toma como referencia una eficiencia global del sistema $\eta = 0.9$, la cual es alcanzable a través del diseño de un dispositivo de primera descarga (first flush) y tren de filtración con mantenimiento regular; la adopción de este último valor merece una justificación detallada. En sistemas con primera descarga, se desvía el primer volumen de lluvia de cada evento para remover polvo, materia orgánica y contaminantes acumulados en la cubierta.

Si se asume una primera descarga de 1 mm por evento y una frecuencia anual de N eventos de lluvia, la pérdida anual por primera descarga sería $A \cdot 0.001 \cdot N$. En climas con $N \approx 50$ eventos/año, ello implicaría $A \cdot 0.05$ m $= 400 \cdot 0.05 = 20$ m^3.

Sin embargo, el dispositivo de primera descarga se dimensiona para vaciarse automáticamente y minimizar pérdidas innecesarias, y la filtración/conducción bien diseñada reduce pérdidas adicionales. Por ello, una eficiencia global del 90 % es razonable y conservadora para techos metálicos con mantenimiento trimestral (Isla Urbana, 2022 y Fonseca, 2022).

El volumen potencial anual captado se calcula con la expresión estándar, ajustada por escurrimiento y eficiencia:

$$V_{\text{anual}} = A \cdot P \cdot C \cdot \eta.$$

Por lo cual, sustituyendo los valores de diseño:

$$V_{\text{anual}} = 400 \text{ m}^2 \cdot 0.7 \text{ m} \cdot 0.8 \cdot 0.9 = 201.6 \text{ m}^3,$$

$$V_{\text{anual}} \approx 201{,}600 \text{ L/año}.$$

Este resultado equivale a cuatro veces la captación de un hogar con techo de 100 m², para el cual el volumen anual sería:

$$V_{\text{hogar}} = 100 \cdot 0.7 \cdot 0.8 \cdot 0.9 = 50.4 \text{ m}^3 \approx 50{,}400 \text{ L/año}.$$

El almacenamiento se puede dimensionar considerando la estacionalidad de la precipitación y los usos previstos. Dado que el volumen anual es de $201{,}600$ L, se recomienda una capacidad total de $120{,}000$–$150{,}000$ L, distribuida en módulos (por ejemplo, seis a ocho tanques de $20{,}000$ L).

Este rango cubre entre el 60 % y el 75 % del volumen anual, evitando un sobredimensionamiento y un costo innecesario, tomando en cuenta que parte del volumen se usará de manera continua durante la temporada de lluvia y que el SCALL operará como un reservorio estratégico para la época de estiaje (Figura *10*).

Así pues, el balance mensual podría estimarse al suponer que un 70 % de la precipitación anual ocurre entre los meses de junio y septiembre; meses en los que el volumen de captación sería aproximadamente de 141,120 L ($0.7 \cdot 201{,}600$), justificando la capacidad propuesta para cubrir la demanda comunitaria (CONAGUA, 2023).

Para un aseguramiento de la calidad del agua, otros procedimientos tendrían que ser considerados; para riego, limpieza y sanitarios, por ejemplo, podría ser suficiente la combinación de rejilla de sólidos, sedimentación, primera descarga y filtración; además, considerar la desinfección mediante hipoclorito o UV (Figura *11*) (Isla Urbana, 2022 y Fonseca, 2022).

Esto es, para un uso potable se requiere un tratamiento adicional y cumplimiento normativo específico, por lo que es recomendable, hasta el momento, mantener el uso no potable, salvo que se estableciera un protocolo de potabilización con control de calidad y sanitario.

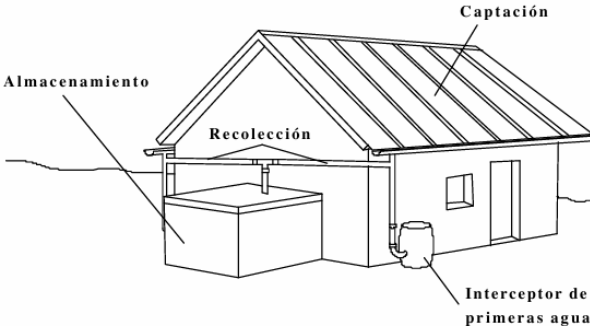


Figura 10. SCALL adaptado de Funcagua (2020).

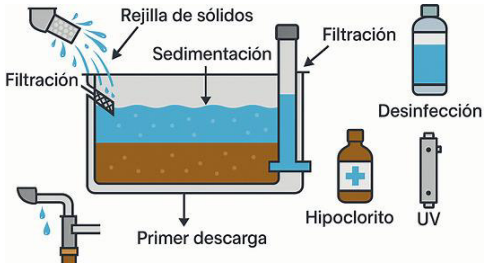


Figura 11. Procesos de tratamiento de agua de lluvia: rejilla de sólidos, sedimentación, filtración y desinfección. Elaboración propia con base en Isla Urbana (2022) y Fonseca (2022).

La integración de este volumen comunitario con los resultados a nivel vivienda es directa y cuantificable. Si cada comunidad cuenta con un espacio comunitario con estas especificaciones, la captación adicional sería de $201{,}600$ L/año aproximadamente para cada comunidad, esto es, $806{,}400$ L/año para las cuatro comunidades estudiadas. Aunado a los $2{,}000{,}000$ L/año estimados con anterioridad, el total alcanzaría alrededor de $2{,}806{,}400$ L/año.

Este incremento mayor al 40 % en relación con la captación doméstica estimada, refuerza la viabilidad y el impacto en la seguridad hídrica, además de mejorar los indicadores del ACB al distribuir beneficios en un sistema comunitario con externalidades positivas en cohesión social y educación ambiental (Sevilla Angulo *et al.*, 2026).

8.3 Modelo participativo para la implementación de ecotecnias

8.3.1 Estructura del modelo participativo

El modelo propuesto se fundamenta en la idea de que cualquier proyecto debe de involucrarse con la comunidad, siendo un proceso de participación activa en cada etapa, desde la planificación hasta el mantenimiento. La evidencia muestra que los proyectos de gestión que carecen de participación social tienden a fracasar a largo plazo, mientras que aquellos con gobernanza comunitaria y adopción social mantienen su operación e incrementan sus resultados (Fonseca, 2022).

Bajo este esquema, los usuarios asumen la operación cotidiana, el mantenimiento básico y la mejora continua del sistema; en la parte técnica, encargándose del diseño, la capacitación y la supervisión de instalación y la calidad del recurso; autoridades locales y estatales facilitan permisos, apoyos financieros y la articulación con programas públicos como PROCAPTAR (CONAGUA, 2017b). La claridad en roles y responsabilidades asegura transparencia, apropiación social y sostenibilidad.

8.3.2 Mecanismos de financiamiento comunitario

Su sostenibilidad financiera requiere mecanismos que permitan cubrir el costo de implementación, mantenimiento y expansión. Ergo, se propone la creación de fondos comunitarios con rotación, en los que las familias aporten cuotas periódicas destinadas a la compra de insumos y repuestos, así como la adopción de esquemas de microfinanzas rurales para la adquisición de materiales.

La integración con apoyos públicos y privados, incluyendo programas federales y municipales de infraestructura social, permitiría asegurar recursos hacia el futuro y reducir barreras de entrada, tales como los obstáculos iniciales que enfrentan las comunidades para implementar ecotecnias, como son costos de inversión, falta de financiamiento accesible, escasa información técnica disponible y una limitada capacidad organizativa para sostenerse en sus primeras etapas. Este modelo híbrido, que combina subsidios iniciales con participación comunitaria, permitiría que el sistema pueda mantenerse en el tiempo sin depender exclusivamente de recurso externo y mejora los resultados del ACB al distribuir costos y beneficios de manera equitativa (Sevilla Angulo *et al.*, 2026).

8.3.3 Implementación participativa

Se plantea una implementación organizada en etapas consensuadas de forma comunitaria.

La primera consiste en la definición del problema desde la comunidad, permitiendo reconocer necesidades y prioridades locales como punto de partida. A partir de ello, se desarrolla un proceso de sensibilización y capacitación mutua, mediante talleres que explican el funcionamiento de ecotecnias y su importancia en la gestión del agua, incorporando saberes locales y prácticas tradicionales que enriquecen el aprendizaje

colectivo. La segunda etapa correspondería al diseño participativo, donde se defina comunitariamente la ubicación del espacio, el diseño del sistema y la disposición de tanques de almacenamiento, bajo criterios técnicos y sociales. La tercera se centra en la inserción e instalación, realizada con mano de obra local y supervisión técnica, permeando con ello la transferencia de capacidades.

Finalmente, se propone el monitoreo y evaluación, para lo cual se sugiere la creación de un comité comunitario que registre el volumen captado, los usos del agua y el mantenimiento, contemplando un proceso de retroalimentación periódica para evaluar el funcionamiento del sistema (Isla Urbana, 2022).

8.3.4 Estrategias de mantenimiento, sostenibilidad y adaptación

El mantenimiento a largo plazo es crucial para la sostenibilidad del sistema. Por ello se propone un mantenimiento preventivo que contemple la limpieza trimestral del sistema (cisterna, canaletas y filtros), la inspección semestral del mismo y la limpieza y purga en las primeras lluvias. Cabe señalar que esta propuesta no busca sobrecargar a los individuos con tareas excesivas, sino establecer un esquema mínimo que asegure la funcionalidad del sistema. La idea es que la ecotecnia sea lo más discreta y práctica posible, por lo que las acciones preventivas se plantean como rutinas simples y de bajo esfuerzo, que eviten fallas mayores y garanticen la durabilidad del sistema. La capacitación continua fortalecería su funcionamiento y evitaría las fallas, contando con soporte técnico y acceso a insumos por parte o mediante la vinculación con programas estatales y organizaciones no gubernamentales (CONAGUA, 2023b).

8.3.5 Propuesta de adaptación social y económica

El modelo propuesto resalta la importancia de integrar el saber local dentro del diseño y operación de las ecotecnias, reconociendo que las prácticas tradicionales de manejo del agua constituyen un patrimonio cultural y técnico que no debe ser soslayado, sino integrado con los conocimientos científicos y tecnológicos actuales. Incorporar éstos en el diseño de ecotecnias, no solo legitima la propuesta, sino que también facilita su aceptación social y su sostenibilidad a largo plazo (Fonseca, 2022 y Sevilla Angulo *et al.*, 2026).

Hacia el futuro, se plantea la realización de talleres comunitarios que aborden de manera integral la calidad del agua, el uso eficiente y el mantenimiento. Debiendo diseñarse desde la metodología participativa, donde los usuarios no sean receptores pasivos de información, sino protagonistas en la construcción.

La capacitación debe incluir aspectos técnicos, como la limpieza de canaletas, la operación de dispositivos de primera descarga y la desinfección básica; además, contar con componentes sociales, como la organización comunitaria para el mantenimiento colectivo y la creación de comités de agua que velen por la operación y mantenimiento continuo. La experiencia demuestra que cuando la comunidad se apropia de los procesos de

capacitación, los proyectos trascienden la dependencia de actores externos y se consolida como práctica cotidiana (Isla Urbana, 2022).

Asimismo, se proponen incentivos que favorezcan la adopción social, pudiendo materializarse en la reducción de costos asociados al abastecimiento de agua, en beneficios colectivos como el riego de áreas verdes comunitarias o en el reconocimiento público de las familias y comités que participan activamente en el mantenimiento.

El reconocimiento comunitario, aunque intangible, tiene un alto valor simbólico y refuerza la cohesión social, generando un sentido de pertenencia y orgullo en torno a la infraestructura hídrica compartida. Además, la reducción de costos en la compra de agua o en el transporte desde fuentes externas constituye un incentivo económico directo que mejora los indicadores del ACB y fortalece la resiliencia comunitaria (Sevilla Angulo *et al.*, 2026).

La sostenibilidad social y económica del proyecto también depende de generar esquemas financieros comunitarios. Se recomienda la conformación de fondos rotatorios, alimentados por aportaciones periódicas de los hogares, permitiendo cubrir gastos de mantenimiento, reposición de insumos y eventual ampliación de la infraestructura. Estos fondos pueden complementarse con esquemas de microfinanzas rurales, que faciliten el acceso a créditos pequeños para la adquisición de materiales y equipos, y con apoyos públicos provenientes de programas como PROCAPTAR. La combinación de financiamiento comunitario y externo asegura que no se dependa exclusivamente de subsidios, sino que se sostenga en la corresponsabilidad de los actores locales.

La propuesta de adaptación social y económica también contempla la necesidad de asegurar la sostenibilidad a largo plazo mediante planes de mantenimiento comunitario. Éstos deben establecer rutinas claras de limpieza, inspección y reparación, así como protocolos de respuesta ante contingencias, como lluvias extremas o sequías prolongadas.

La adaptación al cambio climático se incorpora mediante el monitoreo participativo de los patrones de precipitación y la capacidad de ajustar las estrategias de almacenamiento y uso según las condiciones locales. De esta manera, la comunidad no solo se convierte en usuaria de la infraestructura, sino en gestora activa de su resiliencia hídrica.

Finalmente, este enfoque garantiza que el proyecto no solo sea técnicamente viable, sino también social y económicamente sostenible. Al articular el saber local, capacitación participativa, incentivos comunitarios y financieros, se construye un modelo de gestión que mejora los indicadores del ACB, fortalece la resiliencia comunitaria y asegura la mejora continua del sistema en el tiempo.

Además, la propuesta de captación de agua de lluvia permea una transformación social, donde el agua deja de ser únicamente un recurso físico para convertirse en un catalizador de organización, equidad y desarrollo comunitario.

Conclusiones

Al incorporar un espacio comunitario multifuncional que sirva como un SCALL comunitario, se potencia y complementa estratégicamente la seguridad hídrica anual de las comunidades. Con base en los resultados del capítulo 6, los cuales documentan que los SCALL por hogar llegan a cubrir la demanda por un periodo de 4 a 7 meses, la integración operativa de ambos propuestas de abastecimiento, sugiere un escenario de uso estacional diferenciado. Si bien, el suministro a nivel individual llega a garantizar la autonomía en la época de lluvias y los meses inmediatos de reserva (junio a enero); la propuesta del SCALL comunitario se constituye como un reservorio estratégico para los periodos de mayor vulnerabilidad.

Bajo este contexto, se estima que el volumen comunitario captado es conveniente a partir del mes de febrero, mes identificado dentro del trabajo de campo como el punto crítico donde se agota el almacenamiento individual y se intensifica la dependencia de pipas. Con más de 800 m^3 de agua captada comunitariamente (201,600 L/año por comunidad), se incrementa en más del 40 % la capacidad total de captación respecto a la estimada únicamente en el nivel doméstico.

Al verificar su dimensionamiento frente al análisis socioeconómico realizado en el capítulo 7, la capacidad de almacenamiento propuesta de 120,000 a 150,000 L por comunidad permite retener entre el 60 % y 75 % del volumen captado al año.

Dilucidando con este diseño una propuesta suficiente para mitigar el déficit hídrico identificado en los hogares y reducir los gastos anuales en pipas comerciales, que promedian los $7,452 MXN por vivienda, lo que garantizaría la disponibilidad para los cuatro meses de estiaje más severo (febrero a mayo). Este aumento no sólo es volumétrico, ya que, al estar vinculado con la infraestructura comunitaria, puede llegar a ser un parteaguas para externalidades positivas en cohesión social, gobernanza del agua y educación ambiental, que a la par mejorarían el uso y mantenimiento del SCALL.

El modelo integra la dimensión técnica con la dimensión social, a través de un esquema participativo con roles claros, financiamiento comunitario y capacitación continua y también, con la dimensión económica, al reforzar la viabilidad demostrada por el ACB y distribuir beneficios de manera equitativa entre viviendas y comunidad.

Respecto a la política pública y replicabilidad, el modelo pudiera ofrecer una ruta para escalar la gestión del agua en la zona y posiblemente en otras regiones rurales de México. Al convertir el espacio comunitario en un espacio para la seguridad hídrica y social, hacia el futuro, el trabajo pudiera trascender del ámbito académico y se convertirse en una herramienta para la acción, pudiendo transformar prácticas locales y consolidar una cultura de gestión sostenible.

DISCUSIÓN GENERAL

Los hallazgos encontrados confirman que el agua, concebida como derecho humano, está constantemente bajo una fuerte tensión entre su concepción como bien público y su mercantilización como servicio privado. Aunque los marcos internacionales y nacionales reconocen la necesidad de garantizar su acceso universal, seguro y asequible, la práctica institucional continúa subordinando este derecho a la capacidad económica del usuario, perpetuando la marginación socioeconómica y territorial.

Este contraste entre normatividad y realidad resalta que la crisis de agua en León y México no debe abordarse desde una perspectiva técnica únicamente, además, requiere un análisis político y social que reconozca la inequidad estructural.

Bajo estas premisas, la tecnología convencional vinculada a megaproyectos ha demostrado ser insuficiente, pues genera un alto costo social y ambiental sin resolver el problema de fondo. Frente a ello, las ecotecnias y la recuperación del saber ancestral surgen como alternativas, brindando soluciones de bajo impacto y estando adaptadas a cada contexto. La recuperación de prácticas históricas como la captación de agua de lluvia o los baños secos confirma que la innovación no proviene sólo de la técnica moderna, también del reconocimiento de una memoria comunitaria.

Así, la tecnología se revela como un medio condicionado por valores sociales y culturales, más que como un fin neutral, lo que sugiere una necesidad por repensar su rol dentro de la transformación social.

Los ejemplos de megaproyectos evidencian claramente cómo la falta de una gobernanza integral y la fragmentación institucional generan soluciones simbólicas que no atienden la problemática del acceso al agua *per se*. Así, factores asociados como la resistencia social, el despojo comunitario y el costo económico muestran que, privilegiar obras físicas por encima de la GIRH y la participación ciudadana perpetúa la crisis en lugar de darle una solución. La experiencia de los SCALL muestra que la autogestión comunitaria fortalece la resiliencia hídrica, reduce costos y promueve justicia social, cuestionando la pertinencia del modelo centralizado que históricamente los ha mantenido al margen y en exclusión.

Asimismo, los resultados resaltan que la adopción social de ecotecnias depende no solo de su viabilidad técnica, sino de un proceso formativo y cultural que legitimen su uso. La percepción positiva del usuario contrasta con las barreras culturales y de aceptación encontradas, reafirmando la necesidad de campañas de sensibilización y programas de formación que integren el conocimiento con el diálogo de saberes comunitarios.

La transferencia tecnológica, por tanto, debe entenderse como un proceso social en constante construcción, más que una implementación técnica y, considerar indudablemente a la educación como un factor necesario para su sostenibilidad.

Las implicaciones para la política pública son contundentes: planes estatales y municipales carecen de mecanismos claros de seguimiento y responsabilidad, limitando su efectividad. La evidencia sugiere que es menester transitar hacia modelos adaptativos que integren estratégicamente las ecotecnias en la gestión.

Esto no solo responde a la crisis hídrica, sino que también se alinea con los ODS, particularmente en materia de salud, equidad y resiliencia climática. La apuesta por ecotecnias debe dejar de considerarse marginal y convertirse en estrategia para garantizar justicia hídrica y sostenibilidad.

Finalmente, aunque los resultados evidencian beneficios claros de las ecotecnias, su adopción enfrenta limitaciones culturales, financieras e institucionales. El estudio se centró en León y Guanajuato, lo que restringe la generalización a otros contextos, por lo que futuras investigaciones podrían explorar comparativamente su implementación en distintas regiones, así como evaluar su impacto a largo plazo en indicadores de salud, equidad de género y resiliencia comunitaria.

Igualmente se sugiere profundizar en modelos híbridos que integren lo convencional con soluciones descentralizadas, buscando un equilibrio entre eficiencia técnica y justicia social. En suma, se reafirma que la crisis del agua no es solo un problema de disponibilidad, sino de gobernanza, cultura y política y, que las ecotecnias representan una vía para avanzar hacia un modelo más justo y sostenible.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Conclusiones

El análisis del capítulo 1 subraya que la problemática es una crisis de índole multifacética, resultado de la escasez, la contaminación y las deficiencias presentes y desarrolladas a lo largo de la historia de su gestión. Pese a ser un elemento indispensable para la vida y la dignificación humana, su protección ha sido desatendida bajo la creencia equívoca de que se trata de un recurso inagotable. Los procesos acelerados de producción y consumo han intensificado su explotación, deteriorando su calidad y disponibilidad, lo que ha conducido a severos problemas de escasez que repercuten a millones de personas. Bajo este panorama, el reconocimiento del agua como derecho humano se vuelve un tema imperativo, puntualizando la urgencia de garantizar un acceso universal, seguro y asequible.

No obstante, consolidar este derecho implica la afronta de retos significativos, comenzando por debatir respecto a su condición y concepto como un servicio público o privado, incidiendo directamente en la marginación socioeconómica. Ergo, el agua debe ser entendida como un bien con valor social y cultural, indispensable para una vida digna y prerrequisito para otros derechos humanos. En consonancia, se ha declarado que el derecho al agua y al saneamiento es fundamental para garantizar todos los demás derechos, subrayando que su acceso no debe depender de la capacidad económica. En ese entendido, la provisión de agua no es suficiente, el saneamiento resulta indispensable para asegurar su calidad, repercutiendo en la salud y en el entorno.

Si bien en Latinoamérica se comparten condiciones estructurales que evidencian la necesidad de transformar la gobernanza del agua y fortalecer la participación social, el caso de León, permite observar esta dinámica de forma concreta. En León, alternativas como la captación de agua de lluvia y el uso de ecotecnias han mostrado beneficios comunitarios al reducir desigualdades económicas, sociales y culturales. Así, el agua se concibe como un derecho humano en proceso de consolidación, cuyo cumplimiento busca romper el ciclo de exclusión y pobreza, requiriendo la colaboración de gobiernos, organizaciones internacionales y sociedad civil.

Con el desarrollo del capítulo 2, se entiende que actualmente se ha dado por certeza que la globalización es ineludible (Friedman, 1997), con respaldo de miras como la de Bill Gates en Camino al futuro (Gates, 1995), donde se aboga por aprovechar el progreso sin titubear ni cuestionar. Aun así, la oposición a dicho modelo económico argumenta que, se pasa por alto las repercusiones del crecimiento a gran escala, como el deterioro ambiental, conflictos étnicos, desempleo y desigualdad social. La globalización y la tecnología tradicional han tendido a la explotación de recursos y a la devastación del medio, lo que ha provocado desequilibrios ecológicos significativos y una escasez socialmente construida. Por tanto, la

tecnología, por sí misma, no es promotora del progreso social (Feenberg, 2003) y, continuar bajo este modelo posee un alto costo social y ambiental.

Plantear al desarrollo económico como única solución es inviable, pues no aborda distintas aristas del problema, como el aumento desmedido de la población y con éste, el desgaste de recursos. La modernidad ha generado una división social del conocimiento con un enfoque individualista y de intereses particulares, descuidando así los costes sociales, patrimoniales y ambientales, generando una fuerte dificultad de discernimiento sobre la utilidad real de las acciones bajo la percepción de rentabilidad económica del mercado; por ello, pese a los beneficios aparentes, continuar bajo este modelo, posee un alto costo.

Confirmando que la crisis hídrica y socioeconómica actual se articula directamente con la priorización de los aspectos económicos, conduciendo a fuertes dificultades para discernir la utilidad real de las acciones bajo la percepción exclusiva de la rentabilidad del mercado. Se ha dado por certeza que la globalización es ineludible, donde se aboga por aprovechar el progreso sin titubear ni cuestionar. Aun así, se ha instado por un modelo que ignora las repercusiones del crecimiento a gran escala, como el deterioro ambiental, el desempleo y la desigualdad social. Así, la tecnología tradicional ha contribuido a la explotación de recursos y a la devastación del medio, generando desequilibrios ecológicos y una escasez socialmente construida; así pues, la tecnología por sí sola no garantiza progreso social y, continuar bajo este modelo implica altos costos sociales y ambientales.

Frente a esta perspectiva dominante, surge la recuperación de saberes y técnicas ancestrales como alternativa sustentable, ya que integran espiritualidad, gestión y adaptación al entorno, otorgando identidad comunitaria y cultural. Su práctica demuestra eficacia y sostenibilidad, como muestran ejemplos históricos, tales como el impluvium romano o los chultunes. Así pues, la ecotecnología se presenta como una opción viable para acceder, disponer y abastecer de agua frente a los retos del siglo XXI, siendo adaptables a cada contexto con soluciones de bajo impacto y costo, dignificando las condiciones sociales y económicas de quienes las implementan.

Ergo, al proponer ecotecnias se promueven procesos como la reutilización y el reciclaje, integrando factores socioeconómicos y de género, reconociendo el papel de las mujeres en la gestión. Su implementación constituye una solución sistémica e integral que disminuye la discriminación y facilita la adaptación al cambio climático. En comparación con enfoques convencionales como presas y embalses, la captación de agua de lluvia ofrece beneficios locales y reduce la presión sobre los recursos. La recuperación de lo ancestral, frente a la mercantilización y los ecocidios, se convierte en una expresión de identidad, memoria y defensa del territorio. Reconocer la diversidad cultural y social, respetar el derecho comunitario a la autodeterminación y regular las prácticas industriales son pasos indispensables para avanzar hacia una gestión hídrica justa y sostenible.

Al desarrollar el capítulo 3, encontramos que, la sociedad actual, caracterizada por ser frágil y en incertidumbre, coloca a la técnica en un papel decisivo en el proceso de transformación social. Por lo cual, su concepto, al carecer de criterios universales de adaptabilidad, debe ser capaz de modificarse y transferirse con rapidez, especialmente en contextos inestables. Bajo esta premisa, la tecnología de bajo costo y bajo impacto social se postula como alternativa viable, aunque su complejidad radica en definir criterios que la conviertan en herramienta no solo técnica, sino también social y política, orientada al desarrollo y la liberación de los grupos. La tecnología, entendida como una ciencia aplicada, producto cultural o brazo del sistema social, ha sido una herramienta de transformación que busca dar respuesta a las necesidades humanas. No obstante, ha generado una desigualdad tecnológica, pues no suele estar al alcance del sector marginado o con bajo nivel adquisitivo.

En ese sentido, la ecotecnología desarrollada en México, aunque incipiente, se orienta a mejorar la calidad de vida, especialmente en zonas rurales. Postulando a la educación como clave dentro de este proceso, ya que fomenta conciencia, actitudes y habilidades que permiten la inserción productiva en la sociedad. Asimismo, se destaca la importancia de integrar el conocimiento científico con el diálogo de saberes comunitarios, lo que fortalece la innovación y promueve inclusión social. Así pues, la ecotecnología, por su manejo sustentable de recursos, es una alternativa sólida para el desarrollo. Empero, es menester comprenderla como un proceso en constante formación y susceptible de mejora continua. Su transferencia no puede evaluarse únicamente desde su fracaso o injusticia, sino desde la racionalidad y normatividad que acompañan su adopción. Finalmente, la educación se reafirma como un factor indispensable, pues coloquialmente, un pueblo que no conoce difícilmente podrá generar procesos nuevos y orientados al desarrollo, por lo que la formación debe ser parte integral de cualquier estrategia de transformación social.

En el capítulo 4, mediante el análisis de la gestión del agua en León, se evidencia que la implementación de megaproyectos, como la presa El Zapotillo, han resultado en soluciones simbólicas que no atienden el conflicto. Los intereses han soslayado la evaluación de estrategias reales, generando procesos vacíos y postergando soluciones efectivas. Tras 16 años de resistencia social y disputas, la decisión del Gobierno Federal de limitar la altura de la presa y excluir a Guanajuato del suministro dejó a la ciudad en una situación crítica, confirmando las fallas de coordinación institucional y la fragmentación territorial, cuyos impactos se manifiestan en múltiples dimensiones.

En el ámbito social y humano, se expresa un proceso deshumanizante, con desplazamiento forzado y despojo de propiedades en comunidades como Acasico, Palmarejo y Temacapulín. Lo que genera, además, una desarticulación en los patrones de existencia y daños irreversibles en lo político, comunitario y cultural. Desde una mira económica, se estima un costo de miles de millones de pesos en infraestructura limitada e inconclusa. Con ello, la ciudad de León continúa enfrentando una crisis hídrica severa, con una dependencia del 99 % de fuentes subterráneas, mientras la sobreexplotación del acuífero Valle de León

persiste, agravada por la falta de planeación multidimensional y la ineficiente administración. Evidenciando que, privilegiar obras físicas por encima de la GIRH y la participación comunitaria que, no han resuelto la crisis, por mucho la han postergado. El caso de El Zapotillo es un testimonio de una política que fracasó en su objetivo principal, dejando una deuda social y económica irremisible, mientras el problema del agua permanece sin solución.

El caso de la presa El Realito complementa este panorama, mostrando que incluso los proyectos que sí se concretan enfrentan vulnerabilidades técnicas y sociales que ponen en duda su capacidad de garantizar seguridad hídrica. Las fallas en su infraestructura y la dependencia de un solo sistema de gran escala evidencian que la resiliencia hídrica no puede basarse únicamente en megaproyectos, sino que requiere diversificación de fuentes y estrategias locales de gestión. La comparación entre El Zapotillo y El Realito revela que la política hídrica nacional ha privilegiado soluciones centralizadas y de gran envergadura, sin atender de manera suficiente las dimensiones sociales y comunitarias. Mientras El Zapotillo ejemplifica los costos sociales y políticos de un proyecto inconcluso, El Realito muestra los riesgos de confiar en obras que, aun operando, pueden fallar y dejar sin agua a miles de personas.

En el capítulo 5, al analizar los problemas del agua en México se entreve que, la priorización por construir grandes obras hidráulicas, aunque justificadas por beneficios económicos, ha generado costos sociales y ambientales significativos. La falta de información precisa y de mecanismos normativos claros ha derivado en vacíos legislativos que impiden prevenir y resolver adecuadamente estos conflictos. La resistencia social y la presión internacional han impulsado la reintegración de comunidades en los procesos de toma de decisiones, pero persisten deficiencias en la planificación y gestión integral. Ejemplos como el Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato Visión 2040 y los planes municipales de León muestran propuestas generales, sin responsables claros ni mecanismos de seguimiento, lo que limita su efectividad y transparencia.

La revisión histórica de la gestión en Guanajuato y León evidencia un modelo centrado en la oferta y en grandes infraestructuras, como el proyecto El Zapotillo, que ha dejado una deuda social y económica sin resolver. Aunque se han impulsado acciones bajo un enfoque de GIRH, como la instalación de SCALL y la restauración de suelos, los resultados han sido limitados por obstáculos institucionales y políticos. Además, los informes ambientales y programas como Captemos Agua presentan deficiencias en transparencia, indicadores inadecuados y ausencia de seguimiento, dificultando evaluar avances concretos. En conjunto, se observa la necesidad de políticas públicas integrales, multifactoriales y adaptables, que superen la fragmentación institucional y fortalezcan la participación comunitaria. La apuesta por la ecotecnología y las ecotecnias se perfila como un factor clave para garantizar el acceso a bienes y servicios básicos, mejorar la calidad de vida y reducir la pobreza y la desigualdad. Sus procesos inclusivos y de innovación permiten avanzar hacia

un desarrollo social sostenible y sustentable, generando una transformación socioecológica que responda de manera efectiva a la crisis hídrica en León y en México.

En el capítulo 6, se llevó a cabo el análisis realizado a partir de 19 entrevistas en hogares y escuelas muestra un consumo promedio anual por persona de 22,455 L, cifra significativamente inferior al umbral recomendado por la ONU de 33,600 L/persona/año. Las actividades de mayor consumo corresponden a la descarga del sanitario, la ducha y el lavado de ropa y trastes, lo que evidencia que las necesidades básicas de higiene y saneamiento concentran la mayor parte del gasto hídrico. Este subconsumo generalizado refleja una vulnerabilidad estructural que puede estar asociada a restricciones de acceso, prácticas de ahorro extremo o carencias en infraestructura, con implicaciones directas en la salud pública, la equidad de género y la calidad de vida, especialmente en el entorno escolar.

Los resultados también destacan el potencial de ahorro hídrico derivado de la implementación de tecnologías alternativas de saneamiento, como baños secos y el reúso de aguas grises. Estas prácticas eliminan la demanda de agua para descarga sanitaria, logrando reducciones de entre 47 y 94 m^3/año por hogar, lo que refuerza su viabilidad como medidas sostenibles de gestión doméstica. Asimismo, los SCALL contribuyen a una autonomía hídrica parcial, permitiendo a las familias extender el uso del recurso durante varios meses y consolidándose como estrategias efectivas de adaptación frente a la escasez.

La percepción de los usuarios sobre los SCALL es altamente positiva: se consideran tecnologías sostenibles, replicables y de fácil mantenimiento, que generan beneficios tangibles en seguridad hídrica, ahorro económico y autonomía. No obstante, se identifican barreras culturales y de percepción que limitan su adopción, lo que subraya la necesidad de campañas de sensibilización y educación ambiental. Los entrevistados señalaron que para garantizar la continuidad y expansión de estas ecotecnias se requieren apoyos institucionales sostenidos, mejoras en infraestructura y esquemas de financiamiento accesibles. En conjunto, los hallazgos confirman que la implementación de ecotecnias reduce el consumo en más del 89 % y el gasto en más del 58 %, constituyendo una estrategia efectiva para la gestión sustentable del agua y la resiliencia hídrica comunitaria.

El análisis realizado en el capítulo 7 confirma que el modelo centralizado y urbano de gestión hídrica, aunque ha logrado una cobertura cercana al 97% en León, perpetúa una profunda inequidad territorial. Las comunidades rurales marginadas continúan sin acceso directo a agua potable, debido a la lógica institucional tecnocrática que no ofrece soluciones adaptadas a contextos dispersos. La expansión de la red hidráulica en estas zonas enfrenta costos elevados, estimados entre 31,980,923 y 82,651,995 MXN, además de barreras técnicas y logísticas. En contraste, la implementación SCALL puede realizarse con menos del 6% de ese monto, mostrando mayor viabilidad y adaptabilidad en escenarios rurales.

La experiencia comunitaria evidencia que las ecotecnias fortalecen la autogestión y la gobernanza local, reducen costos operativos mediante mantenimiento comunitario y promueven justicia hídrica. Los beneficios económicos también son contundentes: el Valor Presente Neto (VPN) proyectado a 20 años demuestra que los SCALL representan un costo significativamente menor frente a la conexión a la red, generando seguridad hídrica y ahorro tangible para los hogares. Desde la perspectiva institucional, aunque SAPAL podría considerar la falta de conexión como un ingreso no percibido, la inversión en ecotecnias resulta más eficiente al evitar los altos costos de infraestructura y cumplir con el mandato de servicio de manera equitativa y sostenible.

Más allá de los beneficios directos, las ecotecnias aportan ventajas sociales y ambientales: mejoran la salud pública, reducen la presión sobre los acuíferos, aprovechan el agua de lluvia y fomentan resiliencia comunitaria. Estos impactos se alinean con los ODS, particularmente los ODS 3, 6, 11 y 13. En suma, la evidencia demuestra que el modelo centralizado no ha resuelto la exclusión rural, mientras que las ecotecnias, como los SCALL, emergen como una alternativa económica, social y técnica más viable, replicable y ambientalmente sostenible. Por ello, se propone avanzar hacia un modelo administrativo que integre estratégicamente estas tecnologías en la política pública de gestión del agua.

Vetas de investigación a futuro y recomendaciones estratégicas

Con base en los hallazgos y conclusiones presentados a lo largo del trabajo y con el fin de profundizar en la gestión del agua, se han identificado las siguientes vetas de investigación a futuro:

1. Desde las dimensiones: sociales, educativas y culturales.

Comprender que la duración del agua de lluvia disponible para el consumo no depende únicamente de la cantidad potencial a captar, sino también de la capacidad de almacenamiento y de las características intrínsecas de cada vivienda; factores como el número de integrantes y sus hábitos diarios de uso repercuten directamente en el periodo de suficiencia, evidenciando que un mismo volumen de captación representa retos distintos entre cada hogar. Resultando como un imperativo el investigar elementos más profundos como las historias de vida, la percepción del agua, los niveles de concientización y las prácticas culturales asociadas a su manejo. Explorar estas dinámicas subjetivas permitirá avanzar hacia modelos de gestión comunitaria integrales que reconozcan los significados y aprendizajes que moldean la relación cotidiana con el recurso.

2. Estudio de las dinámicas de población y criterios de dispersión

Las proyecciones demográficas al 2045 muestran tendencias contrastantes que deben orientar la planeación de infraestructura. Por ejemplo, en Mesa de Ibarrilla se proyecta un incremento a 465 habitantes (tasa de 7 personas/año), mientras que en Llano Grande la tasa geométrica del 4.8 % resultaría en 293 habitantes y en Saucillo de Ávalos una tasa

negativa del –2.8 % proyectaría apenas 54 habitantes. Esta dispersión poblacional debe convertirse en un criterio relevante para decidir la instalación de SCALL en lugar de redes convencionales. Es necesario profundizar en cómo estas tendencias afectan la viabilidad técnica y operativa de los sistemas descentralizados a largo plazo.

3. Justicia social, poder y transparencia en la redistribución de recursos

Existe un contraste abismal entre el costo del agua convencional y el costo mediante SCALL, lo que genera un ahorro significativo que debería ser de alto interés para los tomadores de decisiones. Sin embargo, surge una veta crítica de investigación sobre el destino de los recursos ahorrados y su redistribución para el beneficio comunitario. Es fundamental problematizar las dinámicas de poder y corrupción en la gestión hídrica, bajo la premisa de que "*el agua fluye a dónde va el poder*", lo que históricamente ha favorecido a centros ricos sobre zonas marginadas. Analizar los mecanismos de transparencia y la participación comunitaria en la gestión de estos ahorros permitirá vincular la eficiencia hídrica con la justicia social y la rendición de cuentas.

4. Evaluación de impactos de largo plazo y salud pública

Se recomienda desarrollar investigaciones longitudinales que cuantifiquen la reducción de enfermedades gastrointestinales y el ahorro en gasto médico derivado del uso continuo de sistemas de potabilización pluvial. Asimismo, es vital analizar cómo la reducción de la carga de acarreo impacta en la equidad de género y la inserción educativa y laboral de las mujeres en las comunidades rurales. Estos estudios permitirán validar la rentabilidad social de la justicia ambiental por encima de la lógica de mercado.

5. Modelos híbridos y reformas normativas

Una línea crítica de acción implica investigar el punto de equilibrio óptimo entre la infraestructura convencional y la descentralizada. Esto requiere proponer mecanismos legales para que organismos como SAPAL puedan invertir en ecotecnias privadas o comunitarias, reconociendo legalmente estas acciones como el cumplimiento de su obligación de servicio. La transición hacia una gobernanza participativa exige un rediseño de las reglas que otorgue mayor autonomía local y recursos reales a las comunidades marginadas

REFERENCIAS

ACNUDH. (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos). (2003). El derecho al Agua. Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. https://acnudh.org/el-derecho-al-agua-folleto-informativo-no-35/

AGNU. (Asamblea General de las Naciones Unidas). (2010). Resolución 64/292. El derecho humano al agua y al saneamiento. https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

AGNU. (Asamblea General de las Naciones Unidas). (1979). Convention on the Elimination of all forms of Discrimination against women (CEDAW). https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-elimination-all-forms-discrimination-against-women

AGNU. (Asamblea General de las Naciones Unidas). (1948). Declaración Universal de Derechos Humanos. Resolución adoptada por la Asamblea General, 3er período de sesiones, A/RES/3/217 A. www.un-documents.net/a3r217a.htm

Agua.org.mx. (2025). Quiénes somos. https://agua.org.mx/quienes-somos/

Agua.org.mx. (2017a). Cronología de la Ley General de Aguas en México. Agua.org.mx. https://agua.org.mx/biblioteca/cronologia-la-ley-general-aguas-en-mexico/

Agua.org.mx. (2017b). Observación General N0 15 ONU, el derecho al agua, 2002. Agua.org.mx. https://agua.org.mx/biblioteca/observacion-general-15-onu-derecho-al-agua-2002/

Agua.org.mx. (2017c). Ecotecnias, una alternativa viable para el uso y manejo del agua. https://agua.org.mx/actualidad/ecotecnias-una-alternativa-viable-uso-manejo-del-agua/

Agua.org.mx. (2017d). Cronología de la Ley General de Aguas en México. Agua.org.mx. https://agua.org.mx/biblioteca/cronologia-la-ley-general-aguas-en-mexico/

Agua.org.mx. (2009). Guía para organismos operadores. Agua.org.mx. https://agua.org.mx/biblioteca/guia-para-organismos-operadores-agua-potable-alcantarillado-y-saneamiento/

Agudelo, R. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo XXI. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, vol. 23, pp. 91-102.

Aguilar, L. (1993). Problemas públicos y agenda de gobierno. Miguel Ángel Porrúa, México. https://negociacionytomadedecisiones.files.wordpress.com/2016/04/l0001_problemas-publicos-y-agenda-de-gobierno.pdf

Alcamo, J., Flörke, M., Märker, M. (2010). Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. Hydrological Sciences Journal, vol. 52, no. 3, pp. 247-275.

Álvarez-Castañón, L. (2014). ¿Desarrollo local? Cuando el crecimiento económico prioriza la inversión extranjera directa. En Actores e instituciones en el desarrollo. Deducciones desde la región Centro-Bajío, coordinado por Juan Antonio Rodríguez, Jesica Vega y Daniel Tagle, 13-37. Miguel Ángel Porrúa.

Álvarez-Castañón, L.; Tagle-Zamora, D. (2019). Transferencia de ecotecnologías y su adopción social en localidades vulnerables: una metodología para valorar su viabilidad, CienciaUAT, vol. 13, no. 2, pp: 83-99. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582019000100083

Alvater, E. (2005). Hacia una crítica ecológica de la economía política (primera parte). Mundo Siglo XXI. Revista del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional. Núm. 1, pp. 9-27. Uri: http://hdl.handle.net/10469/7415

Ameigeiras *et al.* (2014). El abordaje etnográfico en la investigación social. Técnicas de investigación en Opinión pública. http://resumenes-comunicacion-uba.blogspot.com/2014/12/ameigeiras-el-abordaje-etnografico-en.html

Anaya, G. M. (2008). Objetivos y logros del Centro Internacional de Demostración y Captación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI). Boletín del Archivo Histórico del Agua, 13, 92-98.

Anaya Garduño, M., Pérez Hernández, A., López Hernández, N. A., & Martínez Ponce, I. R. (2018). Sistemas de captación del agua de lluvia (SCALL): Manual técnico. Colegio de Postgraduados. https://g-22.org/uploads/1/1/9/3/11936477/manual-colpos-feb2019.pdf

ANEAS. (Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento en México A.C.). (2025). Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento en México. www.aneas.com.mx

ANEAS. (Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento en México A.C.). (2024). Manual de inducción a la dirección de organismos operadores. In Mexico; ANEAS: Mexico City, Mexico. https://aneas.com.mx/wp-content/pdf/documentos-oficiales/manual-de-induccion-a-la-direccion-de-organismos-operadores.pdf

Ángel-Maya, A. (1997). Desarrollo Sostenible o cambio cultural. Cali: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.

Angulo Villaseñor, J. (1990). El Axayotl: Un sistema de drenaje-aljibe localizado en Chacaltzingo Agricultura indígena: pasado y presente. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Editado por La Casa Chata México D.F. p.p.89

Angulo Villaseñor, J. (1988). Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo. Arqueología 2. Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. P.p. 37-83.

Añorve, C., Winbland, U., Clark, G.A., Oliver, R., Sawyer, R. (2000). Al agua lo que es del agua, al suelo lo que es del suelo (México). http://habitat.aq.upm.es/bpal/onu00/bp452.html

Arlinghaus, J., Calder, J., Danielson, L., Ellis, J., Paciorek, A., Perry, E. (2018). Proteger mejor el medio ambiente. Getting it Right: Prioridades estratégicas para México, OECD Publishing, pp. 125 - 136. https://doi.org/10.1787/9789264292871-11-es https://read.oecd-ilibrary.org/development/getting-it-right_9789264292871-es#page1

Arrojo-Agudo, P. (2022). Agua y saneamiento en zonas rurales. Informe del Relator Especial de NN.UU. https://www.iagua.es/blogs/alberto-guijarro-lomena/agua-y-saneamiento-zonas-rurales-informe-relator-especial-nnuu

Arroyo–Zambrano, T., Masera, O., Fuentes, A. (2016). Adopción e impactos de los sistemas de captación de agua de lluvia. https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Reporte-final-Estudio-adopcion-e-impactos-de-los-sistemas-de-captacion-de-agua-de-lluvia-.pdf

Ayala Carcedo, F. J. (2003). Catástrofes naturales, mitos, religiones e historia. en F. J. Ayala Carcedo y J. Olcina Cantos (coords.). Riesgos naturales (pp. 103-124). Barcelona, España: Ariel.

Ayuntamiento de León. (2022a). 1er Informe de Gobierno, Ayuntamiento de León 2021 - 2024. León: Ayuntamiento de León.

Ayuntamiento de León. (2022b). Programa de Gobierno Municipal de León, Guanajuato, 2021-2024. -versión integral-. León: Ayuntamiento de León.

Ayuntamiento de León. (2021). Plan Municipal de Desarrollo, León hacia el futuro. Visión al 2045. León: Ayuntamiento de León, Periódico Oficial.

Ayuntamiento de León. (2017). Programa Municipal de Cambio Climático, Resumen Ejecutivo. León: Ayuntamiento de León / Centro Mario Molina.

Bakker, K. Alter-Globalizations: Environmental Justice Movements and the Global Water Crisis; University Center for International Studies, University of Pittsburgh:

Pittsburgh, PA, USA, 2007. Available online: https://www.ucis.pitt.edu/global/sites/default/files/Downloadables/Bakker%20alter-globalizations%5B16019%5D.pdf (accessed on 14 December 2025).

Baltazar, H., Orona, D., Miranda, E., & Arcibar, J. (2020). Remediación de la contaminación del agua del río Turbio mediante humedales artificiales. Miscelánea Científica en México. Tomo 1 Biología y Química. Centro de Investigación en Óptica, A.C., 13-25.

Banco Mundial. (2023). Discounting costs and benefits in economic analysis of World Bank projects. World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/099610503022315638

Banco Mundial. (2016). Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty. World Bank Group. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0673-5

Banco Mundial. (2005). México Income Generation and Social Protection for the Poor. Volume IV: A Study of Rural Poverty In Mexico. Report No. 32867-MX. https://documents1.worldbank.org/curated/en/739131468051286100/pdf/328670v40rev.pdf

Barbour, I. G. (1980). Technology, Environment and Human Values, New York, Praeger. https://archive.org/details/technologyenviro0000barb?utm_source=chatgpt.com

Baron, J., Poff, N., Angermeier, P., Dahm, C., Gleick,P., Hairston, Jr.,N., Jackson, J., Johnston, C., Richter, B., Steinman, A (2002). Meeting Ecological and Societal Needs for Freshwater. Ecological Applications, 12(5), pp. 1247-1260.

Barrett, K. R. (1999). Ecological engineering in water resources: The benefits of collaborating with nature. Water International, Journal of the International, 24 (3), 182-188. doi:10.1080/02508069908692160

Bassie Sweet, K. (1991). From the Mouth of The Dark Cave: Commemorative Sculpture of The Late Classic Maya. Norman, Oklahoma, Estados Unidos: University of Oklahoma Press.

Basu, S. Weil, D. N. (1998). Appropriate technology and growth. The Quarterly Journal of Economics, 113(4), 1025-1054.

Becerra R. J. D, Salas B. I. (2016). El derecho humano al acceso al agua potable: aspectos filosóficos y constitucionales de su configuración y garantía en Latinoamérica. Revista Prolegómenos, vol. 19, núm. 37, pp. 125-146. https://doi.org/10.18359/prole.1683

Becerril Tinoco, C. A. (2019). Análisis multidimensional en la implementación de ecotecnias: Reflexiones teórico-prácticas. Economía, Sociedad y Territorio, 19(59), 1275-1280.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212019000101275

BID. (Banco Interamericano de Desarrollo). (2018). Informe de sostenibilidad 2018. https://publications. iadb.org/es/banco-interamericano-de-desarrollo-informe-de-sostenibilidad-2018.

Biswas, A.K. (2004). Integrated water resources management: A reassessment. Water Int. 2004, 33, 248–256.

Blanco, J. L. (2011). La casa ecológica; como construirla. Trillas. ISBN: 978-607-17-0902-8

Blossiers Pinedo, J., Deza Pineda, C., León Huaco, B., Samané Mera, R. (2000). Agricultura de laderas a través de andenes. Perú. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de lluvia. P.p. 195-199. https://docplayer.es/200850572-Agricultura-de-laderas-a-traves-de-andenes-peru-antecedentes-historicos.html. En Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, experiencias en América Latina (FAO), Serie: zonas áridas y semiáridas, no. 13. https://www.fao.org/3/ai128s/ai128s01.pdf

Boardman, A.E.; Greenberg, D.H.; Vining, A.R.; Weimer, D.L. (2018). Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice, 5th ed.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2018. https://www.researchgate.net/publication/326678227_Cost-Benefit_Analysis_Concepts_and_Practice_5th_edition

Boelens, R. (2009). Aguas diversas. Derechos de agua y pluralidad legal en las comunidades andinas. Anuario de Estudios Americanos, 66(2): 23-55. https://core.ac.uk/download/pdf/29248734.pdf

Bonito León. (2025). León Secures A Future with Water: SAPAL Presents Its Activity Report. 2025. https://bonitoleon.com/redaccion/actualidad/leon-garantiza-un-futuro-con-agua-sapal-presenta-su-informe-de-actividades/

Bonsiepe, G. (1985). El diseño de la periferia, Barcelona, Gustavo Gili.

Bozeman, B. (2000). Technological reconversion potential of local manufacturing companies: analysis from perspective of technology management and innovation", International Journal of Management, IT and Engineering, vol. 5, no. 4, pp. 76-91.

Bozu, Z., Canto Herrera, P. 2009: "El profesorado universitario en la sociedad del conocimiento: competencias profesionales docente". Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria (REFIEDU), 2(2), 221–231. https://refiedu.webs.uvigo.es/Refiedu/Vol2_2/REFIEDU_2_2_4.pdf

Broda, J. (1991). Cosmovisión y observación de la naturaleza: el ejemplo del culto de los cerros. En Broda Johanna, Stanislaw Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé (eds.):

Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica, IIH, UNAM, México, pp. 461-500.

Broncano, F. (2000). Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnológico, México, Paidós.

Brundtland, G. H. (1987). Nuestro futuro común. Congreso internacional de tecnologías alternativas de desarrollo: ponencias y comunicaciones (pp. 7-8). Servicio de Extensión Agraria. Publicaciones.

Buelna, G., Garzón-Zúñiga. M., Moeller-Chávez, G. (2011). Los biofiltros de empaque orgánico: una alternativa simple, robusta y eficiente para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales. Ideas CONCYTEG, 6(71), 540-552. https://www.researchgate.net/publication/273172271_Los_biofiltros_de_empaque_organico_una_alternativa_simple_robusta_y_eficiente_para_el_tratamiento_de_aguas_residuales_en_zonas_rurales

Buenfil, J., Garduño, F. (SF). La jardinera que filtra las aguas grises para reciclarlas. Instrumentos educativos para el saneamiento ecológico. https://docplayer.es/20791086-Biofiltro-la-jardinera-que-filtra-las-aguas-grises-para-reciclarlas.html

Cachiguango, L. E, Pontón, J. (2010). Yaku-Mama: La crianza del agua– la música ritual del Hatun Puncha Inti Raymi en Kotama, Otavalo. Ministerio de Cultura del Ecuador. https://es.scribd.com/document/442203659/LIBRO-YAKU-MAMA

Caldera, A. (2014). Capitulo 3: La gestión del agua urbana en León, Guanajuato: un análisis político de las ideas que dan forma a las políticas públicas y sus resultados. En D. (. Tagle, La crisis multidimensional del agua en la ciudad de León, Guanajuato. (págs. 67-85). León, México: Universidad de Guanajuato-Campus León.

Caldera, A.; Tagle, D. (2020). Agua en el bajío guanajuatense. Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato.

Caldera, A., Tagle, D. (2015). La acción pública y la construcción social de conflictos por el agua entre cuencas vecinas: el caso de la gestión del agua en León, Guanajuato. En H. (. Ochoa-García, WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers. Thematic Area Series SATCTH - TA6 - Basins and Hydrosocial Territories, Vol. 2 N°1 (págs. 115-130). Newcastle upon Tyne, UK and Guadalajara, Mexico: WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers.

Caldera, A., Tagle, D., Davison, M. (2020). Capitulo 1. Guanajuato: crónica del cambio institucional en su gestión del agua. En A. Caldera, & D. Tagle, Agua en el bajío guanajuatense (págs. 33-64). Guanajuato, México: Universidad de Guanajuato.

Caldera Sosa, A. (s.f.). La importancia del maguey: Plantación y reforestación en el alto desierto de Guanajuato. https://educacionymedioscolaborativos.org/node/8289

Calvo-Mendieta, I., Petit, O., Vivien, F. (2017). Common Patrimony: A Concept to Analyze Collective Natural Resource Management. The Case of Water Management in France. Ecological Economics, vol. 137, pp. 126-132.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2023a). Ley de Aguas Nacionales. Última reforma publicada DOF 08-05-2023. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.

Cámara de Diputados. (2023b). Iniciativas de reforma a la Ley de Aguas Nacionales. LXV Legislatura. https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2023/03/asun_4525661_20230328_1677181703.pdf

Cañedo, S. (2012). La reconstrucción de la identidad socioterritorial tras el desplazamiento provocado por la presa picachos. El caso del Nuevo San Marcos, Mazatlán. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa, México. https://www.academia.edu/37597580/LA_RECONSTRUCCI%C3%93N_DE_LA_IDENTIDAD_SOCIOTERRITORIAL_TRAS_EL_DESPLAZAMIENTO_PROVOCADO_POR_LA_PRESA_PICACHOS_EL_CASO_DEL_NUEVO_SAN_MARCOS

Carbajal, L. (2018). ¿Qué es la tecnología social?. Fundamentos de tecnología. https://www.lizardo-carvajal.com/que-es-la-tecnologia-social/

Carballo, S. E., Sarmiento, M. del C., Canché, J. A. (1999). Septic Manual. Pasos para construir tu propia fosa séptica. Septic System Construction Handbook. Quintana Roo. https://www.crc.uri.edu/download/septicmanual_ok.pdf

Cardoso, F. (1994). ¿Teoría de la dependencia o análisis concreto de situaciones de dependencia? Política y Sociedad, 17, 107. https://revistas.ucm.es/index.php/POSO/article/view/POSO9494220107A

Carpizo, J., Valadés, D. (2010). Derechos humanos, aborto y eutanasia. Dykinson, p. 141. http://ru.juridicas.unam.mx/xmlui/handle/123456789/11443

Casar, M. A., Maldonado, C. (2008). Formación de agenda y procesos de toma de decisiones: una aproximación desde la ciencia política. En: Merino, M., Cejudo, G., Arellano, D., Bracho, T., Casar, M. A., Gil-García, J. R., Maldonado, C., Mariscal, J., Santibáñez, L., Sour, L. (coords.). Problemas, decisiones y soluciones: Enfoques de políticas públicas. Fondo de Cultura Económica-CIDE, México, pp. 207-238. https://www.cide.edu/publicaciones/status/dts/DTAP%20207.pdf

Casillas, M. (2023). El Zapotillo bajo acuerdo: Respuestas al acertijo ambiental. En D. Tagle, A. Caldera, X. Delgado, & J. Mora, El Zapotillo y su viraje en la 4T. Voces y Reacciones. (págs. 17-44). León, México: Universidad de Guanajuato.

Castelletti, A., Soncini-Sessa, R. (2006). A procedural approach to strengthening integration and participation in water resource planning. Enviromental Modelling & Software 21, 1455-1470. Doi:10.1016/j.envsoft.2005.07.013. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364815205001520

Castilla Vallejo, J. L., García Hernández, L., Mesa López, A., Quintero Quintero, N., Rapp Luz, R. E. (2009). *Agua y políticas de postdesarrollo: saberes sometidos y gestión de la demanda: el caso de la Reserva de la Biosfera de El Hierro*. Proyectos y Producciones Editoriales Cyan, S.L.

Castorena Espinosa, G. M. (2022). La respuesta bioclimática de la arquitectura histórica. Ex Convento de San Francisco en Querétaro. [Archivo PDF]. AREA, 28(1), pp. 1-17. https://area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/2801_castorena-espinosa.pdf

CDH. (Consejo de Derechos Humanos). (2016). Informe del Relator Especial sobre el derecho humano al agua potable y el saneamiento. Nota de la Secretaría. 33a sesión, 27 de julio de 2016, A/HRC/33/49. https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G16/167/00/PDF/G1616700.pdf?OpenElement

CDH. (Consejo de Derechos Humanos). (2010). Joint Report of the Independent Expert on the Question of Human Rights and Extreme Poverty, Magdalena Sepúlveda Cardona, and the Independent Expert on the Issue of Human Rights Obligations related to Access to Safe Drinking Water and Sanitation, Catarina de Albuquerque. 15a sesión, 22 de julio de 2010, A/HRC/15/55. https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G10/154/51/PDF/G1015451.pdf?OpenElement

CEAG. (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato). (2024a). Disponibilidad. https://agua.guanajuato.gob.mx/disponibilidad.php

CEAG. (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato). (2024b). Misión. Obtenido de Comisión Estatal del Agua de Guanajuato: https://agua.guanajuato.gob.mx/conocenos.php

CEAG. (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato). (2024c). Inicio / Consejos Técnicos de Aguas (COTAS). Obtenido de Comisión Estatal del Agua de Guanjuato: https://agua.guanajuato.gob.mx/cotas.php

CEAG. (Comisión Estatal del Agua de Guanajuato). (2022). Conócenos. https://agua.guanajuato.gob.mx/conocenos.php

Centrus IBERO. Some Benefits of Rainwater Harvesting Systems. 22 August 2024. Available online: https://centrus.ibero.mx/2024/08/22/ (2024).

CEPAL. (2021). Técnicas de proyecciones de población de áreas menores. Repositorio institucional. https://repositorio.cepal.org/

CESCR. (Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales). (2002). Observación General No. 15, El derecho al agua. Artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, I-2. https://www.refworld.org.es/publisher,CESCR,GENERAL,,47ebcbfa2,0.html

Cháves López, N. (2021). La valoración del agua desde la diversidad cultural. Revista Perspectiva IMTA, No. 11, 2021. DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-11

Chilon Camacho, E. (2009). Tecnologías ancestrales y reducción de riesgo del cambio climático. PROMARENA p.p. 13-22. https://agrobolivia.files.wordpress.com/2011/04/1ra-tec-eduardo-chilon.pdf

CHR. (Comisión de Derechos Humanos). (2005). Derechos económicos, sociales y culturales: La realización del derecho al agua potable y al saneamiento - Informe del Relator Especial, El Hadji Guissè. 57° período de sesiones, E/CN.4/Sub.2/2005/25. Consejo Económico y Social, Naciones Unidas. https://www.cetim.ch/legacy/es/documents/rap-2005-25-esp.pdf

CNDH. (Comisión Nacional de los Derechos Humanos). (2014). El derecho humano al agua potable y saneamiento. https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-08/Derecho-Humano-Agua-PS.pdf

Cobb, R., Elder, C. (1972). Participation in American Politics: The Dynamics of Agenda Building. Allyn y Bacon, Boston. DOI: 10.2307/1958664.

Cobb, R., Ross, M. (1997). Cultural Strategies of Agenda Denial: Avoidance, Attack, and Redefinition. University Press of Kansas, Kansas. https://archive.org/details/culturalstrategi0000unse?utm_source=chatgpt.com

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (S.F.). Normales climatológicas por estado. Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado el 3 de junio de 2025, de https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=gto

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2025a). National technical guidelines for rainwater harvesting systems and basic sanitation at household level. Government of Mexico. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/976468/Lineamientos_t_cnicos_SCALL_2025.pdf

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2025b). Rainwater harvesting systems and basic sanitation at household level in rural areas. Government of Mexico.

https://www.gob.mx/conagua/documentos/sistemas-de-captacion-de-agua-de-lluvia-scall-y-saneamiento-basico-a-nivel-vivienda-en-zonas-rurales

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2024a). Consulta a la base de datos del REPDA / Estado: Guanajuato / Municipio: León. Obtenido de CONAGUA: https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2024b). Estadísticas del Agua en México 2023. Ciudad de México, México: Comisión Nacional del Agua / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2024c). Status of the drinking water, drainage, and sanitation subsector. Government of Mexico. https://www.gob.mx/conagua/documentos/situacion-del-subsector-agua-potable-drenaje-y-saneamiento

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2024d). Estadísticas del agua en México 2023. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Descargas/pdf/EAM2023_f.pdf

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2023a). Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Valle de León (1113), Estado de Guanajuato. Ciudad de México, México: Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas.

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2023b). Estadísticas del agua en México. Gobierno de México.

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2023c). Estadísticas del agua en México 2023. Gobierno de México. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2025/07/EAM2023_Conagua.pdf

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2022a). Portal virtual CONAGUA. https://www.gob.mx/conagua

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2022b). Programas Hídricos Regionales 2021 – 2024. https://www.gob.mx/conagua/documentos/programas-hidricos-regionales-2021-2024

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2019). Instrumentos de Gestión del Agua. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/instrumentos-de-gestion-del-agua

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2018a). Atlas del agua en México 2018. https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/AAM_2018.pdf

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2018b). Inodoros sustentables, otra forma de cuidar el agua. https://www.gob.mx/conagua/articulos/inodoros-sustentables-

otra-forma-de-cuidar-el-agua?idiom=es#:~:text=Una%20persona%20utiliza%20en%20promedio,hasta%2016%20litros%20de%20agua.

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2017a). National program for rainwater harvesting and ecotechnologies in rural areas (PROCAPTAR). Government of Mexico. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-nacional-para-captacion-de-agua-de-lluvia-y-ecotecnias-en-zonas-rurales-procaptar

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2017b). Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnias en Zonas Rurales (PROCAPTAR). Gobierno de México.

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2017c). Presa El Realito: Proyecto de abastecimiento regional. Gobierno de México. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/presa-el-realito

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2016a). Instituciones que colaboran en el INH. Gobierno de México. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/instituciones-que-colaboran-en-el-inh

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2016b). Programas Federales de Agua Potable y Saneamiento. https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programas-federales-de-agua-potable-y-saneamiento

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2014). Manual de Integración, Estructura Orgánica y Funcionamiento. Conagua, México. https://agua.org.mx/biblioteca/manual-integracion-estructura-organica-funcionamiento-conagua/

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2013). Programa Nacional Hídrico 2013-2018. Comisión Nacional del Agua-secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. https://www.diputados.gob.mx/documentos/2013-2018.pdf

CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua). (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario. Especiaciones y métodos de prueba. D.F. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2010/06/NOM-009-CNA-2001.pdf

Conacyt. (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). (2018). Definición de Desarrollo tecnológico e innovación. Glosario de términos único del Conacyt. https://conacyt.mx/wp-content/uploads/planeacion_y_evaluacion/evaluacion_programas_conacyt/Comite/GLOSARIO.pdf

CONAPO. (Consejo Nacional de Población). (2023). La situación demográfica de México 2023. Gobierno de México. https://www.gob.mx/conapo/documentos/la-situacion-demografica-de-mexico-2023

CONAPO. (Consejo Nacional de Población). (2020). Índice de marginación por entidad federativa y municipio. Secretaría General del Consejo Nacional de Población. https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372

CONAPO. (Consejo Nacional de Población). (2015). Datos abiertos del índice de marginación 2015. Gobierno de México. https://datos.gob.mx/busca/dataset/indice-de-marginacion-carencias-poblacionales-por-localidad-municipio-y-entidad

CONAPO. (Consejo Nacional de Población). (2004). Índices de Marginación. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_Publicaciones

CONAPO. (Consejo Nacional de Población). (1998). Índices de marginación, 1995 Capítulo 2. Gobierno de México. CONAPO. http://www.sideso.cdmx.gob.mx/?id=713

CONASAMI. (Comisión Nacional de los Salarios Mínimos). (2024). Increase in minimum wages for 2025. Government of Mexico. https://www.gob.mx/conasami/articulos/incremento-a-los-salarios-minimos-para-2025?idiom=es

CONAZA. (Comisión Nacional de Zonas Áridas). (2025). Innovation and sustainability for arid zones. Government of Mexico. https://www.gob.mx/conaza/articulos/innovacion-y-sostenibilidad-para-las-zonas-aridas

CONEVAL. (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2024). Comprehensive evaluation of social policy linked to the right to health 2023–2024 [Press release No. 15]. https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2024/Comunicado_15_Evaluacion_Integral_Salud.pdf

CONEVAL. (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2023a). Medición de la pobreza 2022. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx

CONEVAL. (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2023b). Measurement of poverty and water vulnerability in Mexico 2022. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2023c). Medición de la pobreza en México 2022. CONEVAL. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2022.aspx

CONEVAL. (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2018a). Glosario. Medición de la pobreza. Coneval. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Glosario.aspx

CONEVAL. (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2018b). Pobreza en México. Coneval. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx

CONEVAL. (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2014). Medición de la pobreza, pobreza en México. Coneval. https://www.coneval.org.mx/Medicion/

CONEVAL. (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). (2012). Informe de pobreza en León, Guanajuato.

Congreso del Estado de Guanajuato. (2012). Código Territorial para el Estado y los Municipios de Guanajuato. Gobierno del Estado de Guanajuato. Recuperado de https://agua.guanajuato.gob.mx/pdf/juridico/codigo_territorial.pdf

Congreso del Estado de Guanajuato. (2000). Ley de Aguas para el Estado de Guanajuato (Abrogada). Congreso del Estado de Guanajuato. Recuperado de https://congreso-gto.s3.amazonaws.com/uploads/reforma/pdf/3400/Ley_de_Aguas_para_el_Estado_de_Guanajuato._Abrogada.pdf

Consejo Consultivo del Agua, A.C. (2016). Agua: potabilidad, disponibilidad y uso en México. https://www.aguas.org.mx/sitio/blog/noticias/item/832-agua-potabilidad-disponibilidad-y-uso-en-mexico.html

CPEUM. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos). (1917a). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada DOF 28-05-2021. https://www.constitucionpolitica.mx/constitucion-politica-estados-unidos-mexicanos

CPEUM. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos). (1917b). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 4 - Igualdad entre hombres y mujeres. https://www.constitucionpolitica.mx/titulo-1-garantias-individuales/capitulo-1-derechos-humanos/articulo-4-igualdad-hombres-mujeres

Córdova V. A. (2000). El saneamiento seco como estrategia para reducir la huella hídrica de las ciudades. Serie Latinoamericana. (20), 155-171. México, D.F.: Instituto Internacional del Manejo del Agua. https://www.researchgate.net/publication/310606553_El_saneamiento_seco_como_estrategia_para_reducir_la_huella_hidrica_de_las_ciudades

Cortez, D. (2013). El diálogo de los saberes en los Estados Plurinacionales. El Diálogo de Saberes En Los Estados Plurinacionales, 13–24. https://www.derechosintelectuales.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/2017/micrositio/articulos-tecnicos/dialogo-de-saberes.pdf

COTAS de León. (Consejo Técnico de Aguas de León, A.C.). (2018). Sistemas de Captación de Agua Pluvial en zonas de alta vulnerabilidad hídrica en comunidades de la Sierra de Lobos perteneciente al Municipio de León (SISCAP). León: COTAS de León, A.C.

De Albuquerque, C. (2014). Manual práctico para la realización de los derechos humanos al agua y al saneamiento de la Relatora Especial de la ONU, Catarina de Albuquerque. Portugal, Relatora Especial de la ONU sobre el derecho humano al agua potable y al saneamiento. https://www.sanitationandwaterforall.org/es/manual-para-la-realizacion-de-los-derechos-humanos-al-agua-y-al-saneamiento

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato (2024). Decreto Legislativo 345, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, 17 de septiembre de 2024 (reforma a la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo y al Código Territorial).
https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/programas_sociales/reglas_operacion/2025_SAMA_Programa_Desarrollo_forestal_sustentable_reglas_operacion_anexos.pdf?utm_source=copilot.com

De la Torre, A. P. (2025, March 15). Rainwater harvesting grows in the Wixárika community of Mexico. El País. https://elpais.com/america-futura/2025-03-15/la-cosecha-de-agua-de-lluvia-crece-en-la-comunidad-wixarika-de-mexico.html

De Prada, V. R. R. V. (1972). La conferencia de Estocolmo sobre el medio ambiente. Revista de administración pública, (68), 381-404. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2111677

Del Olmo, A., Vignau, E., Ramírez, A. C., Borja, V. (2012). Sanitario seco urbano autocontenido. Memorias del XVII Congreso Internacional Anual de la SOMIM. Salamanca.
http://somim.org.mx/memorias/memorias2012/articulos/pdfs/A1/A1_114.pdf

Delors, J., MuftiIsao, I. Al, Roberto, A., Fay, C., Bronis, C., Geremek, l aw, Gorham, W., Kornhauser, A., Manley, M., Padrón, M., Savané, Q. M.-A., Singh, K., Stavenhagen, R., Won, M., & Nanzhao, S. Z. 2000: “La Educacion Encierra Un Tesoro”. UNESCO. Santillana ed. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_spa

Diario Oficial de la Federación. (2012). Ley General de Cambio Climático. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría de Servicios Parlamentarios. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. Investigación en Educación Médica, 2(7), 162–167. https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733228009.pdf

Díaz, P; Ruiz, P; Rodríguez, M y cabrera, A. 2019: “Saberes propios, resistencia y procesos de recuperación de memoria histórica en la comunidad Muisca en la ciudad de Bogotá”. NOVUN, 2(9), 86-100. Saberes propios, resistencia y procesos de recuperación de memoria histórica en la comunidad Muisca de la ciudad de Bogotá

Domènech, L., & Saurí, D. (2010). Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse in the Metropolitan Area of Barcelona. Resources, Conservation and Recycling, 55(1), 53–62. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.07.001

Domínguez S. J. (2010). El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local. Análisis en el estado de Veracruz. Gestión y política pública, vol. 19, núm. 2, pp. 311-350. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792010000200004&lng=es&tlng=es

Domínguez, L.; Brown, F. (2004). Medición de las capacidades tecnológicas en la industria Mexicana. Revista de la CEPAL, no. 83, pp. 135-151.

Dworkin, R. (2011). Justice for hedgehogs. Cambridge, Harvard University Press, 2011, pp. 204 y ss. https://www.academia.edu/9683075/Justice_for_Hedgehogs

ECOTEC. (Unidad de Ecotecnologías UNAM). (2023). Nosotros. https://ecotec.unam.mx/nosotros-ecotec

Ecoticias. (2024). Qué es la Gestión Integral del Agua: principios, factores de implementación y 3 tipos de metodologías de tratamiento. https://www.ecoticias.com/medio-ambiente/182772_todos-los-secretos-de-la-gestion-integral-del-agua

El Financiero. (2023). Rainwater harvesting as a sustainable solution in Mexico. https://www.elfinanciero.com.mx/mundo-empresa/2023/05/02/el-aprovechamiento-del-agua-de-lluvia-como-una-solucion-sostenible-en-mexico/

Entérate León. (2025). SAPAL is an example of efficiency and social justice: Ale Gutiérrez. https://enterate.leon.gob.mx/sapal-es-ejemplo-de-eficiencia-y-justicia-social-ale-gutierrez/

EQUIDE – IBERO. (2022). Comunicado de Prensa: Inseguridad de agua en 32% de hogares en México. https://ibero.mx/prensa/encuestaibero-32-de-poblacion-mexicana-ha-experimentado-inseguridad-de-agua#:~:text=El%2032%25%20de%20la%20poblaci%C3%B3n,las%20Naciones%20Unidas%20(ONU)

Erickson, C. (1992). Prehistoric landscape management in the Andean Highlands: raised field agriculture and its environmental impact, Population and Environment, vol. 13, pp. 285-300.

Espadas, A., García, G., Castillo, E. (2007). Redes de alcantarillado sin arrastre de sólidos: una alternativa para la ciudad de Mérida, Yucatán, México. Ingeniería, 11(1), 61-69. https://www.redalyc.org/pdf/467/46711107.pdf

Espejel, R., y Castillo R. (2008). Educación ambiental para el nivel medio superior: propuesta y evaluación. Revista Iberoamericana de Educación. 46(2): 2-11.

Esqueda, C. (2024). ¿Qué piden habitantes de Las Joyas en León para mejorar su colonia? Periódico Correo. https://periodicocorreo.com.mx/leon/que-piden-habitantes-de-las-joyas-en-leon-para-mejorar-su-colonia-20240528-100458.html

Esqueda, C. (2023). Destina ayuntamiento 39 millones de pesos para apoyo rural en León. Recuperado el 5 de mayo de 2023, de Periódico Correo: https://periodicocorreo.com.mx/leon/destina-ayuntamiento-39-millones-de-pesos-para-apoyo-rural-en-leon-20230303-69221.html

Esrey, S. A., Gough, J., Rapaport, D., Sawyer, R., Simpson-Héberrt, M., Vargas, J., Winblad, U. (1998). Ecological sanitation. Stockholm: Swedish International Development Cooperation Agency (Sida). http://www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation.pdf

Estrada, L. (2023). Gobierno instalará sistema de captación de lluvia en escuelas y viviendas. Periódico AM – León. https://www.am.com.mx/guanajuato/2023/1/8/gobierno-instalara-sistema-de-captacion-de-lluvia-en-escuelas-viviendas-641788.html

Estrada, C. C. (2012). Factibilidad de aplicación de técnicas ancestrales de aprovechamiento de agua pluvial en el Distrito Federal. https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/628616/CEM336213.pdf?sequence=1

Evanari, M., Shananand, L. (2001). The Negev: the challenge of a desert, 2nd ed., Cambridge: Harvard U Press. https://archive.org/details/negevchallenge00even

Ezquerra, I. (2017). Ecotecnologías alternativas frente al cambio climático: la estufa Pastari en México. http://www.itd.upm.es/2017/07/20/ecotecnologias-alternativas-frente-al-cambio-climatico-la-estufa-patsari-en-mexico/#:~:text=Las%20ecotecnolog%C3%ADas%20%E2%80%93tambi%C3%A9n%20conocidas%20como,grupos%20rurales%20y%20urbanos%20marginados.

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2020). La Comisión de Agricultura ha trabajado para hacerla más sostenible. Vigésima séptima sesión. Centro Mundial de Sistemas Alimentarios Autóctonos.

https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5175d6e5-6efa-44f6-92ae-959974fb493c/content

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2017). Migration, Agriculture and Climate Change: Reducing vulnerabilities and enhancing resilience. Roma, FAO. https://www.fao.org/documents/card/en/c/I8297EN/

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2013). Afrontar la escasez de Agua. https://www.fao.org/3/i3015s/i3015s.pdf

FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2012). Gestión social y emprendedurismo: 8 pasos para implementar un programa de capacitación con personas jóvenes rurales, FIODM-Naciones Unidas, Costa Rica. https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/15/13596810454370/gestin_social_y_emprendedurismo8_pasos_fao_.pdf

Febles-Patrón, J. L., Hoogesteijn, A. (2008). Análisis del marco legal para la protección del agua subterránea en Mérida, Yucatán. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 12(3), 71-79. https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen12/analisis_del_marco.pdf

Feenberg, A. (2003). Modernity theory and technology studies: Reflections on bridging the gap. Modernity and technology, 37, 73-104. https://www.sfu.ca/~andrewf/books/ModernityTheory_and_TechnologyStudies_Old.pdf

Fernández R. L. (2020). Escasez de agua: qué es, causas y consecuencias. Ecología verde. https://www.ecologiaverde.com/escasez-de-agua-que-es-causas-y-consecuencias-2180.html

Ferrer Mac-Gregor P. E., Caballero O. J. L., Steiner C. (2013). Derechos humanos en la Constitución: comentarios de jurisprudencia constitucional e interamericana. SCJN-UNAM-Fundación Konrad Adenauer, 2013, p. 5. https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/pagina/documentos/2016-11/Dh%20en%20la%20Constitucion%20comentarios%20TOMO%201.pdf

Flores C. H., Morales M. J. L., Tagle Z. D., Delgado G. X. V. (2020). El modelo económico y su influencia en el desarrollo sustentable de cinco municipios de Guanajuato. Acta universitaria, núm. 30, pp. 1 - 26. https://doi.org/10.15174/au.2020.2493

Florescano, E.; Sancho y Cervera, J.; Pérez Gavilán Arias, D. (1980). Las sequías en México: Historia, características y efectos. Comercio Exterior, 30(7). http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/421/9/RCE9.pdf.

Foladori, G. (2002). Avances y Límites de la Sustentabilidad Social. Economía, Sociedad y Territorio, 3 (12): 621-637.

Foladori, G. (2001). Controversias sobre sustentabilidad. La coevolución sociedad naturaleza Universidad Autónoma de Zacatecas-Porrúa-Colegio de Bachilleres, México.

FCEA. (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C.). (2006). El agua en México: lo que todas y todos debemos saber. México, D.F., México: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (FCEA).

Fonseca, O. (2022). Captación de agua de lluvia para comunidades rurales. Isla Urbana.

Freire, P. (1976). Educación y cambio. Buenos Aires: Ediciones Búsqueda. http://ibdigital.uib.es/greenstone/collect/cd2/index/assoc/az0009.dir/az0009.pdf

Freire, P. (1973). Pedagogía del oprimido, 10ª edición. Buenos Aires, Ed. Siglo XXI. https://fhcv.files.wordpress.com/2014/01/freire-pedagogia-del-oprimido.pdf

Fressoli, M., Garrido, S., Picabea, F., Lalouf, A. Fenoglio, V. (2013). Cuando las transferencias tecnológicas fracasan. Aprendizajes y limitaciones en la construcción de Tecnologías para la Inclusión Social. Revista Universitas humanística, vol. 76, pp. 73-95. https://www.researchgate.net/publication/303983748

Friedberg, E. (1993). Las cuatro dimensiones de la acción organizada. Gestión y política pública, vol. 2, núm. 2. pp. 283 – 313. CIDE.

Friedman, T. L. 1997: “Roll Over Hawks and Doves”. The New York Times.

Funcagua. (2020). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Fundación para la Conservación del Agua en Guatemala. https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/09/2001.-Gu%C3%ADa-de-dise%C3%B1o-para-Captaci%C3%B3n-del-Agua-de-Lluvia.pdf

Gaarder, J. (2012). El mundo de Sofía: Novela sobre la historia de la filosofía. Trad. Kirsti Baggethum y Asunción Lorenzo. Madrid, España: Ediciones Siruela.

Galeano, E. H. (2010). Memoria del fuego, vol. 1: Los nacimientos (Vol. 1). Siglo XXI de España Editores. http://resistir.info/livros/galeano_memoria_del_fuego_i.pdf

Galindo-Escamilla, E., Palerm-Viqueira, J., Tovar-Salinas, J. L., & Rodarte-García, R. (2008). Organización social en la gestión de una fuente de agua: los jagüeyes. Agrociencia, 42(2), 123–134. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000200011

Galindo González, L. (2015). Ecotecnologías, autoempleo y sustentabilidad en línea; una triada de formación necesaria en la actualidad. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/188/821

García León, F. de J. (2023). Is There a Solution to the Water Problem in Guanajuato? Atención San Miguel. https://www.atencionsma.com/en/news/san-miguel-de-allende/is-there-a-solution-to-the-water-problem-in-guanajuato/

García, J. G., López, I. Y., González, C. E. (2013). Humedales artificiales: una alternativa al tratamiento de aguas residuales para pequeñas localidades. Caso de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro. Memorias de III Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Morelia. pp. II-61 a II-69. https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001522.pdf

Gates, B. 1995: "The Road Ahead". Penguin Books, Nueva York.

Gavito, M.; Aldasoro, M.; Ayala, O. B.; Bullen, A.; Cach_P, M.; Casas, F. A. (2017). Ecología, Tecnología e Innovación Para La Sustentabilidad: Retos Y Perspectivas En México. Revista Mexicana De Biodiversidad, 150 - 160.

Gay, L., Martínez, M., Guevara, A., Luna, F. (2010). Captación pluvial y reutilización de aguas grises mediante humedales artificiales en la Microcuenca La Soledad, Guanajuato. Ciencia@UAQ 3(2). https://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v3-n2/Captacion.pdf

Gecentenarios. (2025). SAPAL presented its 2022–2025 activity report. https://gecentenarios.com/sapal-presento-su-informe-de-actividades-2022-2025/

Geilfus, F. (2009). 80 herramientas para el Desarrollo Participativo. Diagnóstico, Planificación, Monitoreo y Evaluación. Costa Rica. http://tie.inspvirtual.mx/recursos/temas/etv/OAParticipacionSocialWeb/material/80%20herramientas%20para%20el%20desarrollo%20participativo.pdf

Germani, G. (1962). Clases populares y democracia representativa en América Latina. Desarrollo Económico, vol. 2., núm. 2, pp. 23-43. https://doi.org/10.2307/3465689

Giannetti, B. F., Bonilla, S. H., Almeida, C. M. V. B. (2004). Developing eco-technologies: A possibility to minimize environmental impact in Southern Brazil. Journal of Cleaner Production, 12(4), 361-368. doi:10.1016/s0959-6526(03)00033-7

Giddens, A. (1999). Sociología. Tercera edición revisada. Alizanza Editorial. http://www.ula.ve/ciencias-juridicas-

politicas/images/NuevaWeb/Material_Didactico/ProfeKirby/7241772-Anthony-Giddens-Sociologia.pdf

Gleason, J. A., Pacheco Vega, R., & Casiano Flores, C. A. (2020). *International rainwater catchment systems experience: Towards water security*. IWA Publishing. https://doi.org/10.2166/9781789060584

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2024). Instalan más de 66 sistemas de captación de agua de lluvia en comunidades. Boletines Guanajuato. https://boletines.guanajuato.gob.mx/2024/07/07/instalan-mas-de-66-sistemas-de-captacion-de-agua-de-lluvia-en-comunidades/

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2020). Informe Ambiental del Estado de Guanajuato 2020. Guanajuato: Gobierno del Estado de Guanajuato. https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2021_SMAOT_Informe_ambiental_estado_guanajuato_2020_20210324.pdf

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2019). Programa de Gobierno 2018 - 2024. Guanajuato: Gobierno del Estado - Poder Ejecutivo. https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2019_GOBIERNO_GTO_Programa_gobierno_2018-2024.pdf

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2018). Plan Estatal de Desarrollo Guanajuato 2040. Construyendo el futuro. Guanajuato: Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato. https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/ped2040/doc/PED2040_Sintesis_V2.5.pdf

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2017). Implementan sistema de captación de agua del lluvia en 6 localidades de León. Boletines Guanajuato. https://boletines.guanajuato.gob.mx/2017/10/22/implementan-sistema-captacion-agua-lluvia-6-localidades-leon/

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2015). Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato, Resumen Ejecutivo. Gobierno el Estado de Guanajuato / Comisión Nacional del Agua / COLMERN, A.C.

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2012). Plan Estatal de Desarrollo: Guanajuato Siglo XXI+35. Guanajuato: Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato. https://transparencia.guanajuato.gob.mx/biblioteca_digital/docart10/2015011414 26150.PED2035ResumenEjecutivo.pdf

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2011a). Plan Estatal de Desarrollo 2030. Guanajuato. https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2011_IPLANEG_tomo_i-b_plan2030%5B1%5D.pdf

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2011b). Programa Estatal de Cambio Climático Guanajuato. Guanajuato: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/upload/articulos/121/files/S1-1-01.pdf

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2003). Plan Estatal de Desarrollo 2025. Guanajuato. https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/seieg/wp-content/uploads/2022/08/Plan-Estatal-de-Desarrollo-2025.pdf

Gobierno de México. (2024a). Data México. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/leon?redirect=true

Gobierno de México. (2024b). Informa Conagua del avance de las obras de rehabilitación del sistema El Realito. https://www.gob.mx/conagua/prensa/informa-conagua-del-avance-de-las-obras-de-rehabilitacion-del-sistema-el-realito

Gobierno de México. (2025). Ley General de Aguas. Diario Oficial de la Federación, 11 de diciembre de 2025. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgag/LGAg_orig_11dic25.pdf

Godínez, J., Ochoa-García, H., Van Cauwenbergh, N., & Van der Zaag, P. (2023). 3. Un sueño hecho realidad: Transición del conflicto por el proyecto hidráulico El Zapotillo a un plan de justicia para los pueblos afectados. En D. Tagle, A. Caldera, X. Delgado, & J. Mora, El Zapotillo y su viraje en la 4T. Voces y reacciones. (págs. 65-88). León, México: Universidad de Guanajuato. https://rei.iteso.mx/server/api/core/bitstreams/93787a57-fa3e-4afa-a082-6e9ea929760f/content

Goetter, J., Picht, H. J. (2010). Adaptación al Cambio Climático: Cosecha de Agua de Lluvia con “Atajados” en Bolivia, Gestión ambiental y desarrollo rural América Latina y Caribe (GADeR-ALC). https://www.researchgate.net/publication/309464980_Adaptacion_al_Cambio_Climatico_Cosecha_de_Agua_de_Lluvia_con_Atajados_en_Bolivia

Gómez González, G., Ruiz Guzmán, J. L, Bravo González, S. (1999). Tecnología tradicional indígena y la conservación de los recursos naturales. En Balance y perspectivas del derecho social y los pueblos indios de Mesoamérica. VIII Jornadas Lascasianas, coordinado por José Emilio Rolando Ordóñez Cifuentes, 121-142. http://ru.juridicas.unam.mx/xmlui/handle/123456789/9073

Gonzáles, M. (2011). Ética de la economía. Reflexiones y propuestas de otra economía desde América Latina, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Nacional Autónoma de México y Centro de Investigaciones sobre América Latina y el Caribe, Morelia. https://polis.ulagos.cl/index.php/polis/article/view/1280/1968

González M., A. (2003). Los paradigmas de investigación en las ciencias sociales. ISLAS, (138), pp. 125–135. https://islas.uclv.edu.cu/index.php/islas/article/view/572

Gorelick, S. 1998: “Small is beautiful, big is subsidized”. International Society of Ecology and Culture.

Greenwood, M., Lindsay, N. M. 2019: “A commentary on land, health, and Indigenous knowledge(s)”. Global Health Promotion, 26, 82–86. https://doi.org/10.1177/1757975919831262

Guerrero, M. T., Frithche, J., Martínez, R., Hernández, Y. (2006). Diseño y construcción de sanitarios ecológicos secos en áreas rurales. Revista Cubana Salud Pública, 32(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662006000300016&lng=es&nrm=iso&tlng=es

GWP. (Global Water Partnership). (2003). Toolbox integrated water resources management: sharing knowledge for equitable, efficient and sustainable water resources management. Stokholm, Sweden: GWP Secretariat. https://www.ircwash.org/resources/toolbox-integrated-water-resources-management-sharing-knowledge-equitable-efficient-and

GWP. (Global Water Partnership). (2000). Integrated water resources management. Stokholm, Sweden: TAC Background paper 4. https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-english.pdf

GWP & FAO. (Global Water Partnership & Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2013). Tecnologías para el uso Sustentable del agua: Una contribución a la seguridad alimentaria y a la adaptación al cambio climático. Asociación Mundial para el Agua, Capítulo Centroamérica, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. Tegucigalpa, Honduras, 2013. 25 – 26 pp.

Hanley, N., & Barbier, E. B. (2009). Pricing nature: Cost-benefit analysis and environmental policy. Edward Elgar Publishing. https://www.researchgate.net/publication/41558988_Pricing_Nature_Cost-Benefit_Analysis_and_Environmental_Policy-Making

Hatt, B. E., Deletic, A., & Fletcher, T. D. (2006). Integrated treatment and recycling of stormwater: A review of Australian practice. Journal of Environmental Management, 79(1), 102–113. https://2024.sci-hub.se/361/c3ae007a06e60e9a6b3b7b68118a0db0/hatt2006.pdf

Helmreich, B., & Horn, H. (2009). Opportunities in rainwater harvesting. Desalination, 248(1–3), 118–124.

Hernández, J. (2018). Efectos de la urbanización en la gestión del agua en las zonas periurbanas. El caso de la Zona Metropolitana de León, Guanajuato. Ciudad de México, México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. https://redissa.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/04/efectos-de-la-urbanizacic3b3n-en-la-gestic3b3n-del-agua-en-las-zonas-periurbanas-el-caso-de-la-zona-metropolitana-de-lec3b3n.pdf

Hernández Figueroa, M. (2024). Instalan 66 sistemas de captación de agua de lluvia en comunidades rurales de Guanajuato. Líder Empresarial. https://www.liderempresarial.com/sistemas-de-capacitacion-de-agua-de-lluvia-en-comunidades-de-guanajuato/

Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la Investigación. Capítulo 9: Recolección de datos cuantitativos. pp. 196 – 269. ISBN: 978-1-4562-2396-0. https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

Herrera, F. (2006). Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana. Revista Gaceta Laboral, vol. 12, no. 1, pp. 91-117. https://www.redalyc.org/pdf/336/33612105.pdf

Herzer, H., Sujoy, J., Prudkin, N., Helguera, L. (1977). La relación entre el hombre y los recursos naturales: algunas consideraciones teóricas acerca del medio ambiente en América Latina. Nueva Sociedad (Venezuela)..(1977)..(, (31-32), 206-220. https://static.nuso.org/media/articles/downloads/352_1.pdf

Hieronimi, H. (2006). Manejo sustentable del agua. Captación, almacenamiento y uso eficiente. pp. 14 – 20. https://www.academia.edu/21996919/Manejo_sustentable_de_agua

Hulton, G.; Organización Mundial de la Salud (OMS). (2012). Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/75140

HRI. (Human Rights International Instruments). (1994). Recopilación de las observaciones y recomendaciones generales adoptadas por órganos de derechos humanos creados en virtud de tratados. Observación general 18 - No discriminación, 37° período de sesiones, 29 de julio de 1994, HRI/GEN/1/Rev. 1. https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G94/180/29/PDF/G9418029.pdf?OpenElement

Hunt, L. (2010). La invención de los derechos humanos. Trad. de Beltrán Ferrer Jordi, España, Tusquets.

Hydra Aqua Systems. (2014). Sistemas hidráulicos sustentables en León, Guanajuato. https://www.hydramx.com/

IAgua. (2023). Las seis tendencias tecnológicas en el sector del agua para 2023, según Idrica. https://www.iagua.es/noticias/idrica/seis-tendencias-tecnologicas-sector-agua-2023-segun-idrica

IAgua. (2017). Bolivia busca articular acciones, conocimientos y saberes ancestrales para conservar los humedales, Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia. https://www.iagua.es/noticias/bolivia/mmaya/17/02/03/bolivia-busca-articular-acciones-conocimientos-y-saberes-ancestrales

idrica. (2024). Tendencias del agua en la gestión de recursos hídricos para 2024: desafíos y soluciones. https://www.idrica.com/es/blog/tendencias-del-agua-recursos-hidricos-2024/

IEG. (Instituto Estatal de Guanajuato). (2023). Programa Estatal de Cultura del Agua. Guanajuato, México: IEAG. Recuperado de https://agua.guanajuato.gob.mx/pdf/Programa_conservacion_agua.pdf

IFRC. (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies). (2014). Informe mundial sobre desastres: Cultura y riesgo. Ginebra, Suiza: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.

IMPLAN. (Instituto Municipal de Planeación de León). (2019). Plan de Desarrollo Comunitario del Polígono Norte de Las Joyas. https://www.implan.gob.mx/pdf/estudios/desarrollo/plan-de-desarrollo-comunitario-del-poligono-norte-de-las-joyas.pdf

IMSS. (Instituto Mexicano del Seguro Social). (2024). Agreement ACDO.AS3.HCT.281124/434.P.DF approving updated unit costs by level of medical care for 2025. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5745162

IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). (2022a). ¿Qué Hacemos? Gobierno de México. https://www.gob.mx/imta/que-hacemos#:~:text=El%20Instituto%20Mexicano%20de%20Tecnolog%C3%ADa,recurso%20y%20asignarlo%20de%20manera

IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). (2022b). Unit costs of hydraulic infrastructure in Mexico. IMTA. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/guia-costos/files/assets/common/downloads/publication.pdf

IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). (2021). Gobierno abierto y gobernanza del agua: promesas y desafíos. https://www.gob.mx/imta/es/articulos/gobierno-abierto-y-gobernanza-del-agua-promesas-y-desafios?idiom=es

IMTA. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). (2019). El agua en la Constitución. https://www.gob.mx/imta/articulos/el-agua-en-la-constitucion

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2024a). Información por entidad / Guanajuato. Obtenido de cuentame...: https://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/poblacion/default.aspx?tema=me&e=11

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2024b). Población / Población total. Obtenido de Cuéntame de México / Población: https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2024c). Medición de la pobreza multidimensional en México, 2024. INEGI. https://www.inegi.org.mx/desarrollosocial/pm/

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2023). cuéntame, INEGI / información por entidad. Recuperado el 09 de septiembre de 2023, de Guanajuato / clima: https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/territorio/clima.aspx?tema=me&e=11

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2022). Aspectos Geográficos 2021 - Guanajuato. Aguascalientes, México: INEGI, Edificio Sede. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463914464.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Population and Housing Census 2020. INEGI. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2016). Estructura económica de Guanajuato, en síntesis. Aguascalientes, México: Insituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2015). Encuesta intercensal 2015. https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2011). Population and Housing Census 2010. INEGI. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/

INEGI. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (1993). Cuaderno Estadístico Municipal de León. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/920/702825922320/702825922320_2.pdf

Infobae. (2024). IICA highlights rainwater harvesting programs in Mexico's semi-arid regions. https://www.infobae.com/america/agencias/2024/02/09/el-iica-destaca-programas-de-captacion-de-agua-de-lluvia-en-el-semiarido-de-mexico/

Instituto de Ecología del Estado De Guanajuato. (2018). Proyecto ejecutivo del Programa Integral de Sustentabilidad Comunitaria (PISC). Sin publicar. Guanajuato, Gto. https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/cambio-climatico/179/Proyecto-Integral-de-Sustentabilidad-Comunitaria-(PISC)

IPLANEG. (Instituto de Planeación, Estadística y Geografía del Estado de Guanajuato). (2022). Consulta de indicadores. Recuperado el 29 de marzo de 2023, de Medio ambiente y territorio / Información al cierre del 2022: https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/dimension-medio-ambiente/

IPLANEG. (Instituto de Planeación, Estadística y Geografía del Estado de Guanajuato). (2019). Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Guanajuato PEDUOET 2040. IPLANEG.

IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Ginebra, Suiza: World Meteorological Organization, United Nations Environment Progrmme. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf

Isla Urbana. (2023). Pluvioteca: Rainwater harvesting information center. https://islaurbana.org/pluvioteca/

Isla Urbana. (2022). Manual de sistemas de captación de agua de lluvia. Isla Urbana.

Isla Urbana. (2018). Reporte anual 2018. Ciudad de México: Isla Urbana. Recuperado de https://islaurbana.org/wp-content/uploads/2023/07/Reporte-Anual_2018.pdf

Jacho Rodríguez, P. F. (2025). Gestión participativa y su impacto en la planificación de proyectos territoriales. Revista Impulso, 5(11), 88–107. https://doi.org/10.59659/impulso.v.5i11.132

Jiménez, Ó. (2023). Pase a crisis del agua en Guanajuato, acaban con los COTAS que optimizaban su uso. Obtenido de Periódico Correo: https://periodicocorreo.com.mx/vida-publica/pese-a-crisis-de-agua-en-guanajuato-acaban-con-los-cotas-que-optimizaban-su-uso-20230704-76982.html

Kashyapa. A. S. Y. 2013: "Prácticas ancestrales de crianza de agua como estrategia de adaptación al cambio climático". https://www.servindi.org/actualidad/87425

Kesari, K. K., Soni, R., Jamal, Q. M. S., Tripathi, P., Lal, J. A., Jha, N. K., Siddiqui, M. H., Kumar, P., Tripathi, V., & Ruokolainen, J. (2021). Wastewater Treatment and Reuse: A Review of its Applications and Health Implications. Water, Air, & Soil Pollution, 232(208). https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8

Krekeler, M. P. S., Calkins, C., Borkiewiez, O. (2010). Mineralogical and hydrogeologic properties of a partially unconsolidated Pleistocene limestone in the east central Yucatán: implications for the development of subsurface flow constructed wetlands (SFCWs) in the region. Carbonates and Evaporites, 25 (1), 77-86. Doi:10.1007/s13146-010-0009-2

Krekeler, M. P. S., Probst, P., Samsonov, M., Tselepis, C. M., Bates, W., Kearns, L. E., Maynard, J. B. (2007). Investigations of subsurface flow constructed wetlands and associated geomaterial resources in the Akumal and Reforma regions, Quintana Roo, Mexico. Environmental Geology. 53(4), 709-726. Doi: 10.1007/s00254-007-0684-z

Kroger, J.; Granziera, P. (2012). Aztec Goddesses and Christian Madonnas. Images of the Divine Feminine in Mexico. Farnham, Inglaterra: Ashgate. https://archive.org/details/aztecgoddessesch0000krog

Lai, Hsien-Che; Shyu, J. (2005). A comparison of innovation capacity at science parks across the Taiwan Strait: the case of Zhangiiang High-Tech Park and Hsinchu Science-based Industrial Park. Revista de la CEPAL, vol. 25, pp. 805-813. https://ir.lib.nycu.edu.tw/bitstream/11536/13536/1/000229233300010.pdf

Larrubia, V. R. (1998). El espacio rural. Concepto y realidad geográfica. Baetica. Estudios de Arte, Geografía e Historia (20): 77-95. http://www.revistas.uma.es/index.php/baetica/article/view/509

Latour, B. (1992). Aramis ou l'amour des techniques, Paris, La Découverte.

Lean, J., y Rind, D. (2001). Earth's Response to a Variable Sun. Science, 292(5515). DOI: 10.1126/science.1060082.

Leff, Enrique. (2008). Discursos sustentables. Siglo XXI.

Leff, Enrique. (2004). Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza, Editorial Siglo XXI, México.

Leff, Enrique. (2000). La complejidad ambiental, Editorial Siglo XXI, México. https://www.redalyc.org/pdf/305/30501605.pdf

Leff, Enrique. (1998). Saber ambiental, sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder. Siglo XXI. México. 285 p.

León, F. (2025). Primary care in rural Mexico: Challenges and effective solutions. Saludiario. https://www.saludiario.com/atencion-primaria-en-zonas-rurales-de-mexico-desafios-y-soluciones-efectivas/

Ley de Aguas del Distrito Federal. (2003). Ley de Aguas del Distrito Federal. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 27 de mayo de 2003 Última reforma publicada en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México el 29 de octubre de 2020. https://www.congresocdmx.gob.mx/media/documentos/20af644dec17c38142fd2e7da44ddba4eb8b0dca.pdf

Ley de Aguas Nacionales. (1992). Ley de Aguas Nacionales. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992. Última reforma publicada DOF 06-01-2020. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf

Ley Federal de Derechos. (1981). Ley Federal de Derechos. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de diciembre de 1981. Última reforma publicada DOF 12-11-2021. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lfd.htm#:~:text=LEY%20que%20establece%2C%20reforma%2C%20adiciona,que%20reforma%20otras%20leyes%20federales.

Ley General del Cambio Climático. (2012). Ley General de Cambio Climático. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012. Última reforma publicada DOF 06-11-2020. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_061120.pdf

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. (2018). Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018. Última reforma publicada 28-04-2022. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgdfs.htm

LGEEPA. (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente). (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente. Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Última reforma publicada DOF 09-01-2015.

https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf

Lezana F. M. Á. (2015). Hacia la reducción de la desigualdad en salud: del discurso a las acciones. Revista CONAMED, vol. 20, núm. 3, pp. 99-100. https://www.medigraphic.com/pdfs/conamed/con-2015/con153a.pdf

Lichtenthaler, U. (2009). Absorptive Capacity, Environmental Turbulence, and the Complementarity of Organizational Learning Processes. Academy of Management Journal, 52(4), 822–846. doi:10.5465/amj.2009.43670902

Líder Empresarial (2026). El Acueducto Solís–León avanza pese al retiro de maquinaria. https://www.liderempresarial.com/acueducto-solis-leon-avanza-pese-a-retiro-de-maquinaria/?utm_source=copilot.com

Liffman, P. (2017). El agua de nuestros hermanos mayores. La cosmopolítica antiminera de los wixaritari y sus aliados. En G. Olivier y J. Neurath (eds.), Mostrar y ocultar en el arte en los rituales: perspectivas comparativas (pp. 563-588). Ciudad de México: UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas e Instituto de Investigaciones Históricas. https://scholar.google.com/scholar?oi=bibs&cluster=12379575764587342447&btnI=1&hl=es

Linton, J. (2010). What is Water? The History of a Modern Abstraction. UBC Press. https://www.ubcpress.ca/asset/9481/1/9780774817011.pdf

Liverman, D. M. (2000). Adaptation to Drought in Mexico. En D. Wilhite (ed.). Drought: A Global Assessment. Vol. II. Nueva York, Estados Unidos: Routledge. https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1658&context=nrj

Lorenzo Monterubio, A. (2007). Las haciendas pulqueras de México UNAM, Centro de investigaciones y Estudios de Posgrado p.p.91-151. http://bdjc.iia.unam.mx/items/show/149#lg=1&slide=0

Magaña Sosa, G. (2024). Propuesta de manejo sustentable del agua en Guanajuato. IX Congreso Nacional y II Congreso Internacional de Riego, Drenaje y Biosistemas. Chapingo, México. https://riego.mx/congresos/comeii2024/assets/files/thematicPresentationExtended/24020-Extenso.pdf

Malissard, A. (1994). Les Romains et l'eau. Editorial Les Belles Lettres. p.p. 137-138. Versión castellana de Joseph López de Castro, de la obra de Alain Malissard, Les romains et l'eau, Société d'Édition Les Belles Lettres, Paris 1994.

https://kupdf.net/download/alain-malissard-los-romanos-y-el-agua_59002ae1dc0d601c6f959e8e_pdf

Marcuse, H. (1968). (Comp.). La sociedad industrial contemporánea, Siglo XXI Editores, México.

Martínez Bullé-Goyri, V. M. (2013). Reflexiones sobre la dignidad humana. Boletín Mexicano de Derecho Comparado, nueva serie, núm. 136, p. 55. ISSN: 0041-8633. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42725646002

Martínez Mendoza, A., & López Zamora, D. (2024). Water self-management: Uses of rainwater harvesting. Health, Science and Technology – Conference Series, 3, 695. https://www.researchgate.net/publication/379936304_Autogestion_del_agua_usos_de_la_captacion_de_lluvia_El_caso_de_Sierra_de_Mexico#fullTextFileContent

Martínez Miguélez, M. (1999). La psicología humanista; un nuevo paradigma psicológico. Trillas. (No. 04; BF204, M36 1999.). https://www.academia.edu/32236554/La_Psicolog%C3%ADa_Humanista_Un_Nuevo_Paradigma_Psicol%C3%B3gico

Martínez-Ruiz, J. L., y Murillo-Licea, D. (coords.). (2016). Agua en la cosmovisión de los pueblos indígenas en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, CONAGUA, IMTA. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/download/?key=9943113

Martos-Rosillo, S., González-Ramón, A., Marín-Lechado, C., Guardiola-Albert, C., Ruiz-Constán, A., Moral-Martos, F., Navarrete-Mazariegos, E., Jódar-Bermúdez, J., Pedrera-Parias, A., Durán-Valsero, J. (2017). Las acequias de careo de Sierra Nevada (sur de España), un sistema de recarga ancestral en acuíferos de alta montaña," in Manejo de la recarga de acuíferos: un enfoque hacia Latinoamérica, O. Escolero, C. Gutiérrez and E. Mendoza, Eds. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2017, pp. 527-563.

Marx, K. (1978). El capital, Madrid, Siglo XXI Editores

Masera, O. R. (1986). Tecnologías alternativas. Ciencias, 52-57. https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/10909

Massa, I., Andersen, M. S. (2000). Special Issue Introduction: Ecological Modernization. Journal of Environmental Policy & Planning, 2(4), 265-267. Doi:10.1080/714038560

Mata, B.; López, M.; González, S.; Delgado, V. (2007). Escuelas campesinas en México: una visión desde los encuentros nacionales organizados por la UACH", Artículos y Ensayos de Sociología Rural, pp. 63-77.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W. (1972). Los límites del crecimiento. Fondo de Cultura Económica.

https://s81c843597189ba68.jimcontent.com/download/version/1660789173/module/9819046665/name/Los-Limites-Del-Crecimiento.pdf

Mendoza Gómez, M., Tagle, D., Mora, J., Delgado, X. (2023). 4. Modificación al proyecto Presa El Zapotillo. En D. Tagle, A. Caldera, X. Delgado, J. Mora, El Zapotillo y su viraje en la 4T. Voces y reacciones. (págs. 89-113). León, México: Universidad de Guanajuato.

Mendoza Gómez, M., Tagle-Zamora, D., Morales Martínez, J. L., Caldera Ortega, A. R., Mora Rodríguez, J. de J. (2022). Water Supply Management Index: Leon, Guanajuato, Mexico. Water, 14(6), 919. https://doi.org/10.3390/w14060919

Miletto, M., Caretta, M. A., Burchi, F. M. y Zanlucchi, G. (2017). Migration and its Interdependencies with Water Scarcity, Gender and Youth Employment. WWAP. París, UNESCO. https://climate-diplomacy.org/sites/default/files/2020-10/UNESCO_Migration%20and%20its%20interdependencies_water-gender-youth.pdf

Minujin, A. (1999). ¿La gran Exclusión? Vulnerabilidad y exclusión en América Latina. Los Noventa. Política, Sociedad y Cultura en América Latina y Argentina de Fin de Siglo. Buenos Aires: FLACSO and EUDEBA. http://www.iunma.edu.ar/doc/MB/lic_ts_mat_bibliografico/TRABAJO%20SOCIAL%20Y%20POL%C3%8DTICAS%20SOCIALES/Minujin.%20%20La%20gran%20exclusion.pdf

Mishra, A. K., y Vijay P. Singh (2010). A Review of Drought Concepts. Journal of Hydrology, 391(1-2). DOI: https://doi.org/10.1016/jhydrol.2010.07.012.

Mol, A., P. J., Spaargaren, G. (2009). Ecological modernisation and industrial transformation. A companion to environmental geography, 253-265Mol, A. P., & Spaargaren, G. (2009). https://www.academia.edu/26109882/Ecological_Modernisation_and_Industrial_Transformation

Molle, F. (2009). River-basin planning and management: The social life of a concept. Geoforum, 40(3), 484–494.

Montero Contreras, D. (2020). El abastecimiento de agua en Iztapalapa. Un análisis institucional. Revista de Economía Institucional. https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/ecoins/article/view/6554

Montes, A. K. (2009). Análisis de la contribución de los sanitarios secos al saneamiento básico rural. Tesis de maestría, Pontifica Universidad Javeriana. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/720/eam39.pdf?sequence=1&isAllow

Morales, A. (2012). La gestión adaptativa del agua ante un contexto de variabilidad y cambio climático: un enfoque operativo. Tijuana, México: El Colegio de la Frontera Norte.

Moran, M., Rein, M., Goodin, R. (2007). The Oxford Handbook of Public Policy. Oxford University Press, Oxford. DOI: doi.org/10.1002/pam.20430. https://www.hse.ru/data/2012/11/03/1249193747/Public_policy_handbook.pdf

Moser, A. (1996). Ecotechnology in industrial practice: implementation using sustainability indices and case studies. Ecological Engineering, 7(2), 117-138. Doi:10.1016/0925-8574(96)00005-5

Moulay, O., Nabil, A., Réjean, L. (2012). SMEs' degree of openness: The case of manufacturing industries. Journal of Technology Management y Innovation, vol. 7, no. 1, pp. 186-210. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-27242012000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Murillo-Licea, D., Romero-Pérez, R., López-Ramírez, E. (2019). La adopción social de tecnologías apropiadas en Chitejé de Garabato, Querétaro, México; un estudio exploratorio. Tecnología y ciencias del agua, 10(2), 35-77. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222019000200035

Musset, A. (1991). De l'eau vive à l'eau morte: Enjeux techniques et culturels dans la Vallée de Mexico (XVIe-XIXe siècles). París, Francia: Éditions Recherche sur les Civilisations.

National Geographic. (2024). ¿Cómo afecta el cambio climático al agua que hay en el mundo? https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2024/03/como-afecta-el-cambio-climatico-al-agua-que-hay-en-el-mundo

Nava, L. F., Torres Bernardino, L., Orozco, I. (2024). Crisis Water Management in Mexico. En The Palgrave Encyclopedia of Sustainable Resources and Ecosystem Resilience. SpringerLink. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-030-67776-3_56-1

NODAL. (Noticia de América Latina y el Caribe). (2019). Bolivia: Siembra y cosecha de agua para enfrentar cambio climático. https://www.nodal.am/2019/04/bolivia-siembra-y-cosecha-de-agua-para-enfrentar-cambio-climatico/

Odum, H. T., Cantlon, J. E., & Kornicker, L. S. (1960). An organizational hierarchy postulate for the interpretation of species-individual distributions, species entropy, ecosystem evolution, and the meaning of a species-variety index. Ecology, 41(2), 395-399. Doi:10.2307/1930248

OECD. (Organisation for Economic Co-operation and Development). (2012). Water governance in Latin America. OECD Publishing.

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2012/03/water-governance-in-latin-america-and-the-caribbean_g17a2110/5k9crzqk3ttj-en.pdf

Oki, T., Agata, Y., Kanae, S., Saruhashi, T., Yang, D., Musiake, K. (2001). Global assessment of current water resources using total runoff integrating pathways. Hydrological Sciences Journal, vol. 46, no. 6, pp. 983-995.

Olivé, L. (2012). Hacia una sociedad del conocimiento en el México multicultural. Memoria de la Reunión General de la Asociación Mexicana de Ciencias: Ciencia y Humanismo. https://www.ingenieria.unam.mx/pinilla/pedagogia/PE106014/docs/2marcoteorico/93264918.pdf

Olivé, L. (2004). Interculturalismo y Justicia Social. México D.F.: UNAM, 9-15. http://www.libros.unam.mx/interculturalismo-y-justicia-social-8626000000539-libro.html

Oltra, C. (2005). Modernización ecológica y sociedad del riesgo, Hacia un análisis de las relaciones entre la ciencia, medio ambiente y sociedad. Revista de Sociología papers 78. https://raco.cat/index.php/Papers/article/view/40276

OMS. (Organización Mundial de la Salud). (2023). Agua para consumo humano. Datos y cifras. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2009). WHO guidelines for drinking-water quality (WHO/HSE/WSH/09.05). https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70050/WHO_HSE_WSH_09.05_eng.pdf

OMS & UNICEF. (Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). (2017). Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS. Ginebra, OMS/UNICEF. washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2018-01/JMP-2017-report-final.pdf

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). (2024). El derecho humano al agua y al saneamiento. https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). (2023). Programa para el medio ambiente, City Adapt. https://cityadapt.com/que-son-las-sbn/

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). (2022). “Desafíos globales: Agua”. Un.org. https://www.un.org/es/global-issues/water

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). (2020). El agua, un derecho humano. https://www.un.org/es/observances/water-day

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). (2019). Los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas deben preservarse y valorarse a nivel mundial, subrayan los oradores al abrir la sesión anual del Foro Permanente | Cobertura de reuniones y comunicados de prensa. https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/wp-content/uploads/sites/19/2019/04/Spanish-Traditional-Knowledge-backgrounder-FINAL_ES.pdf

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). (2014). Nota informativa. Agua y salud. Programa de la ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el Marco del Decenio (UNW-DPAC), 2014, p. 2.

ONU. (Organización de las Naciones Unidas). (2002). Observaciones generales. Núms. 14 y 15 al pidesc. (Pacto Internacional sobre Derechos Económicos y Sociales y Culturales). https://www.ohchr.org/sp/professionalinterest/pages/cescr.aspx

ONU-Agua. (Organización de las Naciones Unidas, Agua). (2015). Eliminating Discrimination and Inequalities in Access to Water and Sanitation. ONU-Agua. www.unwater.org/publications/eliminating-discrimination-inequalities-access-water-sanitation/

ONU-Agua. (Organización de las Naciones Unidas, Agua). (2013). UN-Water analytical brief on water security and the global water agenda. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2017/05/analytical_brief_oct2013_web.pdf

Orr S., Cartwright, A., Tickner, D. (2010). Qué son los riesgos hídricos. Fondo Mundial para la Naturaleza.http://www.agua.unam.mx/humedales/assets/materialdifusion/WWF_QueSonLosRiesgosHidricos.pdf

Ortega y Gasset, J. (1939). Meditación de la técnica. En Revista de Occidente / El Arquero, Madrid, 1977.

Ortiz-Moreno, J. A. (2024). *Infrastructure alternatives in an incomplete modernity: a case study on the re-emergence of rainwater harvesting in Mexico City* [Tesis doctoral, University of Sussex]. Sussex Research Online. https://sussex.figshare.com/articles/thesis/Infrastructure_alternatives_in_an_incomplete_modernity_a_case_study_on_the_re-emergence_of_rainwater_harvesting_in_Mexico_City/26014498

Ortiz-Moreno. J., Masera C. O. (2014). Innovación tecnológica, difusión y apropiación social de ecotecnologías como alternativas para el desarrollo rural. En: Hacia un modelo intercultural de sociedad del conocimiento en México. https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Ortiz-Moreno-J.A.-y-Masera-Cerutti-O.M-2014.-Innovacion-tecnologica-difusion-y-apropiacion-social-de-ecotecnolog--as-como-alternativas-para-el-desarrollo-rural.-.pdf

Ortiz-Moreno, J. A., Masera-Cerutti, O., & Fuentes-Gutierrez, A. F. (2014). La ecotecnología en México (Primera ed., p. 126). México, D. F.: Imagia. https://ecotec.unam.mx/libros/la-ecotecnologia-en-mexico

Ostrom, E. (2000). El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México. https://base.socioeco.org/docs/el_gobierno_de_los_bienes_comunes.pdf

Ostrom, E. (1990). Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge University Press. https://www.actu-environnement.com/media/pdf/ostrom_1990.pdf

Ostrom, E., y Ahn, T. K. (2003). Una perspectiva del capital social desde las ciencias sociales: capital social y acción colectiva. Revista Mexicana de Sociología, 65(1): 155-233. http://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v65n1/v65n1a5.pdf

Otte, Pia Piroschka. (2013). Solar cookers in developing countries-What is their key to success? Energy Policy, Vol. 63, pp. 375-381, doi:10.1016/j. Enpol.2013.08.075

Pacheco, C. J. C., Gómez, V. G. (2007). El modelo ecotecnológico, una alternativa para la sostenibilidad de las comunidades artesanales de Galapa y Usiacurí en el Departamento del Atlántico. Cuadernos de Desarrollo Rural, núm. 59, pp. 118-148. ISSN: 0122-1450. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11759005

Pacheco-Vega, R. (2017). El megaproyecto de la presa El Zapotillo como nodo centroidal de conflicto intratable. Un análisis desde la ecología política. Espiral (Guadalajara) vol.24 no. 69. https://www.scielo.org.mx/pdf/espiral/v24n69/1665-0565-espiral-24-69-00193.pdf

Pacheco-Vega, R., & Hernández, A. (2014). Capítulo 6: Percepciones divergentes de la escasez de agua en León y Guadalajara: un análisis del caso de la presa El Zapotillo. En D. (. Tagle, La crisis multidimensional del agua en la ciudad de León, Guanajuato. (págs. 125-138). León, México: Universidad de Guanajuato-Campus León. https://www.academia.edu/21362865/Percepciones_divergentes_de_la_escasez_de_agua_en_Le%C3%B3n_y_Guadalajara_un_an%C3%A1lisis_del_caso_de_la_presa_El_Zapotillo_In_D_Tagle_Ed_La_crisis_multidimensional_del_agua_en_Le%C3%

B3n_Guanajuato_pp_125_138_Leon_Guanajuato_Mexico_Universidad_de_Guanajuato

Palacio C. N. (2010). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia. Gestión y Ambiente, 13(2), 25–40. https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25392

Palerm, A., y Wolf, E. R. (1972). Agricultura y civilización en Mesoamérica. Distrito Federal, México: Secretaría de Educación Pública.

Palma, A., González, F. (2012). La gestión integral del agua en México: algunos casos de aplicación. Universidad Nacional Autónoma de México. http://www.agua.unam.mx/ivagua/assets/pdfs/presentaciones/adriana_palma.pdf

Pascual, J. B. (2011). Rediseño y ensayo de un biodigestor en la granja experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo. Tesis de ingeniería, Universidad Autónoma de Chapingo. https://docplayer.es/10613064-Rediseno-y-ensayo-de-un-biodigestor-en-la-granja-experimental-de-la-uach-indice-general.html

Peniche, S., García, J., & Martínez, G. (2023). 2. Teogonía del agua en el Occidente de México. La batalla de El Zapotillo. En D. Tagle, A. Caldera, X. Delgado, & J. Mora, El Zapotillo y su viraje en la 4T. Voces y reacciones. (págs. 45-64). León, México: Universidad de Guanajuato.

Peña, M. R. (2004). Saneamiento ecológico ¿panacea o caja de sorpresas? Ingeniería y Competitividad, 6(2), 83-91. https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/download/2281/3031

Perales, V. H. (2023). Claves para una gestión de la crisis hídrica en La Paz. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2023/11/Claves-para-una-gestion-de-la-crisis-hidrica-en-La-Paz-SCIELO.pdf

Perdomo, J. L., Zapata, H. (2010). Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento. Bogotá: Universidad Javeriana.

Pérez, P. (2023). Contempla León 22 obras de bordería para captar agua. Recuperado el 5 de mayo de 2023, de TV4 Noticias Guanajuato: https://tv4noticias.com/guanajuato/contempla-leon-22-obras-de-borderia-para-captar-agua

Perrin, J. (1999). Coment naissent les techniques, la production socialdes techniques, Editorial Publisud, Francia. https://www.persee.fr/doc/tiers_0040-7356_1989_num_30_118_3855_t1_0472_0000_2

Peyloubet, P., Gargantini, D., O´Neill, T., Fenoglio, V., Valladares, G., Ortecho, M., Pasquale, F. (2009). Tecnología social y construcción colectiva del conocimiento. XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires. Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires. https://cdsa.aacademica.org/000-062/92.pdf

Pieck, S. (2011). Beyond postdevelopment: civic responses to regional integration in the Amazon. En Journal of Cultural Geography, vol. 28, no. 1, pp. 179-202.

Pineda, A. (2013) Isla Urbana, el agua donde se necesita. El Economista. https://www.eleconomista.com.mx/politica/Isla-Urbana-el-agua-donde-se-necesita-20130726-0063.html

Pinos, F. J. A., Malo-Larrea, A. J. (2018). El derecho humano de acceso al agua: una revisión desde el Foro Mundial del Agua y la gestión de los recursos hídricos en Latinoamérica. Revista INVURNUS, núm. 13 vol. 1, pp. 12 – 20. http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11509

Plazas, C., Falchetti, A., Sáenz, J., Archila, S. (1993). La sociedad hidráulica Zenu, 1st ed., Bogotá: Banco de la República. https://www.academia.edu/98522073/LA_SOCIEDAD_HIDRAULICA_ZENU_Estudio_arqueol%C3%B3gico_de_2_000_a%C3%B1os_de_historia_en_las_llanuras_del_Caribe_colombiano

Poder Judicial del Estado de Guanajuato. (2023a). Conceptos Jurídicos Fundamentales. Definición de derecho, de FloresGómez, G. F., Carvajal, M. G. (1986). Nociones de Derecho Positivo Mexicano. p. 50. https://www.poderjudicial-gto.gob.mx/pdfs/ifsp_conceptosjuridicosfundamentales-1.pdf

Poder Judicial del Estado de Guanajuato. (2023b). Conceptos Jurídicos Fundamentales. Definición de derecho, de Pereznieto C., L., Ledesma, M. A. (1990). Introducción al Derecho. https://www.poderjudicial-gto.gob.mx/pdfs/ifsp_conceptosjuridicosfundamentales-1.pdf

Ponce, D.; Vega, Y. (2009). Evaluación de la educación ambiental en la enseñanza secundaria municipal de Talca, Chile. NEUMA. Año 2:202-217. https://neuma.utalca.cl/index.php/neuma/article/view/181/179

PNUD. (Programa de las Naciones Unidas). (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible, Agenda 2030. United Nations Development. https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html

Prieto-Jiménez, D., Oviedo-Ocaña, E. R., Gómez-Isidro, S., & Domínguez, I. C. (2024). A multicriteria decision analysis for selecting rainwater harvesting systems in rural

areas: A tool for developing countries. Environmental Science and Pollution Research, 31, 42476–42491. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-33734-8

Proceso (2025). La construcción del acueducto Solís en Guanajuato estará a cargo de la Sedena. https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2025/5/31/la-construccion-del-acueducto-solis-en-guanajuato-estara-cargo-de-la-sedena-352147.html?utm_source=copilot.com

PROFECO. (Procuraduría Federal del Consumidor). (S.F.). Resultados de búsqueda: "agua sin gas". Quién es Quién en los Precios. Recuperado el 29 de enero de 2026, de https://qqp.profeco.gob.mx/results?city=1101&searchTerm=agua%20sin%20gas

Proyectos México (2025). Ficha técnica del Acueducto Solís–León. https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/0984-acueducto-presa-solis/

Publimetro. (2025, May 22). Rainwater harvesting: The bet of rural communities facing drought. https://www.publimetro.com.mx/guanajuato/2025/05/22/captar-agua-de-lluvia-la-apuesta-de-comunidades-rurales-ante-la-sequia/

Puranam, P.; Singh, H.; Zollo, M. (2007). Organizing for innovation: Managing the coordination-autonomy dilemma in technology acquisitions. En Academy of Management Journal, vol. 49, pp. 263-280. https://www.researchgate.net/publication/228172230_Organizing_for_Innovation_Managing_the_Coordination-Autonomy_Dilemma_in_Technology_Acquisitions

Quintanilla, M. A. (1997). El concepto de progreso tecnológico. Arbor, CLVII, pp. 377-390. https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/1822/1968

RAE. (Real Academia de la Lengua Española). (2025a). Definición de derecho. Diccionario de la lengua española. https://dle.rae.es/derecho?m=form

RAE. (Real Academia de la Lengua Española). (2025b). Definición de técnico. https://dle.rae.es/t%C3%A9cnico

RAE. (Real Academia de la Lengua Española). (2025c). Definición de tecnología. https://dle.rae.es/tecnolog%C3%ADa?m=form

RAE. (Real Academia de la Lengua Española). (2025d). Definición de tecno. https://dle.rae.es/tecno-

Ramírez Hernández, J. C. (2024). ¿De cuántos litros es una cubeta estándar en México? M-24. https://m-24.com.ar/de-cuantos-litros-es-una-cubeta-estandar-en-mexico/?expand_article=1

Reátegui, R. (2019). Ciencia, Enfoque Sistémico y Complejidad ambiental. FIPA, UNICA, Perú. https://docplayer.es/13358112-Ciencia-enfoque-sistemico-y-complejidad-ambiental.html

Rijsberman, F. R. (2006). Water scarcity: fact or fiction? Agricultural water management, vol. 80, núm. 1-3, pp. 5-22. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.001

Rivas, A. (2022). Por servicios de agua potable, Guanajuato destaca como segundo mejor a nivel nacional. Milenio. https://www.milenio.com/sociedad/servicios-de-agua-potable-en-guanajuato-destacan-a-nivel-nacional

Rivero B. M. E., Córdova R. M. A. (2011). Transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades rurales en la cuenca del lago de Pátzcuaro. http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1134/HC_0834_4.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rivero-Bustos, M. E., Gómez-Lugo, L., Barrios D., N. (2012). Sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia en vivienda y comunidad rural, Pátzcuaro, Michoacán. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/02/sistemas-captacion-agua-lluvia-patzcuaro.pdf

Rizzardini, M. F. (2009). Baños secos: Gestión y aprovechamiento de residuos. Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Catalunya. https://docplayer.es/6403937-Banos-secos-gestion-y-aprovechamiento-de-residuos.html

Robinson Trápaga, D. G., & Díaz-Carrión, I. A. (2019). Empoderamiento de la mujer rural e indígena en México a través de grupos productivos y microempresas sociales. RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía, 9(17), 91–108. https://www.redalyc.org/journal/5045/504558496006/html/

Rodríguez Dozal, S. L., Álamo Hernández, U., Cortez Lugo, M., de la Sierra de la Vega, L. A., Farías Ferra, P., Riojas Rodríguez, H., Martínez Avilés, J., Félix Arellano, E. E., & Schilmann Halbinger, A. (2021). Water and public health. National Institute of Public Health. https://insp.mx/assets/documents/webinars/2021/CISP_agua%20y%20salud%20publica.pdf

Rogers, E. (2003). Diffusion of innovations, Free Press, New York.

Rogers, E.; Tkegami, S.; Yin, J. (2001). Lessons learned about technology transfer. En Technovation, vol. 21, no. 4, pp. 26-40.

Rojas, T., Martínez, J. L., Murillo, D. (2009). Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico. Jiutepec: Instituto Mexicano de Tecnología del

Agua. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/01/Cultura-Hidraulica-y-simbolismo-mesoamericano-del-agua-en-el-Mexico-prehispanico.pdf

Romero-Aguilar, M., Colín-Cruz, A., Sánchez-Salinas, E., Ortiz-Hernández, M. L. (2009). Wastewater treatment by an artificial wetlands pilot system: evaluation of the organic charge removal. Rev. Int. Contam. Ambient, 25(3) p. 157-167 https://www.researchgate.net/publication/297566567_Wastewater_treatment_by_an_artificial_wetlands_pilot_system_evaluation_of_the_organic_charge_removal

Rosales, E. (2006). Manual para la construcción y mantenimiento de biojardineras. https://www.academia.edu/13154526/Manual_de_construcci%C3%B3n_de_biojardineras_humedales_artificiales

Rosenberg, N. (1970). Economic Developmet and the Transfer of Technology: Some Historical Perspectives. Technology and Culture, 11.

Ruiz, L. (2024). ¿Cuántos litros de agua consume una lavadora en cada lavado? Enik.es. https://enik.es/cuantos-litros-de-agua-consume-una-lavadora-en-cada-lavado/

Ruiz Ortega, R. (2016). Prevención y resolución de conflictos en torno al agua ante la construcción de obras hídricas: Un caso de negación de agenda en México. Gestión Y Análisis De Políticas Públicas, (16), 57–77. https://doi.org/10.24965/gapp.v0i16.10365. https://revistasonline.inap.es/index.php/GAPP/article/view/10365

Sagarnaga, L., Salas, J. (2020). Evaluación Especifica de Desempeño y Resultados Programas Estatales a cargo de la SDAYR 2019, Captemos Agua. Celaya: Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural / Universidad Autónoma de Chapingo. https://sdayr.guanajuato.gob.mx/contenido/adjuntos/evaluaciones/2019/Informes_Evaluacion/Q0167_Informe_Evaluacion_EDR_Captemos_Agua_2019_SDAyR.pdf

Sánchez García, M., Ocampo Fletes, I., Villarreal Manzo, L. A., Méndez Espinoza, J. A., & Hernández-Rodríguez, M. D. L. (2020). Gestión del agua para uso doméstico. Estrategias familiares en los entornos rural y urbano de Tecali de Herrera, Puebla, México. Revista de El Colegio de San Luis, 10(21). https://revista.colsan.edu.mx/index.php/COLSAN/article/view/1102/pdf

Sandoval-Moreno, A; Günther, M. (2015). Organización social y autogestión del agua. Política y Cultura, No. 44, pp. 107. https://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n44/n44a6.pdf

Sansores, Francisco Javier. (1992). El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13. p.p. 19-26.

SAPAL. (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León). (2025a). Municipal rates and coverage. https://sapal.gob.mx

SAPAL. (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León). (2025b). Rates and requirements for potable water service contracting. https://sapal.gob.mx

SAPAL. (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León). (2024a). Somos SAPAL / Misión. Obtenido de SAPAL: https://www.sapal.gob.mx/somos-sapal

SAPAL. (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León). (2024b). Informe anual 2024. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León. https://www.sapal.gob.mx/descargas/informe-anual-2024.pdf.

SAPAL. (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León). (2023). Informe anual 2023. Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León. https://www.sapal.gob.mx/descargas/informe-anual-2023.pdf.

Savater, F. (1997). El valor de educar. Ariel. España. 101 p. https://www.ivanillich.org.mx/Conversar-educar.pdf

Schubert, S. D.; Suárez M. J.; Pegion, P. J.; Koster, R. D., y Bacmeister, J. T. (2004). Causes of Long-Term Drought in the U.S. Great Plains. Journal of Climate, 17(3). https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/17/3/1520-0442_2004_017_0485_coldit_2.0.co_2.xml

Schumacher, E. F. (1973). The small is beautiful. Tursen Herman Blume. https://www.academia.edu/37316798/Lo_pequeno_es_hermoso_Ernst_Friedrich_Schumacher

SDGF. (Sustainable Development Goals Fund). (Fondo de los objetivos de Desarrollo sostenible) (2017). Cisternas para “cosechar” agua de lluvia en Bolivia. https://www.sdgfund.org/es/cisternas-para-%E2%80%9Ccosechar%E2%80%9D-agua-de-lluvia-en-bolivia

SEDEMA (Secretaría del Medio Ambiente). (2023). Records of the Rain Harvesting Program. Government of Mexico City. https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/cosecha-de-lluvia

Sejourné, Laurette (1966). Arqueología de Teotihuacán, la cerámica, Editorial siglo XXI. México. https://dn720400.ca.archive.org/0/items/arqueologiadeteo00sejo/arqueologiadeteo00sejo.pdf

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2020). Informe de la situación del medio ambiente en México 2020. Gobierno de México. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html

SEMARNAT. (Secretaría de Medio Amiente y Recursos Naturales). (2018). CONAGUA, hacia una gestión integrada y sustentable del agua. https://www.gob.mx/semarnat/articulos/conagua-hacia-una-gestion-integrada-y-sustentable-del-agua#:~:text=bienes%20p%C3%BAblicos%20inherentes.-,Este%20organismo%20desconcentrado%20de%20la%20SEMARNAT%20fue%20creado%20en%201989,de%20cuenca%20y%20asistencia%20t%C3%A9cnica.

SEMARNAT. (Secretaría de Medio Amiente y Recursos Naturales). (2015). Glosario de Educación Ambiental. Gobierno de México. https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/glosario-de-educacion-ambiental

SEMARNAT. (Secretaría de Medio Amiente y Recursos Naturales). (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat004.pdf

SEMARNAT. (Secretaría de Medio Amiente y Recursos Naturales). (1997a). Norma Oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997. Fosas Sépticas prefabricadas, especificaciones y métodos de prueba. D.F. http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69276.pdf

SEMARNAT. (Secretaría de Medio Amiente y Recursos Naturales). (1997b). Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3297/1/nom-003-semarnat-1997.pdf

SEMARNAT. (Secretaría de Medio Amiente y Recursos Naturales). (1996). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3290/1/nom-001-semarnat-1996.pdf

Senado de la República. (2022). Dictámenes y propuestas sobre la Ley General de Aguas. LXV Legislatura. http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/1871/discover?field=subject&filtertype_0=dateIssued&filtertype_1=legislatura&filter_0=2022&filter_relational_operator_1=equals&filter_1=LXV&filter_relational_operator_0=equals&filtertype=subject&filter_relational_operator=equals&filter=Calidad+del+agua

Serrano, G., Chipana, R., Moreno, M., Roldán, J. (2018). Study of vertical water flows contribution to the crop water consumption in suka kollus using a mixed drainage system, Agricultural Water Management, vol. 206, pp. 86-94.

Setegn, S., Rayner, D., Melesse, A., Dargahi, B., Srinivasan, R. (2011). Impact of climate change on the hydroclimatology of Lake Tana Basin, Ethiopia. Water Resources

Research, vol. 47, no. 4, pp. 1-13. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2010WR009248

Secretaría de Salud. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo. http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/230ssa102.html

Secretaría de Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html

Secretaría de Salud. (1993). Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias. http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/041ssa13.html

Sevilla Angulo, B. Y., Tagle-Zamora, D., Caldera-Ortega, A., Mora Rodríguez, J., & Delgado Galván, X. (2026). Ecotechnologies versus conventional networks: A socioeconomic analysis for water management in rural communities. Sustainability, 18(1), 510. https://doi.org/10.3390/su18010510

SHCP (Secretaría de Hacienda y Crédito Público). (2023). Guidelines for the preparation and presentation of cost-benefit analyses of investment programs and projects. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5328458

Shah, T. (2009). Taming the anarchy: Groundwater governance in South Asia. Resources for the Future. https://www.researchgate.net/publication/259609166_Taming_the_Anarchy_Groundwater_Governance_in_South_Asia

Significados.com. (Portal virtual). (2023). Definición de Oikos. https://www.significados.com/oikos/

Sixt, G., Klerkx, L., Griffin, T. (2018). Transitions in water harvesting practices in Jordan's rainfed agricultural systems: Systemic problems and blocking mechanisms in an emerging technological innovation system," Environmental Science & Policy, vol. 8, no. 2, pp. 235-249. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146290111730816X

Sheffield, J.; Andreadis, K. M.; Wood, E. F., y Lettenmaier, D. P. (2009). Global and Continental Drought in the Second Half of the Twentieth Century: Severity- Area-Duration Analysis and Temporal Variability of Large-Scale Events. Journal of Climate,

22(8). DOI: https://doi.org/10.1175/2008JCLI2722.1. https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/22/8/2008jcli2722.1.xml

Soliz F., Maldonado A. (2012). Guías de metodologías comunitarias participativas, guía no. 5. Clínica Ambiental. Repositorio digital de la Universidad Andina Simón Bolívar. https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3997/1/Soliz,%20F-CON008-Guia5.pdf

Soncini-Sessa, R., Cellina, F., Pianosi, F., & Weber, E. (2007). Integrated and Participatory Water Resources Management, Practice. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. https://www.researchgate.net/publication/235754108_Integrated_and_Participatory_Water_Resources_Management_-_Practice

Spaargaren, G. (2000). Ecological modernization theory and the changing discourse on environment and modernity. Environment and global modernity. https://www.researchgate.net/publication/264859780_Ecological_Modernization_Theory_and_the_Changing_Discourse_on_Environment_and_Modernity_From_G_Spaargaren_APJ_Mol_and_FH_Buttel_eds_Environment_and_Global_Modernity_Sage_London_pp_41_-_73#fullTextFileContent

Stern, N. (2007). The economics of climate change: The Stern review. Cambridge University Press. https://personal.lse.ac.uk/sternn/108nhs.pdf

Storper, M. 1997:" The regional world: territorial development in a global economy". Guilford Press. https://archive.org/details/regionalworldter0000stor_m3i8

Straub, E. (2009). Understanding technology adoption: Theory and future directions for informal learning, Review of Educational Research, vol. 79, no. 2, pp. 625-649 https://gambusia.zo.ncsu.edu/readings/Straub-2009.pdf

Subirats, J., Knoepfel, P., Larrue, C., Varonne, F. (2008). Análisis y gestión de políticas públicas. Ariel, España. https://maestriainap.diputados.gob.mx/documentos/materia1/sem5/B/02.pdf

Sullivan, S. (2013). The spectacular financialisation of environmental conservation. Antipode, v. 45, p. 198-217. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1467-8330.2012.00989.x

Swyngedouw, E. (2015). Liquid Power: Contested Hydro-Modernities in Twentieth Century Spain. MIT Press. https://www.researchgate.net/publication/345978742_Liquid_Power_Contested_Hydro-Modernities_in_Twentieth-Century_Spain

Swyngedouw, E. (2004). Social power and the urbanization of water: Flows of power. Oxford University Press.

https://www.researchgate.net/publication/346816654_Social_Power_and_the_Urbanization_of_Water_Flows_of_PowerFlows_of_Power

Tagle Zamora, D. (2023). Presa El Zapotillo: una discusión de su pertinencia para León, Guanajuato, a una década del conflicto por el agua. Estudios Demográficos y Urbanos. Vol. 38, núm 1 (112), 247-282.

Tagle Zamora, D. (2016). Reporte técnico final del proyecto Transformación sociocultural, uso y aplicación de ecotecnias para el mejoramiento de la vivienda de las familias vulnerables de los municipios de Pénjamo, Comonfort, Apaseo el alto, Tierra Blanca, San Felipe del estado de Guanajuato, Universidad de Guanajuato-SEDESHU, México. https://www.researchgate.net/publication/350485865_TRANSFORMACION_SOCIOCULTURAL_USO_Y_APLICACION_DE_ECOTECNIAS_PARA_EL_MEJORAMIENTO_DE_LA_VIVIENDA_DE_LAS_FAMILIAS_VULNERABLES_DE_LOS_MUNICIPIOS_DE_PENJAMO_COMONFORT_APASEO_EL_ALTO_TIERRA_BLANCA_Y_SAN_FE

Tagle Zamora, D., Caldera, A., & Rodríguez, J. (2023). 7. Plan B "Agua sí para Guanajuato": Una terquedad gubernamental. En D. Tagle, A. Caldera, X. Delgado, & J. Mora, El Zapotillo y su viraje en la 4T. Voces y reacciones. (págs. 153-178). León, México: Universidad de Guanajuato. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/El_Zapotillo_bajo_acuerdo_respuestas_al.pdf

Tagle Zamora, D., Azamar Alonso, A. (2020). Beneficios asociados al uso de ecotecnias en comunidades rurales de Guanajuato, México. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, 33, 112-130. https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/381037/474192

Tagle Zamora, D., Azamar A., A.; Caldera O., A. (2018a). Cosecha de agua de lluvia como alternativa para la resiliencia hídrica en León, Guanajuato: una reflexión desde la nueva cultura del agua. Expresión Económica, Revista de análisis, núm 40, pp. 5-24. Doi: https://doi.org/10.32870/eera.vi40.939

Tagle Zamora, D., Ramírez Arellano, R., Caldera Ortega, A. (2018b). Retos sociales y ambientales en la implementación gubernamental de ecotecnias en Guanajuato, México. Administración Y Organizaciones, 19(37), 163–184. https://rayo.xoc.uam.mx/index.php/Rayo/article/view/39

Tagle Zamora, D., Caldera Ortega, A. (2017). Una mirada de la política social guanajuatense desde la economía ecológica: el caso del programa de ecotecnias. En: Azamar, A. A., Escobar, M. D. A., Peniche, C. S. Perspectivas de la economía ecológica en el nuevo siglo. Fondo Editorial Universitario. Guadalajara: 271 – 288.

Tecnohispano. (2024). Tecnología sostenible: 17 objetivos y 169 metas agenda 2030. https://tecnohispano.com/tecnologia-sostenible-objetivos-metas-agenda-2030/

Thoening, J., Meny, I. (1992). Las políticas públicas. Ariel, España. https://www.redalyc.org/pdf/403/40354944011.pdf

Thomas, H. (2008). Tecnologías para la inclusión social y políticas públicas en América Latina. https://www.researchgate.net/publication/317356912_Tecnologias_para_la_inclusion_social_y_politicas_publicas_en_America_Latina

Toledo, V.; Alarcón, C. P., y Barón, L. (2002). La modernización rural de México: un análisis socioecológico. Distrito Federal, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.academia.edu/41716642/La_Modernizaci%C3%B3n_Rural_M%C3%A9xico_un_an%C3%A1lisis_socioecol%C3%B3gico

Torres, P.; Cruz-Castillo, J. (1999). Indicadores del desarrollo sustentable: su construcción y usos. Revista Argumentos, vol 34, pp. 15-23. https://www.researchgate.net/publication/301286675_Indicadores_del_desarrollo_sustentable_su_construccion_y_usos

Tratamos el Agua. (2024). Purificación de agua en zonas rurales: la solución a un problema común. https://tratamoselagua.es/purificacion-de-agua-en-zonas-rurales-la-solucion-a-un-problema-comun/

Turner, J. F. C. (1972). Freedom to Build, dweller control of the housing process. New York: Macmillan, 1972. Pp. 123 – 147. https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1709443

UNAM. (Universidad Nacional Autónoma de México). (2022). Métodos de cálculo de poblaciones futuras. Facultad de Ingeniería Civil. https://idoc.pub/documents/calculo-de-poblaciones-futuras-por-metodo-aritmetico-geometrico-y-parabolico-d4p7m22o794p

UNATSABAR. (2001). Guía de diseño para captación de agua de lluvia. Organización Panamericana de la Salud. https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Gu--a-de-dise--o-para-Captacion-de-agua-de-lluvia.pdf

UNICEF. (United Nations Children´s Fund). (2017). Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene: informe de actualización de 2017 y línea base de los ODS. Apps.who.int. https://apps.who.int/iris/handle/10665/260291

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2024a). Las crisis del agua amenazan la paz mundial (informe).

https://www.unesco.org/es/articles/las-crisis-del-agua-amenazan-la-paz-mundial-informe-0

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2024b). Riesgo inminente de una crisis mundial del agua. https://www.unesco.org/es/articles/riesgo-inminente-de-una-crisis-mundial-del-agua-unesco/onu-agua

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2024c). El agua: en el centro de la crisis climática. https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2020). La gestión del agua, elemento clave para afrontar el cambio climático. https://www.unesco.org/es/articles/la-gestion-del-agua-elemento-clave-para-afrontar-el-cambio-climatico

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2015). Desafíos del Agua Urbana en las Américas, Perspectivas de las Academias de Ciencias. New York, Estados Unidos de América: UN Press. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245202

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2012). Educación para el Desarrollo Sostenible. Instrumentos de aprendizaje y formación No. 4. Francia. 53 p. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216756

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2003). Water for People, Water for Life. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000129556.locale=en

UNESCO-PNUMA (UNESCO - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (1992). Actividades de educación ambiental para las escuelas primarias. Sugerencias para confeccionar y usar equipo de bajo costo. México. 102 p. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000096345_spa

Uribe Morfín, P. (2014). Aprendizaje y tecnología. Transferencia y adopción de biodigestores: el caso de las comunidades de la Sierra de Pénjamo, Guanajuato. León, Guanajuato.

USGS. (United States Geological Survey). (2017). Water Distribution. https://water.usgs.gov/gotita/waterdistribution.html

U.S. Department of Energy (DOE). (n.d.). Rainwater harvesting systems technology review. Federal Energy Management Program. https://www.energy.gov/femp/rainwater-harvesting-systems-technology-review

Vega Encabo, J. (2004). Traslación y adaptación de técnicas. Tecnologías apropiadas y procesos de transferencia* Universidad Autónoma de Madrid, España. Revista CTS, nº 3, vol. 1, pág. 51-71. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92410303

Vélez, G. R. (2007). La ecología en el diseño arquitectónico. Trillas. ISBN: 9789682475580.

Vergara Estévez, J.; Vergara del Solar, J. 2002: "Cuatro tesis sobre la identidad cultural latinoamericana una reflexión sociológica". Revista de Ciencias Sociales (Cl), (12), 77-92. https://www.redalyc.org/pdf/708/70801206.pdf

Vieta, M. (2014). The stream of self-determination and autogestion: Prefiguring alternative economic realities. Ephemera Journal, vol. 14, no. 4, pp. 7-18. https://ephemerajournal.org/sites/default/files/pdfs/contribution/14-4vieta.pdf

Vignau, E. (2009). Tecnología y conservación. Alternativas para las comunidades del Corredor Biológico Mesoamericano, México. Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie diálogos (4), 14. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/D4TecnyCons.pdf

Vilches, G. 2018: "El desarrollo de la Identidad Cultural en la asignatura de Historia, Geografía y Ciencias Sociales. Concepción". Universidad de Concepción Chile. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5822880.pdf

Villavicencio, D. (1994). La transferencia de tecnología un aprendizaje colectivo. Argumentos, vol. 10, no. 11, pp. 7-18. https://argumentos.xoc.uam.mx/index.php/argumentos/article/view/871.

Vink, A. (1975). Land use in advancing agriculture. Sppringer- Verlag. https://searchworks.stanford.edu/view/900727

Vitruvio, M. (1997). Los diez libros de la arquitectura. Editorial Alianza, Madrid, versículo 50-51 p.p.207. https://www.u-cursos.cl/fau/2015/0/AO104/1/foro/r/1_Vitrubio_Los_diez_Libros_de_Architectura.pdf

WCDE. (World Commission on Environmental and Development). (1987). Our Common Future (Vol. 383). Oxford: Oxford University Press. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/UN%20WCED%201987%20Brundtland%20Report.pdf

WMO. (World Meteorological Organization). (2012). International Glossary of Hidrology. Ginebra, Suiza: World Meteorological Organization, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000221862

Wolf, E. R. (1967). Pueblos y culturas de Mesoamérica. Distrito Federal, México: Ediciones Era. https://es.scribd.com/document/325579934/Wolf-Eric-Pueblos-y-Culturas-de-Mesoamerica

WWF. (Worldwide Found for Nature). (2007). Making Water. Desalination: option or distraction for a thirsty world? WWF-International. Gland, Switzerland. https://wwf.panda.org/wwf_news/?106660/Desalination-Option-or-distraction-for-a-thirsty-world

Yapa, K. (2013). Prácticas ancestrales de crianza de agua, una guía de campo. Estrategias para adaptarnos a la escasez de agua. https://www.preventionweb.net/publication/practicas-ancestrales-de-crianza-de-agua-una-guia-de-campo-estrategias-para-adaptarnos

Ysunza, A., López, L., Martínez, M., Diez-Urdanivia, S. (2010). Caso de estudios de proyectos de SuSanA. Sanitarios secos con separación de orina en un área rural, Tututepec, Oaxaca, México. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/YSUNZA%20et%20al%202010.%20Caso%20de%20estudio%20Sanitatios%20secons%20Tututepec_0.pdf

Zapata, Renée. (1985). Los Chultunes de la región serrana de Yucatán. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana" No.5 Arquitectura Maya 2. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura. P.p.17-33. https://repositorio.fa.unam.mx/handle/123456789/18945

Zarza, L. F. (2024). Gobernanza del agua: Definición y principios. https://www.iagua.es/respuestas/que-es-gobernanza-agua

Zurbriggen, C. (2014). Políticas latinoamericanas en la gestión del agua: de la gobernanza neoliberal a una gobernanza pública. Agua y territorio, (3), pp. 89-99. DOI: https://doi.org/10.17561/at.v1i3.1427

Zurita, F., Roy, E. D., White, J. R. (2012). Municipal wastewater treatment in Mexico: current status and opportunities for employing ecological treatment systems. Environmental Technology, 33(10), 1151-1158. Doi:10.1080/09593330.2011.610364

ANEXOS

A1. Cuestionario base para entrevista a comunidades.

Da click en el enlace siguiente para acceder a la visualización de las preguntas realizadas en la entrevista a comunidades:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScYkG4tCZ_EgaEA0YOwQ3BmQZFPLEe4M6r3xrJldw1L80-fgg/viewform

A2. Propuesta manual de ecotecnias.

De click en el enlace siguiente para acceder a la visualización del manual:

https://drive.google.com/file/d/1qWn5b_2dl9JO18e-Yf7vuoKLEY5LgT4w/view?usp=drive_link