“ESTUDIO QUE SIRVA COMO HERRAMIENTA BASE PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN MUNICIPAL HÍDRICO DE LARGO PLAZO”

IMPLAN
INSTITUTO DE PLANEACIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA

DAVID SÁNCHEZ-NAVARRO
CONSULTORIA DE RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA



EL INSTITUTO DE PLANEACIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA APORTA Y COLABORA PARA ALCANZAR Y MANTENER LA SOSTENIBILIDAD HÍDRICA



CONTENIDO:

P. 5 PRESENTACION

P. 10 INTRODUCCIÓN

P. 18 OFERTA ACTUAL

P. 41 DEMANDA DE AGUA, SU DINÁMICA Y PRONOSTICO A 2040

P. 69 BRECHA ENTRE OFERTA Y DEMANDA

P. 77 FENÓMENOS EXTREMOS

P. 98 CONSERVACIÓN DE CUENCAS

P. 105 CARTERA DE PROYECTOS

P. 129 ESTRATEGIA DE CULTURA DEL AGUA

P. 138 INDICADORES Y SEGUIMIENTO

P. 159 CONSIDERACIONES

P. 163 REFERENCIAS

EL PRESENTE DOCUMENTO SE FUNDAMENTA EN LOS DIAGNÓSTICOS E INFORMES REALIZADOS DEL ESTUDIO QUE SIRVA COMO HERRAMIENTA BASE PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN MUNICIPAL HÍDRICO DE LARGO PLAZO QUE INCLUYA POLÍTICAS Y ACCIONES EN MATERIA DE AGUA SUPERFICIAL, AGUA SUBTERRÁNEA, DRENAJE PLUVIAL Y NUEVAS FUENTES E INFRAESTRUCTURA PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL MUNICIPIO.

PRESENTACIÓN

Desde la década de los ochenta, el Municipio de Chihuahua, al igual que otros en México, ha visto florecer un gran desarrollo industrial que ha transformado radicalmente su dinámica socioeconómica. Este crecimiento ha traído consigo retos importantes y una presión creciente sobre los preciados recursos hídricos. Aunado a factores como el aumento en la expectativa de vida, el incremento en la escolarización y el vertiginoso avance de la tecnología han acelerado la urbanización de la sociedad chihuahuense.

Sin embargo, al igual que muchas otras ciudades en nuestro país, Chihuahua no anticipó ni implementó estrategias sostenibles para enfrentar estos cambios. A finales de los años noventa y principios de la década de 2000, se promovió la creación de Institutos Municipales de Planeación (IMPLANes) en México, un proceso que ha sido gradual. Hoy en día, más de 60 Municipios en el país cuentan con estos institutos, reflejando un interés creciente por la planificación urbana estratégica y sostenible a nivel local.

Los IMPLANes han sido fundamentales en la promoción del desarrollo urbano sostenible en México. Han contribuido a la elaboración e implementación de planes de desarrollo urbano, la definición de políticas públicas para el crecimiento urbano, el fomento de la participación ciudadana en la planificación, y la gestión de proyectos de infraestructura urbana.

A pesar de estos avances, el sector hídrico sigue estando notablemente desarticulado dentro de la planificación urbana, sin ser considerado un sustento a largo plazo para las ciudades mexicanas. Frente a los problemas de crecimiento y desarrollo urbano, se han propuesto múltiples soluciones que no han contemplado la sostenibilidad del territorio desde un enfoque ambiental, especialmente en lo que respecta a las capacidades de los recursos hídricos.

El crecimiento de las ciudades ha tenido consecuencias negativas en los ecosistemas urbanos y municipales. Entre los efectos ambientales, no solo se puede reconocer la alteración del paisaje, sino también los cambios en la temporalidad y magnitud del ciclo hidrológico, generando desequilibrios ambientales, sobreexplotación y problemas sociales en los entornos urbanos.

La contaminación y el encauzamiento de arroyos, sin considerar los cambios generados aguas arriba, han resultado en un drenaje pluvial insuficiente para manejar los escurrimientos. Esto ha incrementado la vulnerabilidad de la población en las zonas bajas y disminuido el potencial de infiltración de los escurrimientos debido a la mayor velocidad de los flujos de agua de escorrentía. Estas circunstancias han llevado a las ciudades a una crisis hídrica, convirtiéndose en una de las principales amenazas para la sostenibilidad de la vida urbana en México, y Chihuahua no es la excepción.

Para enfrentar este desafío, se requieren nuevas estrategias que vayan más allá de las grandes infraestructuras y adopten una visión en la que el agua, elemento vital para la

sostenibilidad de las sociedades, sea el eje de la planificación futura, en lugar de ser considerado un simple servicio público.

Es por ello por lo que la Presidencia Municipal de Chihuahua, a través del IMPLAN, se ha sumado a los pocos Municipios que buscan contar con un Plan Municipal Hídrico con visión a largo plazo y enfoque adaptativo.

Este documento se fundamenta en el estudio realizado para establecer una herramienta base para la elaboración del Plan Municipal Hídrico de Largo Plazo. Este estudio busca incluir políticas y acciones en materia de agua superficial, agua subterránea, drenaje pluvial, así como la exploración de nuevas fuentes e infraestructura para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos en el Municipio de Chihuahua.

Para revisar los detalles de los análisis, se citan los documentos y se presentan referencias a los informes de los estudios realizados, donde se puede acceder a dicha información. Las fuentes de información utilizadas incluyen dependencias de gobierno federal, estatal y municipal, así como organismos normativos, organizaciones civiles y no gubernamentales, universidades, centros de investigación públicos y privados, y la sociedad civil. Se consultaron estudios e investigaciones existentes sobre todos los temas hídricos contemplados e incorporaron problemáticas y propuestas de los mismos sectores a partir de mesas de trabajo realizadas.

Algunos temas fueron abordados con mayor profundidad debido a la disponibilidad y existencia de información, mientras que otros se presentan como una primera aproximación o una propuesta para futuras investigaciones más detalladas. La elaboración de este documento presentó diversos retos, como contar con poco tiempo para proporcionar una opinión basada en datos, análisis y ciencia sobre problemas complejos relacionados con el consumo de agua subterránea y las implicaciones sociales de establecer proyectos y recomendaciones para solucionar la insostenibilidad del uso de los recursos hídricos.

El Plan Municipal Hídrico (PMH) de Chihuahua debe ser un proceso de análisis y monitoreo continuo, con el propósito de adaptarse a las condiciones reales y evolucionar periódicamente, abordando el tema del agua desde diversas perspectivas.

AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento a la Junta Central de Agua y Saneamiento, la Junta Municipal de Agua y Saneamiento, la Universidad Autónoma de Chihuahua, y a todas las instituciones, asociaciones, y usuarios particulares que participaron activamente en este proyecto. Su invaluable aportación de información, propuestas, y colaboración ha sido fundamental para iniciar con el proceso de la elaboración de un PMH. Sin su dedicación y compromiso, este documento no habría sido posible. Su apoyo y participación continúan siendo esenciales para avanzar hacia una gestión hídrica sostenible en el Municipio de Chihuahua.



EL PLAN MUNICIPAL HÍDRICO (PMH 2040) DE CHIHUAHUA.
DEBE SER UN SISTEMA DE EVALUACIÓN Y MONITOREO CONTINUO.

CAPAZ DE AJUSTARSE A LAS CONDICIONES REALES Y EVOLUCIONANDO PERIÓDICAMENTE PARA ABORDAR EL TEMA DEL AGUA DESDE DIVERSAS PERSPECTIVAS.

Siglas y Acrónimos	
IMPLAN	Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
PMH	Plan Municipal Hídrico
UACH	Universidad Autónoma de Chihuahua
JMAS	Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua
JCAS	Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
PEH	Plan Estatal Hídrico
hm^3	Hectómetro cúbico
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
l/s	Litros por segundo
ha	Hectáreas
ACHS	Acuífero Chihuahua-Sacramento
ATA	Acuífero Tabalaopa-Aldama
ASE	Acuífero El Sauz-Encinillas
DOF	Diario Oficial de la Federación
SINA	Sistema Nacional de Información del Agua
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
SST	Sólidos Suspendidos Totales
CF	Coliformes Fecales
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
l/hab/día	Litro por habitante día
SPI	Índice Estandarizado de Precipitación
PRONACOSE	Programa Nacional Contra la Sequía
SIG	Sistema de Información Geográfica
mm	Milímetro
AGEBs	Áreas Geoestadísticas Básicas
IVNS	Índice de Vulnerabilidad por Nivel Socioeconómico (IVNS)
FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN),
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
GCF	Fondo Verde del Clima
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
COTAS	Comité Técnico de Aguas Subterráneas
CECADESU	Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable
SEECH	Servicios Educativos del Estado de Chihuahua
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
OECD	Organización Europea para la Cooperación y el Desarrollo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
SEP	Secretaría de Educación Pública
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

I. INTRODUCCIÓN

El Municipio de Chihuahua, situado en el Estado del mismo nombre, abarca una extensión de 836,765 ha y alberga a 937,674 habitantes, con un notable 98.73% de la población residiendo en áreas urbanas [(1)]. A pesar de enfrentarse a escasez hídrica, el 98.9% de las viviendas cuentan con acceso a agua potable, y el 96.25% disponen de drenaje. El suministro de agua potable en la zona urbana de Chihuahua se realiza principalmente a través de la JMAS Chihuahua, que abastece a los sectores residencial, comercial, industrial y público. Por otro lado, las comunidades rurales obtienen agua mediante concesiones gestionadas por la Presidencia Municipal y la JCAS, así como concesiones particulares otorgadas por CONAGUA. Además, el abastecimiento de agua para todos los usos en el Municipio proviene principalmente de tres acuíferos subyacentes: Chihuahua-Sacramento, Tabalaopa-Aldama y El Sauz-Encinillas.

La gestión del agua en Chihuahua enfrenta desafíos significativos, incluyendo la necesidad urgente de adoptar un enfoque basado en la gestión del riesgo para abordar contingencias como inundaciones y sequías, que son recurrentes, persistentes y cada vez más extremas en la región. El acelerado desarrollo urbano, el crecimiento poblacional y la industrialización han exacerbado estos problemas, los cuales se ven agravados por la variabilidad climática y la limitada disponibilidad de fuentes hídricas adicionales. Esto ha llevado a la sobreexplotación de las fuentes actuales, una situación que no ha sido abordada de manera conjunta por todos los usuarios responsables de la gestión del agua en el Municipio, que depende de tres acuíferos principales.

Chihuahua, al igual que otros municipios de México, enfrenta problemas similares relacionados con la escasez de agua y la falta de inversión tanto en nueva infraestructura como en la renovación de la existente. Abordar estos desafíos es una tarea compleja por varias razones, entre ellas: la disponibilidad y generación de datos confiables y sistemáticos; la creciente y descontrolada demanda de agua para todos los usos; y las pérdidas significativas de agua en los sistemas de abastecimiento y distribución, especialmente en los sectores agrícola y público urbano.

A pesar de estos desafíos, es posible identificar tendencias generales en los Municipios del país, incluida Chihuahua, que reflejan una creciente preocupación por la escasez de agua debido al crecimiento poblacional, el cambio climático y el uso ineficiente del recurso. La cobertura de servicios de agua y saneamiento ha mejorado considerablemente, pero persisten disparidades entre áreas urbanas y rurales, así como entre diferentes grupos socioeconómicos. Reconocer las limitaciones de los datos disponibles y la complejidad de los problemas relacionados con el agua es fundamental para formular estrategias y políticas asertivas y adaptativas. El PMH de Chihuahua surge como una respuesta estratégica y necesaria para enfrentar estos desafíos, proponiendo la integración de políticas y acciones que aseguren la sostenibilidad de los recursos hídricos en el Municipio. Su desarrollo y ejecución requieren la colaboración continua de instituciones, asociaciones, usuarios particulares y la comunidad en general, cuya participación ha sido fundamental para iniciar su formulación.

ENFOQUE DE LA VISIÓN

Este documento presenta una visión estratégica para la gestión sostenible del agua en el Municipio de Chihuahua, fundamentada en un análisis exhaustivo e integrado de la situación del recurso hídrico en la zona de estudio. La propuesta se orienta hacia una administración integral y sostenible del recurso hídrico, garantizando su disponibilidad y calidad para las generaciones presentes y futuras. Esto se logrará mediante un enfoque basado en datos y evidencia científica, la modernización de infraestructuras, la promoción de prácticas eficientes y responsables en todos los sectores, y la adaptación al cambio climático. Este enfoque integra las mejores prácticas de regulación, infraestructura y gestión, fomentando un entorno favorable para la inversión y el desarrollo económico sostenible, al tiempo que protege y conserva el medio ambiente. La visión aspira a generar soluciones específicas, adaptadas a las condiciones locales y al ciclo hidrológico de la región.

El área de estudio incluye las cuencas hidrológicas y acuíferos que subyacen al Municipio de Chihuahua, con el objetivo de que el PMH represente adecuadamente el contexto municipal. Para ello, se llevaron a cabo la recopilación de la información, el análisis de todos los factores que influyen en el recurso hídrico, así como la realización del estudio que sirvan como herramienta fundamental para la elaboración del PMH a largo plazo, analizando en profundidad las condiciones del Municipio y ofreciendo soluciones adecuadas a su contexto específico.

Se analizaron diversos aspectos, comenzando por el natural, que incluye el clima y la geología. También se evaluó el contexto social, incorporando perfiles sociodemográficos y socioeconómicos, así como un análisis poblacional relacionado con el uso del agua. Además, se examinaron los posibles riesgos y la capacidad de resiliencia hídrica de la zona de estudio, identificando problemas y oportunidades en términos de disponibilidad, uso, acceso y calidad del agua.

El estudio incluyó un análisis detallado de las aguas superficiales y subterráneas, identificando la generación de escurrimientos y caudales máximos a nivel de cuenca y subcuenca. Se identificaron zonas vulnerables y propensas a inundaciones, así como la capacidad de disponibilidad y abastecimiento de los diversos acuíferos que suministran agua al Municipio de Chihuahua. También se evaluó el impacto antropogénico en los ámbitos urbano y rural, identificando posibles escenarios de oferta y demanda de agua en las localidades.

La caracterización del Municipio de Chihuahua fue un aspecto clave de estos estudios, realizados a múltiples escalas de análisis. Estos estudios proporcionan una comprensión detallada del uso de los recursos hídricos en la región, basándose en la información disponible. Además, se analizaron los sistemas de infraestructura, principalmente en la zona urbana, y los problemas existentes relacionados con la gestión del agua.

Actualmente, la región norte de México, y específicamente el Municipio de Chihuahua, enfrenta una crisis hídrica provocada por factores climáticos, como la sequía, y antropogénicos, como la demanda de agua para los distintos usos de forma insostenible de

los acuíferos. La expansión urbana ha llevado a la pavimentación y urbanización, lo que ha resultado en la pérdida de áreas de infiltración, impermeabilidad del suelo y modificación de los escurrimientos superficiales, generando problemas como inundaciones.

Se requieren soluciones múltiples e innovadoras para revertir la tendencia de insostenibilidad actual, así como soluciones específicas para la zona de estudio, con el fin de lograr una planificación sostenible de los recursos hídricos.

La visión de este documento se centra en la reconstrucción y el equilibrio del ciclo hídrico, identificando y abordando los componentes desarticulados y fragmentados. Busca resolver esta situación mediante acciones que permitan regenerar y replantear el balance hídrico y la relación de los habitantes con este recurso vital.

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS PLANTEADOS PARA EL PMH

El PMH de Chihuahua debe ser una herramienta dinámica y adaptativa, capaz de responder a los desafíos actuales y futuros en la gestión del agua. Al enfocarse en la modernización de la infraestructura, la mejora de la gestión basada en datos y la promoción de prácticas sostenibles, el plan contribuirá significativamente a la seguridad hídrica, el desarrollo económico y la resiliencia ambiental del Municipio. Es por ello por lo que en el estudio que sirva como herramienta base, se plantean objetivos estratégicos que son metas amplias y generales que guían la visión a largo plazo del plan. Estos objetivos establecen la dirección y el propósito global del plan hídrico, y se alinean con la misión y la visión del Municipio en términos de gestión del agua.

Características de los objetivos:

I. Enfoque a corto, mediano y largo plazo: abordan desafíos y metas que se esperan alcanzar a lo largo de distintos periodos de análisis, que pueden ser modificados y mejorados.
II. Amplios y generales: cubren áreas temáticas amplia, se definen acciones específicas, medibles y alcanzables.
III. Directrices: proporcionan una guía para el desarrollo de políticas, programas y proyectos.
IV. Transformadores: aspiran a generar cambios significativos en la gestión y uso del agua.
V. Evaluables: permiten la medición del progreso y el rendimiento

Los objetivos estratégicos son metas concretas, que derivan en acciones y proyectos a implementar, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible del agua en el Municipio de Chihuahua. Se enumeran a continuación y se engloban de acuerdo con la problemática detectada en los informes de este estudio:

1. **Mejorar el Monitoreo del Uso del Agua:** implementar sistemas avanzados de monitoreo y medición del uso del agua en los sectores domestico e industrial, ganadero y agrícola, reemplazando las estimaciones actuales por datos precisos y confiables.
2. **Desarrollar Proyectos Climáticos**: promover proyectos de adaptación y mitigación al cambio climático, incluyendo la compra y venta de bonos de carbono y financiamientos climáticos como el Fondo Verde del Clima (GCF).
3. **Invertir en Infraestructura Resiliente**: promover proyectos de resiliencia al cambio climático, mediante la solución basadas en la naturaleza con la construcción de obras.
4. **Análisis y Gestión de Acuíferos**: implementar proyectos de análisis y gestión de acuíferos permitirá mejorar significativamente la comprensión y el manejo de los recursos hídricos subterráneos en el Municipio de Chihuahua. La colaboración interinstitucional y la participación de la comunidad son claves para el éxito y la sostenibilidad de estas iniciativas.
5. **Promover la Captación y Uso de Aguas Pluviales**: fomentar la captación de aguas pluviales en áreas urbanas y rurales para su aprovechamiento en usos no

potables, reduciendo la presión sobre las fuentes de agua potable. Además de incentivar el uso de tecnologías y prácticas que faciliten la recolección y almacenamiento de agua de lluvia.

6. **Fomentar el Uso de Agua Residual Tratada**: promover el uso de aguas residuales tratadas en la industria y la agricultura para disminuir la demanda de agua de primer uso.
7. **Invertir la Modernización y Conservación de Infraestructura**: invertir en la modernización de las infraestructuras hidráulicas, enfocándose en la reducción de fugas y la eliminación de tomas clandestinas.
8. **Asegurar la Sostenibilidad Ambiental y Social**: proteger y restaurar los ecosistemas acuáticos y terrestres que dependen del agua, manteniendo así la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Promover la equidad en el acceso y uso del agua, garantizando que todas las comunidades dispongan de este recurso vital. Reducir la huella hídrica en todos los sectores industriales mediante la adopción de tecnologías y prácticas que aumenten la eficiencia en el uso del agua. Desarrollar programas educativos y de concienciación para fomentar el uso responsable del agua.
9. **Fortalecer la Gobernanza del Agua:** asegurar que la toma de decisiones en materia hídrica se base en criterios técnicos y no en intereses políticos, garantizando la transparencia y la participación de todos los actores relevantes. Implementar las reformas necesarias para establecer un marco regulatorio sólido que promueva la gestión integrada y sostenible del agua.

HORIZONTE DE PLANEACIÓN

Este documento busca alinearse con los objetivos de diversos planes, programas y acciones a nivel internacional, nacional, regional y estatal. Por lo tanto, el horizonte de planificación se proyecta hasta el año 2040, en consonancia con el Plan Estatal Hídrico (PEH) [(2)] 2040, que se establece como un instrumento de política pública del Estado de Chihuahua.

Sin embargo, se proponen instrumentos de medición y seguimiento que pueden ser actualizados y modificados conforme al avance en el cumplimiento de los objetivos. Estos instrumentos se ajustarán en intervalos de tiempo adecuados para evaluar la efectividad de las propuestas en cada caso.

CONTENIDO Y ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

La estructura de este informe sintetiza los 13 capítulos desarrollados de manera individual y exhaustiva, en los que se abordan los objetivos planteados para el PMH de Chihuahua. Cada capítulo expone y responde a los objetivos establecidos por el IMPLAN para fundamentar el PMH 2040. A continuación, se presentan agrupados en las siguientes secciones:

- La oferta actual de agua: esta sección se refiere a los diagnósticos realizados de la oferta actual de agua en el Municipio.
- Demanda de agua, su dinámica y pronóstico a 2040: esta sección plantea la prospectiva para determinar el estado futuro del agua en el Municipio.
- Brecha entre oferta y demanda: se presenta el análisis de la relación que se podría generar entre la oferta y la demanda futura Se abordan los temas de la posibilidad de la gestión de la demanda, así como las distintas eficiencias planteadas en el sistema de abastecimiento.
- Fenómenos extremos: en esta sección se aborda el tema de los fenómenos naturales que afectan el Municipio generando impactos importantes.
- Conservación de cuencas: en esta sección se describe el impacto que se ha tenido por el cambio de uso de suelo y se plantea las acciones necesarias para disminuir las vulnerabilidades en el ámbito urbano y rural.
- Cartera de proyectos: se resume la cartera de acciones, normas y proyectos para el corto, mediano y largo plazo, orientados a alcanzar una gestión adecuada del agua. Se colocan las recomendaciones, inversiones y posibles fuentes de financiamiento
- Estrategia de cultura del agua: esta sección define una estrategia elaborada para las condiciones del Municipio de Chihuahua, estableciendo la importancia de una adecuada promoción de la cultura del agua.
- Indicadores y seguimiento: en esta sección define un sistema de indicadores para conocer, monitorear y evaluar las estrategias y proyectos establecidos en la cartera de proyectos, así como un sistema de monitoreo que permita analizar estos indicadores de manera adecuada y continua



EN EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA SE REPORTÓ UN DERECHO DE EXTRACCIÓN TOTAL DEL RECURSO HIDRICO DE 300.27 HM^3 AL AÑO, DE LOS CUALES EL 92% PROVIENEN DE FUENTES SUBTERRÁNEAS Y EL RESTO DE FUENTES SUPERFICIALES.

EL AGUA UTILIZADA DE LAS FUENTES SUPERFICIALES PARA LA ZONA URBANA REPRESENTA SOLAMENTE EL 1.2% DEL VOLUMEN TOTAL SUMINISTRADO (CONAGUA, 2023).

II. OFERTA ACTUAL DE AGUA

A continuación, se presenta un resumen del diagnóstico de la oferta del recurso hídrico basado en el análisis de la información más actualizada.

El Municipio de Chihuahua se ubica en la Región Hidrológica 24 Bravo-Conchos [(3)], una de las regiones hidrológicas en las que se divide México para la administración y gestión del agua. La ciudad de Chihuahua es atravesada por dos ríos importantes: el Chuvíscar y el Sacramento. Esta región presenta un clima semidesértico, con poca disponibilidad natural de agua debido a la escasa e irregular precipitación, tanto en tiempo como en espacio.

De acuerdo con datos oficiales publicados por la estación observatorio de CONAGUA (2023) [(4)], el Municipio de Chihuahua presenta una precipitación media anual de 396 mm en el periodo de 1960-2023. Esta cifra representa aproximadamente la mitad de la precipitación media anual a nivel nacional, indicando una condición de baja y variable precipitación en comparación con otras regiones del país. Esta característica subraya los significativos desafíos que enfrenta la gestión sostenible del agua en la región, así como la casi total dependencia del agua subterránea para todos los usos.

2.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

El abastecimiento de agua potable en el municipio de Chihuahua proviene principalmente de fuentes subterráneas. El sistema de suministro para la zona urbana está a cargo de la JMAS Chihuahua. En las comunidades rurales, el suministro de agua está gestionado por comités o juntas rurales con el apoyo de la Presidencia Municipal y la JCAS.

De acuerdo con datos de la JMAS Chihuahua (2023) el agua utilizada de las fuentes superficiales para la zona urbana es solamente del 1.2% solamente del volumen total suministrado. Las principales captaciones de aguas superficiales en el Municipio de Chihuahua se encuentran en la parte poniente de la mancha urbana, ubicadas aguas arriba sobre los tributarios del Río Chuvíscar.

Fuentes superficiales

Entre las captaciones de fuentes superficiales del Municipio de Chihuahua se encuentran la Presa El Rejón, la Presa Chuvíscar, la Presa Chihuahua y la Presa San Marcos con capacidades de almacenamiento de 6.6, 2.4, 32.3 y 9.9 hm^3 respectivamente (Figura 2.1). Las dos primeras estaban originalmente destinadas a regular y almacenar avenidas, pero en la actualidad se consideran sin capacidad hidráulica debido a que están azolvadas. Por otro lado, la Presa Chihuahua, ubicada en el Río Chuvíscar, tiene el propósito de prevenir inundaciones y suministrar una cantidad limitada de agua para el abasto potable en la ciudad de Chihuahua. La Presa San Marcos, situada en la parte norponiente de la mancha urbana, aproximadamente a 30 km en terrenos ejidales del cauce del Río Sacramento, se utiliza para la irrigación agrícola.

El derecho de extracción para el uso público-urbano es de 15.6 hm^3, siendo 13 hm^3 de la Presa Chihuahua y 2.6 hm^3 de la Presa El Rejón, de los cuales en promedio la JMAS Chihuahua solamente extrae 1.75 hm^3 de la Presa Chihuahua [5].



Figura 2.1. Presas del Municipio de Chihuahua: a) El Rejón, b) Chuvíscar, c) Chihuahua, y d) San Marcos.

Fuentes subterráneas

La importancia, extracción y sobreexplotacion de las fuentes subterráneas en el Municipio de Chihuahua se ha incrementado con el pasar del tiempo. De acuerdo con datos del REPDA (2024) [5], se obtuvo que existen 1390 títulos que amparan la explotación de agua subterránea en el Municipio de Chihuahua. Sin embargo, es importante aclarar que el número de pozos puede ser mucho mayor, ya que un título puede amparar varios aprovechamientos, como es el caso de la JMAS Chihuahua. De estos títulos, el 45% están destinados al uso agrícola, mientras que el resto se distribuye entre otros usos, incluyendo el uso público-urbano (Figura 2.2).

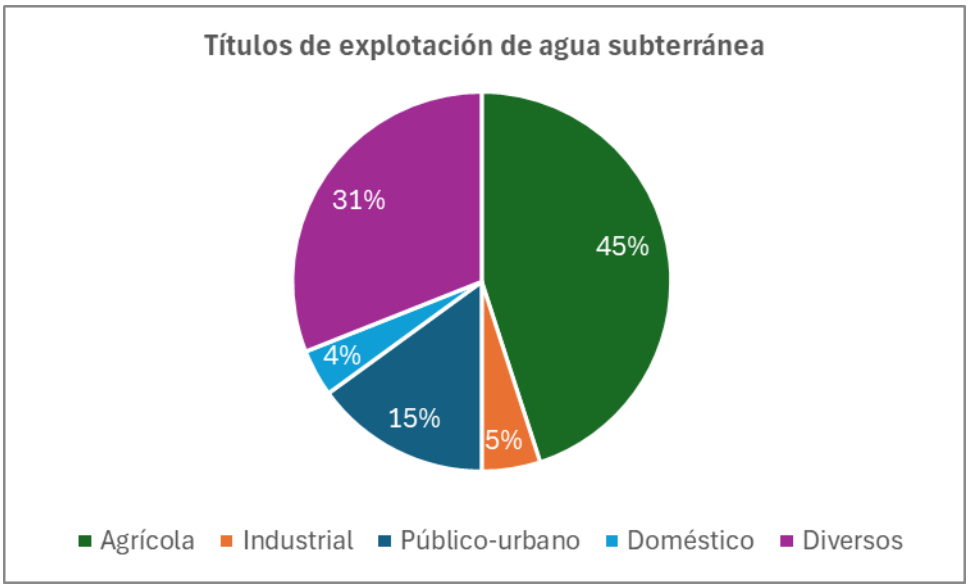


Figura 2.2. Porcentaje del título de concesiones de agua subterránea en el Municipio de Chihuahua. Fuente: elaboración propia con información del REPDA (2024) [5].

Cabe resaltar que, en el uso público-urbano, se diferencian los títulos a cargo del organismo operador y los destinados a las comunidades rurales. En este sentido, el REPDA tiene registrados 211 títulos en el municipio para este uso, de los cuales 201 están registrados a nombre de comités y de la Presidencia Municipal [5].

El volumen total concesionado de agua subterránea en el municipio es de 274 hm³. La Figura 2.3 muestra el porcentaje del volumen concesionado de agua subterránea registrado en el REPDA hasta el 31 de marzo de 2024, desglosado por uso en el Municipio.

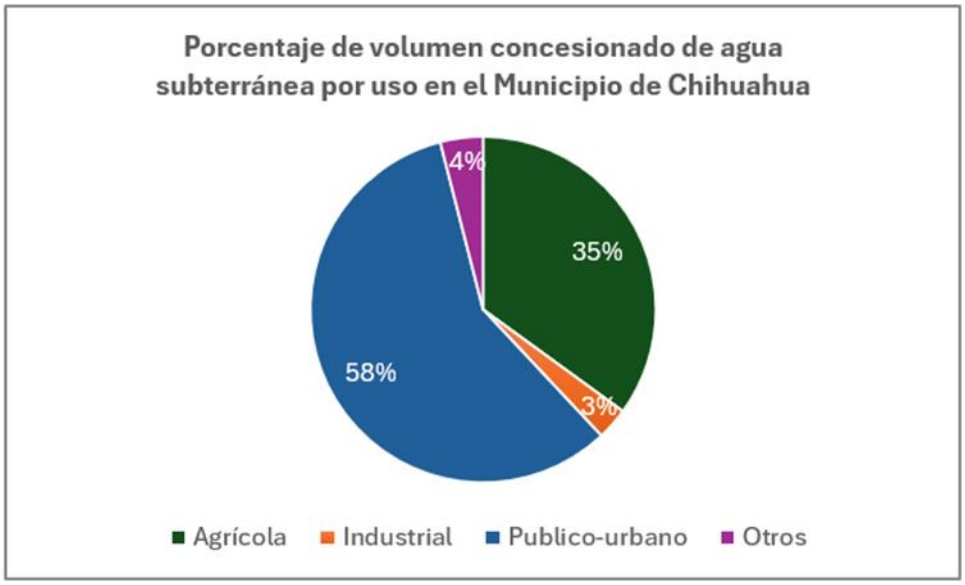


Figura 2.3. Porcentaje del volumen registrado en los títulos de concesiones de agua subterránea en el Municipio de Chihuahua. Fuente: elaboración propia con información del REPDA (2024) [5].

En cuanto al abastecimiento de agua potable para la zona urbana, se inició la explotación de pozos en el acuífero Chihuahua-Sacramento (ACHS), seguido por el Tabalaopa-Aldama (ATA) y por último el acuífero El Sauz-Encinillas (ASE). En los sistemas rurales, el suministro de agua potable se provee directamente a partir de los pozos con título asignado para su explotación. Sin embargo, se carece de información sobre estos sistemas rurales, incluyendo las condiciones de los aprovechamientos, el sistema de distribución y operación, y su gestión. El volumen concesionado para las comunidades rurales es de aproximadamente 4 hm^3 anuales, lo que representa el 2.5% del total del volumen concesionado y registrado para este uso [5].

En el caso del suministro urbano, de acuerdo con datos del organismo operador el sistema opera con pozos profundos de 200 a 500 m, con un total de 154 pozos activos emplazados en dichos acuíferos hasta diciembre de 2023: 80 en ACHS, 51 en ATA y 21 en ASE, los porcentajes de pozos activos se pueden observar en la Figura 2.4.



Figura 2.4. Porcentaje que representa la cantidad de pozos emplazados en los acuíferos, que son utilizados para el suministro de agua potable en la ciudad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la JMAS Chihuahua (2023).

En cuanto al caudal promedio que aportan los pozos de cada acuífero, se tiene que son de 2040 litros por segundo (l/s) para el ACHS, 1372 l/s para el ATA y 872 l/s para el ASE, dando un total de 4284 l/s. Los porcentajes de caudal promedio se ilustran en la Figura 2.5.

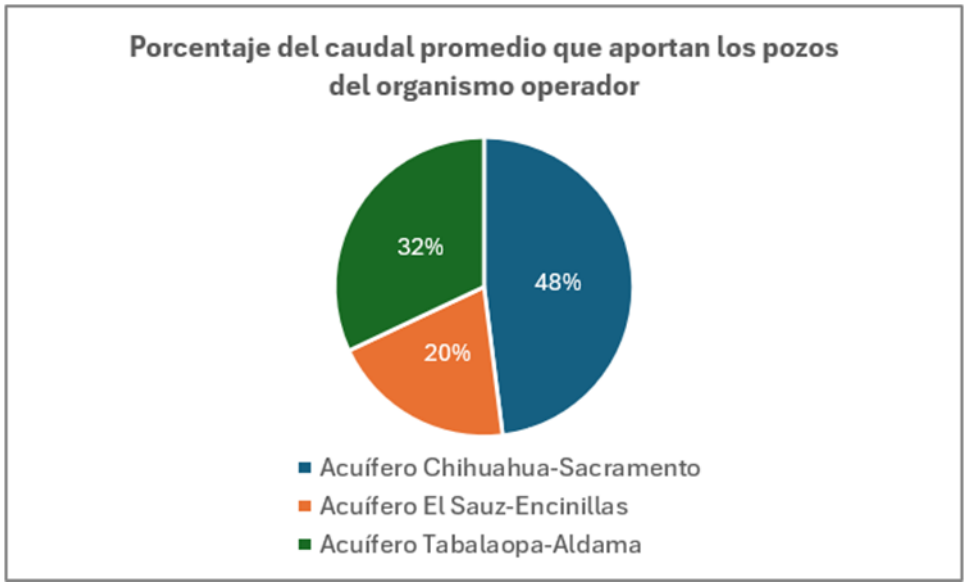


Figura 2.5. Porcentaje del caudal aportado por los pozos emplazados en cada acuífero, utilizados para el suministro de agua potable a la ciudad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la JMAS Chihuahua (2023).

Se denomina batería de pozos al conjunto de aprovechamientos ubicados en la misma área geográfica, cuyos caudales son conducidos hacia un mismo punto en un acueducto. Las baterías de pozos del sistema urbano de agua potable se agrupan según su antigüedad de inclusión en el sistema respectivamente como: Ojos del Chuviscar, Tabalaopa-Aldama, Tabalaopa-Nombre de Dios, Sacramento Viejos, Sacramento Norte, Panamericana - Tabalaopa Aldama, Tabalaopa Nombre de Dios y El Sauz Etapa I y II. Los pozos más recientes pertenecen a la batería Puerta Chihuahua, la cual tiene en promedio unos 20 años desde su perforación [6] [7] [8].

La proporción total de caudales de extracción correspondientes al año 2023 se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Producción de gastos por fuente de abastecimiento para el año 2023. Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la JMAS (2023).

Fuente de abastecimiento		No. De aprovechamientos activos	Caudal promedio mensual (l/s)	Caudal (min. - max.) (l/s)
Agua subterránea	B. Sauz I	7	137	13 a 47
	B. Sauz II	11	408	22 a 64
	B. Estación terrazas	4	281	63 a77
	B. Puertas I	7	358	30 a 51
	B. Puertas II	2	22	11
	B. Tabalaopa-Aldama	5	78	9 a 26
	B. Tabalaopa-nombre de Dios	5	136	13 a 67
	Diversos ATA		778	7 a 64
	B. Panamericana	5	139	12 a 58
	B. Sacramento Norte	7	202	19 a 37
	B. Sacramento viejo	4	120	28 a 34
	B. Riveras	14	317	11 a 44
	B. Ojos del Chuviscar	4	189	27 a 73
	Mancha urbana ACHS	79	1074	7 a 73

La producción por fuente y la cantidad de pozos de forma porcentual, muestran que los pozos emplazados en la mancha urbana (ACHS) aportan casi la mitad del caudal suministrado. Esto es relevante porque se asume que, a pesar de haber sido incorporadas nuevas fuentes, la zona acuífera en la ciudad sigue siendo una parte importante del abastecimiento de agua potable.

Dada la complejidad de la integración y análisis de datos e información sin generar estimaciones de caudales de explotación y censos de aprovechamientos dentro de los acuíferos, este tema es un área de actualización urgente. Por esta razón, en todos los capítulos donde se menciona la disponibilidad según lo establece la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015 [9], se utilizan los datos oficiales publicados en la plataforma de la CONAGUA para el año 2023, abarcando los tres acuíferos considerados.

Acuífero Chihuahua-Sacramento (ACHS)

El ACHS es el principal y más antiguo recurso de agua subterránea para el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Chihuahua. Su importancia radica en varios aspectos: es una fuente confiable y estable de agua, está estratégicamente ubicado, ofrece sostenibilidad a largo plazo, es económicamente viable y posee un valor histórico y cultural significativo para la región. Por lo tanto, su adecuada gestión y conservación son fundamentales para garantizar un suministro continuo de agua potable para la comunidad y preservar este recurso vital para las generaciones futuras.

Este acuífero, identificado con la clave 0830, se localiza en la porción central del Estado de Chihuahua y cubre una superficie de 1,889 km^2. Comprende parcialmente a los Municipios de Chihuahua y Riva Palacio del Estado de Chihuahua, con un 94.3% y un 5.7% de la superficie del acuífero, respectivamente [6]. Administrativamente, el acuífero corresponde a la Región Hidrológico-Administrativa Río Bravo. Los límites del ACHS están definidos por los vértices de la poligonal publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) [10].

El ACHS, situado en el centro del estado de Chihuahua, exhibe una geología estructural que influye en su composición y distribución. Está compuesto principalmente por materiales de relleno, como gravas, arenas, arcillas y rocas ígneas extrusivas, así como sedimentarias detríticas y calizas [11] [12].

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas permiten clasificar al ACHS como un acuífero tipo Libre a semiconfinado, heterogéneo y anisótropo que se desarrolla tanto en el medio granular como en el fracturado, conformando una sola unidad hidrogeológica. Su espesor varía de 350 a 750 m en sus extremos sureste y noroeste, respectivamente [6]. Localmente, se presentan condiciones de confinamiento que provocan artesianismo. El medio poroso se depositó en el valle que representa la fosa tectónica y tiene un espesor que varía de 150 m en su porción sur a 460 m en su extremo norte. Por otro lado, el medio fracturado está representado por rocas volcánicas de composición félsica, con espesores que varían de 250 a 550 m en las zonas de recarga. En el valle, se estima que las rocas que forman parte del acuífero tienen un espesor de 200 a 350 m [6].

En el ACHS se han llevado a cabo tres censos de aprovechamientos. El primero fue realizado en 1986 por Ariel Consultores, S.A. para CONAGUA [12], el segundo en 2009 por la UACH, también para CONAGUA, y una actualización del censo de 2009 en 2011, también realizada por la UACH por encargo de la JCAS. Hasta la fecha, no se ha publicado un censo oficial más reciente, por lo que se utiliza la información disponible en las plataformas de CONAGUA.

Según el REPDA [5] hasta el 31 de diciembre de 2023, se tenían registrados 356 aprovechamientos de agua subterránea en el ACHS, con un volumen autorizado de 151,918,276.8 m^3 anuales.

De estos 356 pozos, 50 corresponden a aprovechamientos identificados como folios 8 (Tabla 2.2). Estos son los aprovechamientos que no cuentan con una asignación o título de concesión, ya que se encuentran en lo que anteriormente se denominaba "zona de libre alumbramiento".

Tabla 2.2. Resumen de aprovechamientos con folio 8 registrados en el ACHS. Fuente: elaboración propia con datos del REPDA (2023) [5].

Folios 8		
Uso	**No. Aprovechamientos**	**Volumen (m^3/año)**
Agrícola	32	2,209,534
Industrial	6	2,006,137
Público-urbano	2	116,000
Domestico	2	4,720
Servicios	1	4,000
Otros	7	282,968.80
Total	50	4,623,359.80

En cuanto al volumen autorizado para la extracción de agua del ACHS destinado al uso público-urbano, específicamente otorgado al organismo operador, este representa el 85% del total del volumen de agua subterránea. El uso agrícola e industrial tiene porcentajes similares (7 y 6% respectivamente). Este dato es relevante, ya que la gestión de este acuífero y la política pública del organismo operador son determinantes para garantizar su sostenibilidad.

En la publicación de disponibilidad de la CONAGUA en 2015, la extracción del organismo operador representaba el 78% del total, con un volumen autorizado de 101,738,018 m^3 por año. Se observa un incremento del 50% en la extracción, lo que podría deberse a una actualización en el REPDA.

A continuación, se realiza un resumen del análisis de la publicación del 2023 de CONAGUA [6], referente a la actualización de disponibilidad media anual para el ACHS y lo registrado en el REPDA [5]. Se resalta que la publicación de disponibilidad utiliza datos del censo de 2009, los cuales son los siguientes:

- En dicha publicación de disponibilidad, se considera un total de 602 aprovechamientos de aguas subterráneas, de los cuales 331 están activos y los 271 restantes están inactivos. Entre estas obras, se cuentan 527 pozos y 75 norias.
- El volumen total de extracción estimado asciende a 67.2 hm^3 anuales, de los cuales el 78% (52.4 hm^3) se destina al abastecimiento de agua potable, para la ciudad de Chihuahua. Además, se asigna un 15% (10 hm^3) para uso agrícola y el 7% restante (4.8 hm^3) para otros fines menores. Es importante señalar que, en años anteriores, el uso público urbano manejaba caudales más elevados, con una concesión en torno a los 80 hm^3.
- Por otro lado, el volumen de extracción de aguas subterráneas reportado por el REPDA [5] es de 122.4 hm^3 anuales, según datos actualizados hasta el 30 de diciembre de 2022.
- La recarga total media anual del acuífero se estima de 56.6 hm^3/año, considerando tanto la recarga natural como la inducida. En este sentido hay que resaltar que esta magnitud de recarga no ha sido actualizada a lo largo de más de 20 años [6].

- La disponibilidad media anual de agua subterránea se calcula restando la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas al volumen de recarga total media anual. Para este acuífero, el cálculo resulta en un valor negativo de -65.8 hm^3/año, lo que indica un déficit en la disponibilidad de agua subterránea para nuevas concesiones.

En cuanto al análisis comparativo realizado con el REPDA y la publicación de la actualización de disponibilidad al 31 de diciembre del 2023, se tiene [5]:

- Se tiene 356 aprovechamientos de aguas subterráneas, con un volumen total autorizado de 151.9 hm^3/año; es decir 29.4 hm^3 adicionales; cabe resaltar que para este el año 2024, el valor del año 2023 ya presenta un incremento de volumen autorizado de extracción en un 10%.
- De estos aprovechamientos 113 están registrados para la actividad agrícola con un volumen anual autorizado de 10.4 hm^3, que en comparación a la publicación de disponibilidad del 2023 muestra valores similares.
- 71 aprovechamientos están registrados para uso público-urbano con un volumen anual autorizado de 130.3 hm^3, que, en comparación a la publicación de disponibilidad del 2023, se duplico el volumen que se reporta en la publicación y en el REPDA para el 2024 presenta un incremento del orden de 11%.
- Aunque la publicación no detalla el uso industrial, es importante mencionar que, en este acuífero, dicho uso representa casi lo mismo que el agrícola, con un volumen de acuerdo con el REPDA de 9.1 hm^3. Se tienen 42 aprovechamientos industriales, lo que significa que, con menos de la mitad de los aprovechamientos agrícolas, pueden extraer volúmenes similares. Este es el único uso que no presenta gran variabilidad en el volumen autorizado en el REPDA para 2024.

Acuífero Tabalaopa-Aldama (ATA)

El ATA designado con la clave 0835 por la Comisión Nacional del Agua, está situado en la región central del estado de Chihuahua [8]. Sus coordenadas abarcan los paralelos 28°32’30” y 29°0’0” de latitud norte, y los meridianos 106°10’0” y 105°52’0” de longitud oeste, ocupando una superficie de 728 km^2. Limita al norte con los acuíferos Laguna El Diablo y Laguna de Hormigas, al este con Aldama-San Diego, al oeste con el acuífero Chihuahua-Sacramento, y al sur con el Acuífero Villalba, todos ubicados en el estado de Chihuahua [8].

El ATA desempeña un papel crucial en el Municipio de Chihuahua, siendo una fuente vital de agua subterránea para satisfacer las necesidades domésticas, industriales y agrícolas de la región. Su relevancia se extiende a la sustentabilidad ambiental al mantener los ecosistemas locales y la agricultura, además de asegurar la disponibilidad de agua para la ciudad y las comunidades circundantes. Por tanto, la conservación y el manejo sostenible de este acuífero son esenciales para garantizar un suministro continuo de agua y fomentar el desarrollo económico y social de la zona.

Este acuífero se caracteriza por la presencia predominante de llanuras aluviales y bajadas, intercaladas con pequeñas sierras escarpadas y plegadas, así como lomeríos asociados a rocas volcánicas y calizas [14].

El acuífero está alojado en un sistema granular no consolidado de origen aluvial, compuesto por depósitos de arenas intercaladas con limos y arcillas. Estos depósitos tienen espesores variables que oscilan entre 50 y 800 m. Además, debajo de este paquete aluvial, se encuentra una secuencia volcanoclástica compuesta por riolitas, tobas y piroclastos, cuyas permeabilidades varían de baja a media, lo que sugiere la presencia de dos medios acuíferos: uno granular y otro fracturado [10] [15] [11].

El ATA se caracteriza por ser de tipo libre y poseer una permeabilidad que varía de media a baja. Está alojado en sedimentos aluviales depositados en el centro del valle, compuestos por arenas intercaladas con arcillas y limos estratificados, con un espesor de hasta 800 m [8].

En el ATA se han realizado varios censos de aprovechamientos a lo largo de los años. El primero fue llevado a cabo en 1971 por Ariel Consultores [14]; el segundo en 1987 [16], seguido por otro en 2012 realizado por la JMAS y la JCAS. En 2022, la UACH [17], por encargo de la JCAS, llevó a cabo un inventario exclusivamente de aprovechamientos para uso público urbano. Hasta la fecha, no se ha publicado un censo oficial más reciente, por lo que se utiliza la información disponible en las plataformas de CONAGUA.

Según datos del REPDA [5] hasta el 31 de diciembre de 2023, se tienen registrados 389 aprovechamientos de agua subterránea en el ATA con un volumen autorizado de 164,649,052.8 m^3 anuales. De estos, 55 corresponden a aprovechamientos identificados como folios 8 (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Resumen de aprovechamientos con folio 8 registrados en el ATA. Fuente: elaboración propia con datos del REPDA (2023) [5].

Folios 8		
Uso	**No. Aprovechamientos**	**Volumen (m^3/año)**
Agrícola	40	5,978,817
Industrial	2	224,000
Público-urbano	1	15,000
Domestico	3	2,262.50
Servicios	4	470,000
Otros	5	103,371.87
Total	55	6,793,451.37

En relación con el volumen autorizado para la extracción de agua del ATA destinado al uso público-urbano, este representa el 81% del total del volumen de agua subterránea. Según la publicación de disponibilidad de CONAGUA en 2016, la extracción alcanzó los 75.1 hm^3 anuales, lo que significa un incremento del doble en la autorización de extracción respecto al año anterior, cuando el volumen para uso público-urbano representaba solo el 42%.

De acuerdo con los datos del organismo operador, se extrae un volumen promedio anual de 43.2 hm^3, lo que equivale al 27% del volumen autorizado para todas las formas de uso del ATA. El uso industrial no es significativo, representando menos del 1%, mientras que el uso agrícola tiene un volumen autorizado del 17%. Estos datos son relevantes para la gestión de este acuífero, ya que la política pública del organismo operador juega un papel determinante en la sostenibilidad de este recurso hídrico.

A continuación, se realiza un resumen del análisis de la publicación del 2023 de CONAGUA [8], referente a la actualización de disponibilidad media anual para el ATA y lo registrado en el REPDA [5]. En esta publicación de 2023, se destaca que la actualización de la disponibilidad media anual para el ATA utiliza datos del censo de 2007, los cuales son los siguientes:

- Se cuenta con un total de 344 aprovechamientos de aguas subterráneas, de los cuales 210 corresponden a pozos y 134 a norias.
- El volumen total de extracción estimado asciende a 75.1 hm^3 anuales, de los cuales 34.4 hm^3 (45.8%) se destinan al uso público-urbano, 31.3 hm^3 (41.7%) para uso agrícola, 8.1 hm^3 (10.8%) para usos múltiples y el resto para uso doméstico e industrial.
- Por otro lado, el volumen de extracción de aguas subterráneas reportado por el REPDA [5] es de 76.3 hm^3 anuales, según datos actualizados hasta el 30 de diciembre de 2022.
- La recarga total media anual del acuífero se estima de 76.5 hm^3/año, de los cuales 70.2 son recarga natural y los 6.3 restantes corresponden a la recarga por retornos de riego. La recarga presenta la misma magnitud en los últimos 20 años.
- La disponibilidad media anual de agua subterránea se calcula restando la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas al volumen de recarga total media anual. Para este acuífero, el cálculo resulta en un valor negativo, este resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, se tiene un déficit de -4.1 hm^3 anuales**.**

En cuanto al análisis comparativo realizado con el REPDA y la publicación de la actualización de disponibilidad al 31 de diciembre del 2023, se tiene [5]:

- Se tiene 389 aprovechamientos de aguas subterráneas, con un volumen total autorizado de 164.6 hm^3/año, es decir, 89.5 hm^3 adicionales. En el REPDA para el 2024, ya se presenta un incremento del 10%, aunque el número de títulos permanece igual.
- De estos aprovechamientos 217 están registrados para la actividad agrícola con un volumen anual autorizado de 27.8 hm^3, que, en comparación a la publicación de disponibilidad del 2023 se tienen valores similares e incluso tiene un descenso de aproximadamente de 3.5 hm^3. En el REPDA para 2024, no hay cambios significativos.
- 70 aprovechamientos están registrados para uso público-urbano con un volumen anual autorizado de 132.6 hm^3. En comparación con la publicación de disponibilidad

de 2023, esto representa un incremento de 100.0 hm³. Para 2024, el volumen para este uso en el REPDA muestra un incremento del orden del 11%.

- Aunque la publicación no detalla el uso industrial, este es importante en el acuífero, representando un volumen de 636,486.00 m³ según el REPDA, distribuido en 11 aprovechamientos. Este volumen permanece igual en el REPDA para 2024.

Acuífero El Sauz-Encinillas (ASE)

El ASE designado con la clave 0807 por la Comisión Nacional del Agua, está situado en la región central del estado de Chihuahua. Sus límites geográficos abarcan los paralelos 28°53'31" a 29°39'41" de latitud norte y los meridianos 106°09'35" a 106°43´27" de longitud oeste, ocupando una extensión de 2,743 km^2 [7]. Limita al norte con los acuíferos Laguna de Tarabillas y Flores Magón-Villa Ahumada, al este con Laguna de Hormigas y Laguna El Diablo, al sur con Chihuahua Sacramento y Alto Río San Pedro, y al oeste con Santa Clara y Cuauhtémoc, todos pertenecientes al estado de Chihuahua [7].

El acuífero se sitúa en depósitos aluviales del Cuaternario de gravas y arcillas que llenan una fosa tectónica en el Valle de Santa Clara. De manera general, se establece que el acuífero se emplaza en una cuenca tectónica, con un espesor de hasta 800 m en el centro del valle, compuesto por sedimentos clásticos aluviales de granulometría variable, resultado de diferentes facies sedimentarias fluviales y lacustres desarrolladas durante la evolución del relleno sedimentario del valle. Este relleno disminuye en espesor hacia las estribaciones de las sierras que delimitan el acuífero [16]. El espesor del relleno constituye la unidad actualmente explotada, pero existen pozos que han perforado las rocas volcánicas fracturadas, aún no exploradas [18]. El ASE exhibe una naturaleza heterogénea y anisótropa, mayormente de tipo libre, aunque con condiciones de semiconfinamiento a nivel local debido a la interdigitación de estratos de baja permeabilidad [18].

En el ASE se han realizado diversos censos de aprovechamientos, siendo el último llevado a cabo en 2009, al cual hace referencia la publicación de disponibilidad de CONAGUA en 2023 [7]. En 2022, la UACH, por encargo de JCAS, realizó un inventario que se centró únicamente en los aprovechamientos para uso público urbano, aunque no logró contabilizar todos los existentes [17]. Hasta la fecha, no se ha publicado un censo oficial más reciente, por lo que se utiliza la información disponible en las plataformas de CONAGUA.

Según datos del REPDA [5] hasta el 31 de diciembre de 2023, se tienen registrados 516 aprovechamientos de agua subterránea con un volumen autorizado de 201,973,291.14 m^3 anuales. De estos, 129 corresponden a aprovechamientos identificados como folios 8 (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Resumen de aprovechamientos con folio 8 registrados en el ASE. Fuente: elaboración propia con datos del REPDA (2023) [5].

Folios 8		
Uso	**No. Aprovechamientos**	**Volumen (m^3/año)**
Agrícola	116	20,957,790.70
Industrial	0	0
Público-urbano	1	30,000
Doméstico	2	1,941
Servicios	1	20,000
Otros	9	513,156
Total	129	21,522,887.74

En el ASE, el volumen autorizado para la extracción de agua destinado al uso público-urbano representa el 67% del total del volumen de agua subterránea disponible. Este volumen autorizado específico para uso urbano asciende a 134,420,240 m^3. Por otro lado, el uso agrícola ha experimentado un notable aumento en la autorización de extracción, alcanzando un volumen de 61,231,220.1 m^3, según los registros del REPDA al 2023 [5], específicamente con los folios 8.

A continuación, se realiza un resumen del análisis de la publicación del 2023 de CONAGUA [7], referente a la actualización de disponibilidad media anual para el ASE y lo registrado en el REPDA [5]. En esta publicación de 2023, se destaca que la actualización de la disponibilidad media anual para el ASE utiliza datos del censo de 2009, los cuales son los siguientes:

- Se cuenta con un total de 392 aprovechamientos activos y 131 inactivos.
- El volumen total de extracción estimado asciende a 127.2 hm^3 anuales, de los cuales 105.5 hm^3 (82.9 %) se destinan para uso agrícola, 2.8 hm^3 (2.2 %) para uso doméstico-abrevadero, 18.7 hm^3 (14.7%) para uso público-urbano.
- Por otro lado, el volumen de extracción de aguas subterráneas reportado por el REPDA [5] es de 120.5 hm^3 anuales, según datos actualizados hasta el 30 de diciembre de 2022.
- La recarga total media anual del acuífero se estima de 62.4 hm^3/año, de los cuales 41.3 hm^3 corresponden a la recarga natural y los 21.1 hm^3 restantes a la recarga inducida.
- La disponibilidad media anual de agua subterránea se calcula restando la descarga natural comprometida y el volumen de extracción de aguas subterráneas al volumen de recarga total media anual. Para este acuífero, el cálculo resulta en un valor negativo, este resultado indica que no existe un volumen disponible para otorgar nuevas concesiones; por el contrario, se tiene un déficit de -58.1 hm^3 anuales**.**

En cuanto al análisis comparativo realizado con el REPDA y la publicación de la actualización de disponibilidad al 31 de diciembre del 2023, se tiene [5]:

- Se tiene 516 aprovechamientos de aguas subterráneas, con un volumen total autorizado de 201.9 hm^3/año; es decir 81.4hm^3 adicionales. Los volúmenes registrados en el REPDA para el 2024 presenta un incremento de 8%.
- •De estos aprovechamientos, 333 están registrados para la actividad agrícola, con un volumen anual autorizado de 61.2 hm^3. En comparación con la publicación de disponibilidad de 2023, esto representa un descenso de aproximadamente 44.3 hm^3. En el REPDA para 2024, estos valores no presentan un cambio significativo.
- 55 aprovechamientos están registrados para uso público-urbano, con un volumen anual autorizado de 134.4 hm^3. En comparación con la publicación de disponibilidad de 2023, esto representa un incremento de 116 hm^3. Para 2024, el volumen autorizado registrado en el REPDA aumentó un 11%.

En conclusión, la oferta actual en cuanto a cantidad de abasto de agua para todos los usos en el Municipio de Chihuahua, presentan sobreexplotación, lo que impacta su disponibilidad y genera un estado de estrés hídrico permanente. La sobreexplotación implica que la extracción de agua supera la tasa de recarga natural de los acuíferos, lo que resulta en un descenso sostenido de los niveles de agua subterránea y en problemas como la salinización y la degradación de la calidad del agua.

A pesar de esta sobreexplotación, los acuíferos son una fuente segura y sostenible, además no son vulnerables al "Día Cero" de la misma manera que las comunidades que dependen principalmente de fuentes de agua superficial. El término "Día Cero" se refiere a un momento temporal crítico en el que una región se queda sin agua disponible en su sistema de distribución debido a sequías prolongadas o fallas en la gestión de los recursos hídricos. Este escenario es más probable en regiones que dependen de ríos, lagos y embalses, donde las fluctuaciones climáticas y la falta de precipitación pueden tener un impacto inmediato en la disponibilidad de agua.

Sin embargo, los acuíferos del Municipio de Chihuahua pueden estar sujetos a un agotamiento a largo plazo. El agotamiento de los acuíferos se refiere a la reducción significativa de los recursos hídricos subterráneos debido a la extracción continuada sin una adecuada recarga. Este problema puede llevar a la pérdida de acceso al agua para usos domésticos, agrícolas e industriales, y a la necesidad de encontrar nuevas fuentes de agua o implementar medidas extremas de conservación.

Para abordar estos desafíos, es fundamental generar más información sobre los balances hídricos y la recarga de los acuíferos, así como desarrollar y aplicar políticas públicas orientadas a la gestión sostenible del agua.

El acceso seguro al agua superficial en el Municipio de Chihuahua se complica significativamente durante condiciones de sequía severa, como las experimentadas en 2023. Durante estos períodos, la dependencia del agua subterránea aumenta debido a la reducción de la disponibilidad de agua superficial, lo cual incrementa la presión sobre los acuíferos.

2.2 CALIDAD DEL AGUA

La "calidad del agua" no puede definirse de manera unívoca porque depende de las características específicas necesarias para cada tipo de uso. Cada uso del agua ya sea para consumo humano, agrícola, industrial o recreativo, requiere diferentes estándares de calidad basados en distintos parámetros físicos, químicos, biológicos y radiológicos. A continuación, se detallan algunas razones clave por las que la calidad del agua varía según su uso:

Consumo humano: el agua potable debe cumplir con estrictos límites microbiológicos, como la ausencia de bacterias patógenas, y químicos, como niveles bajos de metales pesados y sustancias tóxicas. También deben mantenerse parámetros físicos, como baja turbidez. Estas características son esenciales para evitar enfermedades y asegurar la salud pública, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 [19].

Uso agrícola: el agua utilizada para riego debe tener bajos niveles de salinidad y no contener contaminantes que puedan dañar las plantas o acumularse en los suelos. Los estándares microbiológicos pueden ser menos estrictos que los del agua potable. Aunque estas limitaciones se centran en no dañar a las plantas, existe poca información sobre la bioacumulación en los frutos o productos de las plantas y su impacto en la salud humana [20].

Uso industrial: las industrias pueden necesitar agua con características específicas, como bajo contenido de minerales para procesos de enfriamiento o ciertos niveles de pureza para la fabricación de productos químicos. La calidad requerida puede variar enormemente según el tipo de industria.

Definiendo lo anterior, la información existente con respecto a la calidad del agua en el Municipio de Chihuahua esta referida a dos aspectos: agua potable y contaminación por descarga de aguas residuales en cauces de agua superficial.

En ambos aspectos, la JMAS Chihuahua es responsable de generar y dar seguimiento a la calidad del agua en la mancha urbana. En cuanto a las comunidades rurales, no existe información disponible ni una institución que genere estadísticas de seguimiento, en caso de que estas existan.

La JMAS Chihuahua monitorea y garantiza que el agua distribuida en la ciudad cumpla con la NOM-SSA1-179-2020 [21], que regula el control de la calidad del agua para uso y consumo humano. Los resultados del monitoreo de la JMAS indican una eficiencia del 100% en la cloración del agua. Sin embargo, la cobertura de la red de monitoreo en localidades rurales es limitada, y las estadísticas de la CONAGUA [22] reportan una tasa de mortalidad infantil por enfermedades diarreicas del 13% en el estado de Chihuahua, lo que sugiere deficiencias en la calidad del agua en algunas áreas rurales.

Estudios de calidad de agua en acuíferos

De acuerdo con el indicador de calidad del agua de las fuentes de abasto del Municipio, reportado por la CONAGUA en el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) [22] para el periodo 2012-2022, se presentan las siguientes tablas resumen por acuíferos:

Tabla 2.5. Resultados e indicador de calidad por parámetro del agua del acuífero Chihuahua-Sacramento (ACHS). Fuente: elaboración propia con datos del SINA (2022) [22].

ACHS		
Parámetro de calidad del agua	**2012-2022 (mg/L)**	**Indicador de calidad**
Alcalinidad	115.6	Media
Conductividad	231.5	Excelente para riego
Solidos disueltos totales	158	Excelente para riego/potable-dulce
Fluoruro	0.26815	Baja
Dureza	88.05	Potable-moderadamente-suave
Coliformes fecales	≤1.1	Potable-excelente
Nitratos	1.34	Potable-excelente
Arsénico	≤0.01	Potable-excelente
Cadmio	≤0.003	Potable-excelente
Cromo	≤0.005	Potable-excelente
Mercurio	≤0.0005	Potable-excelente
Plomo	≤0.005	Potable-excelente
Magnesio	≤0.0015	Potable-excelente
Hierro	≤0.025	Potable-excelente

Tabla 2.6. Resultados e indicador de calidad por parámetro del agua del acuífero Tabalaopa-Aldama (ATA). Fuente: elaboración propia con datos del SINA (2022) [22].

ATA		
Parámetro de calidad del agua	**2012-2022 (mg/L)**	**Indicador de calidad**
Alcalinidad	169.88-344.75	Alta
Conductividad	497-1255	Buena a permisible para riego
Solidos disueltos totales	356-904	Excelente para riego a cultivos-sensibles/potable-dulce
Fluoruro	0.7597-2.665	Potable optima-alta
Dureza	184.94-460.27	Potable dura
Coliformes fecales	≤1.1-1950	Potable-excelente-contaminación
Nitratos	0.64-17.57	Potable-excelente-no apta como FAAP
Arsénico	≤0.01 a 3.62	Potable-excelente-no apta como FAAP
Cadmio	≤0.003	Potable-excelente
Cromo	≤0.005	Potable-excelente
Mercurio	≤0.0005	Potable-excelente
Plomo	≤0.005	Potable-excelente
Magnesio	≤0.0015 a 3.10	Potable-excelente
Hierro	0.5 a 6.38 x 10-2	Potable-excelente a color al agua sin efectos a la salud

FAAP: Fuente de abastecimiento de agua potable

Tabla 2.7. Resultados e indicador de calidad por parámetro del agua del acuífero El Sauz-Encinillas (ASE). Fuente: elaboración propia con datos del SINA (2022) [22].

ASE		
Parámetro de calidad del agua	**2012-2022 (mg/L)**	**Indicador de calidad**
Alcalinidad	113-168	Media-alta
Conductividad	264-296	Buena para riego
Solidos disueltos totales	192-224	Excelente para riego-potable dulce
Fluoruro	0.41-3.2	Media-alta
Dureza	91-117	Potable mediamente-dulce /dura
Coliformes fecales	≤1.1	Potable-excelente
Nitratos	0.3-5.78	Potable-excelente
Arsénico	≤0.01 a 1.16	Potable-excelente-apta como FAAP
Cadmio	≤0.003	Potable-excelente
Cromo	≤0.005	Potable-excelente
Mercurio	≤0.0005	Potable-excelente
Plomo	≤0.005	Potable-excelente
Magnesio	≤0.0015 a 3.41	Potable-excelente
Hierro	≤0.025	Potable-excelente

FAAP: Fuente de abastecimiento de agua potable

De acuerdo con los datos previos se puede interpretar que el ACHS es la mejor fuente de abasto de agua potable. Sin embargo, la red de monitoreo de calidad del agua de CONAGUA es muy limitada, con un seguimiento que se destaca principalmente a nivel anual.

La JCAS realizó un inventario estatal de las fuentes de suministro de agua potable en el estado de Chihuahua, analizando 202 aprovechamientos en el Municipio de Chihuahua [17]. Los resultados de este informe indican que (Tabla 2.8): el 33.66% de los suministros superan el límite permisible de concentración de arsénico (As) para consumo humano, según la NOM-SSA1-127-2021 [19]. El 59.90% de los suministros superan el límite permisible de flúor (F). El 31.18% de los suministros presentan problemas con ambos parámetros simultáneamente.

Tabla 2.8. Resultados del inventario estatal de las fuentes de suministro de agua potable, en específico para el Municipio de Chihuahua. Fuente: JCAS (2022) [19].

Total, de aprovechamientos muestreados	202
Con >0.01 mg/L As	68
Con <0.01 mg/L As	134
Con >1 mg/L F	121
Con <1 mg/L F	81
Con >0.01 mg/L As y >1 mg/L F	63
Con <0.01 mg/L As y <1 mg/L F	139

En el caso de los pozos destinados al abasto de agua potable en la mancha urbana, el suministro real a la población se obtiene a partir de la mezcla en los tanques desde donde se distribuye el agua a las distintas zonas. Este proceso es llevado a cabo por la JMAS Chihuahua, cumpliendo con la NOM-SSA1-179-2020 [21].

En el Municipio de Chihuahua, diversas industrias, como la automotriz, alimentaria, química y electrónica, entre otras, tienen una demanda significativa de agua para sus procesos industriales. La calidad del agua requerida varía según el tipo de industria, siendo crucial para garantizar la seguridad alimentaria en la industria alimentaria y mantener estándares potables en sectores como la electrónica y aeroespacial Las cantidades estimadas de demanda de agua por día varían ampliamente, desde 500 hasta 20,000 m^3, dependiendo del tipo de industria y sus necesidades específicas. Esta variabilidad subraya la importancia de gestionar adecuadamente los recursos hídricos para satisfacer las demandas industriales sin comprometer la disponibilidad de agua para otros usos.

La posibilidad de sustituir el agua de primer uso con agua residual tratada puede ser una opción viable, especialmente a nivel terciario o secundario. Sin embargo, esto requiere evaluar cuidadosamente tanto la calidad del agua residual como las necesidades específicas de cada industria. Esta medida no solo puede reducir la demanda de agua potable, sino también mitigar el impacto ambiental y los costos asociados con el suministro de agua industrial.

La calidad del agua para riego es crucial para el crecimiento saludable de los cultivos, influenciando directamente su rendimiento y calidad. Los parámetros clave que determinan esta calidad incluyen: el pH, la salinidad, los cloruros, el sodio, el boro, los nitratos y los metales pesados, todos los cuales pueden afectar la absorción de agua y nutrientes por las plantas, así como la salud del suelo [23].

Para diferentes tipos de cultivos, como los destinados a la alimentación animal o humana, se requiere agua de riego con especificaciones específicas de calidad. Por ejemplo, cultivos como nueces, manzanas y uvas necesitan agua baja en sales y contaminantes para evitar efectos negativos en el rendimiento y la calidad de la cosecha [23]. El uso de agua residual tratada a nivel secundario puede ser una opción viable para cultivos como avena y maíz forrajeros, que no se destinan directamente al consumo humano. Sin embargo, es esencial realizar un análisis detallado de la calidad del agua residual y cumplir con los estándares regulatorios para garantizar la seguridad alimentaria y la protección ambiental.

La gestión adecuada de la calidad del agua de riego es fundamental para asegurar la sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria. Es necesario adaptarse a las necesidades específicas de cada tipo de cultivo y considerar alternativas sostenibles como el reúso de agua residual tratada.

Agua superficial

La calidad del agua superficial en el Municipio de Chihuahua es monitoreada por CONAGUA en varios sitios, incluyendo la Papelera de Chihuahua, Presa Chihuahua, Río Chuvíscar, Presa El Rejón y Presa San Marcos. Los parámetros evaluados incluyen Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Fecales (CF), comparando los resultados con los estándares de la NOM-001-SEMARNAT-2022 [24]. Los resultados son los siguientes:

- DBO: predominantemente categorizado como aceptable, buena, y excelente en la mayoría de los sitios de monitoreo. En un sitio en el Río Chuvíscar se mostró contaminación, lo cual indica una degradación de la calidad del agua en ese punto específico.
- DQO: varios sitios presentaron contaminación significativa, especialmente en la Presa Chihuahua y algunos puntos en la Presa San Marcos y Río Chuvíscar. Esto sugiere la presencia de altas concentraciones de compuestos químicos que demandan oxígeno para su descomposición, posiblemente debido a descargas industriales y urbanas.
- SST/CF: en general, los sitios mostraron buena calidad en estos parámetros. Hubo algunos casos de contaminación en CF en ciertos sitios de monitoreo, lo cual indica la presencia de contaminación bacteriana asociada principalmente con descargas fecales.

La calidad del agua superficial en el Municipio de Chihuahua muestra una variabilidad significativa entre las diferentes cuencas y subcuencas monitoreadas. Aunque la mayoría de los sitios cumplen con los estándares para DBO, la contaminación por DQO es un problema destacado en varios puntos críticos. Esto subraya la importancia de una gestión

adecuada de las cuencas para mantener y mejorar la calidad del agua, asegurando un suministro seguro y sostenible para la población y el medio ambiente local.

Agua residual y contaminación en el Municipio de Chihuahua

La gestión del agua residual en el Municipio de Chihuahua es crucial debido a la presencia de plantas de tratamiento significativas. La planta norte tiene una capacidad de operación de 1,200 litros por segundo (l/s) y la planta sur de 2,400 l/s, procesando juntas aproximadamente 1,700 l/s en promedio de acuerdo con datos de la JMAS Chihuahua. Actualmente, casi el 90% del agua recolectada en el sistema de alcantarillado sanitario urbano es tratada, cumpliendo con las normativas establecidas para asegurar la calidad del agua tratada.

La Ciudad de Chihuahua es pionera en México en el reúso del agua residual tratada, destacando el sistema de distribución conocido como "red morada" implementado desde finales de los años noventa por el organismo operador. Este sistema representa aproximadamente el 10% de la red de agua potable, proporcionando una fuente alternativa de agua apta para usos no destinados al consumo humano directo. Este enfoque contribuye a la sostenibilidad ambiental y a la eficiencia en el manejo de recursos hídricos. Adicionalmente a las plantas del organismo operador en el Municipio, las comunidades del Charco y Nueva Delicias también cuenta con un sistema de tratamiento (Tabla 2.9).

Tabla 2.9. Plantas de tratamiento de aguas residuales en el Municipio de Chihuahua. Fuente: SINA (2023) [22].

Localidad	Nombre de la Planta	Proceso	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal tratado (l/s)	Cuerpo receptor o reúso	Responsable de la operación
Chihuahua	Norte	Lodos activados	1200	430	Río Sacramento	JMAS Chihuahua
Chihuahua	Sur	Lodos activados	2500	1620	Rio Sacramento	JMAS Chihuahua
El Charco	El Charco	Lagunas de estabilización	1.7	0.5	Arroyo Local	Presidencia Municipal
Colonia Nuevas Delicias	Nuevas Delicias	Lagunas de estabilización	2.8	1	Arroyo Local	Presidencia Municipal
Chihuahua	Brasa	Lodos activados	12	12	Rio Chuvíscar	JMAS Chihuahua

Es importante mencionar que en la zona urbana existen numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en edificios públicos o industriales, aunque no se dispone de una fuente de información confiable u oficial sobre sus características**.**

La gestión de la calidad del agua en el Municipio de Chihuahua abarca tanto el suministro de agua potable como la gestión de aguas residuales, cada uno con desafíos y sistemas de monitoreo específicos. La JMAS Chihuahua juega un papel crucial asegurando que el agua potable distribuida cumpla con la normativa establecida por la NOM-SSA1-179-2020 [21]. Esto incluye un eficiente sistema de cloración con una cobertura adecuada en áreas urbanas. Sin embargo, las estadísticas de CONAGUA revelan que las áreas rurales pueden

enfrentar deficiencias en la calidad del agua, sugiriendo necesidades no cubiertas en monitoreo y tratamiento fuera de las zonas urbanas.

En términos de aguas residuales, Chihuahua ha avanzado significativamente con plantas de tratamiento como la del norte y sur de la ciudad, capaces de procesar una gran cantidad del flujo recolectado. Estas instalaciones cumplen con normativas para garantizar la calidad del agua tratada, y la implementación del sistema de distribución de "red morada" para agua residual tratada desde finales de los noventa proporciona una fuente alternativa para usos no destinados al consumo humano directo, promoviendo así la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en la gestión de recursos hídricos. Es importante recalcar que, mientras las áreas urbanas están bien cubiertas con sistemas de tratamiento y distribución, las áreas rurales enfrentan desafíos significativos en términos de monitoreo y cumplimiento de estándares. Esto subraya la necesidad de expandir y mejorar los sistemas de agua y saneamiento para asegurar un suministro seguro y sostenible para todos los habitantes del Municipio de Chihuahua.



EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA ENFRENTA DESAFÍOS SIGNIFICATIVOS RELACIONADOS CON LA GESTIÓN HÍDRICA, INCLUIDA LA DISPONIBILIDAD LIMITADA DE RECURSOS Y EL INCREMENTO DE LA DEMANDA DEBIDO AL CRECIMIENTO POBLACIONAL Y ECONÓMICO.

III. DEMANDA DE AGUA, SU DINÁMICA Y PRONOSTICO A 2040 (PROSPECTIVA)

En el contexto de la planificación y gestión de recursos hídricos, la proyección de la demanda de agua es crucial para asegurar la sostenibilidad y eficiencia en su uso, especialmente en regiones como el Municipio de Chihuahua, el presente apartado se centra en analizar la dinámica de la demanda de agua hasta el año 2040, considerando múltiples factores que influyen en su evolución y distribución.

El Municipio de Chihuahua enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión hídrica, incluida la disponibilidad limitada de recursos y el incremento de la demanda debido al crecimiento poblacional y económico. Para abordar estos desafíos, se examinaron datos históricos y proyecciones demográficas, así como el impacto de variables socioeconómicas y climáticas en el consumo de agua. Además, se consideran las políticas públicas y las estrategias de gestión que podrían influir en esta dinámica futura.

El análisis se estructura en varias secciones clave, comenzando con un panorama general del estado actual del recurso hídrico en la región, seguido por un estudio detallado de los sectores de consumo y sus tendencias. Se emplean métodos de modelización y proyección para estimar la demanda futura, integrando datos de la JMAS Chihuahua y proyecciones de crecimiento urbano e industrial.

El objetivo es prevenir escenarios críticos de demanda de agua y proponer recomendaciones para políticas públicas y prácticas de gestión que promuevan un uso más eficiente y sostenible del recurso. Esto asegurará un desarrollo equilibrado y resiliente para el Municipio hacia el horizonte 2040.

3.1 ESTADO ACTUAL DE LA DEMANDA DE AGUA

Dado que el alcance de este estudio no incluyó la generación y actualización de datos, es importante mencionar que el desarrollo de los análisis se basó en los derechos de extracción registrados en el REPDA [(5)]. Se evaluaron los volúmenes asignados para su explotación de acuerdo con su uso, así como la información proporcionada por las instituciones relacionadas con el recurso hídrico.

En 2023, se reportó un derecho de extracción total de 300.27 hm³ al año en el Municipio de Chihuahua, de los cuales el 92% provienen de fuentes subterráneas y el resto de las fuentes superficiales [(5)] como se muestra en la Figura 3.1. Es importante destacar que todos los usos del agua en la región son consuntivos, ya que no se cuenta con plantas hidroeléctricas.

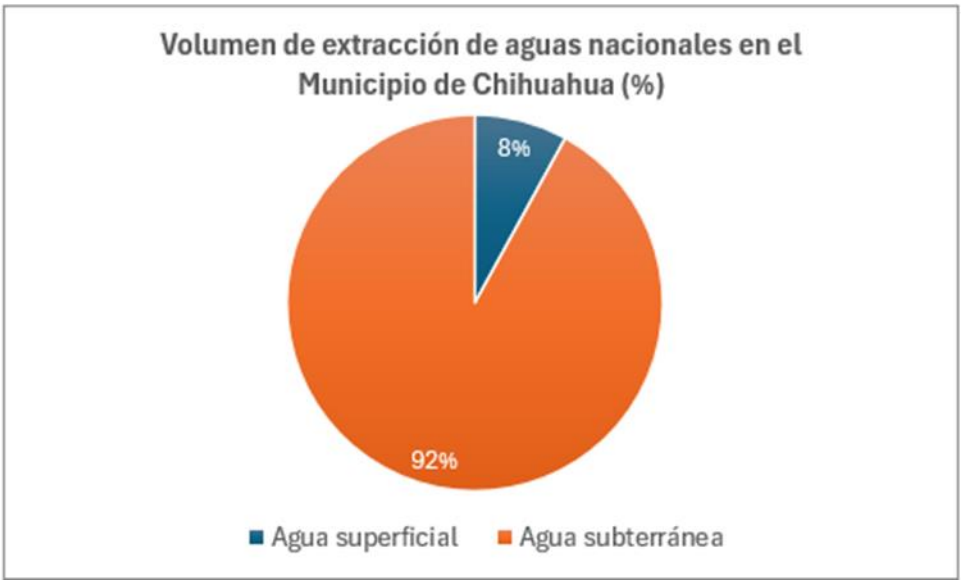


Figura 3.1. Porcentaje de volúmenes de extracción de aguas nacionales en el municipio de Chihuahua por tipo de fuente. Fuente: elaboración propia con información del REPDA (2024) [5].

La mayor parte del uso del agua, según los registros en el REPDA [5] se encuentra designada al abastecimiento público (uso público-urbano), seguido por el uso agrícola como se puede apreciar en la Figura 3.2.

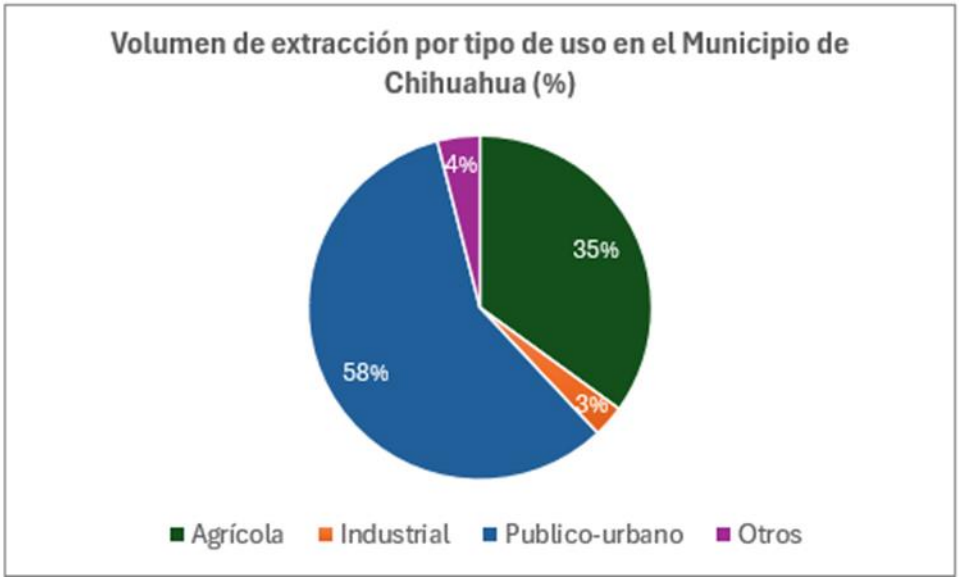


Figura 3.2. Porcentaje de los Volúmenes de extracción de aguas nacionales por tipo de uso en el Municipio de Chihuahua. Fuente: elaboración propia con información del REPDA (2024) [5]

En cuanto a los usos del agua expresado en volúmenes anuales, en el Municipio se aprovechan 274.22 hm^3 para el uso público-urbano, de los cuales 158.53 hm^3 son de fuentes subterráneas, le sigue el uso agrícola con un volumen total de 102.25 hm^3 de los cuales 92.33 hm^3 son de fuentes subterráneas. Asimismo, un volumen importante es el

utilizado por la industria autoabastecida que equivale a 10.11 hm^3, el restante equivale a otros usos (como el ganadero y de servicios) como se observa en la Figura 3.3.

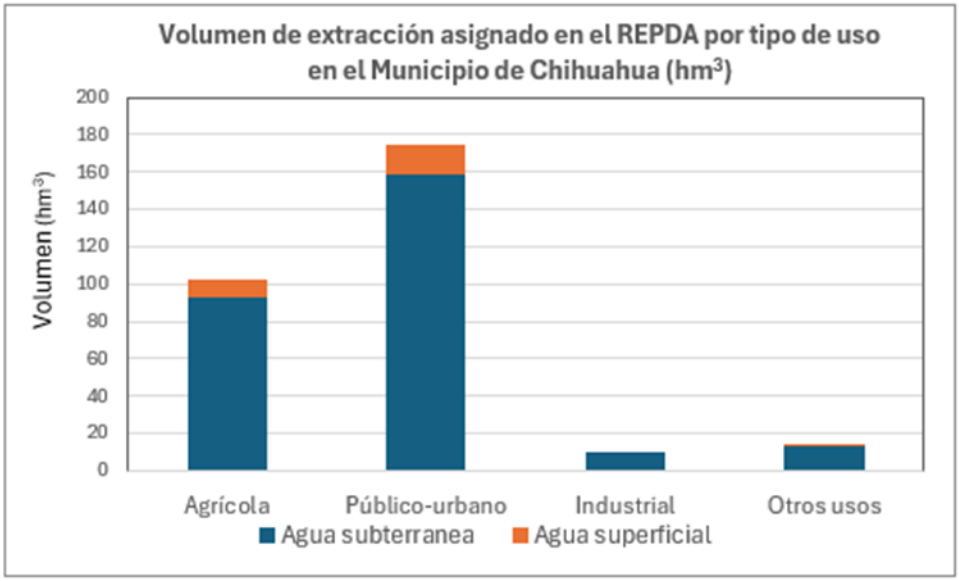


Figura 3.3. Volúmenes de extracción de aguas nacionales asignados al 2024 por tipo de uso en el Municipio de Chihuahua. Fuente: elaboración propia con información del REPDA (2024) [5]

3.2 USOS POR SECTOR

Uso público-urbano

Como se ha mencionado, la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento se encuentra a cargo de la JMAS Chihuahua en la zona urbana. De acuerdo con datos del organismo operador (2023), la cobertura en la zona urbana es del 98.9% para el servicio de agua potable y del 96.2% para el sistema de alcantarillado sanitario (Figura 3.4).

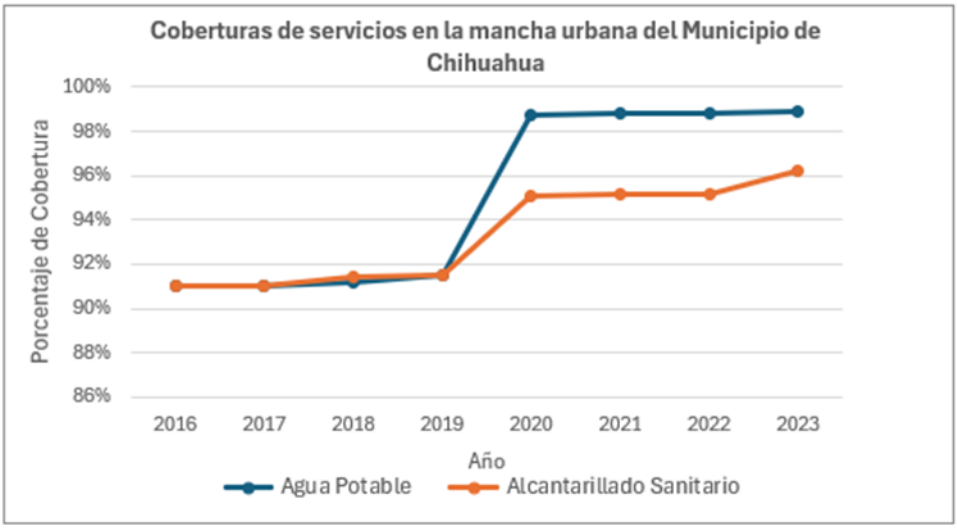


Figura 3.3. Porcentaje de coberturas de agua potable y alcantarillado en la Ciudad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua (2023).

En las áreas fuera de la mancha urbana del municipio, existe una falta de datos sobre las localidades rurales. Según datos del INEGI [25], en el Municipio de Chihuahua se tiene una cobertura del 92.6% en la red de agua potable.

La Tabla 3.1 muestra las características generales del sistema de agua potable para la zona urbana a diciembre de 2023.

Tabla 3.1. Características del sistema de agua potable de la ciudad de Chihuahua a cargo de la JMAS Chihuahua. Fuente: elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua (2023).

Estadística	Zona urbana de Chihuahua
Operación	
Número de plantas potabilizadoras	1
Número de pozos activos	154
Porcentaje de cobertura de agua potable	98.92
Volumen anual de agua producido (m^3)	134,003,295
Ingeniería	
Km de tubería de agua potable	3926.01
Número de distritos hidrométricos	218
Número de registradores de presión	210
Comercial	
Número de tomas con servicio continuo	128,275
Número de tomas con servicio menor a 12 h	228,045
Volumen anual de agua facturada (m^3)	71,716,206
Volumen anual de agua cobrada (m^3)	54,100,418

Una característica relevante del sistema de agua potable en la ciudad de Chihuahua es la política de operación implementada por la JMAS en 2018, basada en la sectorización y gestión de presiones. Esta política ha permitido disminuir la fragmentación de horarios de servicio, conocida como tandeo. Cabe destacar que desde la década de los ochenta hasta 2018, estos horarios de servicio incrementaban en superficie requerida para el tandeo diario, mientras que el intervalo de tiempo en que se otorgaba el servicio disminuía. De 2018 a 2023, la JMAS ha operado 218 distritos hidrométricos, los cuales cuentan con medición de caudal y presión en los puntos críticos de los sectores. Esto permite conocer cómo se distribuye el flujo del agua y cuánto tiempo se mantiene la presión en magnitud suficiente para asegurar que el usuario tenga servicio continuo.

La política de operación implementada por la JMAS en 2018 es crucial porque permite transitar estacionalmente, especialmente en verano, de un servicio de tandeo controlado a un servicio continuo el resto del año. La sectorización y gestión de presiones de la red ofrece la posibilidad de revertir el suministro tandeado. Según los reportes de la JMAS, en 2018 solo el 12% de los usuarios tenía servicio continuo (24/7). Como resultado de esta política de operación, actualmente se ha alcanzado un 36% de usuarios con servicio

continuo, corroborado por los registradores de presión en los sectores operativos y zonas aledañas.

Esta política no solo ha impactado positivamente en el tiempo de servicio y la seguridad del suministro, sino que también ha desacelerado los requerimientos de producción de agua para la ciudad. Desde 2020, con un número significativo de distritos hidrométricos operativos, se ha logrado una mayor eficiencia física y una reducción en las pérdidas de volúmenes de agua, sin comprometer la satisfacción de las necesidades de los usuarios, incluso con el incremento de casi 15,000 cuentas nuevas (Figura 3.4).

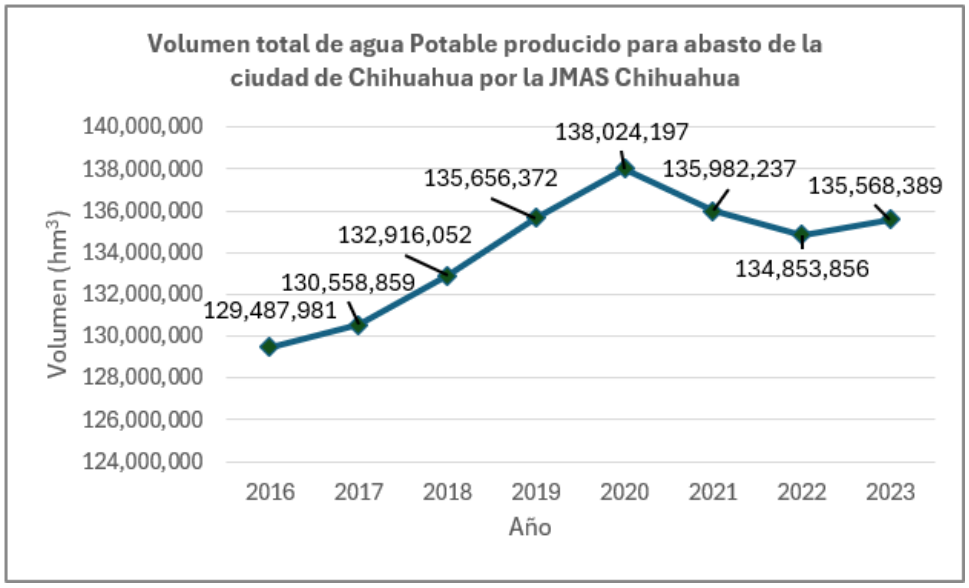


Figura 3.4. Volúmenes de agua producida para uso público urbano del año 2016 al 2023. Fuente: elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua (2023).

Según la clasificación de usuarios del organismo operador, el principal uso del agua es el doméstico, representando un 83.2% del total, seguido por el uso comercial y, posteriormente, el industrial (Figura 3.5). Esta tendencia se ha mantenido constante en los últimos años.

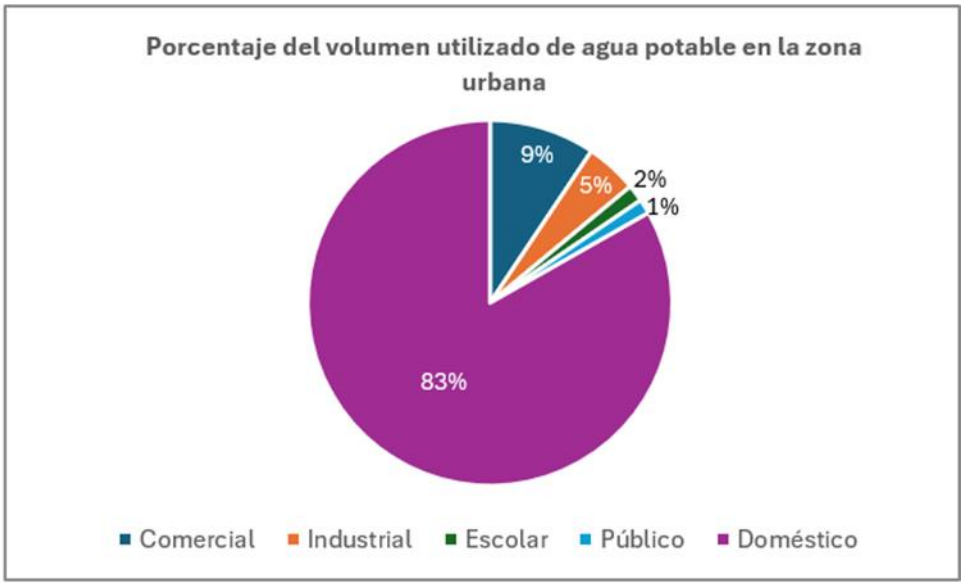


Figura 3.5. Porcentaje del padrón de usuarios según la clasificación a los que presta el servicio del organismo operador al 2023. Fuente: elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua (2023).

El sector público-urbano es el que presenta el mayor volumen de agua asignada, con un 58% del total. En este sector, se tiene un conocimiento detallado del uso del agua en la zona urbana, la cual es atendida por la JMAS Chihuahua. Los datos registrados en el REPDA [5] se resumen en la Tabla 3.2, mostrando los volúmenes de agua concesionados por CONAGUA.

Tabla 3.2. Títulos de volúmenes de agua para uso público-urbano registrados. Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la JMAS y el REPDA [5] (2023).

Títulos de Concesión	Acuífero	Agua superficial	Unidad	Volumen
2CHH100310/24HMSG94	Chihuahua – Sacramento (ACHS)	NA	m3/año	80,129,200
			l/s	2,541
	Tabalaopa – Aldama (ATA)		m3/año	27,273,900
			l/s	865
	El Sauz – Encinillas (ASE)		m3/año	22,087,000
			l/s	700
	NA	Presa Chihuahua	m3/año	13,000,000
			l/s	412
		Presa Rejón	m3/año	2,600,000
			l/s	82
2CHH100313/24HMSG96	Tabalaopa – Aldama (ATA)	NA	m3/año	20,498,400
			l/s	650
2CHI107414/24HMGE96	Tabalaopa – Aldama (ATA)		m3/año	827,820
			l/s	26
2CHI107415/24HMGE96	Tabalaopa – Aldama (ATA)		m3/año	912,500
			l/s	29
06CHI150093/34HMDL13	El Sauz – Encinillas (ASE)		m3/año	4,541,184
			l/s	170
06CHI109365/24HMGR00	Chihuahua – Sacramento (ACHS)		m3/año	197,000
			l/s	6
Subtotal Agua Subterránea			**m3/año**	**156,467,004**
			l/s	**4,962**
Subtotal Agua Superficial			**m3/año**	**15,600,000**
			l/s	**495**
Total, Volumen Concesionado			**m3/año**	**172,067,004**
			l/s	**5,457**

La JMAS Chihuahua obtiene gran parte de su agua potable de pozos subterráneos. Para garantizar la calidad del agua, la mayoría de estos pozos cuentan con sistemas de desinfección que utilizan gas cloro. Este método es efectivo para eliminar bacterias, virus y otros microorganismos patógenos, asegurando que el agua sea segura para el consumo humano.

Además de la desinfección con gas cloro en los pozos, se cuenta con una planta potabilizadora. Esta instalación emplea un proceso de filtración directa y tiene una capacidad instalada de 120 l/s. Actualmente, el caudal de agua potabilizada es de 60 l/s, y proviene de la Presa Chihuahua.

El proceso de potabilización en esta planta incluye varias etapas para asegurar que el agua cumpla con los estándares de calidad requeridos para el consumo humano. Estos procesos garantizan la eliminación de contaminantes físicos, químicos y biológicos, proporcionando agua segura y de alta calidad a la población.

Uso público en la zona rural

En las localidades rurales del Municipio de Chihuahua, no existe información detallada sobre la extracción de agua ni sobre la evolución de los volúmenes suministrados por comunidad. Solo se dispone de los datos del REPDA [5], que indican los volúmenes autorizados para explotación. Cada comunidad administra el recurso hídrico a través de Comités del Agua, coordinados por la JCAS, o el Ayuntamiento, operando de forma continua o mediante un sistema de racionamiento basado en turnos de tiempo.

De acuerdo con el SINA [22] (2023), la CONAGUA registra 378 comunidades en el ámbito rural del municipio de Chihuahua. De estas, más de 200 cuentan con títulos de concesión para uso público-urbano, siendo la presidencia municipal el titular de dichas concesiones en diversas comunidades. La mayoría de los títulos autorizan un volumen de 2,625 m³ anuales, lo que permite abastecer a una población de entre 50 y 80 personas, con dotaciones de 100 a 150 litros por habitante al día. En total, el volumen asignado es de 949,681 m³ anuales, suficiente para suministrar agua potable a entre 25,000 y 30,000 habitantes.

En la Tabla 3.3, se enumeran las localidades rurales del municipio cuyo abastecimiento de agua es coordinado por la JCAS del Estado de Chihuahua. El volumen total asignado es de 2,447,745 m^3 al año, lo que permite abastecer aproximadamente a 70,000 habitantes.

Tabla 3.3. Títulos a cargo de organizaciones que son supervisadas por la JCAS de acuerdo con datos del REPDA. Fuente: elaboración propia con información del REPDA [5] (2023).

Titular	Título
Comité De Agua Potable Ejido Ojo Laguna	828315
Junta Rural De Agua Y Saneamiento El Charco	829797
Junta Rural De Agua Potable Colonia México	821151
Junta Central De Agua Y Saneamiento	06CHI139340/24HMGE06
Comité De Agua Potable Ejido Labor De Terrazas, Comunidad El Sartenejo	06CHI136067/24HMGE06
Comité Pro-Mejoras Y Servicios De La Colonia Los Nogales De Robinson Chihuahua, A.C.	06CHI137945/24HMGE04
Comité De Agua Potable, Loc.: Colonia División Del Nte. Secc. El Sauz	06CHI120183/24HMGE99
Comité Pro-Mejoras Col. Aeropuerto	2CHI107414/24HMGE96
Comité Pro-Mejoras Col. Aeropuerto	2CHI107415/24HMGE96
Junta Rural De Agua Potable, El Sauz	2CHI108625/24HMGE96
C. De Agua Pot. Y Alcantarillado Ciénega De Los Padres	2CHH103094/24HMGE94

Uso industrial

La industria en el Municipio de Chihuahua se abastece de agua de dos formas distintas: a través de la red de la JMAS Chihuahua y mediante pozos concesionados por la CONAGUA. En 2023, el volumen facturado por la JMAS fue de 4.27 hm^3, mientras que el volumen concesionado por la CONAGUA alcanzó los 10.11 hm^3.

La mayoría de las industrias se autoabastecen (Figura 3.6), lo cual implica que no existe un conocimiento o un registro integrado de cómo se utilizan esos volúmenes de agua, ni de la eficiencia con que operan los sistemas hidráulicos en los parques industriales del municipio de Chihuahua. Asimismo, no se dispone de información sobre cuántas industrias autoabastecidas tienen plantas de tratamiento de aguas residuales, los volúmenes tratados y sus usos.

En cuanto a las industrias que se suministran a través de la JMAS, se tiene un padrón de casi 1,400 industrias con contrato con el organismo operador. De estas, 50 tienen contrato no solo para el suministro de agua potable, sino también para agua residual tratada, con un volumen facturado en 2023 de 1,488,159 m^3.

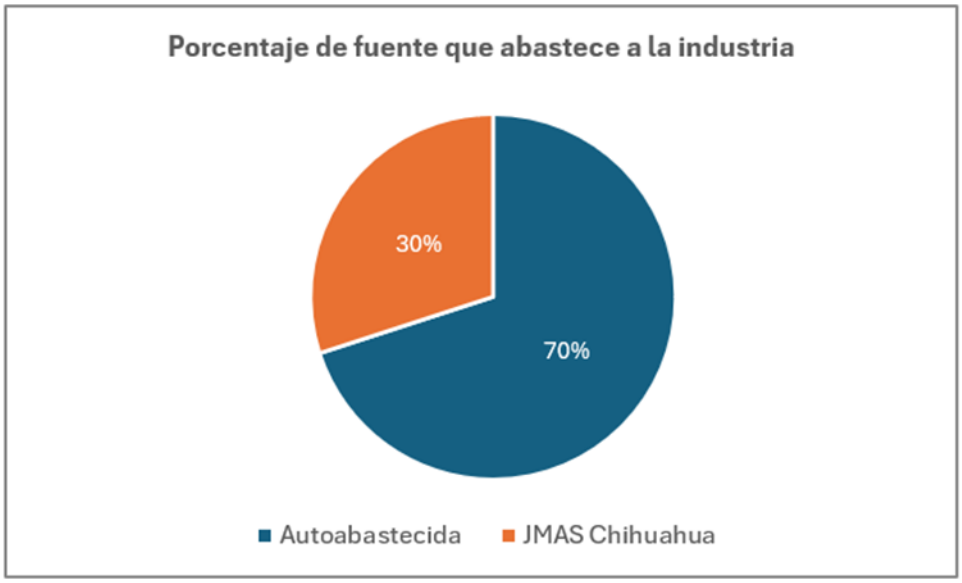


Figura 3.6. Porcentaje del volumen de agua para las industrias de acuerdo con el tipo de suministro al 2023. Fuente: elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua y el REPDA [5] (2023)..

Uso agrícola y pecuario

El uso agrícola, no es el sector con mayor asignación de agua de acuerdo con datos del REPDA representando solo el 35% del total, mientras que el sector pecuario representa menos del 1% del total autorizado para explotación en el Municipio. Cabe destacar que existe un profundo desconocimiento sobre el uso del agua en este sector debido a la falta de medición de los usuarios y la falta de aplicación del marco normativo por parte de la CONAGUA.

En Chihuahua, se tienen asignados para uso agrícola de 102.25 hm³, de los cuales 92.33 hm³ provienen de fuentes subterráneas. Así mismo, la percepción de los pobladores del municipio es que se usa más agua de la que se tiene asignada, ya que se ha observado en los últimos años la apertura de mayores superficies agrícolas.

La información disponible sobre el uso del agua en los sectores agrícola y pecuario se basa principalmente en las concesiones registradas en el REPDA [(5)]. Sin embargo, no se tiene certeza de cuánta agua realmente se utiliza para los fines asignados. En este contexto, se analiza el uso del agua agrícola y pecuario a través de las concesiones otorgadas y la productividad del sector reportada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) [(26)].

El Municipio de Chihuahua se caracteriza por el uso predominante de dos métodos de riego: el riego por gravedad y el riego por goteo. Este último destaca por su mayor eficiencia en el uso del agua, permitiendo una aplicación más precisa y controlada, lo que reduce las pérdidas por evaporación y escorrentía. Del total de superficies de cultivos, el 18% utilizan sistemas de riego temporal, mientras que el 82% cuentan con sistemas de riego que no dependen directamente de las condiciones climáticas [(26)].

En el municipio de Chihuahua no se cuenta con distritos de riego, pero se identifican 21 unidades de riego. De estas, 17 son de pequeña escala, con superficies de menos de 200 ha cada una, y las restantes 4 son de mediana escala, con superficies que varían entre 200 y 500 ha. La Figura 3.7 muestra el comportamiento de las superficies sembradas y cosechadas en el municipio. En el año 2000, se reportaron 112,456 ha sembradas y cosechadas, mientras que en 2022 esta cifra aumentó a 128,216 ha, según datos del SIAP [(26)]. Los cultivos que registraron los mayores incrementos en superficie fueron alfalfa, maíz grano y sorgo forrajero.

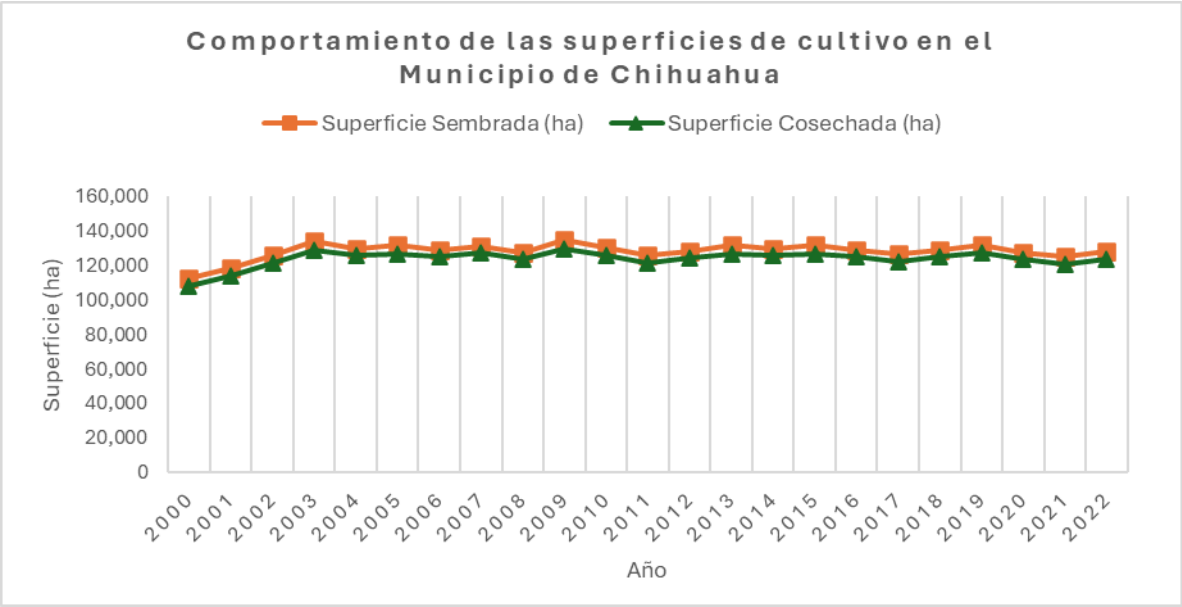


Figura 3.7. Evolución de la superficie agrícola (sembrada y cosechada) en el Municipio de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con información del Panorama Económico – Social Municipio de Chihuahua 2023 [27] [28].

Según datos del SIAP [26], en 2022 se sembraron un total de 128,216 ha en el municipio de Chihuahua, produciendo 269,003 toneladas de diversos cultivos. El valor de la producción agrícola en el municipio alcanzó los 1,827 millones de pesos en ese mismo año como se observa en la Figura 3.8 [29] [30].



Figura 3.8. Evolución de la productividad agrícola en el Municipio de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con información del Panorama Económico – Social Municipio de Chihuahua 2023 [27] [28].

En 2022, se sembraron 128,216 ha, destacando cultivos como alfalfa, maíz grano, algodón, sorgo forrajero, avena forrajera, nuez pecanera y sandía. El maíz grano mantuvo el mayor valor de producción, seguido por el algodón y el sorgo forrajero. La nuez pecanera lideró en rendimiento. La mayor huella hídrica se observó en el sorgo forrajero y el algodón, mientras que la menor correspondió a la nuez pecanera y la sandía [27] [28].

Con base en las estadísticas mencionadas anteriormente, se estimó el volumen de agua consumido en 2022, considerando el consumo de agua por cultivo y la producción obtenida. Los resultados para el uso agrícola indican un volumen potencial de 1,031.4 hm³, de los cuales se estima que 502.4 hm³ provienen de la precipitación, resultando en un volumen utilizado de 529 hm³. Este volumen es casi cinco veces mayor que el volumen concesionado, lo que pone de manifiesto la urgente necesidad de medir los consumos del sector, generar datos precisos y realizar estudios más profundos sobre el tema.

En el ámbito pecuario del Municipio, se tiene asignado un volumen de 0.564 hm³ a través de 111 títulos de concesión. Este sector registró una producción total de 43,390.1 toneladas en el año 2022, con un valor estimado de 957 millones de pesos (Figura 3.9) [31].

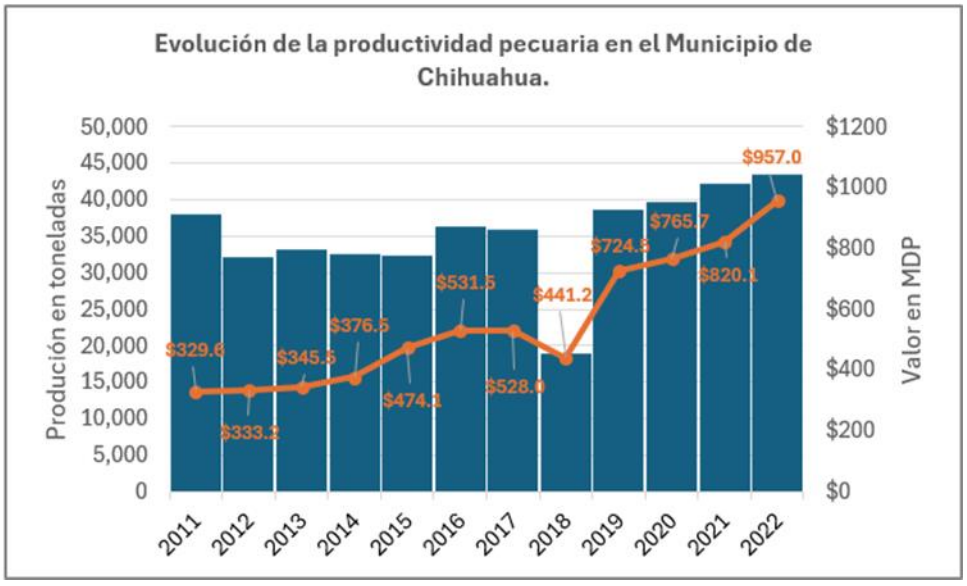


Figura 3.9. Evolución de la productividad pecuaria en el Municipio de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con información del Panorama Económico – Social Municipio de Chihuahua 2023 [27] [28].

Con base en las estadísticas mencionadas anteriormente, se estimó el volumen de agua consumido en 2022, considerando el consumo de agua por especie y la producción obtenida. Los resultados para el uso pecuario indican un volumen potencial de 1.52 hm³.

Alcantarillado y saneamiento

El sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Chihuahua es una red compleja de tuberías que recolecta y transporta aguas residuales, principalmente domésticas, a plantas de tratamiento. La red de atarjeas abarca aproximadamente 3,200 km de tuberías de diversos diámetros, mientras que la red de colectores se extiende por más de 202 km. Las estaciones de bombeo ayudan a elevar las aguas residuales a mayores elevaciones para su tratamiento adecuado.

En 2023, la infraestructura de tratamiento de aguas residuales en Chihuahua incluía cinco plantas de tratamiento municipales con una capacidad total de 3.71 m³/s. Entre ellas, las plantas Norte y Sur son las principales, gestionadas por el organismo operador, que suministra y distribuye agua residual tratada a través de la "red morada", implementada desde principios de los años 2000. En ese año, se registraron 577 usuarios de esta red, con un volumen facturado de 4,746,170 m³ de agua tratada al año.

El uso del agua en la industria de Chihuahua es crucial para su economía. En 2023, se registraron 1,396 usuarios industriales, a quienes se les facturaron 4,273,007 m³ de agua. Además, existen 61 títulos en el REPDA [5] para uso industrial, todos utilizando agua subterránea y de los cuales 17 presentan permiso de descarga de aguas residuales, los cuales se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Usuarios industriales con permiso de descarga de aguas residuales. Fuente: elaboración propia con información del REPDA [5] (2023).

Titular	Título	Uso
Proyectos Inmobiliarios Carne Mart, S.A. De C.V.	06CHI157391/24FMDL18	INDUSTRIAL
Ford Motor Company, S. A. De C. V.	06CHI141451/24FMDL17	INDUSTRIAL
Corrales San Ignacio, S.P.R. De R.L. De C.V.	06CHI141269/24FMDL16	INDUSTRIAL
Bimbo	CHI138782	INDUSTRIAL
Maxion Whels De Mexico S. De R.L. De C.V.	06CHI140697/24FQDL17	INDUSTRIAL
Papelera De Chihuahua, S.A. De C.V.	06CHI137278/24FADL08	INDUSTRIAL
Mexalit Industrial, S.A. De C.V.	06CHI139418/24FMDL07	INDUSTRIAL
Empacadora Prieto S.A. De C.V.	06CHI134812/24FKGE06	INDUSTRIAL
Rexcel, S.A. De C.V.	06CHI137514/24FMDL12	INDUSTRIAL
Hayes Wheels Aluminio, S.A. De C.V.	06CHI136159/24FMGE01	INDUSTRIAL
Sacos Y Envases Industriales S.A. De C.V.	06CHI135495/24FMGE00	INDUSTRIAL
Molinos Anahuac S.A. De C.V.	06CHI107682/24FKGE00	INDUSTRIAL
Empacadora Ganadera De Chihuahua S.A. De C.V.	2CHI110285/24FDGE97	INDUSTRIAL
Auma S.A. De C.V.	CHI110283	INDUSTRIAL
Empacadora Prieto S.A. De C.V.	2CHH103033/24FRGE94	INDUSTRIAL
Paneles Ponderosa S.A. De C.V.	2CHI100026/24FMGE94	INDUSTRIAL
Kelsey Hayes De Chihuahua S.A De C.V.	2CHI100001/24FNGE94	INDUSTRIAL

3.3 DINÁMICA DE LA DEMANDA EN LA ZONA URBANA

El desarrollo de cualquier ciudad implica un aumento en la demanda de servicios públicos. En este contexto, el organismo operador la JMAS Chihuahua ha enfrentado un constante crecimiento en la demanda de agua potable durante las últimas décadas. En 1970, se estimaba un volumen suministrado de 1,700 l/s, que aumentó a 2,000 l/s en la década de 1980, con aproximadamente la mitad de los aprovechamientos que se tienen hoy en día.

Históricamente, la demanda de agua potable en la ciudad de Chihuahua ha evolucionado de acuerdo con el crecimiento de la población, según la clasificación de tipo de usuario que maneja el organismo operador. La Tabla 3.5 muestra los datos de crecimiento del intervalo de 2020 a 2023.

Tabla 3.5. Crecimiento de cuentas registradas en el organismo operador del 2020 al 2023. Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la JMAS Chihuahua.

Tipo de usuario (JMAS Chihuahua)	Crecimiento anual (%)
Doméstico	1.36
Comercial	2.95
Industrial	3.25
Escolar	0.06
Público	1.7

Como se mencionó anteriormente, la ciudad de Chihuahua tiene una particularidad: desde la década de 1980, el suministro de agua se realiza de manera tandeada. Este sistema se implementó inicialmente para prestar servicio en las zonas periféricas, pero con el tiempo, fue necesario abarcar una mayor superficie, como se muestra en la Figura 3.10.

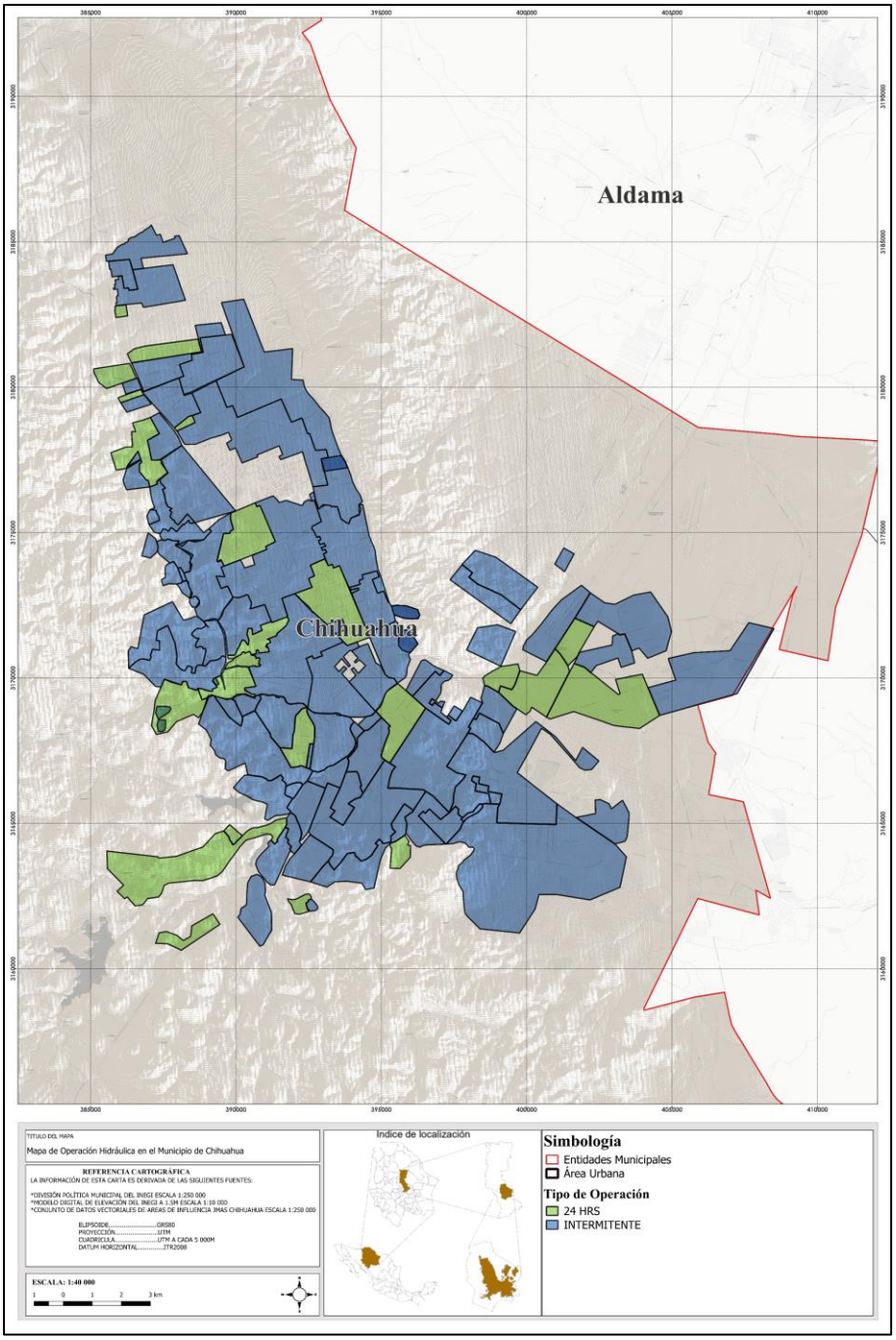


Figura 3.10. Operación hidráulica de la zona urbana, implementando el tandeo para la distribución de agua potable. Fuente: Elaboración propia datos de la JMAS Chihuahua (2023).

Esta política de operación se implementó bajo el supuesto de que el tandeo de agua en la distribución implicaba un ahorro. Sin embargo, este método requiere un mayor volumen de agua debido a las pérdidas que ocurren al llenar y vaciar las redes en cada horario de servicio, lo que aumenta la cantidad de fugas en el sistema.

La operación de la red de agua potable se ha vuelto cada vez más compleja debido a varios factores clave:

1. Crecimiento de la mancha urbana: áreas situadas por encima de la cota de 1560 msnm han experimentado un desarrollo significativo. Hasta el año 2000, esta elevación marcaba el límite y la base para el suministro de agua potable en la ciudad. Sin embargo, después de ese año, se autorizó el desarrollo de zonas por encima de esta elevación. En particular, la zona poniente, que se encuentra en expansión, requiere rebombeo, tanques de regulación y distribución para su funcionamiento.
2. Suministro intermitente: debido al crecimiento acelerado de la ciudad y la falta de nuevas fuentes de abastecimiento y de infraestructura primaria para distribuir agua, el organismo operador comenzó a utilizar el suministro intermitente o tandeo como estrategia de operación.
3. Falta de capacidad económica y técnica: la incapacidad para reemplazar la tubería que ha superado su vida útil ha agravado los problemas de la red.

Estos factores han llevado a un incremento sostenido en la dotación de agua que el organismo debe distribuir para satisfacer el consumo de la población. La dotación se calcula como la relación entre el volumen producido y suministrado y el número de habitantes, determinado a partir del número de cuentas registradas en la JMAS y el índice de hacinamiento definido por el INEGI [32] para cada intervalo de tiempo.

En la Figura 3.11, se muestra la evolución histórica de la dotación en la ciudad de Chihuahua para los usuarios domésticos.

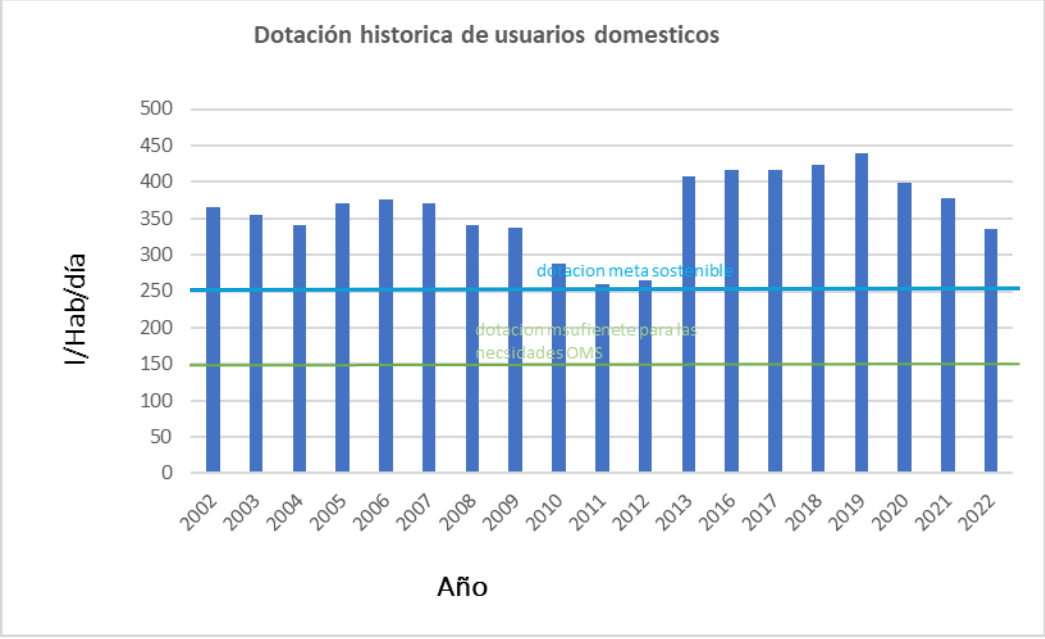


Figura 3.11. Dotación a los usuarios domésticos en la ciudad de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua y PIGOO-IMTA (2023) [33].

La mayor dotación de agua en los últimos 20 años se registró en 2019, con una magnitud de 439 l/hab/día. Se puede observar que la tendencia de la dotación muestra variabilidad desde 2002 hasta 2018, sin corresponder necesariamente al crecimiento de la población, como se muestra en la Figura 3.12.

Es importante destacar que en los años 2011 y 2012 se registraron las dotaciones más bajas, con magnitudes de 260-265 l/hab/día, respectivamente. Esta información no se alinea con la tendencia esperada, lo que sugiere la posibilidad de un grado de incertidumbre en los datos.

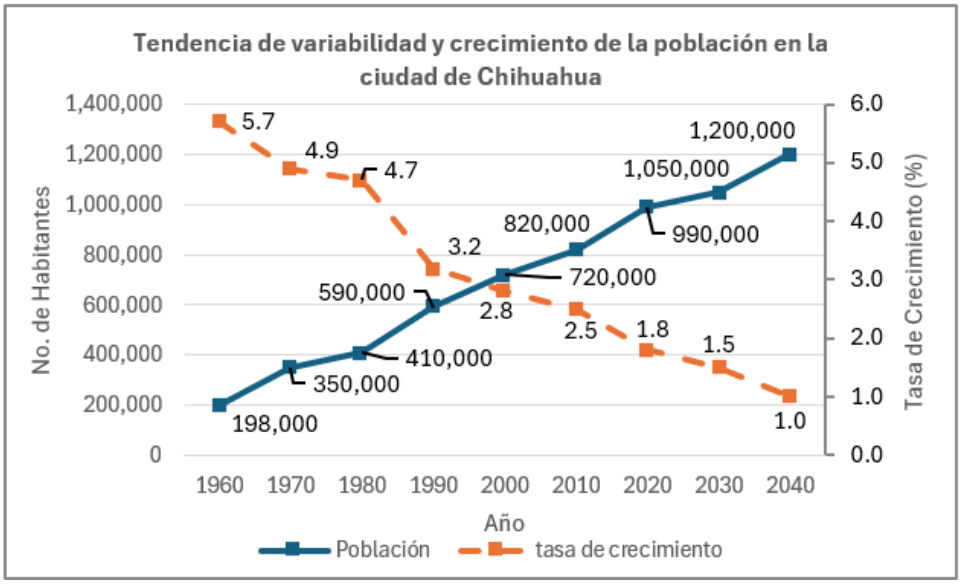


Figura 3.12. Tendencia de variabilidad y crecimiento de la población en la Ciudad de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con información de la INEGI (2023) [32].

En la Figura 3.11, se evidencia claramente que el año 2019 marcó un punto de inflexión en la tendencia alcista de la dotación de agua, ya que comenzó a disminuir. Esto se atribuye a los primeros resultados del reordenamiento de la red de agua potable, incluyendo la sectorización y la gestión de presiones. Se observa una tendencia anual de reducción en la dotación de aproximadamente 25 l/hab/día.

Para calcular el consumo per cápita, se obtuvieron los consumos por tipo de usuario para diciembre de 2022, así como el número de usuarios, a partir de la información proporcionada por la JMAS Chihuahua (Figura 3.13). El consumo per cápita promedio para usuarios de tipo doméstico es de 23 m³/usuario/mes. Considerando un índice de hacinamiento de 3.11 hab/casa, el consumo per cápita para uso doméstico es de 244 l/hab/día.

El consumo per cápita para los usuarios comerciales es de 1,124 l/comercio/día, mientras que para el de uso industrial es de 36,172 l/industria/día. Para el tipo escolar, se registra un consumo de 3,186 l/escuela/día y para los servicios públicos, el consumo asciende a de 5,798 l/servicio público/día.

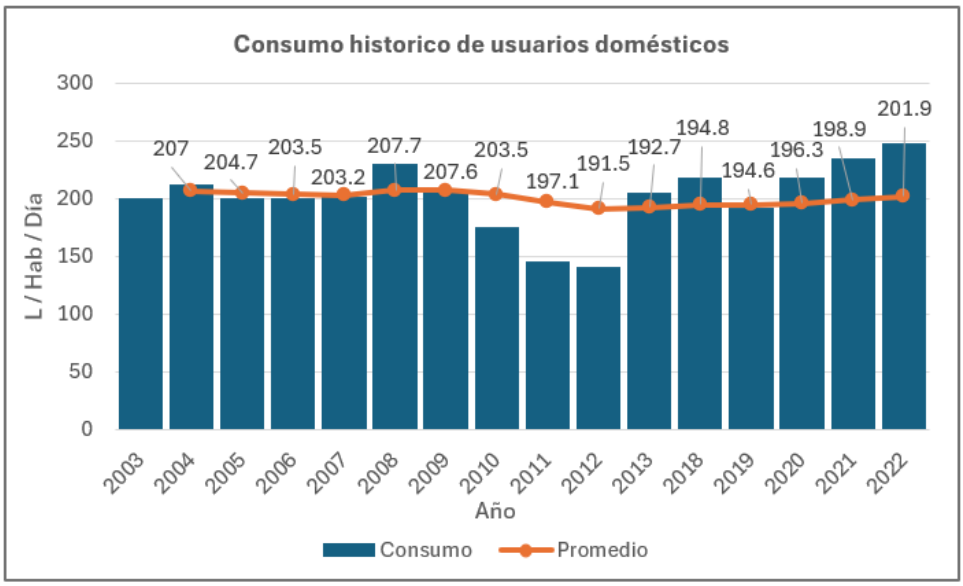


Figura 3.13. Tendencia de la variabilidad del consumo de agua potable promedio de los usuarios domésticos en la ciudad de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua y PIGOO-IMTA (2023) [33].

Del análisis del comportamiento de la demanda de agua, basado en los datos del organismo operador se observa que, durante la época de invierno, la demanda de agua de la población se corresponde con el **Gasto Medio Diario**. Sin embargo, en épocas de mayor demanda, como el verano, debido a condiciones climáticas, el tipo de enfriamiento utilizado (aire lavado) y el almacenamiento extra requerido, esta demanda aumenta significativamente, alcanzando el **Gasto Máximo Diario**.

Por lo tanto, en el análisis de proyección de la demanda de agua, se calculan dos tipos de gasto: el Gasto Medio Diario, que debe ser suministrado durante el invierno para satisfacer la demanda de agua, y el Gasto Máximo Diario, destinado a cubrir la demanda generada por las variaciones estacionales, especialmente en verano.

Esta dualidad tiene un impacto en la operación del sistema, ya que se presentan "usuarios ficticios" que requieren un tipo de enfriamiento como el de tipo de aire lavado. Es importante considerar esto como un área de mejora y oportunidad en términos de diseño de edificaciones, almacenamiento de agua y equipamiento de confort.

En el siguiente escenario, se contempla una disminución en la dotación de agua, un aumento en la población de acuerdo con las proyecciones realizadas y se mantiene constante la oferta, como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Balance entre la demanda y oferta para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua y PIGOO-IMTA (2023) [33].

Tipo de caudal		2022	2025	2030	2040
Demanda	Gasto Medio Diario/invierno (l/s)	3,640	3,570	3,501	3,400
	Gasto Máximo Diario/verano (l/s)	5,096	4,998	4,901	4,760
	Gasto máximo horario (l/s)	7,899	7,747	7,597	7,378
Oferta	Gasto Máximo Suministrado (l/s)	4,222	4,222	4,222	4,222
Comparativo entre el Gasto Suministrado	Balance en Invierno (l/s)	582	652	721	822
	Balance en Verano (l/s)	-874	-776	-679	-538

Por el contrario, en este escenario se considera que la dotación se mantiene constante, mientras que la población incrementa según las proyecciones estimadas del crecimiento poblacional con datos del INEGI [32]. La oferta de agua también se mantiene constante, como se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Balance entre la demanda y oferta para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua y PIGOO-IMTA (2023) [33].

Tipo de caudal		2022	2025	2030	2040
Demanda	Gasto Medio Diario/invierno (l/s)	3,640	3,678	3,790	4,021
	Gasto Máximo Diario/verano (l/s)	5,096	5,150	5,306	5,629
	Gasto máximo horario (l/s)	7,899	7,982	8,225	8,726
Oferta	(Gasto Máximo Suministrado (l/s)	4,222	4,222	4,222	4,222
Comparativo entre el Gasto Suministrado	Balance en Invierno (l/s)	582	544	432	201
	Balance en Verano (l/s)	-874	-928	-1,084	-1,407

En el primer escenario, se destaca el impacto significativo de la disminución de la dotación, lo que se traduce en un aumento en la eficiencia. Esto podría prolongar la sostenibilidad del suministro de agua en la ciudad y retrasar la necesidad de incrementar la oferta de nuevas fuentes de agua.

Por otro lado, en el segundo escenario, se observa una diferencia notable en comparación con el primero. En ausencia de un impacto en la dotación, se vuelve imperativo buscar nuevas fuentes de agua.

Ambos escenarios muestran que es posible satisfacer la demanda de invierno. Sin embargo, en el caso del verano, se evidencia un déficit debido a los "usuarios ficticios" mencionados anteriormente. Esto ha llevado a que el sistema opere actualmente en un patrón híbrido: suministro continuo en invierno y tandeo en verano. Este patrón podrá disminuir a medida que se reordene el sistema, se mejore la eficiencia y se implementen alternativas más adecuadas para el enfriamiento y la optimización del almacenamiento doméstico. No obstante, es esencial que los usuarios adquieran una mayor conciencia y responsabilidad en cuanto al uso y consumo del agua.

Gestión de la demanda zona urbana

Para distribuir eficazmente el agua, el organismo operador divide la ciudad en zonas o áreas de influencia, principalmente asociadas a los tanques de almacenamiento.

En el año 2018, la JMAS Chihuahua llevó a cabo un diagnóstico exhaustivo del servicio de agua potable, revelando que solamente el 12% de los usuarios registrados disfrutaba de un servicio de agua continua o 24/7. Para enfrentar la complejidad de la fragmentación de horarios de servicio en las áreas afectadas por el tandeo y lograr un mayor control en la operación, se implementaron estrategias como la sectorización y la gestión de presiones. Esto permitía una mayor capacidad de reacción en situaciones de contingencia.

Como resultado de la estrategia de reordenamiento e integración de tecnología autónoma para la medición, en la actualidad la JMAS Chihuahua ha instalado registradores de caudal y presión de forma permanente. Estos dispositivos desempeñan un papel fundamental al monitorear los volúmenes de flujo y mantener la presión adecuada en la red de agua potable. La distribución del agua en la ciudad se lleva a cabo mediante la subdivisión en 79 zonas de influencia, las cuales se definen en función del tanque de almacenamiento correspondiente en cada área, y en algunos casos, del pozo que abastece directamente a los usuarios. Cada una de estas zonas se encuentra delimitada por válvulas de seccionamiento, lo que permite un control preciso. Cuando surge un problema de suministro en alguna zona, se permite la transferencia de agua desde las zonas adyacentes mediante la apertura de las válvulas de seccionamiento correspondientes.

Debido a diversos factores como la topografía, la infraestructura existente, las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos, el suministro de agua potable en la ciudad se realiza en períodos establecidos en colonias o zonas de influencia con el objetivo de distribuir el servicio de manera equitativa en toda la ciudad.

Hasta finales de 2023, la JMAS ha implementado 218 distritos, en los cuales se han registrado 164,763 cuentas de usuarios. Esto ha representado un aumento del 36% en el total de cuentas con servicio continuo.

3.4 DINÁMICA DE LA DEMANDA EN LA ZONA RURAL

La dinámica de la demanda de agua en la zona rural del municipio de Chihuahua refleja un uso intensivo en la agricultura, con un alto porcentaje de cultivos dependientes de sistemas de riego. Este uso es el predominante en la región rural. A continuación, se resumen los factores por uso en la zona rural del municipio, lo que permitirá comprender mejor la dinámica de la demanda de agua en esta área.

Agua potable

En las áreas rurales del municipio de Chihuahua, la gestión del agua potable presenta desafíos significativos debido a la división de responsabilidades entre varias instituciones y la falta de una supervisión concentrada. La JCAS apoya administrativamente a las juntas rurales y Comités de agua en el uso público-urbano, pero no gestiona ni registra el estado de los sistemas de agua potable y alcantarillado en estas comunidades. Este contexto genera una necesidad crítica de coordinación interinstitucional para asegurar un suministro de agua adecuado y sostenible.

Según el SINA [(22)] de la CONAGUA, existen 378 comunidades rurales en el municipio de Chihuahua. La falta de un área operativa que supervise y registre el estado de los sistemas de agua potable y alcantarillado en estas comunidades representa un desafío significativo para la gestión integral y eficiente del recurso hídrico.

Agua agrícola

La agricultura en el municipio de Chihuahua es una actividad económica de gran importancia. En 2022, la producción agrícola alcanzó un valor de 1,857 millones de pesos. El 82% de la agricultura en el municipio utiliza riego, principalmente mediante la explotación de aguas subterráneas como se mencionó anteriormente. Las unidades de riego son generalmente pequeñas o medianas, abarcando un total de 10,000 ha. La gestión del agua agrícola enfrenta desafíos como la falta de infraestructura adecuada o su obsolescencia, la escasez de agua, la gestión fragmentada del suministro por parte de usuarios particulares y la falta de integración de datos en una plataforma, así como el seguimiento por parte de una institución que gestione la operación del recurso hídrico utilizado por este sector.

Agua industrial

El uso de agua industrial en las zonas rurales del municipio de Chihuahua también está sujeto a una gestión dividida y una falta de seguimiento efectivo. Aunque la industria no es tan predominante como la agricultura, su impacto en la demanda de agua y la necesidad de una gestión eficiente y sostenible es igualmente importante.

Pronósticos del uso del agua por sectores a 2040

En este apartado se presentan las estimaciones del consumo de agua para diferentes sectores hasta el año 2040. En la Tabla 3.7 se muestran dos escenarios estimados con eficiencias físicas diferentes: la eficiencia promedio actual (54%) y una eficiencia factible y sostenible con el crecimiento del sistema (75%). La eficiencia física en el sistema de abastecimiento y distribución de agua se define como la relación entre el volumen de agua

que se extrae de la fuente y el volumen de agua que llega a los usuarios finales, expresada como un porcentaje [34]. En síntesis, mide qué tan bien se conserva el agua a lo largo del sistema, desde su captación hasta su consumo.

Tabla 3.7. Escenarios posibles de la demanda considerando las eficiencias físicas de 54 y 75%. Fuente: Elaboración propia con información de la JMAS Chihuahua y PIGOO-IMTA (2023) [33].

Proyección del Volumen requerido para diferentes usos (m3)				
Uso	**2023**	**2030**	**2035**	**2040**
Industrial Ef. 54%	6,212,592	12,141,360	21,838,680	31,536,000
Industrial Ef. 75%	5,329,584	10,406,880	18,700,848	26,994,816
Comercial Ef. 54%	12,614,400	17,786,304	23,352,408	28,918,512
Comercial Ef. 75%	10,816,848	15,231,888	19,993,824	24,755,760
Público Ef. 54%	1,734,480	2,333,664	2,759,400	3,185,136
Público Ef. 75%	1,513,728	2,018,304	2,365,200	2,712,096
Escolar Ef. 54%	2,018,304	2,712,096	3,200,904	3,689,712
Escolar Ef. 75%	1,734,480	2,333,664	2,743,632	3,153,600

En la Figura 3.14 se resume que todos los usos proyectan un incremento en el volumen de agua requerido hasta el año 2040. Además, los niveles de eficiencia influyen significativamente en el volumen proyectado, con una eficiencia del 75% resultando en volúmenes menores comparados con los del 54%. El uso comercial presenta el mayor incremento en el volumen proyectado, seguido por los sectores industrial, público y escolar.

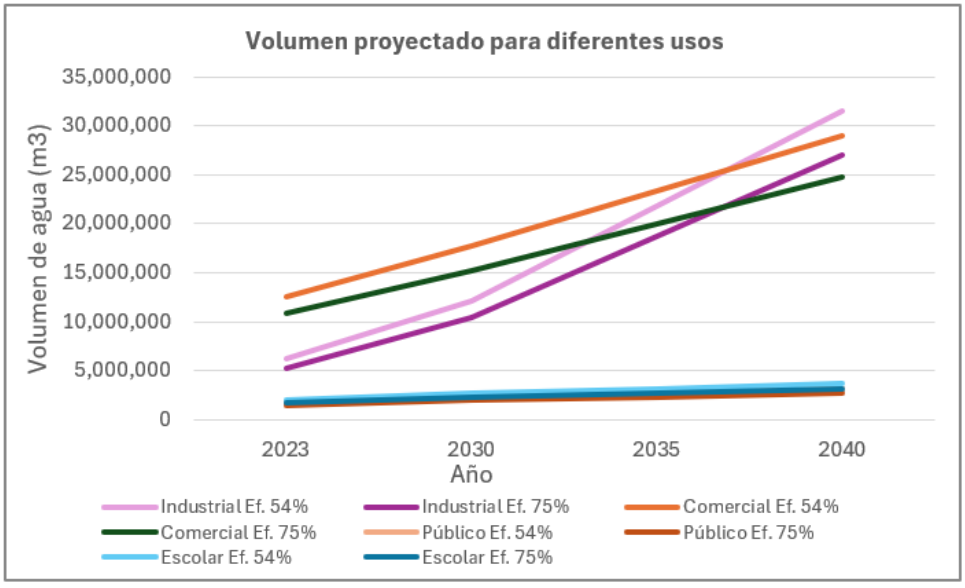


Figura 3.14. Tendencia de variabilidad del volumen de agua potable requerido por los distintos usuarios en la ciudad de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe las tendencias por tipo de usuario en la mancha urbana, considerando las dos eficiencias físicas:

- Industrial: con una eficiencia del 54%, el volumen proyectado aumenta de aproximadamente 8 millones de m³ en 2023 a cerca de 20 millones de m³ en 2040. Con una eficiencia del 75%, el volumen proyectado sigue un patrón similar, pero es ligeramente menor que con la eficiencia del 54%.
- Comercial: con una eficiencia del 54%, el volumen proyectado aumenta de alrededor de 15 millones de m³ en 2023 a aproximadamente 30 millones de m³ en 2040. Con una eficiencia del 75%, el volumen proyectado también sigue un patrón de crecimiento, pero es menor que con la eficiencia del 54%.
- Público: con una eficiencia del 54%, el volumen proyectado crece de aproximadamente 3 millones de m³ en 2023 a cerca de 5 millones de m³ en 2040. Con una eficiencia del 75% (línea roja), el volumen proyectado también aumenta, pero es menor que con la eficiencia del 54%.
- Escolar: con una eficiencia del 54%), el volumen proyectado comienza en alrededor de 1 millón de m³ en 2023 y se incrementa ligeramente hasta cerca de 2 millones de m³ en 2040. Con una eficiencia del 75%, el volumen proyectado sigue un patrón similar, pero es menor que con la eficiencia del 54%.

Gestión de la demanda zona rural

Dada la escasa información sobre otros usos, incluidos los públicos-urbanos en las zonas rurales, se plantean los siguientes escenarios.

La proyección de la demanda de agua potable para la zona rural se basa en la tasa de crecimiento anual de la población rural en el Municipio de Chihuahua, la cual ha disminuido en las últimas décadas. De acuerdo con datos del INEGI [32]:

- En el año 2000, la tasa de crecimiento anual de la población rural era de 1.5%.
- En el año 2010, la tasa de crecimiento anual de la población rural era de 0.8%.
- En el año 2020, la tasa de crecimiento anual de la población rural era de 0.4%.

Esta disminución se debe a varios factores, como la disminución de la natalidad y la migración a las zonas urbanas en busca de mejores oportunidades de empleo, educación y servicios.

Se proyecta que la demanda de agua potable para la población rural crecerá a un ritmo del 0.4% anual sostenido durante las próximas dos décadas para las localidades rurales del Municipio. Para simplificar las estimaciones, se agrupan las poblaciones estimadas de las localidades, considerando los horizontes para 2020, 2030 y 2040. Asimismo, se consideran las siguientes dotaciones:

- 100 l/hab/día: Estimación de la OMS [35], considerada suficiente para una población con sistema de distribución de agua en tubería.
- 135 l/hab/día: Dotación considerada óptima para una población semiurbana, de acuerdo con la CONAGUA [34], y un consumo de 100 l/hab/día, magnitud considerada óptima para poblaciones menores de 50,000 habitantes.

La proyección de la demanda y su impacto en el caudal suministrado para agua potable en la zona rural, considerando las dos eficiencias físicas planteadas, se fundamenta en las eficiencias del 50% y 65%. La primera es la más común en el país, mientras que la segunda representa una eficiencia más realista, ya que sugiere que al menos existe información suficiente para realizar una gestión adecuada.

Para el abastecimiento de agua potable en el Municipio de Chihuahua, la demanda de caudal para las zonas rurales no enfrenta compromisos significativos hasta el horizonte de planeación al 2040, independientemente de la dotación o eficiencia del sistema de distribución. Esto se basa en los volúmenes autorizados en el REPDA [5], que suman más de 123 l/s para los aprovechamientos destinados a uso público-urbano en las localidades rurales.

La Figura 3.15 representan representa las proyecciones para los principales usos en la zona rural del municipio de Chihuahua. En el caso del uso agrícola, se asume una eficiencia física de al menos el 60%, basándose en el consumo estimado del 2022 y en la tendencia de incremento de superficies de cultivo. Para el uso industrial, se considera una eficiencia física del 75%, teniendo en cuenta la dinámica económica de atracción de industrias por el fenómeno del nearshoring.

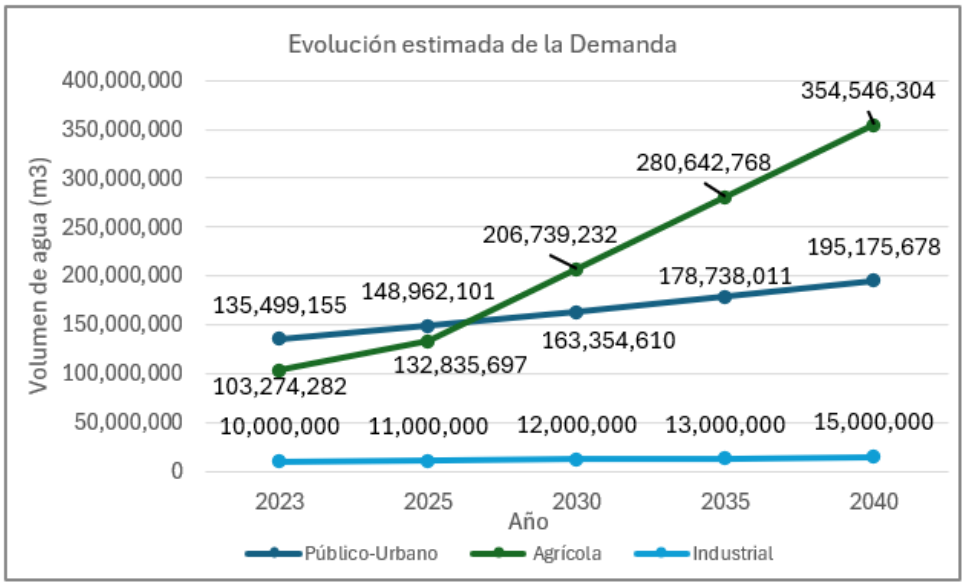


Figura 3.15. Tendencia de variabilidad del volumen de agua potable requerido por los distintos usuarios en la zona rural del municipio de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia.

El desarrollo y la expansión de la ciudad de Chihuahua han llevado a un incremento sostenido en la demanda de agua potable, particularmente en las últimas décadas. Desde 1970, el volumen suministrado ha aumentado significativamente, reflejando el crecimiento de la población y las necesidades de diversos sectores. A pesar de la implementación de un sistema de suministro tandeado para gestionar la distribución en zonas periféricas y áreas por encima de los 1560 msnm, los desafíos relacionados con la infraestructura y la eficiencia del sistema siguen siendo críticos.

El análisis de los datos del organismo operador (JMAS) muestra una tendencia variable en la dotación de agua para usuarios domésticos, con un punto máximo en 2019 y una posterior disminución debido a mejoras en la sectorización y la gestión de presiones. Esta estrategia ha permitido reducir la dotación per cápita en aproximadamente 25 l/hab/día anualmente. Sin embargo, la operación del sistema de agua potable se complica en épocas de mayor demanda, como el verano, cuando la necesidad de enfriamiento por aire lavado y el almacenamiento extra requerido incrementan significativamente el consumo.

La proyección de la demanda de agua hasta 2040 presenta dos escenarios posibles: uno con una disminución de la dotación, lo que aumentaría la eficiencia y prolongaría la sostenibilidad del suministro sin necesidad inmediata de nuevas fuentes, y otro sin cambios en la dotación, que requeriría la búsqueda de nuevas fuentes de agua para satisfacer la creciente demanda. Ambos escenarios indican que, aunque la demanda de invierno puede ser cubierta, el déficit en verano debido a los "usuarios ficticios" y las variaciones estacionales obligará al sistema a mantener un patrón híbrido de suministro continuo en invierno y tandeo en verano.


elektra
elektra

CON EL FIN DE AVANZAR HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y SEGURIDAD HÍDRICA CON HORIZONTE A 2040. EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA, EN COORDINACIÓN CON LAS INSTITUCIONES Y LOS USUARIOS DEL AGUA, DEBE CENTRARSE EN SATISFACER LAS DEMANDAS SIN COMPROMETER LA ESTABILIDAD AMBIENTAL, ECONÓMICA Y SOCIAL.

ES CRUCIAL REALIZAR ACCIONES PARA LA PRESERVACIÓN DE LAS FUENTES ACTUALES QUE SUSTENTAN EL ABASTECIMIENTO PARA TODOS LOS USOS.

IV. BRECHA ENTRE OFERTA Y DEMANDA

Con el fin de avanzar hacia la sostenibilidad y seguridad hídrica con horizonte a 2040, el Municipio de Chihuahua, en coordinación con las instituciones y los usuarios del agua, debe centrarse en satisfacer las demandas de los diferentes sectores sin comprometer la estabilidad ambiental, económica y social del municipio. Además, es crucial realizar acciones para la preservación de las fuentes actuales que sustentan el abastecimiento para todos los usos.

Es importante determinar el desfase que se generarían desde el presente hasta el horizonte de planeación si no se llevan a cabo acciones específicas. Estas brechas serán las que habrá que cerrar hacia 2040 para evitar un mayor déficit hídrico.

Basado en la información de las demandas proyectadas para la zona urbana y rural de los distintos usos (principalmente público urbano, agrícola e industrial) y de la oferta disponible de agua, se presentan las brechas esperadas para 2040. En caso necesario, se plantean estudios más profundos y detallados para abordar estos desafíos.

4.1 ZONA URBANA ABASTECIDA POR LA JMAS CHIHUAHUA

Se ha mencionado la particularidad de la demanda de agua en la ciudad de Chihuahua, donde durante la temporada de verano se incrementa en promedio un 70%. Esto complica la creación de un único escenario. Sin embargo, para establecer una base de referencia en la brecha entre oferta y demanda, se considera el volumen que actualmente se suministra de todas las fuentes y aprovechamientos a cargo del organismo operador.

En la Tabla 4.1 se muestran los escenarios considerando como base la dotación promedio diaria, con una eficiencia física de 54%, e incrementando la eficiencia física hasta el 75%. La diferencia resultante será el volumen de agua perdida que es factible recuperar y “preservar” de las fuentes actuales.

Tabla 4.1. Escenarios posibles de la brecha entre la oferta actual y la demanda al horizonte 2040. Fuente: Elaboración propia.

Dotación (l/hab/día)	Oferta actual 2023 (m3)	Demanda al 2040 (m3)	Brecha por cubrir	
			m3/año	m3/s
401 (Ef. 54-75%)	133,144,992	195,175,678	-62,030,686	-1.967
220 (Ef. 54%)	108,546,912	156,323,952	-23,178,960	-0.735
220 (Ef. 70%)	96,626,304	139,199,904	-6,054,912	-0.192
220 (Ef. 75%)	92,936,592	133,838,784	-693,792	-0.022
160 (Ef. 54%)	78,934,608	113,687,280	17,691,696	0.561
160 (Ef. 75%)	67,581,648	97,351,632	29,044,656	0.921

La diferencia de volumen entre el año 2023 y el año 2040, con las dotaciones de 220 y 160 l/hab/día, representa una disminución del 27.27%. Este análisis resalta la importancia de mejorar la eficiencia en el uso del agua para asegurar un suministro sostenible en el futuro.

Como puede observarse en la Tabla 4.1, el volumen de agua que se puede "preservar" gracias a la mejora en la dotación, es decir, mediante el aumento de la eficiencia física, es muy significativo. Este ahorro potencial podría ser suficiente para cubrir las necesidades de miles de personas, permitiendo así una sostenibilidad y seguridad hídrica con las fuentes actuales, lo que implicaría que la adición de nuevas fuentes de agua podría ser postergada.

Sin embargo, lograr esta eficiencia es complicado y requiere esfuerzos sistemáticos de mejora de la infraestructura, así como una evaluación y seguimiento constante de la operación para detectar cambios de manera sostenible. Aunque es posible incrementar la eficiencia de manera rápida mediante mejoras en la infraestructura y la implementación de nuevas tecnologías, la tendencia natural es que esta eficiencia disminuya con el tiempo sin un mantenimiento y monitoreo adecuado.

Gestión del cambio

La gestión del cambio debe enfocarse en una operación sistemática y en la concienciación social de los usuarios. Solo mediante un enfoque integral que combine la mejora continua de la infraestructura, la adopción de tecnologías innovadoras y la educación de los usuarios, se puede asegurar una eficiencia sostenida en el uso del agua y, por ende, una seguridad hídrica a largo plazo.

4.2 AGUA POTABLE EN COMUNIDADES RURALES

En la Figura 4.1 se presentan por separado los volúmenes asignados como oferta posible para agua potable en las comunidades rurales, tanto a cargo de la Presidencia Municipal como de la JCAS. Estos volúmenes se comparan con los volúmenes requeridos proyectados, utilizando dotaciones de 100 y 135 litros/hab/día, respectivamente.

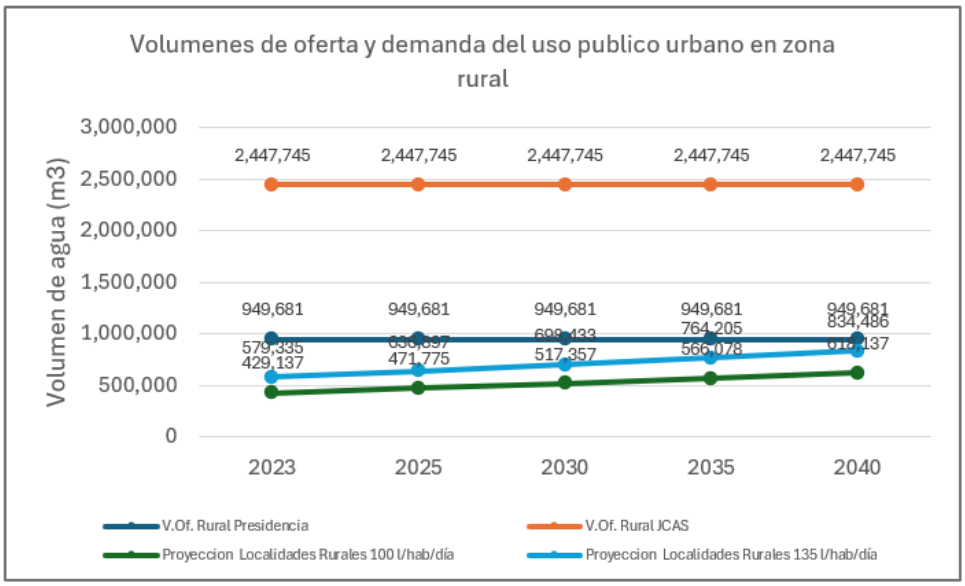


Figura 4.1. Escenarios posibles de brecha entre oferta y demanda de agua potable para las comunidades rurales. Fuente: Elaboración propia.

La oferta disponible es suficiente para cubrir la demanda de agua potable en la zona rural. Sin embargo, es necesario implementar metodologías para la generación de datos sobre la operación de las fuentes y la infraestructura, con el fin de promover una gestión sostenible del recurso hídrico.

Uso industrial

En cuanto a la brecha entre la oferta y la demanda de agua para uso industrial, se proyecta que para el año 2040 se requerirá un 50% más del volumen actual para satisfacer las necesidades del sector. Esta estimación se basa en el crecimiento económico y la expansión industrial esperada en el Municipio de Chihuahua, impulsada por factores como el nearshoring y el desarrollo de nuevas industrias.

La Figura 4.2 muestra la tendencia de la demanda de agua industrial desde 2023 hasta 2040, con puntos clave en los años 2025, 2030, y 2035.

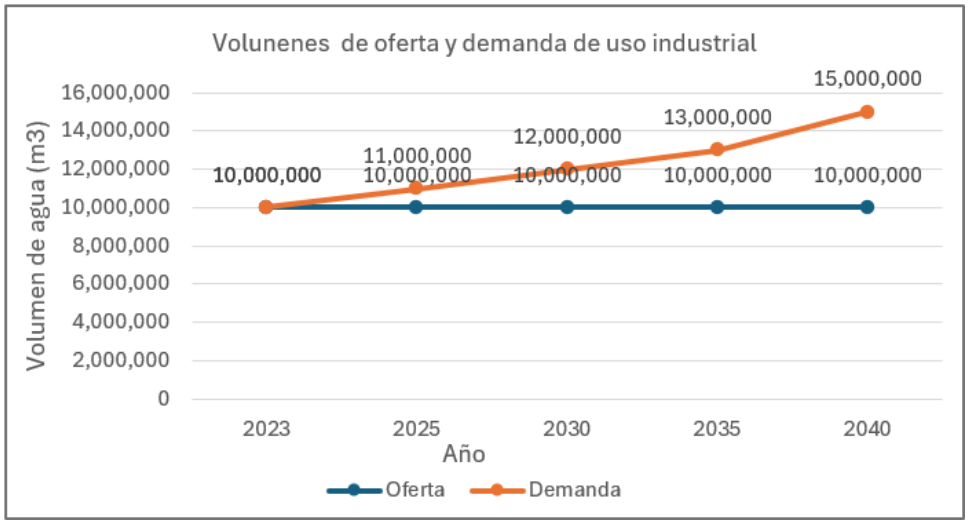


Figura 4.2. Escenario posible de la brecha entre oferta y demanda de agua para uso industrial. Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, el uso industrial podría ser abastecido si la eficiencia física alcanzara más del 75% y la operación incluyera la gestión de datos y tecnologías avanzadas, sin necesidad de incorporar nuevas fuentes hasta el 2030. Además, si se incorporara el reúso de agua residual tratada en el proceso, sería posible cubrir la demanda hasta el 2040 con la misma oferta.

Esta proyección destaca la necesidad urgente de planificar y gestionar adecuadamente los recursos hídricos para asegurar que la oferta pueda satisfacer la creciente demanda industrial en las próximas décadas.

Uso agrícola y pecuario

En lo que respecta al uso agrícola, la única información disponible son los volúmenes asignados en el REPDA [5]. Por lo tanto, la proyección de la brecha se realiza considerando el porcentaje de incremento de superficies y el tipo de cultivo con mayor crecimiento, para determinar la demanda al horizonte 2040 (Figura 4.3).

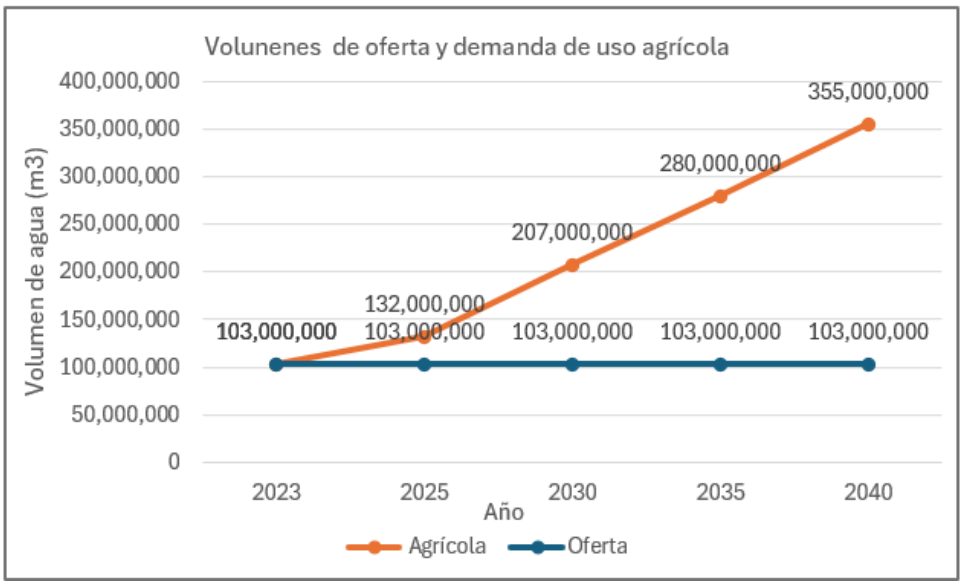


Figura 4.3. Escenario posible de la brecha entre oferta y demanda de agua para uso agrícola y pecuario. Fuente: Elaboración propia.

Si continúa la tendencia de incremento en la apertura de superficies de cultivo, la producción será insostenible a partir del año 2030. Esto requiere la implementación de una gestión de administración y seguimiento sistemático de las eficiencias físicas de los sistemas de irrigación. Para este escenario, se consideró una eficiencia física del 40%. Si la eficiencia física se incrementa al 60%, los requerimientos de nuevas fuentes podrían postergarse hasta el 2035. Además, en este caso, el abasto de agua para riego podría suplirse con agua residual tratada.

Para disminuir la brecha entre la oferta y la demanda, es necesario realizar un análisis de capacidad, tipo de cultivo y, si es necesario, limitar las superficies de cultivo. Esto es crucial porque el recurso hídrico en el municipio se comparte con otros usos y usuarios. Si no se consideran estos estudios específicos e integradores, los conflictos en el municipio pueden llegar a ser críticos a partir del 2030.

4.3 ALTERNATIVAS PARA CUBRIR BRECHA

Para avanzar hacia la sostenibilidad y seguridad hídrica hasta 2040, el Municipio de Chihuahua debe cerrar las brechas proyectadas y evitar un déficit hídrico creciente. Esto implica responder a las demandas previstas en zonas urbanas y rurales para diversos usos, como el público urbano, agrícola e industrial, considerando la oferta actual de agua disponible. Aunque la adición de nuevas fuentes es una estrategia común, resulta insostenible sin una gestión efectiva de la demanda, haciendo imperativo implementar esta estrategia de manera urgente.

Para reducir la brecha entre oferta y demanda con las fuentes existentes, es crucial mejorar la infraestructura, aumentar la eficiencia en el uso del agua, promover la conciencia social y emplear tecnologías innovadoras. Además, se requiere realizar estudios específicos e

integradores para prevenir conflictos y asegurar un suministro hídrico sostenible para todos los sectores del municipio.



EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA, ESPECIALMENTE SU ZONA URBANA, ENFRENTA UNA ALTA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DEBIDO A SUS CONDICIONES GEOGRÁFICAS, INCLUYENDO LATITUD, RELIEVE Y UBICACIÓN (ATLAS DE RIESGOS, 2022).

V. FENÓMENOS EXTREMOS (SEQUÍAS E INUNDACIONES)

El municipio de Chihuahua se encuentra en una situación crítica donde los impactos de las actividades humanas y los factores climáticos convergen, afectando significativamente los recursos hídricos y la sociedad. Abordar estos desafíos requiere comprender la relación intrínseca entre el agua y el cambio climático, y evaluar los riesgos asociados con inundaciones y sequías.

Según datos de SEMARNAT, la sequía es el fenómeno natural más frecuente en el estado. Entre 2000 y 2011 se registraron 174 episodios de sequía, seguidos por 60 eventos de tormentas entre 2004 y 2016. El aumento en la frecuencia de estos eventos naturales, atribuido al cambio climático, podría incrementar la vulnerabilidad del municipio ante desastres naturales, como inundaciones por tormentas y escasez de agua debido al incremento en el número de sequías [(36)].

Es importante destacar que el municipio de Chihuahua, especialmente su zona urbana, presenta una alta vulnerabilidad a los efectos del cambio climático debido a sus características geográficas. Ubicado en el centro del estado, el municipio se sitúa en las coordenadas 28°38’ de latitud Norte y 106°4’ de longitud Oeste, con una altitud media de 1,440 msnm. La mayor parte del territorio tiene un clima seco y semiseco, con una precipitación media anual de 396 mm, concentrada principalmente durante los meses del monzón: julio, agosto y septiembre. La temperatura media anual oscila entre 17 y 20 °C, aunque las condiciones climáticas pueden ser extremas, con temperaturas que descienden hasta -7 °C o menos en invierno y que pueden superar los 38 °C en verano. El año con mayor precipitación registrado fue 1986, con 762 mm, mientras que el año más seco fue 2011, con solo 169 mm [(37)].

De igual manera, la combinación de los efectos del cambio climático y la ubicación geográfica del municipio de Chihuahua agrava eventos como sequías, temperaturas extremas y lluvias torrenciales. Estos fenómenos han causado graves pérdidas económicas en la zona, además de poner en riesgo la vida de la población, su bienestar, patrimonio, así como la conservación de los ecosistemas, biodiversidad y los servicios que estos brindan.

El impacto acumulado de estos eventos extremos, atribuidos al cambio climático, puede intensificar otros problemas ambientales y sociales, como el cambio en el uso del suelo, la forma y estructura de los asentamientos urbanos, los procesos productivos y el estado de los ecosistemas [(38)]. Se prevé que los impactos del cambio climático se distribuirán de manera heterogénea en México, debido a factores como los distintos tipos de clima, la distribución de los recursos naturales, la infraestructura instalada, el desarrollo económico y la concentración demográfica [(39)].

Esta situación hace imperativa la planificación de estrategias locales para enfrentar las eventualidades climáticas y mitigar sus efectos en el Municipio, que incluya la generación de datos, evaluación, realización de productos de análisis y su difusión.

No menos importante es el constante crecimiento de la población y el acelerado desarrollo que ha experimentado la Ciudad de Chihuahua en los últimos años. Este fenómeno ha generado significativos problemas ambientales y urbanos, como la contaminación atmosférica y el aumento en la demanda de agua potable, entre otros. Estos problemas, junto con el desequilibrio ecológico y el deterioro ambiental, resultan en una mayor demanda de recursos hídricos y su consiguiente degradación, además de una insuficiente creación de oportunidades productivas y la incapacidad para satisfacer dicha demanda.

5.1 FENÓMENOS EXTREMOS

Los fenómenos hidrometeorológicos en el Municipio de Chihuahua incluyen inundaciones pluviales y fluviales, sequías, ondas gélidas, y tormentas de nieve, eléctricas y de polvo [37]. La ocurrencia de estos fenómenos extremos, en especial los periodos significativos de sequía y las lluvias intensas de corta duración que provocan inundaciones, no se pueden predecir con facilidad. Las sequías tienen diversas causas, algunas naturales y otras relacionadas con actividades humanas. El cambio climático está incrementando la frecuencia, duración y severidad de las sequías. Asimismo, las inundaciones son causadas por las lluvias ciclónicas extraordinarias que ocurren en la zona, junto con las características topográficas y geológicas del Municipio.

En la Figura 5.1 se observan los ciclos húmedos y secos para el Municipio de Chihuahua, de acuerdo con los registros de precipitación media mensual del período 1980-2024, utilizando la metodología de McKee (1993) [40]. Se calculó el índice estandarizado de precipitación (SPI, por sus siglas en inglés) para una escala temporal de 12 meses. Los valores positivos del SPI indican una precipitación superior a la media, mientras que los valores negativos indican una precipitación inferior a la media. El SPI permite utilizar diversas escalas de tiempo, por lo cual es posible identificar los impactos de la sequía en periodos de corto, mediano y largo plazo.

Se observan diversos periodos de 4 a 5 años de sequía, destacándose los periodos de 1993 a 1996 y de 2000 a 2004, con los valores más negativos del SPI. Es importante considerar que, de 1993 a 2013, se presentaron solamente 5 años con valores positivos, indicando que la mayoría de los años de este periodo tuvieron precipitaciones inferiores a la media, considerándose como secos. Los periodos con mayor precipitación que la media se identifican entre 1985 y 1988, 1990 y 1993, y el último periodo prolongado de lluvia fue de 2013 a 2018. Esta información demuestra que tanto las sequías como las inundaciones presentan una variabilidad natural, la cual podría ser alterada o intensificada por el cambio climático. Aunque estos dos eventos pueden ser analizados de manera independiente, las acciones recomendadas y ejecutadas deben tener una visión integral.

Es común que la comunidad urbana del municipio sea más vulnerable a las inundaciones debido a los cambios en la naturaleza de los cauces naturales. Sin embargo, las sequías presentan una mayor vulnerabilidad en las comunidades rurales del municipio. Es necesario que las autoridades e instituciones implementen medidas de comunicación y educación

sobre el desarrollo de estos fenómenos, para que la población comprenda sus efectos y se pueda trabajar en la mitigación de sus devastadores impactos.

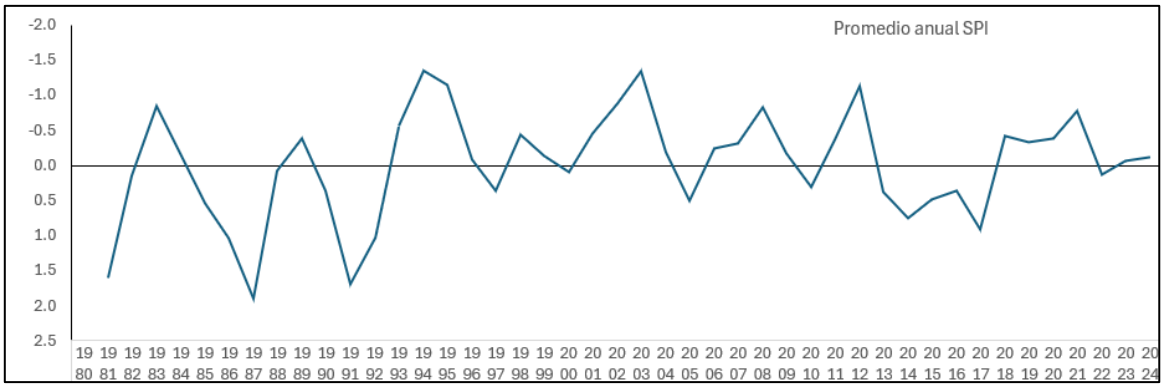


Figura 5.1. Promedio anual del Índice estandarizado de precipitación (SPI) para el municipio de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con datos del Monitor de Sequía en México (2023) [41].

5.2 SEQUÍA EN EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA

La sequía es el fenómeno climático más frecuente en la zona de estudio [36], caracterizándose por la escasez de lluvias que puede provocar un desequilibrio en el ciclo hidrológico. Sus efectos pueden variar según la ubicación geográfica y la duración de la interrupción en el patrón de lluvias [42].

Utilizando el Monitor de Sequía en México, integrado al Monitor de Sequía de América del Norte, es posible determinar la presencia de sequía en una determinada área geográfica, así como su intensidad. El Monitor de Sequía se actualiza quincenalmente e incluye una descripción detallada de la sequía en el país, el conteo de Municipios afectados por las diferentes categorías de sequía, y tablas y gráficos del porcentaje de área afectada a nivel nacional. Este monitor se basa en la obtención e interpretación de diversos índices o indicadores de sequía, permitiendo identificar las regiones afectadas y la escala de intensidades [41]. En la Figura 5.2 se muestra la distribución de la intensidad de sequía (SPI) para el Municipio de Chihuahua para el año 2023.

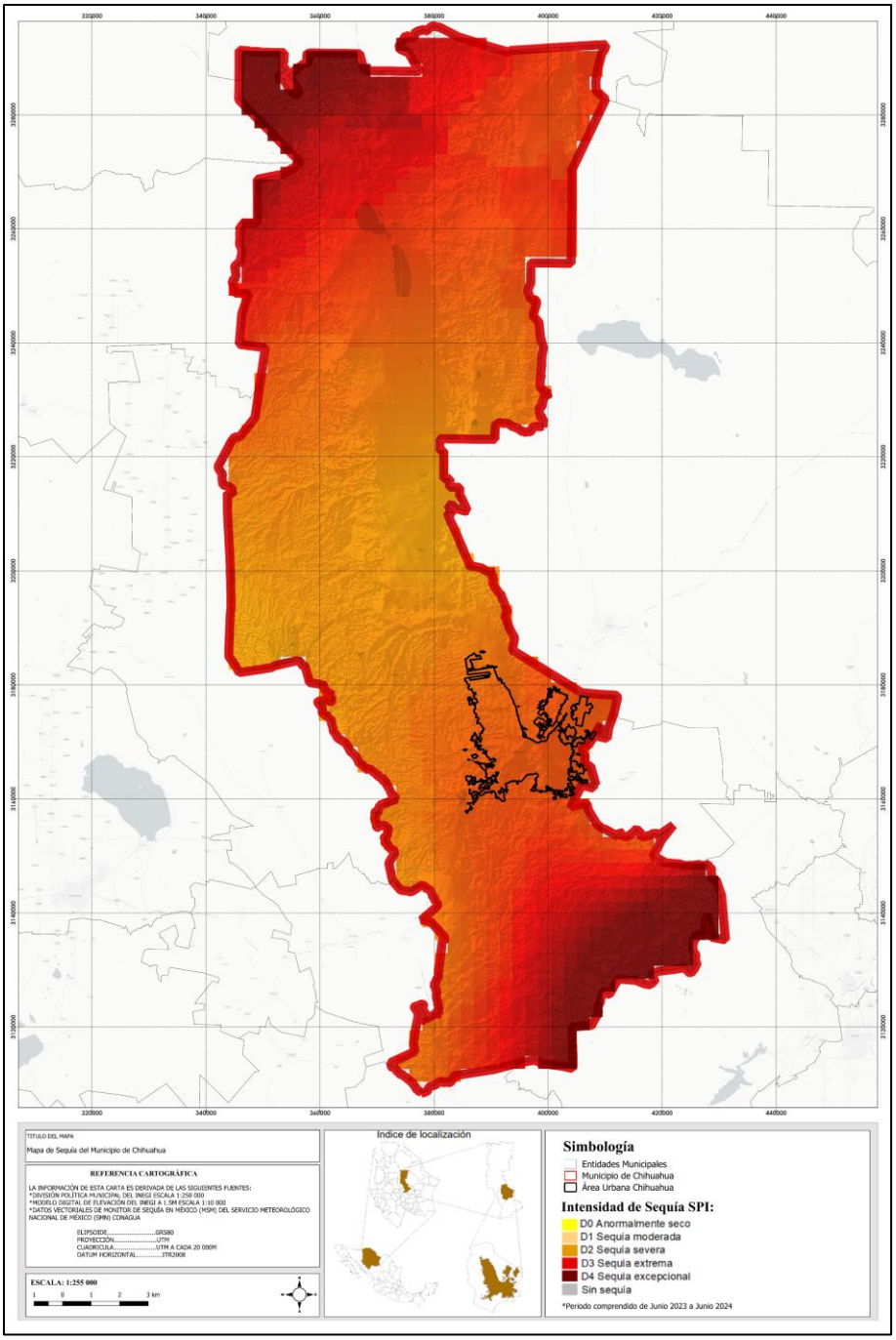


Figura 5.2. Distribución de la intensidad de sequía (SPI) para el municipio de Chihuahua para el año 2023. Fuente: Elaboración propia con datos del Monitor de Sequía en México (2023) [41].

Como consecuencia de la sequía, se observa un incremento en las temperaturas y una disminución de las precipitaciones. Esto reduce la escorrentía y la infiltración que podría recargar los acuíferos, provocando un abatimiento a corto plazo en los niveles de los cuerpos de agua superficial y, a mediano o largo plazo, una disminución en los volúmenes de agua renovados en el agua subterránea. Además, aumenta el porcentaje de erosión de los suelos y eleva el riesgo de incendios y daños a los cultivos [37].

La sequía está estrechamente relacionada con la escasez del recurso hídrico, manifestándose en promedio cada 20 años. Cuando ocurre, genera un desequilibrio en el ciclo del agua al no ser suficiente para cubrir las necesidades de los seres vivos. Una sequía puede prolongarse en promedio de uno a tres años y termina cuando las precipitaciones recuperan su índice normal, restableciendo el funcionamiento de los cuerpos de agua [42].

Es importante señalar que los datos del SINA de CONAGUA para el Municipio de Chihuahua indican una disminución en el agua renovable, pasando de 1,091.74 m³/hab/año en 2011 a 989.48 m³/hab/año en 2021 [22]. Esta cifra es la segunda más baja a nivel nacional, solo superada por los Municipios ubicados en las cuencas cerradas del norte, también en el Estado de Chihuahua.

La precipitación pluvial desempeña un papel fundamental en el ciclo hidrológico y constituye la principal fuente de agua renovable, de forma inmediata para los cuerpos superficiales como para los acuíferos en mayor intervalo de tiempo en el Municipio de Chihuahua. La distribución mensual de la precipitación en la región agrava los problemas relacionados con la disponibilidad del recurso, debido a que el periodo de precipitación coincide con los meses de verano, que también presentan las temperaturas más altas.

De toda el agua que precipita sobre el territorio, cerca del 50% se escurre fuera de la cuenca por la Boquilla de Aldama, mientras que apenas un poco más del 3% se retiene en las presas y aproximadamente el 8% se infiltra y se estima que puede llegar a los acuíferos. El 40% restante se evapora o es absorbido por la vegetación y el suelo superficial. Por lo tanto, es de vital importancia la construcción de infraestructura urbana y rural que favorezca la retención de las aguas pluviales y permita una mayor infiltración que favorezca la recarga de los acuíferos, los cuales se encuentran sobreexplotados [43].

Para hacer frente a los eventos recurrentes de sequía, el gobierno federal desarrolló el Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE) y, particularmente, el Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación a la Sequía (PMPMS). Estos programas tienen como propósito contar con planes y acciones que se aplicarían ante eventuales situaciones de escasez temporal de agua. Para el caso del municipio de Chihuahua, corresponde al Consejo de Cuenca Río Bravo implementar estas medidas. Cabe mencionar que la región abarcada por el Consejo de Cuenca Río Bravo ha sido históricamente una de las más afectadas del país por los efectos de las sequías recurrentes, siendo 1998 y 2011 algunos de los años más críticos [44].

De alguna manera, los programas mencionados no han logrado evaluar completamente los impactos y la vulnerabilidad ante la sequía debido a la falta de información detallada y confiable. Tampoco han podido establecer mecanismos de alerta temprana para la presencia de sequías, con el fin de evitar o prevenir mayores complicaciones económicas y sociales, entre otras. Por lo tanto, es necesario estudiar las sequías recientes con un enfoque más riguroso. El Plan Estatal Hídrico del Estado de Chihuahua (PEH 2040) destaca la importancia de elaborar programas específicos para el manejo de sequías, alineados con el proyecto estratégico 7, que se enfoca en la gestión de riesgos ante fenómenos meteorológicos. Sin embargo, hasta la fecha, no se han implementado mecanismos para la generación de datos y productos de análisis que permitan la alerta temprana y la prevención

de impactos, así como la creación de estrategias y acciones a implementar al inicio y durante la presencia de la sequía.

Es crucial considerar tanto el área metropolitana de la ciudad de Chihuahua como las áreas rurales, ya que actividades como la agricultura y el sector pecuario son de los principales afectados por estos fenómenos naturales. La implementación de estos programas debe incluir medidas específicas para mitigar los efectos adversos de la sequía en estas áreas, promoviendo prácticas sostenibles y mejorando la infraestructura para la retención y aprovechamiento del agua.

Vulnerabilidad a las sequías

La vulnerabilidad se define como la capacidad de resistencia de un municipio ante un fenómeno amenazante y su capacidad de recuperarse después de un evento de desastre [45]. Determinar la vulnerabilidad de un Municipio implica analizar su historia y considerar posibles escenarios de cambio climático. El PRONACOSE desarrolló mapas de vulnerabilidad a la sequía a nivel municipal, utilizando 24 indicadores ambientales, económicos y sociales (45). Estos indicadores se combinan para generar un mapa con el índice de vulnerabilidad a la sequía, clasificado en categorías de muy baja, baja, media, alta y muy alta mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para el 31 de diciembre de 2020, el Municipio de Chihuahua se clasificó de la siguiente manera: alta vulnerabilidad económica a la sequía, media vulnerabilidad social a la sequía, muy alta vulnerabilidad ambiental a la sequía y alta en el índice de vulnerabilidad a la sequía en general [46].

De acuerdo con la Ficha Climática Chihuahua (2022) elaborada por el INECC-SEMARNAT [36], se identifican seis eventos de vulnerabilidad para el estado de Chihuahua:

- Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones.
- Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves.
- Vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante el estrés hídrico.
- Vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico.
- Vulnerabilidad de la población ante el incremento del dengue.
- Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones.

Estas evaluaciones subrayan la necesidad de implementar estrategias de mitigación y adaptación específicas para cada tipo de vulnerabilidad, con el fin de reducir los impactos negativos de estos fenómenos en el municipio de Chihuahua.

Alternativas de acción y recomendaciones para afrontar y mitigar los efectos de la sequía

A continuación, se presentan acciones que deben ser analizadas a fondo para lograr un enfoque integral en la gestión del riesgo de la sequía.

Acciones de mitigación estructurales

- Diversificación de las fuentes de agua: se debe fortalecer el sistema de abastecimiento del municipio de Chihuahua mediante la incorporación de diversas fuentes de agua para aumentar su resiliencia frente a futuras sequías.
- Reúso de agua tratada más allá del riego de áreas verdes y jardines: implementar la reutilización de aguas grises tanto en áreas urbanas como rurales para optimizar el uso del recurso hídrico.
- Construcción de sistemas de recarga inducida para acuíferos: esta estrategia es fundamental a largo plazo para enfrentar sequías prolongadas. Se requiere desarrollar estudios y programas que cumplan con la normativa vigente para facilitar la recarga inducida de acuíferos.
- Reducción del agua no contabilizada (ANC) en el área urbana y rural: es crucial implementar un plan integral que reduzca todos los componentes del ANC, incluyendo fugas, conexiones clandestinas y errores de medición.
- Tecnificación del riego y reconversión de cultivos: promover el uso eficiente del agua en la agricultura mediante la adopción de tecnologías avanzadas de riego y la reconversión de cultivos adaptados a condiciones de escasez hídrica.
- Desarrollo de estrategias de gestión de la demanda y planificación de infraestructura: es necesario adaptar la infraestructura y desarrollar estrategias flexibles para gestionar la demanda de agua, especialmente durante fluctuaciones estacionales exacerbadas por sequías prolongadas.

Medidas no estructurales

- Implementación de procesos de interacción para la generación de datos: se propone integrar datos y evaluar sistemáticamente, tanto los climatológicos como la disponibilidad mediante la operación del COTAS Metropolitano. Esto incluye la evaluación de la viabilidad de utilizar los títulos autorizados y registrados en el REPDA para el municipio de chihuahua.
- Desarrollo de programas de restauración y reforestación: se deben implementar programas que aborden la restauración y reforestación de áreas degradadas o con vegetación alterada en el Municipio.
- Promoción de la sensibilización y educación ambiental: es fundamental crear conciencia sobre la importancia de conservar la vegetación y los ecosistemas naturales mediante programas educativos dirigidos tanto a la población urbana como rural.
- Fomento de la conciencia y participación ciudadana en la gestión del agua: se debe destacar la responsabilidad compartida de la ciudadanía en la conservación y uso eficiente del agua de lluvia, promoviendo su participación en iniciativas de gestión hídrica.
- Mejora de la infraestructura urbana y de arbolado: se propone fortalecer la infraestructura urbana y aumentar la cobertura arbórea en áreas abiertas, especialmente en zonas identificadas como islas de calor. Esto incluye la instalación de áreas sombreadas en lugares con alta exposición solar como paradas de

autobuses, patios escolares, parques y estacionamientos, utilizando especies vegetales que requieran bajo consumo de agua.

- Fortalecimiento de incentivos para construcciones con diseño bioclimático: se propone fortalecer los incentivos para construcciones que incorporen medidas de ecoeficiencia, ecotecnologías y urbanización sostenible, ofreciendo beneficios en las licencias de construcción correspondientes. Además, se sugiere implementar un estudio para identificar los cambios necesarios en el reglamento de construcción del municipio.
- Inspección y vigilancia de normativas ambientales: se propone reforzar la inspección y vigilancia de las normativas ambientales en el municipio, aumentando el número de inspectores, capacitándolos adecuadamente y proporcionándoles el equipo necesario para garantizar el cumplimiento de las regulaciones. Esto incluye promover la cooperación entre los diferentes niveles de gobierno.
- Implementación del pago por compensación ambiental: se propone incorporar al reglamento de protección al medio ambiente y cambio climático del Municipio deCchihuahua el pago por compensación ambiental para la restitución de servicios ambientales. Esto implica un análisis técnico-jurídico para fundamentar su legislación, permitiendo su implementación en casos de desmonte, retiro de arbolado, restitución de vegetación y sellado del suelo debido a pavimentación, banquetas y construcción, entre otros.
- Adquisición y operación de estaciones meteorológicas estratégicas: se recomienda instalar y operar equipos especializados en puntos estratégicos para recopilar información meteorológica. Esta información será fundamental para elaborar estudios climáticos y pronósticos precisos.
- Incremento de la cobertura de la línea morada para riego con aguas tratadas: es esencial ampliar la cobertura de la línea morada para aumentar la utilización de aguas tratadas en el riego de parques y jardines del municipio. Esto requiere una evaluación prioritaria y una implementación urgente basada en análisis de prioridades.
- Estudios sobre pronóstico, atención y mitigación de la sequía, incluyendo investigación forense de las últimas sequías ocurridas: se recomienda realizar estudios continuos enfocados en el pronóstico, atención y mitigación de sequías, así como investigaciones detalladas sobre las sequías pasadas para comprender mejor sus causas y efectos.
- Establecimiento de políticas operativas para fuentes de agua del Municipio: se deben establecer políticas claras y efectivas para la operación de las fuentes de agua del Municipio de Chihuahua, especialmente en tiempos de sequía, para garantizar una gestión eficiente del recurso.
- Implementación de un sistema tarifario de emergencia durante sequías prolongadas: este mecanismo, ampliamente utilizado en países desarrollados, ayuda a gestionar el consumo de agua durante emergencias por sequías prolongadas. Además de influir en el consumo, envía un mensaje claro sobre el valor del agua en tiempos de escasez.

La importancia de las sequías en el Municipio de Chihuahua se destaca por su impacto en la seguridad del suministro de agua potable. La susceptibilidad a este fenómeno subraya la necesidad imperiosa de contar con fuentes diversas y resilientes ante las fluctuaciones climáticas.

En este contexto, adquieren una relevancia especial los proyectos destinados a promover la recarga natural y gestionada de agua pluvial y tratada. Además, es crucial disponer de estudios exhaustivos y actualizados sobre los acuíferos de interés, en particular el acuífero Chihuahua-Sacramento, Tabalaopa-Aldama y El Sauz-Encinillas, dado que el agua subterránea constituye prácticamente la única fuente que satisface la demanda de uso público. La gestión racional y coordinada de las diferentes fuentes de abastecimiento emerge como una medida esencial para enfrentar las sequías de manera más eficaz.

5.3 INUNDACIONES

El Municipio de Chihuahua enfrenta riesgos de inundación debido a una infraestructura hidráulica insuficiente para las necesidades actuales. Cada temporada de lluvias ocasiona pérdidas materiales y afecta a los residentes de las zonas más vulnerables.

El Municipio de Chihuahua pertenece a la Región Hidrológica Administrativa del Río Bravo VI, según la clasificación de CONAGUA, forma parte de las Cuencas Cerradas del Norte, distribuyéndose en un 54.5% en la Cuenca de Casas Grandes y un 45.5% en la Cuenca Bravo-Conchos. Ubicado específicamente en la subregión RH24K, el Municipio abarca los escurrimientos de los ríos Chuvíscar y Sacramento hasta la boquilla de Aldama. En la vertiente occidental del Golfo de México, destaca el Río Conchos como la principal arteria hidrológica, con origen en las montañas de la Sierra Tarahumara y desembocadura en el Río Bravo, su afluente más significativo.

La subregión RH24K se extiende entre las coordenadas 28° 35’ a 28° 51’ de latitud norte y 106° 03’ a 106° 17’ de longitud este, abarcando una superficie de 2,682 km^2 [47]. Esta área incluye diversas subcuencas como: La Cantera, El Rejón, El Saucito, Picacho, El Mimbre Norte, El Mimbre Sur, Galeras Norte, Galeras Sur, Magallanes, Las Malvinas, El Barro, La Canica, Chamizal, La Manteca, San Jorge, Los Nogales Norte, Los Nogales Sur y Cacahuatal, entre otras de menor influencia (Figura 5.3). Políticamente, la subregión se encuentra mayormente dentro del Municipio de Chihuahua, con una porción menor perteneciente a los municipios de Aldama y Aquiles Serdán.

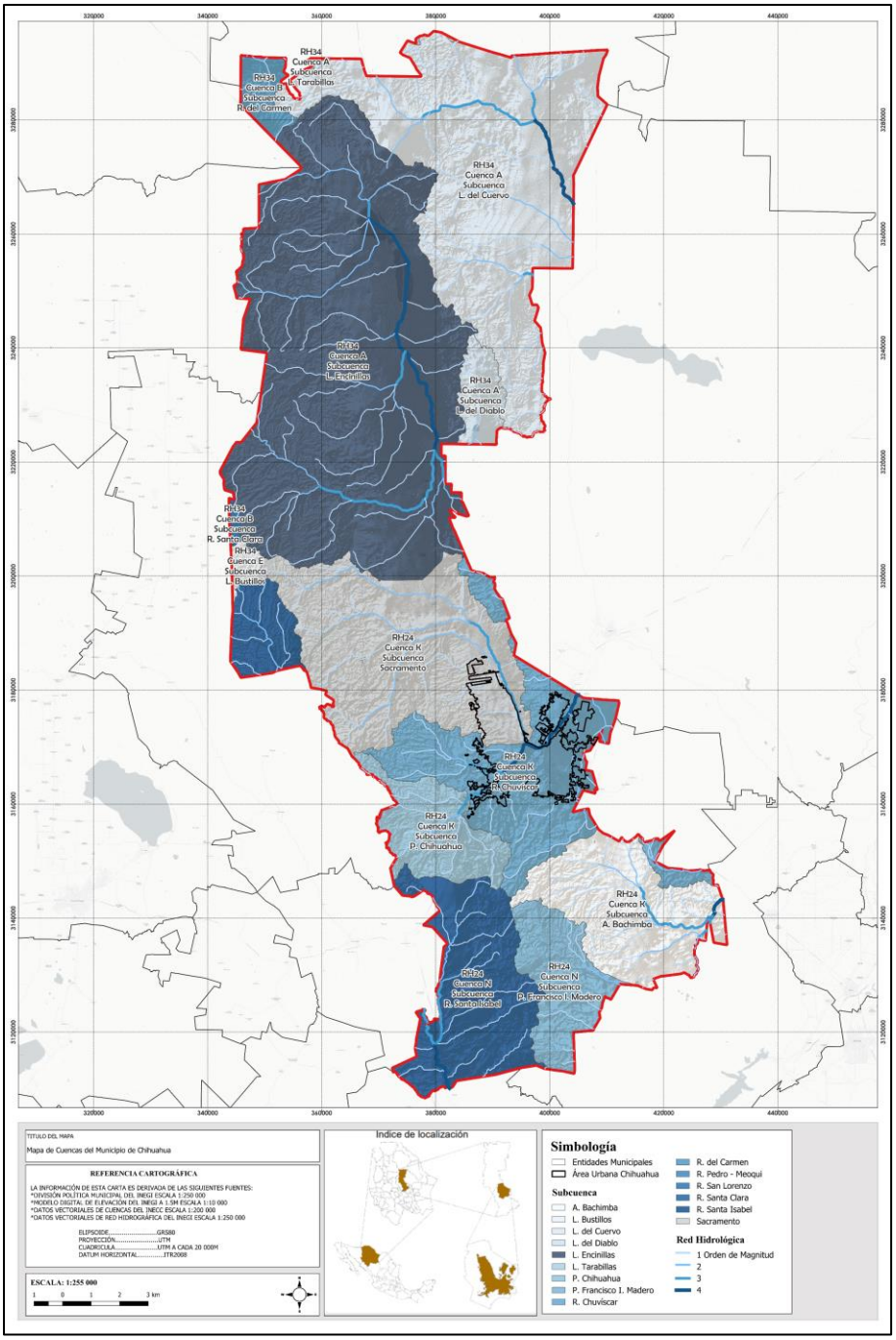


Figura 5.3. Ubicación de las subcuencas del Municipio de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI [48] (2023).

El Municipio de Chihuahua cuenta con cuatro presas principales, Chuvíscar, El Rejón, Chihuahua y San Marcos, las cuales desempeñan un papel crucial en la regulación del caudal para el control de avenidas. Estas presas, también conocidas como "rompe-picos", tienen la función de almacenar agua durante períodos de lluvia intensa para luego liberarla de manera controlada, evitando así inundaciones en la zona urbana de Chihuahua.

Las principales cuencas que afectan la zona urbana de Chihuahua incluyen las de los ríos Chuvíscar y Sacramento, así como el arroyo Nogales Sur, que, aunque intermitente, posee una importancia significativa.

Entre los principales escurrimientos en el Municipio de Chihuahua se encuentran el Río Sacramento, el Río Chuvíscar y varios arroyos, como La Noria, Mimbre Norte, El Álamo, Los Arcos, Nogales Norte, Picacho, Mimbre Sur, Magallanes, Saucito, Galera Norte y Sur, La Cantera, Plaza de Toros, Los Temporales, Las Malvinas, El Barro, La Canoa, El Chamizal, La Manteca, San Rafael, Mármol, Concordia y Nogales Sur.

La gestión hídrica y la prevención de inundaciones en Chihuahua enfrentan desafíos complejos. El crecimiento urbano y el cambio climático han exacerbado los problemas de inundaciones, especialmente en el núcleo urbano, debido a la insuficiencia de infraestructura de drenaje, el incremento de superficies impermeables y la falta de mantenimiento de los sistemas existentes. Estas inundaciones han ocasionado daños materiales, interrupción de servicios básicos y riesgos para la población.

El acelerado crecimiento de la Ciudad ha generado una mayor demanda de infraestructura de drenaje pluvial, que no ha sido cubierta, tampoco se ha acompañado de un plan integral de gestión hídrica. Además, el cambio climático ha intensificado las precipitaciones en la región, aumentando la presión sobre el sistema de drenaje pluvial existente.

Es fundamental establecer una gestión del agua completa y sostenible que abarque tanto la infraestructura física como la normatividad y políticas públicas, para reducir el riesgo por inundaciones y garantizar el bienestar de la población.

El Municipio de Chihuahua ha implementado un enfoque preventivo, no solo reactivo, mediante actualizaciones regulares del Atlas de Riesgo Municipal [37] y la elaboración del Plan Sectorial de Agua Pluvial por el IMPLAN en 2006 [49]. Este estudio evaluó el impacto hidrológico en la Ciudad, analizando los gastos máximos y volúmenes escurridos de las cuencas, las condiciones de la infraestructura pluvial y diagnosticando el manejo de los escurrimientos pluviales en la ciudad y sus zonas de expansión. Este plan es crucial para desarrollar una gestión adecuada de los escurrimientos pluviales, aunque se requiere un seguimiento continuo y actualizaciones periódicas. Se han llevado a cabo obras por parte del gobierno Municipal como la parcial canalización del arroyo los Arcos y el arroyo las Malvinas, pero otras acciones prioritarias no fueron llevadas a cabo y se han incrementado las modificaciones y urbanizaciones a las subcuencas.

El Atlas de Riesgos para el Municipio de Chihuahua 2022 [37] clasifica el grado de peligrosidad o amenaza, señalando un nivel muy alto para las inundaciones pluviales y medio para las inundaciones fluviales.

Históricamente, el Atlas de Riesgos Municipal ha documentado que el Municipio de Chihuahua ha experimentado diversos fenómenos naturales, principalmente de origen hidrometeorológico, como lluvias intensas que han provocado desbordamientos de ríos y arroyos, resultando en inundaciones fluviales y pluviales. Un evento significativo fue la tromba del 22 de septiembre de 1990, que afectó al municipio con una precipitación de 130

mm en un lapso de 3 horas. Este evento generó escurrimientos con caudales elevados que desbordaron prácticamente todos los arroyos de la ciudad, ocasionando la destrucción de 360 viviendas y daños en cerca de 700 más [37].

El análisis de escurrimientos urbanos en Chihuahua, realizado mediante simulaciones computacionales simplificadas con el programa Hidra_Bas [50], ha revelado una compleja interacción entre la profundidad máxima de escurrimiento (tirante hidráulico) y la velocidad máxima de escurrimiento.

En puntos específicos, como los arroyos Mimbre Sur y Las Malvinas, no se observa desbordamiento incluso en periodos de retorno de hasta 1,000 años. Sin embargo, estos puntos presentan velocidades de escurrimiento superiores a las máximas permisibles desde periodos de retorno tan bajos como 2 años. En contraste, el Arroyo El Barro muestra desbordamiento desde el periodo de retorno de 2 años, pero no presenta problemas de alta velocidad. Estos resultados indican la necesidad de abordar tanto el desbordamiento como la velocidad de escurrimiento, ya que ambos factores pueden generar problemas pluviales.

El arroyo Saucito es especialmente preocupante, ya que presenta tanto desbordamiento como velocidades superiores a las máximas permisibles desde el periodo de retorno de 2 años, existiendo además un desconocimiento de su funcionamiento en algunas partes de su cauce. De manera similar, el Arroyo Concordia exhibe desbordamientos y velocidades críticas desde periodos de retorno de 2 y 5 años, respectivamente. En el arroyo San Rafael, los desbordamientos comienzan en el periodo de retorno de 20 años, mientras que las velocidades críticas aparecen desde el periodo de retorno de 2 años. Estos casos resaltan la diversidad y complejidad de los riesgos asociados con los escurrimientos pluviales en diferentes zonas de la ciudad.

Se recomienda un análisis hidráulico más detallado en todos los cauces del Municipio de Chihuahua, complementado con acciones de mantenimiento, rediseño o manejo de aguas pluviales. Este enfoque integral es necesario para abordar eficazmente los riesgos identificados y garantizar la seguridad hídrica de la población.

En la ciudad de Chihuahua, una de las zonas más afectadas es Riberas de Sacramento, donde los flujos significativos sobre vialidades como Río Mendoza, Río Diamante, Río Salado, Río Vaal y Río Danubio generan problemas recurrentes de tránsito y seguridad. La situación se complica en el área del arroyo Los Arcos, especialmente después de cruzar la Av. Tecnológico, donde la captación de agua resulta insuficiente, provocando escurrimientos persistentes.

Diversas vialidades enfrentan problemas notorios de escurrimientos. La Av. Guillermo Prieto Luján y la calle Mina de los Moris presentan flujos que varían en su tipo de revestimiento, complicando la gestión del agua. El arroyo Magallanes, que cruza las colonias Francisco Villa, C.T.M. y Nombre de Dios, es otro ejemplo de cómo los escurrimientos pueden afectar significativamente las áreas urbanas, particularmente en vialidades como Lázaro Cárdenas y Tarahumaras.

Uno de los problemas más graves se encuentra en el arroyo Saucito y sus afluentes, que afectan las colonias Tierra y Libertad, Lourdes e Infonavit Vallarta. Aquí, la infraestructura de captación no es suficiente para manejar los flujos, resultando en problemas continuos sobre vialidades clave como 15 de enero y Av. Broadway.

En el afluente del arroyo La Cantera, los escurrimientos afectan vialidades como Misión del Bosque y Bay Hills, poniendo en riesgo la infraestructura de fraccionamientos y colonias. Los arroyos Galera Norte y Sur también presentan desafíos, especialmente en las colonias Arboledas III etapa y Colinas del Sol, donde los flujos interrumpen el flujo revestido y natural, generando riesgos adicionales.

Las colonias Juntas y Cerro Prieto, así como la zona de Altozano y el Colegio Bilingüe Madison, enfrentan problemas similares, con escurrimientos que afectan las vialidades y terrenos. En la zona conocida como "El Reliz" y en los arroyos Las Malvinas y El Barro, los flujos sobre Av. Teófilo Borunda y otras vialidades representan riesgos significativos para la infraestructura.

El arroyo Mármol y su afluente atraviesan varias colonias, exacerbando los problemas de escurrimiento urbano. Finalmente, el arroyo Concordia, en su paso a través de la colonia Villa Juárez, presenta escurrimientos que requieren atención urgente para mejorar la gestión del agua.

En total, se identificaron 514.30 km de escurrimientos urbanos en Chihuahua, de los cuales 62.33 km fluyen sobre vialidades en por lo menos 310 ubicaciones o cruces, y 323.92 km fluyen en secciones naturales sin revestimiento. Esta situación subraya la necesidad de mejorar la infraestructura de gestión de agua en la Ciudad, implementando soluciones integrales que aborden tanto los escurrimientos principales como los secundarios.

Alteraciones hidrológicas en ríos y arroyos

El cambio de uso de suelo generado por la urbanización, que transforma superficies naturales permeables en superficies urbanizadas impermeables, altera significativamente el régimen hidrológico de una cuenca. Este cambio aumenta el coeficiente de escurrimiento, incrementando el volumen y el caudal máximo de escurrimiento, así como el tiempo en que estos se presentan.

La urbanización de las cuencas en el Municipio de Chihuahua, especialmente en las áreas aguas arriba de la confluencia de los ríos Chuvíscar y Sacramento, ha sido notable desde la década de 1960. Este desarrollo, que ha progresado de aguas abajo hacia aguas arriba, ha dejado desactualizadas muchas de las antiguas infraestructuras de manejo de agua de lluvia en comparación con sus diseños originales.

Entre las cuencas analizadas, destacan las de los arroyos Magallanes, Saucito, San Rafael, Concordia, La Canoa y La Manteca, las cuales están completamente urbanizadas. Asimismo, los arroyos Los Arcos, Galera Norte y Sur, y Plaza de Toros tienen más del 90% de su cuenca urbanizada. Los arroyos Saucito, Las Malvinas y El Barro también muestran un alto grado de urbanización, con más del 85% de sus cuencas afectadas.

El arroyo La Cantera ejemplifica los efectos de la urbanización a lo largo del tiempo. Desde 1969 hasta 2024, y proyectado hasta 2040, el área urbanizada en su cuenca ha aumentado de 0.655 km² (2.15%) a 11.083 km² (36.36%) y 15.77 km² (51.74%), respectivamente. Este incremento en la superficie urbanizada ha provocado un aumento en los caudales máximos de escurrimiento de una tormenta con un periodo de retorno de 2 años, pasando de 13.48 m³/s en 1969 a 33.66 m³/s en 2024 (un aumento del 150%) y proyectado a 45.62 m³/s en 2040 (un aumento del 238%). Como resultado, la capacidad del canal para conducir el caudal de diseño ha disminuido de un periodo de retorno de 500 años en el 2000, a 300 años en 2024 y proyectándolo a 200 años en 2040.

La urbanización de las cuencas de las presas ha generado un subdimensionamiento en las obras de excedencia debido al aumento del caudal causado por el cambio en el régimen hidrológico. La cuenca de la presa Chuvíscar es la más urbanizada; sin embargo, la presencia de la presa Chihuahua dentro de esta cuenca sugiere que el aumento de caudal en el Río Chuvíscar podría ser regulado adecuadamente. En contraste, la cuenca de la presa Rejón enfrenta los mayores problemas debido a la urbanización, especialmente en la zona poniente de la ciudad conocida como "El Reliz".

En cuanto a la urbanización de las cuencas de las presas, se destaca como la mayor problemática el subdimensionamiento que esto genera en las obras de excedencia, debido al aumento del caudal causado por el cambio en el régimen hidrológico, provocado por el incremento del coeficiente de escurrimiento debido al aumento de superficies impermeables.

Diversas fuentes coinciden en identificar el arroyo Saucito como una de las zonas más vulnerables a inundaciones [37]. También se consideran áreas de riesgo los arroyos Galera Sur, Galera Norte, Los Arcos y la parte baja del arroyo Plaza de Toros.

Vulnerabilidad a las inundaciones

La vulnerabilidad ante inundaciones es una variable compleja que depende de diversos factores y se desarrolla con el tiempo en los centros urbanos [39]. Esta vulnerabilidad se ve influenciada por prácticas tanto intencionales como inintencionales, tales como la vivienda informal o la autoconstrucción, y la desinformación. Estas prácticas llevan a que las personas con menos recursos económicos o de niveles socioeconómicos más bajos se ubiquen en zonas más expuestas a fenómenos naturales o antropogénicos. Como resultado, estas personas adquieren características que las hacen menos capaces de resistir y recuperarse de eventos como las inundaciones.

La dimensión social es crucial para determinar la vulnerabilidad de viviendas o personas ante inundaciones en áreas urbanas, y está estrechamente vinculada con el nivel socioeconómico [51]. La distribución de los niveles socioeconómicos y los niveles de vulnerabilidad ante inundaciones por nivel socioeconómico muestra una clara relación con la definición de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEBs) del INEGI. Dentro de una AGEB, la variación de niveles socioeconómicos entre las manzanas que la componen es mínima. Por lo tanto, tanto los niveles socioeconómicos como el Índice de Vulnerabilidad

por Nivel Socioeconómico (IVNS) están influenciados por límites urbanos como avenidas principales o arroyos [52].

El IVNS muestra consistencia con los cálculos anteriores realizados en los Atlas de Riesgo del Municipio de Chihuahua de los años 2014 y 2022 [53] [51], destacando su fiabilidad en el análisis de vulnerabilidad. En la Figura 5.4 se muestra el mapa con la distribución espacial de los niveles de vulnerabilidad por nivel socioeconómico (IVNS) para la Ciudad de Chihuahua. En la Tabla 5.1 se muestra los rangos del IVNS.
Las áreas identificadas como más vulnerables se distribuyen principalmente en el norte, sur y sureste de la ciudad:

Zona Norte:

- Riberas del Sacramento, Vistas del Norte, Colonias Porvenir y Nuevo Triunfo, parcialmente colonias Revolución, Francisco Villa y C.D.P.

Zona Suroeste:

- Colonias Esperanza, Miguel Hidalgo, Martín López, Ramón Reyes, Alfredo Chávez, Campesina Nueva, Valle de la Madrid, Pinos y Peña Blanca.

Zona Central:

- Colonias Paso del Norte, Cerro Prieto, 2 de octubre y Lealtad.

Zona Sur y Sureste:

- Colonias adyacentes al Periférico R. Almada como Cerro Grande, Vistas Cerro Grande, 3 de mayo, La Soledad, División del Norte y Villa Juárez.
- Colonias Camino Real, Jardines de Oriente, Praderas del Sur, Portal del Real, Punta Oriente y Jardines de San Agustín.

El análisis de la vulnerabilidad a las inundaciones en Chihuahua revela que las áreas con niveles socioeconómicos más bajos son las más susceptibles a los efectos adversos de las inundaciones. La identificación y evaluación de estos factores permiten una mejor planificación y ejecución de medidas de mitigación y adaptación, mejorando la resiliencia de las comunidades urbanas ante eventos pluviales extremos.

Tabla 5.1. Relación entre nivel socioeconómico y vulnerabilidad ante inundaciones simplificada para vivienda. Fuente: adaptación de por Hernández-Samaniego (2018) [53].

Nivel socioeconómico	Vulnerabilidad (IVNS)
Muy bajo (E)	Muy alta (I)
Bajo (D+)	Alta (II)
Medio bajo (D+)	Media (II)
Medio (C-)	
Medio alto (C)	Baja (IV)
Alto (C+)	
Muy alto (A/B)	Muy baja (V)

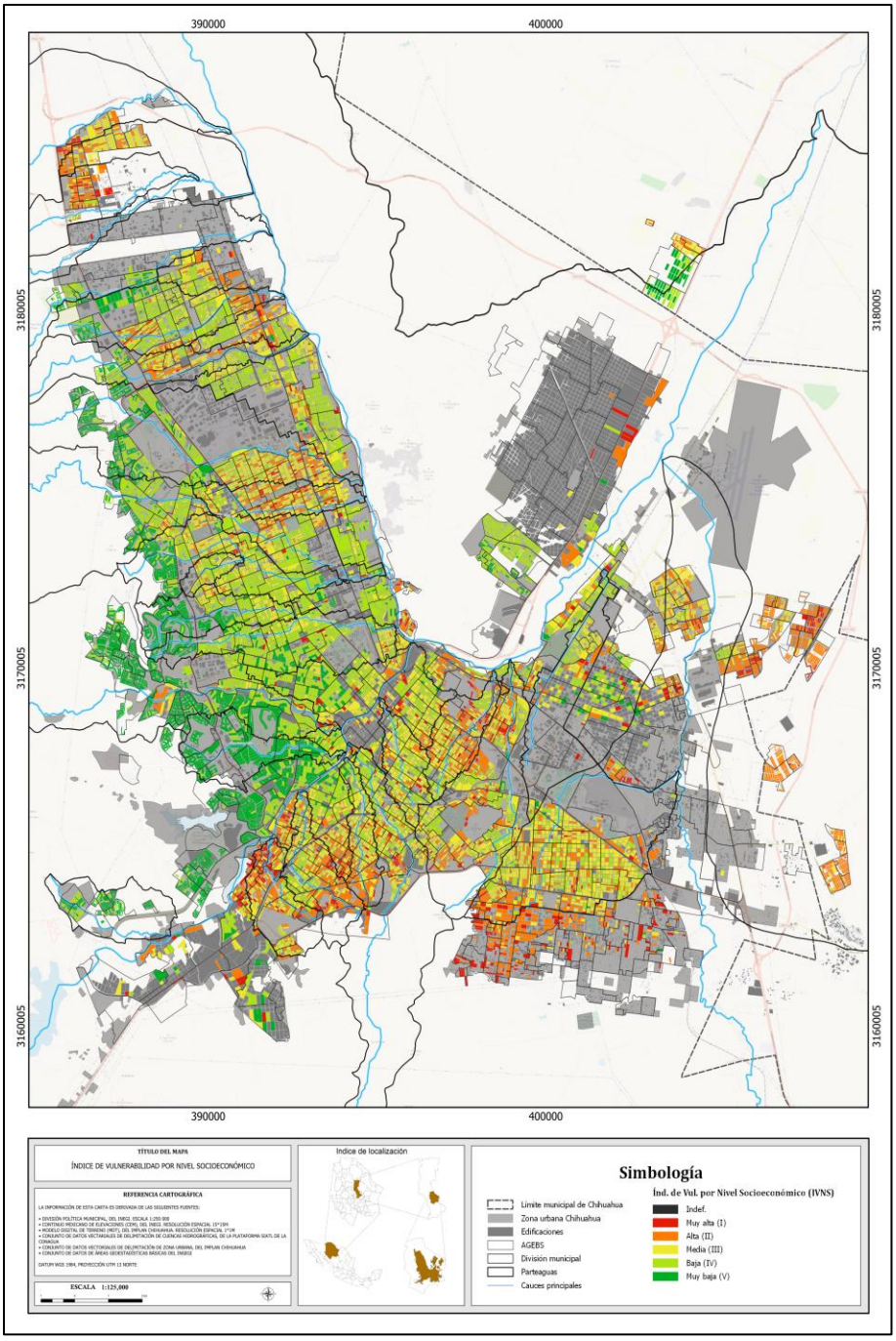


Figura 5.4. Mapa de distribución espacial de los niveles de vulnerabilidad por nivel socioeconómico (IVNS) para la ciudad de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI [48] (2020).

Alternativas de acción y recomendaciones para afrontar y mitigar las inundaciones

Las acciones recomendadas para mitigar las inundaciones en el Municipio de Chihuahua se dividen en dos categorías principales: acciones estructurales (obras civiles) y acciones no estructurales (mantenimiento y estudios).

Acciones de mitigación estructurales

- Canalización de arroyos: realizar un análisis detallado de los arroyos que atraviesan vialidades o que fluyen en su configuración natural a lo largo de la zona urbana para determinar las necesidades específicas de canalización.
- Obras de regulación: construir, rediseñar o mantener obras de regulación (detención) con el objetivo de reducir el caudal máximo de escurrimiento de los arroyos (Figura 5.5).
- Anteproyectos: elaborar anteproyectos de las ubicaciones propuestas para identificar las características topográficas y urbanas de los puntos seleccionados antes de realizar un análisis detallado.

Es fundamental aclarar que, de acuerdo con el Atlas de Riesgos Municipales de Chihuahua del año 2022, todas las acciones estructurales propuestas deben contar obligatoriamente, antes de su construcción, con un estudio hidrológico e hidráulico específico para su diseño hidráulico-geométrico. Estas acciones deben enfocarse en lograr una mitigación preventiva de afectaciones por inundaciones y deben basarse en un análisis y diagnóstico que justifique cada proyecto ejecutivo en su caso particular [(37)].

Medidas no estructurales

- Programas de mantenimiento: mantener y fortalecer el programa de inspección, mantenimiento y limpieza de canales pluviales y arroyos en el Municipio de Chihuahua. Este programa debe incluir inspecciones anuales durante la época de estiaje (invierno) para identificar y resolver afectaciones antes de la temporada de lluvias (primavera-verano).
- Estudio diagnóstico pluvial detallado:
    - Antes de proceder con las acciones estructurales, es importante realizar un estudio diagnóstico de la situación pluvial en la ciudad de Chihuahua. Este estudio debe incluir la generación de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones para personas, vehículos y viviendas.
    - Identificar la velocidad y el tirante máximo de escurrimiento del agua pluvial en canales, obras de regulación, ríos, arroyos en sección natural y vialidades mediante una simulación hidrológica-hidráulica.
    - Determinar los costos asociados a las afectaciones por inundaciones y analizar el funcionamiento hidráulico de las cuatro presas, obras de detención, todos los canales pluviales, ríos y arroyos principales y arroyos secundarios, así como el flujo sobre vialidades. La información recopilada permitirá generar propuestas de solución a nivel de anteproyecto, incluyendo obras para reducir las afectaciones por inundaciones y gestionar el agua de lluvia de manera efectiva.

    - Priorizar las obras de manejo de agua de lluvia mediante la generación de mapas de riesgo basados en el cálculo del Índice Pérdida-Posesión [53].
- Control y limitación de la urbanización en las cuencas de las tres presas:
    - Considerar toda el área de las cuencas de las presas Chihuahua, Rejón y Chuvíscar como zonas de desarrollo controlado. Limitar los proyectos de urbanización y exigir la presentación y construcción de obras de reducción de impacto hidrológico antes de autorizarlos. Construir obras de detención y/o retención que restablezcan el caudal de escurrimiento previo a la urbanización para un periodo de retorno de al menos diez años.
    - Realizar un estudio sobre el funcionamiento hidráulico del vertedor de la Presa Chuvíscar, evaluando los beneficios y riesgos de su falta de volumen útil debido al azolve. Considerar su función actual como espacio recreativo y estético en el Parque El Encino y evaluar la posibilidad de demoler la presa o restaurar su capacidad útil mediante el desazolve.
- Cálculo de Índice de Resiliencia en ciudades ante Fenómenos Hidrometeorológicos: para identificar áreas de oportunidad y deficiencias en el manejo del agua de lluvia a nivel urbano, y aplicar correcciones necesarias.
- Ley de Responsabilidad de Impacto Hidrológico: proponer la creación de esta ley tendría como objetivo principal mitigar los efectos adversos de la urbanización en el régimen hidrológico de las cuencas. Esta ley buscaría regular y controlar las modificaciones en el uso del suelo que aumentan el riesgo de inundaciones.
- Monitoreo y medición de escurrimientos superficiales: se requiere establecer una red de monitoreo y medición de los escurrimientos superficiales en ríos, arroyos y canales para estimar los volúmenes disponibles de agua y contribuir a la gestión sostenible del recurso hídrico. Esto implica la instalación de estaciones de monitoreo y la recopilación de datos sobre caudales y niveles de agua.

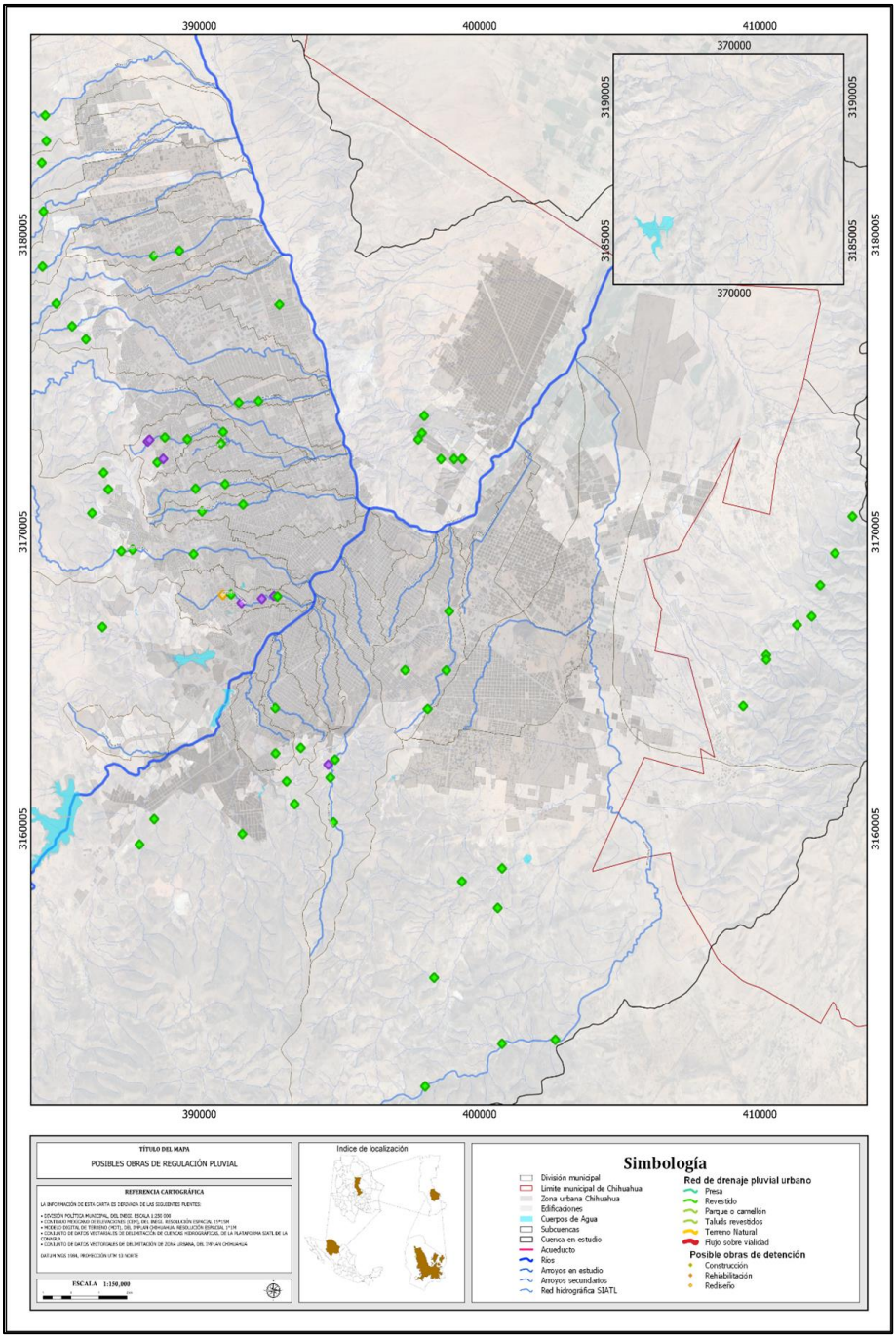


Figura 5.5. Mapa de ubicación de propuestas de obras de regulación. Fuente: Elaboración propia.



EL CAMBIO DE USO DE SUELO TIENE UN IMPACTO SIGNIFICATIVO EN EL CICLO DEL AGUA DE LA REGIÓN, ES CRUCIAL DESARROLLAR INICIATIVAS QUE PROMUEVAN LA RECUPERACIÓN DE LAS CUENCAS.

VI. CONSERVACIÓN DE CUENCAS

En respuesta a la problemática hídrica actual, la conservación de cuencas es esencial para asegurar la disponibilidad del recurso hídrico, así como la sostenibilidad ambiental del municipio de Chihuahua. La mejora de la integridad de cuencas y acuíferos es crucial, ya que estos son las principales fuentes de abastecimiento de agua para el Municipio [54].

Es imperativo implementar medidas de conservación y buenas prácticas de manejo enfocadas en las actividades económicas que se desarrollan en las zonas altas de las cuencas, así como en el manejo de los flujos superficiales que alimentan las zonas ribereñas [55]. Estas acciones buscan aumentar la recarga de los acuíferos, que son esenciales para el suministro de agua potable municipal. Al hacerlo, se reduce la vulnerabilidad del Municipio frente a sequías e inundaciones, y se maximiza el bienestar económico y social sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas [56].

El enfoque en la conservación de cuencas no solo busca asegurar el suministro de agua, sino también mejorar la resiliencia del Municipio frente a fenómenos climáticos extremos. La implementación de prácticas sostenibles en la gestión de cuencas y acuíferos es fundamental para mantener la salud ecológica y la integridad de los recursos hídricos a largo plazo.

En este contexto, se evaluó el estado de conservación de las cuencas hidrológicas que influyen en el municipio de Chihuahua, se identifican proyectos y estudios necesarios con indicadores clave que sirvan para evaluar la salud ecológica de estas áreas, proporcionando una base sólida para desarrollar estrategias de conservación efectivas.

6.1 CAMBIO DE USO DE SUELO Y DESERTIFICACIÓN

El cambio de uso de suelo tiene un impacto significativo en el ciclo del agua de la región. La actividad agropecuaria, en particular, impulsa la degradación de los acuíferos a través del cambio de suelo, lo que origina procesos erosivos acelerados, reduce la infiltración del agua y retrasa la recarga de los acuíferos.

Este proceso desencadena una dinámica compleja que afecta directamente a los núcleos de población. La sobreexplotación de los acuíferos compromete el abastecimiento de agua para la población, lo que a su vez impulsa a las comunidades rurales a depender aún más de las actividades agropecuarias como fuente de ingreso. Esta dependencia intensifica la presión sobre los recursos naturales, en especial de los acuíferos y los suelos. Además, la reducción de la cobertura forestal debido a la expansión agrícola puede destruir hábitats y ecosistemas, rompiendo la continuidad ecológica y afectando a las especies nativas [55].

El estado de Chihuahua ha registrado una alarmante pérdida de ecosistemas debido a actividades humanas en los últimos años. En 1978, los pastizales cubrían el 24% del estado; actualmente representan solo el 13% [55]. La pérdida de pastizales, principalmente debido al proceso de desertificación del desierto Chihuahuense, es causada por el cambio

de uso de suelo, la sobreexplotación de acuíferos, la expansión de actividades agrícolas, prácticas ganaderas inadecuadas y los efectos del cambio climático. Esta pérdida de ecosistemas conlleva diversos problemas socioambientales debido a la disminución de los servicios ambientales que estos ecosistemas proporcionan.

Académicos y científicos dedicados al monitoreo de los recursos naturales han registrado una preocupante pérdida de biodiversidad, un descenso en la infiltración de agua y una significativa pérdida de suelo. Cabe destacar que el proceso de generación de suelo toma millones de años, lo que subraya la gravedad de su degradación [57].

El INEGI proporciona cartas de uso de suelo y vegetación que contienen datos detallados sobre la distribución espacial, extensión y estado de la vegetación natural e inducida en México [58]. Estas cartas también muestran la ubicación de áreas agrícolas, tanto de riego como de temporal, y áreas urbanas. La información ofrece una visión integral de la distribución de los 58 tipos de vegetación reconocidos por el INEGI y permite evaluar los cambios en las zonas agrícolas y urbanas del territorio mexicano. Hasta la fecha, se han elaborado seis series de esta información: Serie I (1984), Serie II (1997), Serie III (2003), Serie IV (2010), Serie V (2013) y Serie VI (2019) [58]. Estas series permiten un análisis detallado de cómo ha cambiado el uso del suelo y la vegetación a lo largo del tiempo, proporcionando una base sólida para la planificación y gestión ambiental.

A través de la metodología de matriz de transición (Tabla 6.1) [59], se analizó el cambio de uso de suelo en el municipio de Chihuahua comparando las series I y V del INEGI, correspondientes a los años 1984 y 2013. Este análisis reveló una disminución del 7.3% (56,482.39 ha) en la cobertura de vegetación natural en el Municipio. De esta reducción, el 64.2% (36,243.2 ha) se destinó a actividades agropecuarias, forestales y agrícolas, mientras que el 35.8% (20,239.2 ha) se urbanizó (Figura 6.1).

Es importante destacar que la zona urbana absorbió 3,798.32 ha que anteriormente estaban destinadas a actividades agropecuarias y forestales, resultando en una superficie urbanizada total de 27,262.4 ha. Además, se estima una reducción de 18,606.06 ha de bosque, áreas que ahora se han convertido en matorrales y pastizales.

Actualmente, existen apoyos como los del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), que se enfocan en la conservación y restauración de cuencas. El objetivo es aumentar el área forestal bajo una gestión sostenible del paisaje, mejorando los medios de vida, la calidad del agua y la biodiversidad. Esto se logra a través de la promoción de prácticas sostenibles en los sectores ganadero y agroforestal.

El FMCN promueve e implementa prácticas de manejo integrado del paisaje mediante el desarrollo y mejora de seis instrumentos clave en las cuencas prioritarias. Estos instrumentos se agrupan en el Plan de Acción de Manejo Integrado de Cuenca (PAMIC), y su implementación se lleva a cabo mediante la coordinación de programas públicos y privados. Esta coordinación asegura una mejor alineación de acciones e inversiones a nivel de cuenca, lo que es esencial para la sostenibilidad de los recursos naturales [60].

Tabla 6.1. Matriz de transición de cambio de uso de suelo para el Municipio de Chihuahua de las series I y V de INEGI. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2019) [58].

Ha / Serie V / Serie I	Agrícola-pecuaria-forestal	Área sin vegetación	Bosque de encino	Bosque de encino-pino	Bosque de pino	Cuerpo de agua	Matorral Xerófilo	Pastizal cultivado	Pastizal halófilo	Pastizal inducido	Pastizal natura	Vegetación de galería	Zona Urbana	Otros tipos de vegetación
Agrícola-pecuaria-forestal	46,493	0	139	98	0	1	2,772	0	103	153	1,652	0	3,798	0
Área sin vegetación	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,315	0	0	0
Bosque de encino	0	0	48,791	3,777	0	4	786	0	0	214	2,809	0	0	0
Bosque de encino-pino	294	0	37,201	61,934	0	0	355	0	251	929	13,261	0	0	0
Bosque de pino	0	0	0	992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuerpo de agua	0	0	0	0	0	1,273	0	0	0	0	159	0	0	0
Matorral Xerófilo	20,098	0	4,255	0	0	317	182,240	0	7,192	2,480	40,051	0	19,968	80
Pastizal cultivado	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	5	0
Pastizal halófilo	3,319	0	0	0	0	132	2,520	0	726	0	29,362	0	13	0
Pastizal inducido	864	0	148	61	0	8	1,434	0	453	6,576	607	0	173	0
Pastizal natura	11,514	0	7,691	627	0	306	13,430	0	1,633	1,183	244,604	0	80	0
Vegetación de galería	68	0	0	0	0	0	113	0	336	0	246	0	0	0
Zona Urbana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,225	0
Área Total	**82,736**	**0**	**98,226**	**67,488**	**0**	**2,041**	**203,651**	**0**	**10,700**	**11,536**	**334,109**	**0**	**27,262**	**80**

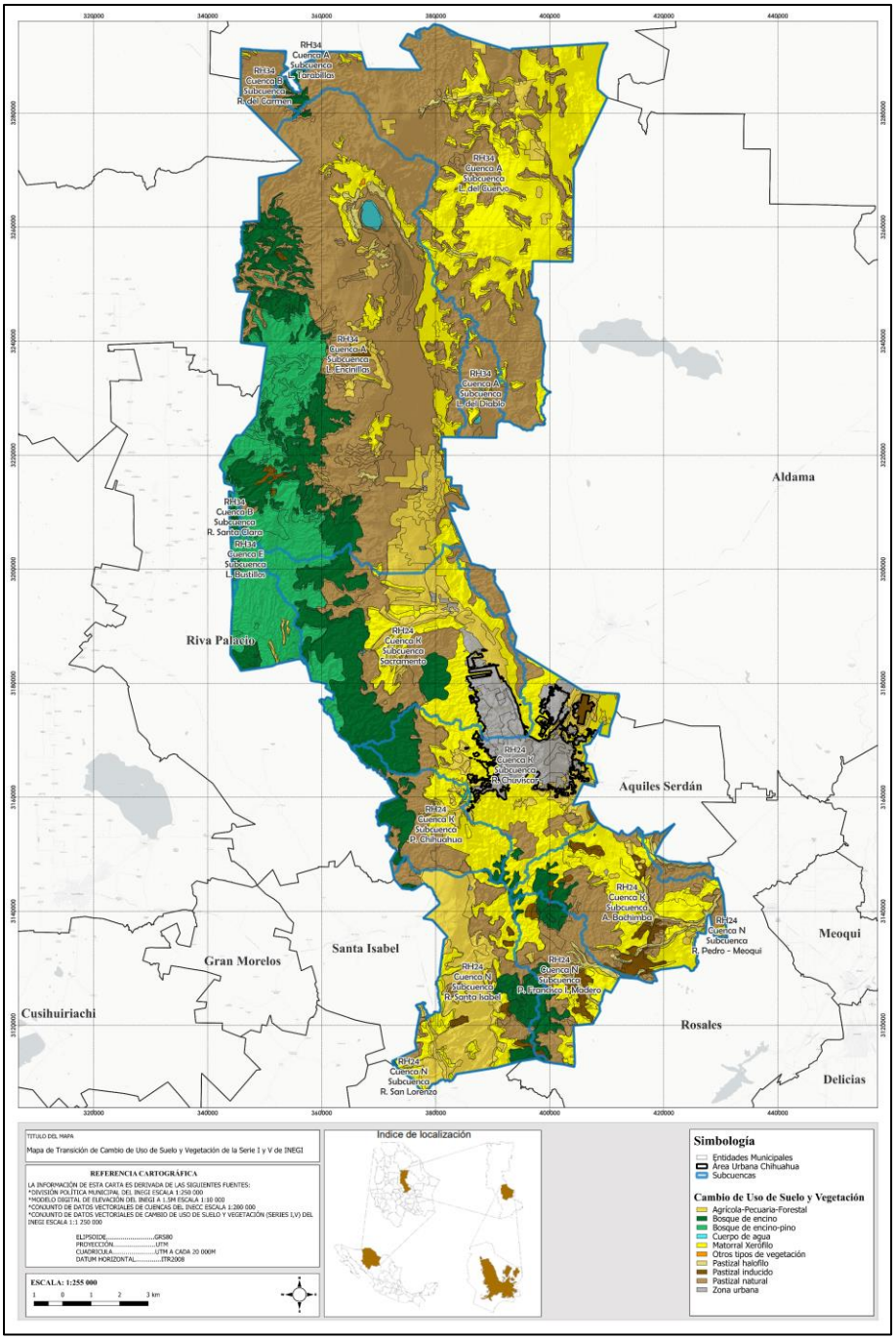


Figura 6.1. Transición de cambio de uso de suelo y vegetación de la Serie I y V de INEGI en el Municipio de Chihuahua. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2019) [58].

Se han realizado diversos estudios sobre la calidad del agua y su disponibilidad en algunas zonas del Municipio de Chihuahua [61] [17]. Aunque estos trabajos abordan problemáticas relacionadas con la calidad del agua, la escasez y el acceso, es crucial desarrollar un sistema de indicadores que describan el estado del recurso hídrico y los impactos del cambio de uso de suelo. Estos indicadores deben ser accesibles para la población y permitir la generación de mapas que identifiquen problemas específicos por región.

Además de los indicadores propuestos para el Plan Municipal Hídrico (PMH 2040), se deben considerar subindicadores que evalúan las actividades antropogénicas y su impacto sobre el medio ambiente y los recursos naturales. Existen también presiones indirectas derivadas de las actividades humanas, como las condiciones de aquellas actividades productivas o de otro tipo que generan la problemática. Un ejemplo claro es el crecimiento poblacional, que permite pronosticar la evolución de la problemática de sobreexplotación en el futuro y atender las demandas de agua potable. Es importante llevar a cabo un análisis de las condiciones de la conservación de las cuencas desde la perspectiva física, biológica, social y ambiental, el cual permita determinar y priorizar acciones y programas encaminados para la restauración de las condiciones ambientales de las cuencas.

Propuestas y recomendaciones para la conservación de cuencas

Es crucial desarrollar iniciativas que resalten la importancia de la conservación de cuencas para atraer la atención y el apoyo de las autoridades y la población. Estas iniciativas pueden incluir campañas de sensibilización y educación, así como la promoción de políticas públicas enfocadas en la sostenibilidad hídrica.

El objetivo de estas propuestas es rehabilitar los ecosistemas que han sido degradados e impactados negativamente por acciones antropogénicas tales como la pérdida de la cubierta vegetal, degradación del suelo, presencia de especies invasoras, etc.

- Reforestación y restauración de áreas degradadas: implementar programas de plantación de árboles nativos, control de especies invasoras y restauración de zonas ribereñas y áreas erosionadas para mejorar la cobertura vegetal y la infiltración de agua.
- Infraestructura verde y gestión de aguas pluviales: construir zanjas de infiltración, jardines de lluvia, techos verdes y pavimentos permeables para mejorar la gestión de aguas pluviales y reducir la contaminación.
- Manejo integrado de cuencas hidrográficas: desarrollar e implementar planes de manejo integrado de cuencas, coordinando programas públicos y privados e involucrando a las comunidades locales para gestionar los recursos hídricos de manera sostenible.
- Control y regulación de la extracción de agua: implementar sistemas de monitoreo y medición de extracción de agua, y ajustar los permisos de extracción según la disponibilidad del recurso para evitar la sobreexplotación de acuíferos.
- Prácticas agrícolas sostenibles: promover técnicas de agricultura de conservación, uso eficiente del agua en riego y manejo adecuado de fertilizantes y pesticidas para reducir la presión sobre los recursos hídricos y mejorar la calidad del agua.
- Monitoreo y evaluación continuos: implementar sistemas de monitoreo de calidad y cantidad de agua, realizar evaluaciones periódicas de las intervenciones y ajustar estrategias basadas en los resultados para asegurar la efectividad de las acciones de conservación.



LOS PROYECTOS PROPUESTOS BUSCAN SOLVENTAR DE MANERA INTEGRAL LAS NECESIDADES DEL MUNICIPIO.

EL OBJETIVO PRINCIPAL ES ALCANZAR UNA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA.

VII. CARTERA DE PROYECTOS

En este apartado se presenta una cartera de proyectos basada en los diagnósticos actualizados para abordar las problemáticas identificadas a lo largo del estudio que sirva como herramienta base para la elaboración del PMH. Los proyectos propuestos se alinean con los objetivos estratégicos planteados y buscan solventar de manera integral las necesidades del Municipio. El objetivo principal es alcanzar una gestión sostenible de los recursos hídricos en el Municipio de Chihuahua.

La metodología, los tiempos de ejecución y cronograma propuesto, así como el análisis de costos y el beneficio que generan los proyectos se encuentra desarrollado en el informe 12 de este estudio.

7.1 OBJETIVO ESTRATÉGICO 1. MEJORAR EL MONITOREO DEL USO DEL AGUA

Este objetivo plantea el implementar sistemas de monitoreo y medición del uso del agua en los sectores doméstico e industrial, ganadero y agrícola, reemplazando las estimaciones actuales por datos precisos y confiables.

Problemática: la gestión actual del agua en Chihuahua se basa en estimaciones y datos incompletos, lo que dificulta la toma de decisiones informadas y la implementación de políticas efectivas para la gestión sostenible del recurso hídrico.

Descripción: instalar medidores inteligentes en pozos, redes de distribución y puntos de consumo estratégicos para obtener datos precisos y en tiempo real sobre el uso del agua en los diferentes sectores. Es esencial definir especificaciones y requerimientos técnicos detallados para la instalación de estos medidores.

Dado que las mediciones tienen como finalidad cuantificar los volúmenes utilizados, es importante socializar esta iniciativa entre los usuarios, especialmente aquellos que no tienen un contrato con el organismo operador. Esta iniciativa debe estar respaldada por la Ley del Agua del Estado de Chihuahua [62] y por un reglamento derivado del COTAS metropolitano, para asegurar su viabilidad y que sea una obligación para los usuarios del agua en el Municipio. Esto implica la revisión de los volúmenes asignados en comparación con los volúmenes utilizados.

Es importante destacar que la propuesta no busca solicitar el cobro de derechos (agrícolas y otros que no tienen dicha obligación según la Ley Federal de Derechos [63]), pero sí reglamentar que, si el usuario excede el volumen asignado este excedente deberá ser considerado para el balance hídrico. Esto podría derivar en una propuesta administrativa y legal, en el sentido de que, si un usuario excede el volumen asignado sin tener la obligatoriedad de pago de derechos, al incumplir la asignación, se hará acreedor al pago de derechos por el excedente o por el total del volumen en explotación, según corresponda si el recurso hídrico es utilizado en una actividad económica lucrativa.

La aplicación de la Norma NMX AA 179 SCFI 2018 [64] "Medición de volúmenes de aguas nacionales usados, explotados o aprovechados", que de principio es de observancia voluntaria, se vuelve obligatoria dado que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la CONAGUA, publicó en el Diario Oficial de la Federación las reglas generales sobre medición de aguas nacionales según la fracción I, del párrafo tercero, del artículo 225, de la Ley Federal de Derechos. Por lo tanto, su cumplimiento es obligatorio para la medición de volúmenes de aguas nacionales usados, explotados o aprovechados y no potestativo para los sujetos obligados.

Es importante señalar que esta acción no incluye proyectos para los usuarios que son responsabilidad de la JMAS Chihuahua, ya que esta institución desarrolla sus propias medidas al respecto.

Tabla 7.1. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 1.

Objetivo 1				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Medición para determinar dotaciones de las comunidades y sus requerimientos de infraestructura hidro-sanitaria	Preservación de recursos hídricos, prevención de sobreexplotación. Mejorar la precisión en la medición del uso de agua y detectar necesidades específicas de infraestructura.	Ineficiencia en el uso del agua, problemas de abastecimiento, falta de infraestructura adecuada.	Gobierno municipal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	4-6 meses
Diagnóstico de infraestructura	Identificación de deficiencias y necesidades de actualización.	Continuación de deficiencias en la infraestructura, posibles fallos y desperdicio de recursos.	Gobierno municipal, sector privado, organismos internacionales, banca de desarrollo	2-3 meses
Medición para determinar patrones y eficiencias en la gestión del agua de los usuarios industriales	Evaluar y mejorar el uso del agua en la industria.	Uso ineficiente del agua, costos altos, impacto ambiental negativo.	Gobierno municipal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	4-6 meses (fase inicial)
Medición para determinar patrones y eficiencias en la gestión del agua de los usuarios ganaderos	Evaluar y optimizar el uso del agua en la ganadería.	Sobreuso del agua, costos elevados, degradación ambiental.	Gobierno estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	4-6 meses (fase inicial)
Medición para determinar patrones y eficiencias en la gestión del agua de los usuarios agrícolas	Identificar y aplicar prácticas agrícolas sostenibles.	Ineficiencia en el riego, uso excesivo del agua, impacto negativo en la productividad.	Gobierno estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	4-6 meses (fase inicial)

7.2 OBJETIVO ESTRATÉGICO 2. DESARROLLAR PROYECTOS CLIMÁTICOS

Este objetivo plantea el promover proyectos de adaptación y mitigación al cambio climático, incluyendo la compra y venta de bonos de carbono y financiamientos climáticos, como el Fondo Verde del Clima (GCF) [65] [66].

Problemática: la gestión actual del agua en el Municipio de Chihuahua, al igual que otros aspectos climáticos, se basa en datos incompletos. Esta falta de información precisa dificulta la toma de decisiones informadas y la implementación de políticas efectivas para la gestión sostenible del recurso hídrico. Se pueden identificar dos grandes líneas estratégicas relacionadas con el cambio climático:

- Escasez de agua: el cambio climático ha alterado los patrones de precipitación, provocando períodos más prolongados de sequía y disminuyendo la disponibilidad de agua en las fuentes tradicionales. Esta escasez afecta tanto al consumo humano como a las actividades agrícolas e industriales, esenciales para la economía local.
- Eventos climáticos extremos: ha habido un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como lluvias torrenciales y sequías prolongadas, que sobrecargan la infraestructura existente. Las inundaciones, por ejemplo, pueden causar daños significativos a las propiedades y la infraestructura, mientras que las sequías extremas comprometen la seguridad hídrica.

Descripción: para abordar los desafíos relacionados con el cambio climático, se propone implementar sistemas de seguimiento y monitoreo del clima en el Municipio de Chihuahua. Estos sistemas proporcionarán datos precisos y en tiempo real sobre las condiciones climáticas, permitiendo identificar vulnerabilidades y tomar acciones adecuadas para mitigar riesgos y adaptar la infraestructura y servicios municipales a los impactos del cambio climático.

La implementación de estos sistemas requiere la definición de especificaciones y requerimientos técnicos detallados. Los datos recopilados y analizados en tiempo real permitirán una respuesta inmediata ante eventos climáticos adversos. Este enfoque es crucial para garantizar que las decisiones se basen en información fiable y actualizada, lo que mejorará la capacidad del Municipio para responder a las emergencias climáticas y planificar a largo plazo. Es fundamental socializar la importancia del monitoreo climático entre la población y las autoridades municipales. La implementación debe estar sustentada en el marco normativo estatal y en reglamentos específicos del Municipio para asegurar su viabilidad y obligatoriedad [67] [68] [69]. Esto incluye la capacitación de personal municipal y comunitario para la interpretación y uso de los datos climáticos en la toma de decisiones. La sensibilización de la comunidad y la formación adecuada del personal garantizarán que los datos sean utilizados de manera efectiva y que las medidas adoptadas sean comprendidas y apoyadas por todos los sectores de la sociedad.

Los datos obtenidos del monitoreo climático deben ser utilizados para desarrollar planes de acción que mitiguen los riesgos asociados con eventos climáticos extremos, como inundaciones, sequías y olas de calor. Esto incluye la planificación y ejecución de obras de infraestructura adaptativa, el diseño de políticas públicas de protección civil y la promoción

de prácticas agrícolas y urbanas resilientes. La utilización de esta información permitirá diseñar estrategias específicas para cada tipo de riesgo, asegurando que las respuestas sean adecuadas y efectivas.

La implementación de sistemas de seguimiento y monitoreo del clima debe cumplir con normativas nacionales e internacionales, como las normas oficiales mexicanas relacionadas con la adaptación al cambio climático. Además, se debe coordinar con CONAGUA y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para garantizar la integración de los datos municipales en los sistemas nacionales de monitoreo climático. Esta coordinación es esencial para crear un sistema de alerta temprana robusto y una base de datos compartida que permita a todas las entidades involucradas trabajar de manera conjunta y eficaz.

Tabla 7.2. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 2.

Objetivo 2				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Diseño e integración de una red de estaciones climáticas y gestión de datos/sistema de información de servicios climáticos (csis)	Monitoreo y análisis de datos climáticos para la toma de decisiones. Reducción de vulnerabilidad a eventos extremos, mejora en la gestión de riesgos	Falta de datos precisos, toma de decisiones ineficiente, vulnerabilidad a eventos climáticos.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Fase inicial y expansión a largo plazo
Impulsar la participación en mercados de carbono	Promoción de prácticas sostenibles y reducción de emisiones.	Pérdida de oportunidades financieras, mayor impacto ambiental.	Gobierno municipal, IMPLAN, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Proyecto a 3 años (10 proyectos)

7.3 OBJETIVO ESTRATÉGICO 3. INVERTIR EN INFRAESTRUCTURA RESILIENTE

Este objetivo se enfoca en promover proyectos de adaptación y mitigación al cambio climático, mediante soluciones basadas en la naturaleza con la construcción de obras.

Problemática: el Municipio de Chihuahua enfrenta una serie de desafíos críticos en su gestión hídrica, exacerbados por el cambio climático. A pesar de los esfuerzos en el Municipio, como los impulsados por la Agenda Hídrica Municipal [70] de Chihuahua, es necesario un enfoque sistemático para evaluar e implementar soluciones que aborden la degradación de los ecosistemas naturales.

La sobreexplotación de recursos hídricos y la urbanización no planificada han llevado a la degradación de ecosistemas naturales, como zonas de recarga, afectando el comportamiento de los escurrimientos y la infiltración del agua hacia los acuíferos. Esto no solo reduce la capacidad natural de almacenamiento y filtración de agua, sino que también impacta negativamente la biodiversidad local.

Descripción: para abordar estos desafíos, se propone implementar una serie de acciones enfocadas en la adaptación y mitigación al cambio climático mediante soluciones basadas en la naturaleza y la construcción de obras resilientes.

La primera línea de acción consiste en identificar zonas vulnerables. Es crucial mapear las áreas del Municipio más susceptibles a eventos extremos en un plazo de un año. Este mapeo permitirá una planificación más precisa y dirigida, identificando los puntos críticos que requieren intervención inmediata.

En segundo lugar, se priorizará la construcción de obras de protección en las áreas identificadas como vulnerables. Esto incluye la construcción de infraestructura hidráulica resiliente, como diques y canales de desvío. Estas obras están diseñadas para manejar mejor los escurrimientos y mejorar la infiltración, protegiendo tanto a las comunidades locales como a los ecosistemas naturales.

Finalmente, se actualizará la infraestructura existente, con el objetivo de modernizar al menos el 30% de la infraestructura hidráulica crítica. Esta modernización no solo mejorará la capacidad de gestión de los recursos hídricos, sino que también incorporará tecnologías y prácticas más sostenibles y eficientes.

Tabla 7.3. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 3.

Objetivo 3				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Identificación de áreas degradadas	Evaluar el estado de las áreas afectadas y planificar su recuperación.	Continuación de la degradación ambiental, pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos.	Gobierno municipal, IMPLAN, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	2 años
Reforestación con especies nativas	Restauración de ecosistemas, mejora en la captación de agua.	Degradación continua de ecosistemas, pérdida de biodiversidad, menor resiliencia hídrica.	Gobierno municipal, IMPLAN, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	4 años
Construcción de infraestructuras hidráulicas	Mejora en la gestión del agua y conservación del suelo.	Erosión del suelo, pérdida de recursos hídricos, menor capacidad de almacenamiento.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	5 años

7.4 OBJETIVO ESTRATÉGICO 4. ANÁLISIS Y GESTIÓN DE ACUÍFEROS

Este objetivo plantea el implementar proyectos de análisis y gestión de acuíferos para mejorar significativamente la comprensión y el manejo de los recursos hídricos subterráneos en el Municipio de Chihuahua.

Problemática: la gestión de los acuíferos en el Municipio de Chihuahua enfrenta varios desafíos críticos debido a la falta de datos sistematizados y actualizados, la resistencia al cambio por parte de los usuarios, y los costos elevados de implementación y mantenimiento de sistemas de monitoreo.

La variada topografía y la escala inadecuada de los estudios geológicos actuales complican la planificación efectiva y la evaluación precisa de los recursos hídricos subterráneos. Además, la integración de datos y la coordinación interinstitucional son necesarias pero difíciles de lograr, lo que impide una gestión eficiente y sostenible de los acuíferos en la región.

Descripción: para abordar los desafíos en la gestión de acuíferos en el Municipio de Chihuahua, se propone una serie de acciones enfocadas en la identificación, monitoreo y conservación de los recursos hídricos subterráneos. A continuación, se detallan las acciones propuestas:

- Realizar estudios geofísicos: integrar y plantear nuevos estudios geofísicos complementarios para identificar con mayor precisión los sistemas hidrogeológicos del Municipio. Estos estudios permitirán comprender mejor la estructura y dinámica de los acuíferos.
- Actualizar mapas de acuíferos: publicar mapas actualizados de los acuíferos con influencia en el Municipio de Chihuahua.
- Monitorear acuíferos: establecer un sistema de monitoreo continuo de niveles de agua y calidad en los acuíferos. Este sistema proporcionará datos precisos y en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informadas.

- Generar balances por acuífero: utilizar las mediciones propuestas en el objetivo 1 para cuantificar con mayor precisión los volúmenes de agua extraídos. Estos balances permitirán evaluar la sostenibilidad de las extracciones y ajustar las políticas de gestión.
- Regulación y control de la extracción de agua: implementar permisos de extracción y establecer límites basados en estudios científicos.
- Recarga inducida de acuíferos: desarrollar programas de recarga inducida que incluyan la captación y almacenamiento de agua de lluvia, así como la recarga directa de pozos.
- Promoción de prácticas agrícolas sostenibles: fomentar el uso eficiente del agua en la agricultura mediante prácticas de riego eficientes y técnicas de agricultura de conservación.
- Reforestación y manejo de cuencas hidrográficas: implementar programas de reforestación y manejo de cuencas para aumentar la infiltración de agua y mejorar la calidad del agua subterránea.
- Desarrollo de infraestructura para el tratamiento de agua subterránea: invertir en tecnologías de tratamiento para mejorar la calidad del agua y reducir la contaminación.
- Promoción de la participación comunitaria y la conciencia pública: involucrar a la comunidad en la gestión y conservación de los recursos hídricos mediante programas de educación ambiental y participación ciudadana en la toma de decisiones.

Tabla 7.4. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 4.

Objetivo 4				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Optimización del sistema de monitoreo de aguas subterráneas en chihuahua	Evaluación precisa de los niveles y calidad del agua subterránea.	Sobreexplotación de acuíferos, escasez de agua, deterioro de la calidad del agua.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	3 años
Sistema integral de permisos y monitoreo de extracción de agua (sipmea)	Control y regulación de la extracción de agua subterránea. Preservación de recursos hídricos, prevención de sobreexplotación.	Sobreexplotación de recursos hídricos, disminución de niveles de agua subterránea.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Fase posterior
Programa de recarga gestionada de acuíferos con agua de lluvia (pgaall)	Aumento de la recarga de acuíferos y mejora en la disponibilidad de agua. Preservación de recursos hídricos, prevención de sobreexplotación.	Escasez de agua, disminución de los niveles de acuíferos, vulnerabilidad a sequías.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Fase posterior
Programa de riego eficiente y agricultura sostenible (preas)	Mejora en la eficiencia del riego y sostenibilidad agrícola.	Ineficiencia en el uso del agua, disminución de la productividad, impacto ambiental negativo.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Fase posterior
Gestión sostenible del uso de suelo y vegetación en el municipio de chihuahua	Planificación y gestión efectiva del uso del suelo y conservación de vegetación. Reducción de vulnerabilidad a eventos extremos, mejora en la gestión de riesgos.	Desorden urbano, pérdida de vegetación, impacto negativo en el medio ambiente.	Gobierno municipal, IMPLAN, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	3 años
Gestión integrada de fuentes de abasto y usos del agua en el municipio de chihuahua	Uso eficiente y sostenible de recursos hídricos, reducción de conflictos por el agua	Escasez de agua, uso ineficiente, conflictos por recursos hídricos.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	3 años
Mejora de la calidad del agua en el municipio de chihuahua	Aseguramiento de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial.	Problemas de salud pública, enfermedades transmitidas por el agua, desconfianza en el suministro.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Fase posterior

7.5 OBJETIVO ESTRATÉGICO 5. PROMOVER LA CAPTACIÓN Y USO DE AGUAS PLUVIALES

Este objetivo plantea el promover fomentar la captación de aguas pluviales en áreas urbanas y rurales para su aprovechamiento en usos no potables, reduciendo la presión sobre las fuentes de agua potable, así como incentivar el uso de tecnologías y prácticas que faciliten la recolección y almacenamiento de agua de lluvia.

Problemática: el Municipio de Chihuahua, especialmente su zona urbana, enfrenta serios desafíos relacionados con el manejo de escurrimientos pluviales y la prevención de inundaciones. La urbanización acelerada, junto con posibles modificaciones en los patrones de precipitación y la falta de infraestructura adecuada, ha exacerbado estos problemas, poniendo en riesgo tanto a la población como a las infraestructuras urbanas. Diversas estructuras actuales están subdimensionadas o requieren rehabilitación para ser efectivas. La urbanización ha incrementado la superficie impermeable, aumentando el volumen y el caudal máximo de escurrimiento. Las obras de excedencia existentes no son suficientes para manejar los caudales incrementados debido a la urbanización.

Descripción: para abordar los desafíos relacionados con el manejo de escurrimientos y la prevención de inundaciones, se propone un enfoque integral que combine intervenciones estructurales y no estructurales. El objetivo es mejorar la resiliencia del Municipio de Chihuahua frente a las inundaciones y promover un desarrollo urbano sostenible. Las acciones propuestas se centran en mejorar el funcionamiento hidráulico de arroyos y canales, actualizar y optimizar los drenajes pluviales existentes, mitigar las alteraciones hidrológicas causadas por la urbanización e identificar y proteger zonas críticas de inundación.

Primero, es esencial llevar a cabo auditorías técnicas y análisis del funcionamiento hidráulico de arroyos y canales para identificar áreas de mejora. Este análisis permitirá desarrollar una comprensión detallada de las deficiencias actuales y proporcionar una base sólida para las intervenciones futuras.

La evaluación del estado de los drenajes pluviales existentes y sus capacidades para manejar caudales de escurrimiento incrementados es otro paso crítico. Este proceso ayudará a determinar las necesidades de actualización y ampliación de la infraestructura actual, asegurando su capacidad para enfrentar futuros desafíos climáticos. Además, se debe evaluar las alteraciones hidrológicas causadas por la urbanización. Comprender cómo la urbanización afecta los escurrimientos y la capacidad de infiltración del suelo es vital para desarrollar estrategias efectivas de mitigación.

Con base en los hallazgos de los diagnósticos hidráulicos actualizados, se elaborará un plan estratégico que delineará las acciones necesarias para mejorar la gestión de las aguas superficiales. Este plan será la hoja de ruta para las intervenciones necesarias, garantizando un enfoque coordinado y eficiente.

El plan de obras de regulación incluirá la identificación y diseño de nuevas obras de regulación hidráulica y la rehabilitación de las existentes para mejorar la gestión de

escurrimientos. Estas obras son esenciales para reducir el riesgo de inundaciones y proteger las áreas más vulnerables del municipio.

Se formularán políticas urbanas que controlen y limiten la urbanización en áreas críticas propensas a inundaciones. Estas políticas ayudarán a reducir el riesgo de escurrimientos excesivos y protegerán tanto a la población como a las infraestructuras urbanas.

La ejecución de obras de canalización y regulación hidráulica será fundamental para mejorar el manejo de escurrimientos y reducir el riesgo de inundaciones. Es necesario ampliar y modernizar las redes de drenaje pluvial existentes para aumentar su capacidad y eficiencia. La actualización de esta infraestructura es crucial para adaptarla a las necesidades actuales y futuras del municipio.

Para asegurar el funcionamiento óptimo de los sistemas de drenaje, se implementarán programas de inspección y limpieza anual de canales y arroyos.

En conjunto, estas acciones estratégicas permitirán al municipio de Chihuahua mejorar significativamente su gestión de escurrimientos y prevención de inundaciones, promoviendo un desarrollo urbano más seguro y sostenible.

Tabla 7.5. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 5.

Objetivo 5				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Mejora integral del manejo de escurrimientos y prevención de inundaciones	Recuperación de servicios ecosistémicos, mejora en la calidad del agua. Preservación de recursos hídricos, prevención de sobreexplotación.	Inundaciones frecuentes, daños materiales, riesgos para la vida humana.	Gobierno municipal, IMPLAN, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	5 años (Fases detalladas)

7.6 OBJETIVO ESTRATÉGICO 6. FOMENTAR EL USO DE AGUA RESIDUAL TRATADA

Este objetivo se enfoca en promover el uso de aguas residuales tratadas en la industria y la agricultura para disminuir la demanda de agua de primer uso.

Problemática: Uno de los grandes retos en la gestión hídrica es incrementar el reúso del agua residual tratada. Actualmente, la oferta derivada de la recolección de aguas residuales urbanas es, en promedio, de 1,600 l/s, con posibilidad de incremento. Aunque desde hace 20 años el organismo operador comenzó a implementar una red de distribución para sustituir el agua potable en el riego de áreas verdes, ha sido en los últimos años cuando la JMAS Chihuahua ha incrementado el número de usuarios que buscan contratar agua tratada.

Descripción: para abordar el desafío de sustituir el uso de agua potable por agua residual tratada, es necesario diversificar el uso de este recurso hídrico. Aunque los agricultores ubicados aguas abajo de la planta de tratamiento de aguas residuales ya utilizan este recurso, se propone su devolución y utilización dentro del municipio. Las acciones planteadas para lograr este objetivo son las siguientes:

- Ampliación de la infraestructura de distribución: extender la red de distribución de agua residual tratada a zonas industriales y agrícolas dentro del Municipio. Esto permitirá una mayor cobertura y accesibilidad para los usuarios potenciales, fomentando el uso de agua tratada en diversas aplicaciones.
- Incentivos y subsidios: ofrecer incentivos financieros y subsidios para fomentar el uso de agua residual tratada.
- Programas de capacitación y sensibilización: capacitar a los usuarios potenciales sobre los beneficios y usos adecuados del agua residual tratada. Estos programas informarán sobre los beneficios y usos adecuados del agua residual tratada, promoviendo una adopción más amplia y segura de este recurso.
- Mejora en la calidad del tratamiento: asegurar que el agua residual tratada cumpla con los estándares de calidad necesarios para su uso en agricultura e industria.
- Desarrollo de proyectos piloto: implementar proyectos piloto que demuestren la viabilidad y beneficios del uso de agua residual tratada es crucial para generar confianza y evidencia en su efectividad. Estos proyectos servirán como modelos replicables para futuras iniciativas.
- Regulación y políticas: desarrollar políticas y regulaciones que promuevan y, en algunos casos, requieran el uso de agua residual tratada. Estas políticas establecerán un marco legal y normativo que apoye la transición hacia prácticas más sostenibles en el manejo del agua.
- Fomento de alianzas y cooperación: establecer alianzas con el sector privado, organizaciones no gubernamentales y académicas para promover el uso de agua tratada. La colaboración entre diferentes actores facilitará la implementación de estrategias conjuntas y el intercambio de conocimientos y recursos.
- Monitoreo y evaluación continua: implementar un sistema de monitoreo y evaluación continua para medir el impacto y la eficacia del uso de agua residual tratada. Este

sistema garantizará que las acciones emprendidas sean efectivas y se ajusten según sea necesario para mejorar los resultados.

Tabla 7.6. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 6.

Objetivo 6				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Fomentar el uso de agua residual tratada en el municipio de chihuahua	Reducción de la demanda de agua potable y promoción de prácticas sostenibles.	Sobreexplotación de fuentes de agua potable, incremento de costos, impacto ambiental negativo.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	5 años (Fases detalladas)

7.7 OBJETIVO ESTRATÉGICO 7. INVERTIR EN MODERNIZACIÓN Y CONSERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

Este objetivo plantea el invertir en la modernización y conservación de la infraestructura hidráulica del Municipio de Chihuahua, enfocando los esfuerzos en la implementación de tecnología avanzada, estableciendo indicadores de evaluación para reducir los volúmenes de agua perdida y gestionando la demanda de manera eficiente y eficaz. Además, se busca disminuir la obsolescencia de la infraestructura hidrosanitaria y vincular las acciones del organismo operador con otras instituciones y usuarios del Municipio.

Problemática: la infraestructura hidrosanitaria se encuentra obsoleta, lo que provoca frecuentes fugas y fallos, exacerbados por la presencia de tomas clandestinas que aumentan la pérdida de agua no contabilizada. La implementación de tecnología avanzada para detectar y monitorear fugas es necesaria, aunque presenta desafíos debido a los altos costos iniciales y la compleja integración en los sistemas existentes. La falta de mantenimiento preventivo y la capacitación insuficiente del personal técnico agravan la degradación de la infraestructura.

Además, la coordinación interinstitucional es compleja, dificultando la alineación de esfuerzos y la vinculación de acciones entre el organismo operador, otras instituciones y los usuarios del Municipio. Todo esto requiere una gestión integral y sostenida para garantizar un suministro de agua eficiente, eficaz y sostenible.

Descripción: para abordar la problemática relacionada con la infraestructura hidrosanitaria es necesario llevar a cabo las siguientes acciones para lograr este objetivo:

- Reparar fugas: reducir las fugas en la red de agua en un 1% de forma anual en las redes de distribución.
- Eliminar tomas clandestinas: detectar y eliminar el 100% de las tomas clandestinas de forma permanente y sistemática.
- Actualizar tecnologías: implementar tecnologías de detección de fugas y monitoreo remoto en toda la red de agua de forma permanente y sistemática.
- Establecer programas de mantenimiento: crear y mantener programas de mantenimiento preventivo para toda la infraestructura hidráulica, basada en indicadores existentes como el índice de fuga de red, índice de vida útil de infraestructura, etc.
- Capacitar al personal: capacitar al personal técnico en técnicas avanzadas de mantenimiento y conservación en forma permanente.
- Fomentar la coordinación interinstitucional: mejorar la coordinación entre el organismo operador, otras instituciones y usuarios del municipio para alinear esfuerzos y optimizar la gestión del recurso hídrico.
- Implementar indicadores de evaluación: establecer indicadores de evaluación para monitorear el progreso en la reducción de fugas y pérdidas de agua, asegurando la transparencia y responsabilidad en la gestión.

- Promover la inversión en infraestructura: asegurar el financiamiento adecuado para la modernización y conservación de la infraestructura hidráulica a través de alianzas con el sector público y privado.
- Realizar campañas de sensibilización: desarrollar y ejecutar campañas de sensibilización dirigidas a la comunidad sobre la importancia del uso eficiente del agua y la necesidad de mantener la infraestructura en buen estado.
- Desarrollar un plan de acción integral: crear un plan de acción integral que incluya todas las acciones mencionadas y establezca un cronograma claro para su implementación y seguimiento.

Los proyectos de este objetivo deben ser planteados de manera muy definida por la JMAS Chihuahua y ejecutarse en las comunidades rurales después de la implementación de los proyectos del objetivo 1. En las que se incluirán no solo el sostenimiento de los sistemas hidrosanitarios, sino también la inclusión de posibles nuevas fuentes de abastecimiento.

Tabla 7.7. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 7.

Objetivo 7				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Proyectos específicos JMAS/Presidencia Municipal/JCAS	Mejora en la infraestructura de agua y saneamiento en áreas rurales.	Falta de acceso a servicios básicos, problemas de salud pública, desigualdad en el acceso.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Después de la implementación de los proyectos del objetivo 1
Acciones para asegurar la sostenibilidad ambiental y social,	Promoción de prácticas sostenibles y equitativas en la gestión del agua. Incluyendo la protección de ecosistemas, promoción de equidad en el acceso al agua, reducción de huella hídrica, programas educativos y de eficiencia.	Degradación ambiental, desigualdad en el acceso al agua, menor conciencia y educación.	Gobierno municipal, IMPLAN, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Varios plazos según la acción

7.8 OBJETIVO ESTRATÉGICO 8. ASEGURAR LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL

Este objetivo busca garantizar que todas las acciones y políticas del Municipio de Chihuahua se enfoquen en promover un equilibrio entre el desarrollo humano y la protección del medio ambiente. Esto implica implementar prácticas sostenibles que reduzcan el impacto ambiental, como la gestión eficiente de los recursos naturales, la reducción de emisiones contaminantes, y la conservación de la biodiversidad. Además, se debe fomentar la inclusión social y la equidad, asegurando que todos los habitantes, especialmente los más vulnerables, tengan acceso equitativo a los beneficios del desarrollo sostenible. Este enfoque integral requiere la colaboración entre el gobierno, las comunidades, el sector privado y las organizaciones no gubernamentales, asegurando que el progreso económico no comprometa la salud del medio ambiente ni el bienestar de las futuras generaciones.

Problemática: a medida que la urbanización y el desarrollo económico continúan acelerándose, la presión sobre los recursos naturales aumenta significativamente, conduciendo a su agotamiento y degradación. Esta situación se ve exacerbada por una gestión ineficiente de estos recursos, lo que genera un impacto negativo tanto en el medio ambiente como en la calidad de vida de la población. La contaminación ambiental es una problemática de gran relevancia. La emisión de gases contaminantes y la gestión inadecuada de residuos sólidos y líquidos no solo deterioran la calidad del aire y del agua, sino que también ponen en riesgo la salud pública y la biodiversidad local. La contaminación de los ecosistemas afecta gravemente a la flora y fauna nativas, comprometiendo la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales para la vida humana. La degradación de estos ecosistemas disminuye la capacidad del medio ambiente para soportar la vida y adaptarse a los cambios climáticos y otros impactos ambientales.

Además, existe una marcada inequidad social en el acceso a los beneficios del desarrollo económico. Los grupos más vulnerables a menudo quedan excluidos de los procesos de desarrollo, lo que genera desigualdades en el acceso a servicios básicos, oportunidades de empleo y condiciones de vida dignas. Esta exclusión social agrava las disparidades existentes y dificulta la construcción de una comunidad equitativa y cohesionada.

Descripción: para abordar la sostenibilidad ambiental y asegurar la equidad en el acceso al agua, se propone un enfoque integral que incluye la restauración y protección de ecosistemas críticos, así como la promoción de tecnologías y prácticas eficientes.

El primer componente del objetivo consiste en la rehabilitación de ecosistemas acuáticos y terrestres. Esta acción es esencial para conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas proporcionan. La participación comunitaria es fundamental en este proceso, involucrando a los habitantes locales en la protección y monitoreo de los ecosistemas, lo cual fomenta un sentido de responsabilidad y cuidado hacia el medio ambiente.

El segundo proyecto se enfoca en garantizar que todas las comunidades, especialmente las más vulnerables, tengan acceso equitativo al agua. Esto se logrará mediante la mejora

de la infraestructura hídrica existente, la adopción de tecnologías ahorradoras de agua y la educación sobre el uso responsable del agua. La modernización de la infraestructura permitirá un suministro de agua más eficiente y fiable, mientras que las tecnologías ahorradoras contribuirán a reducir el consumo de agua en diversas actividades.

La educación y sensibilización sobre el uso responsable del agua son también pilares esenciales del proyecto. Informar a la comunidad sobre la importancia de la conservación del agua y las prácticas sostenibles de uso ayudará a crear una cultura de responsabilidad ambiental y sostenibilidad.

Ambos componentes del proyecto integran la participación comunitaria, la aplicación de tecnologías avanzadas y un enfoque holístico para lograr una gestión sostenible del recurso hídrico. Este enfoque multidimensional no solo aborda los aspectos técnicos y operativos de la gestión del agua, sino que también considera los factores sociales y ambientales, garantizando así un impacto positivo y duradero en la sostenibilidad del Municipio de Chihuahua.

Tabla 7.8. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 8.

Objetivo 8				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Restauración y protección de ecosistemas acuáticos y terrestres	Conservación de la biodiversidad y mejora de servicios ecosistémicos.	Pérdida de biodiversidad, degradación de ecosistemas, menor capacidad de resiliencia.	Gobierno municipal, IMPLAN, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Depende del avance de los proyectos del objetivo 1
Programa de equidad en el acceso y uso del agua	Promoción de acceso equitativo y uso responsable del agua.	Desigualdad en el acceso, uso irresponsable del agua, menor conciencia y educación.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Varios plazos según la acción

7.9 OBJETIVO ESTRATÉGICO 9. FORTALECER LA GOBERNANZA DEL AGUA

Este objetivo se centra en asegurar una gestión hídrica transparente, inclusiva y basada en criterios técnicos. Para lograr esto, se propone establecer un comité municipal de gestión del agua con representación de todos los sectores relevantes. Este comité estará intrínsecamente vinculado con el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) Metropolitano, garantizando que las decisiones se tomen de manera equitativa y sin influencias políticas.

Problemática: la creación de un comité municipal de gestión del agua con representación de todos los sectores relevantes, vinculado intrínsecamente con el COTAS, puede resultar en un proceso difícil debido a la necesidad de asegurar una representación verdaderamente equitativa y diversa. La influencia de intereses políticos y económicos podría complicar la formación de un comité imparcial y enfocado en criterios técnicos.

Además, la actualización y fortalecimiento del marco regulatorio vigente en un plazo específico requiere de mesas de análisis exhaustivas y consensos entre múltiples actores, lo que podría retrasar el proceso debido a la diversidad de intereses y opiniones. Promover la gestión integrada y sostenible del agua también implica superar resistencias al cambio y a nuevas normativas que podrían ser vistas como restrictivas por algunos sectores.

Fomentar la participación comunitaria mediante consultas públicas y talleres participativos trimestrales también presenta desafíos logísticos y de coordinación. Garantizar que la voz de la comunidad sea escuchada y considerada en la toma de decisiones requiere de un esfuerzo continuo y bien organizado para movilizar a la ciudadanía y asegurar una participación significativa.

Finalmente, el desarrollo de programas de educación y concienciación ambiental adaptados a las características de los sectores para que los asistentes se identifiquen con la problemática, tanto en escuelas como en comunidades locales, exige recursos y una estrategia educativa eficaz.

Descripción: para promover una gestión integrada y sostenible del agua en el Municipio de Chihuahua, es necesario implementar varias acciones estratégicas enfocadas en asegurar la toma de decisiones basadas en criterios técnicos, la actualización del marco regulatorio, la participación comunitaria y la restauración de ecosistemas.

En primer lugar, es fundamental asegurar que la toma de decisiones en materia hídrica se base en criterios técnicos y no en intereses políticos. Esto garantizará la transparencia y la participación de todos los actores relevantes. Para lograr esto, se establecerá un comité municipal de gestión del agua con representación de todos los sectores pertinentes en el primer año. Este comité será responsable de supervisar las políticas y prácticas de gestión del agua, asegurando que se mantengan alineadas con los criterios técnicos y los objetivos de sostenibilidad.

En segundo lugar, se desarrollará un marco regulatorio sólido que promueva la gestión integrada y sostenible del agua. En un plazo específico establecido, se actualizará y fortalecerá el marco regulatorio existente para garantizar transparencia y equidad en la

gestión del agua. Estas regulaciones revisadas proporcionarán una base legal y operativa que apoye las prácticas de gestión sostenible y asegure que todas las acciones sean justas y transparentes.

La participación comunitaria es otro componente crucial del proyecto. Se promoverá la participación de la comunidad en la toma de decisiones mediante consultas públicas y talleres participativos trimestrales. Además, se iniciarán proyectos de restauración en ecosistemas acuáticos críticos.

Para garantizar el acceso equitativo al agua potable, se implementarán programas específicos en las comunidades del Municipio. Estos programas se enfocarán en mejorar la infraestructura de suministro de agua y asegurar que todas las comunidades, especialmente las más vulnerables, tengan acceso equitativo a este recurso vital.

Por último, se desarrollarán programas de educación y concienciación ambiental en las escuelas y comunidades locales. Estos programas serán diseñados para aumentar la comprensión y el compromiso de la comunidad con respecto al uso responsable y sostenible del agua.

Tabla 7.9. Proyectos y acciones del objetivo estratégico 9.

Objetivo 9				
Proyecto	**Beneficios**	**Riesgo de no implementarlo**	**Actores Responsables Financiamiento**	**Tiempo de Ejecución**
Creación del comité municipal de gestión del agua	Mejor coordinación y gestión equitativa del agua, incremento de la confianza pública, mejor toma de decisiones informadas.	Problemas de salud pública, desconfianza en el suministro, impacto negativo en la agricultura e industria.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Pendiente de acuerdos y convenios
Actualización y fortalecimiento del marco regulatorio	Gestión más eficiente del agua, mayor equidad y transparencia, reducción de problemas legales y administrativos.	Gestión ineficiente del agua, falta de equidad y transparencia, problemas legales y administrativos.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Pendiente de acuerdos y convenios
Programas de educación y concienciación ambiental	Aumento de la conciencia ambiental, uso más responsable del agua, conservación de recursos hídricos.	Uso irresponsable del agua, falta de conciencia ambiental, agotamiento de recursos hídricos.	Gobierno municipal, estatal y federal, COTAS, instituciones educativas, ONGs, fondos federales y estatales	Pendiente de acuerdos y convenios

7.10 PROYECTOS EN DESARROLLO O PROPUESTOS POR INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES

En este sentido existen propuestas que buscan la seguridad de abastecimiento de agua potable y la mejora de la infraestructura hidrosanitaria en el Municipio de Chihuahua que se están analizando por la JMAS Chihuahua y la JCAS. Diversas propuestas están enfocadas en integrar nuevas fuentes de abastecimiento a la ciudad de Chihuahua, a continuación, se enumeran de forma cronológica y describen de forma sintética.

La JCAS, establece las siguientes alternativas de abastecimiento que está desarrollando en el año 2024:

I. Mina San Antonio, con un potencial de extracción de 1000 l/s.
II. Proyecto de captación en Bavisa, con un potencial de extracción de 1000 l/s, el tipo de fuente de agua es superficial.
III. Proyecto de captación en el rio Papigochi; con un potencial de 2000 l/s, el tipo de fuente de agua es superficial.
IV. Pozos en el acuífero Villalba, con un potencial de 500 l/s, el tipo de fuente es agua subterránea.
V. Proyecto de actualización de disponibilidad de los acuíferos Chihuahua-Sacramento, Tabalaopa-Aldama y Sauz-Encinillas por la WWF y la UACH.

En 2013, la JCAS, en coordinación con la CONAGUA y la JMAS, llevó a cabo la “Evaluación de las fuentes actuales de abastecimiento a la ciudad de Chihuahua, estudio de factibilidad de fuentes alternas y anteproyecto de infraestructura hidráulica necesaria” [61]. Además de las propuestas actuales de la JCAS, es importante destacar que estas fuentes también fueron evaluadas en aquel momento. A continuación, se enumeran las alternativas para nuevas fuentes de abastecimiento para la ciudad:

I. Agua superficial

- Presa La Boquilla, sin disponibilidad para la ciudad de Chihuahua, de acuerdo con el análisis realizado de almacenamientos históricos y extracciones considerando el abastecimiento de 1, 2, 4 y 6 m3/s, la presa La Boquilla no representa una fuente potencial de abastecimiento superficial para la Ciudad de Chihuahua, por sobre concesión de los derechos de extracción y compromiso internacional con el Tratado de 1944.
- Presa las Vírgenes, no representa una fuente potencial de abastecimiento superficial para la Ciudad de Chihuahua, dado el comportamiento del vaso bajo diferentes condiciones reducción en las descargas de los compromisos aguas abajo (0, 10, 15, 20 y 30%). Estas descargas es necesario reducirlas en porcentajes variables, con el fin de aumentar la capacidad de extracción para abastecimiento de agua para la ciudad de Chihuahua. También se puede observar que en los años de sequía extrema se refleja un almacenamiento crítico. Para que esta presa se pueda considerar de manera eficiente como fuente superficial de abastecimiento se tendrían que reducir drásticamente las extracciones para riego, ya que en los

diferentes escenarios analizados se muestran años críticos, principalmente aquellos donde prevalecen las sequías hidrológicas importantes.

- Presa El Granero, del análisis realizado de almacenamientos históricos y extracciones considerando el abastecimiento de 1, 4 y 5 m^3/s, la presa El Granero representa una fuente potencial de abastecimiento superficial para la ciudad de Chihuahua, de acuerdo con el comportamiento del vaso bajo diferentes condiciones reducción en las descargas de los compromisos aguas abajo (0, 10, 15 y 20%), estas descargas es necesario reducirlas en porcentajes variables, con el fin de aumentar la capacidad de extracción para abastecimiento de agua para la Ciudad de Chihuahua. También se puede observar que en los años de sequía extrema se refleja un almacenamiento crítico. El inconveniente es su lejanía respecto a la Ciudad y la baja calidad del líquido.
- Río Conchos-Hidrométrica Las Burras, según los escurrimientos naturales restituidos [71], no se están considerando los años con excedencias de las presas. Además, bajo estas condiciones, no se puede extraer agua para abastecimiento en la mayoría de los años del registro histórico.

Conclusiones:

- Concesión total del agua almacenada: los volúmenes de agua en los embalses de las presas Francisco I. Madero, La Boquilla y Luis L. León están completamente concesionados, lo que limita el suministro continuo de agua para la ciudad de Chihuahua.
- Presa Francisco I. Madero: no se recomienda como fuente alterna de abastecimiento debido a su limitada disponibilidad de agua en periodos de sequía.
- Presa Luis L. León: a pesar de que todos sus volúmenes están comprometidos y la calidad del agua no es óptima, mantiene su volumen por encima de la capacidad de conservación en años de sequía y podría considerarse como fuente alterna de abastecimiento para la Ciudad de Chihuahua.

II. Agua subterránea

- Acuífero Aldama-San Diego, con un potencial de extracción de 350 l/s, pero con mala calidad del agua presencia de metales pesados.
- Acuífero Alto Rio San Pedro, con un potencial de extracción de 150 l/s.
- Acuífero Laguna de Hormigas, con un potencial de extracción de 350 l/s.
- Acuífero El Sauz-Encinillas, con un potencial de extracción de 300 l/s (San Agustín).

En el 2017 se realizó un estudio de factibilidad para nuevas fuentes de abasto, por parte del Corporativo de Diseño y Construcción, considerando alternativas ya planteadas las cuales se revisaron:

a) Acueducto Sierra Azul Ojos del Chuvíscar, con un potencial de extracción de 300 l/s, con una inversión alrededor de $383 millones de pesos.

b) Acueducto Aldama-San Diego, con un potencial de extracción de 180 l/s, con una inversión alrededor de $456 millones de pesos.
c) Acueducto Villalba, con un potencial de extracción de 210 l/s, con una inversión alrededor de $620 millones de pesos.
d) Acueducto Sur, con un potencial de extracción de 450 l/s, con una inversión alrededor de $389 millones de pesos.

Infraestructura hidrosanitaria en la mancha urbana

En cuanto a la infraestructura de agua potable, es necesario realzar los siguientes proyectos de acuerdo con los estudios mencionados:

1. Acuaferico, este es la forma de darle sostenibilidad al trasvase de los volúmenes de agua potable, de forma tal que no importa de donde venga la oferta de agua podrá incorporarse los volúmenes de agua en los acueductos principales.
2. Continuar con la sectorización y gestión de presiones, esto ha permitido al organismo tener mayor control en la distribución y aminorar las pérdidas de volúmenes de agua potable.
3. Modernización de infraestructura, renovación y ampliación de la red de agua potable y alcantarillado.
    - Identificación de áreas prioritarias basadas en el inventario y análisis de datos.
    - Reemplazo de tuberías viejas y deterioradas.
    - Implementación de sistemas de monitoreo y control para detección temprana de fugas y optimización del suministro.
4. Implementación de tecnologías avanzadas, integración de sistemas y tecnologías avanzadas para mejorar la gestión del agua.
    - Instalación de sensores y medidores inteligentes para monitorizar el consumo y la calidad del agua en tiempo real.
    - Desarrollo de un sistema de información geográfica (SIG) para análisis espacial y planificación.
    - Implementación de software de gestión de recursos hídricos para optimización operativa y planificación estratégica.
5. Fortalecimiento institucional y educación comunitaria**,** capacitación del personal y sensibilización comunitaria para una gestión efectiva del agua.
    - Desarrollo de programas de formación en gestión del agua y tecnologías hidrosanitarias para el personal de la JMAS y otras instituciones locales.
    - Campañas educativas sobre el uso eficiente del agua dirigidas a la comunidad.
    - Establecimiento de mecanismos de participación comunitaria para la gestión sostenible del recurso hídrico.
6. Planificación para la demanda futura, desarrollo de estrategias para gestionar la demanda futura de agua potable, buscando que los usuarios disminuyan sus

consumos de forma consciente y responsable, apoyados en una medición correcta de sus volúmenes de agua utilizados.



LA ESTRATEGIA PARA PROMOVER LA CULTURA DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA DEBE BASARSE EN LA COMPRENSIÓN Y APLICACIÓN DE VALORES, ACTITUDES, COSTUMBRES Y HÁBITOS QUE FOMENTEN UN USO RESPONSABLE DEL AGUA.

ENFATIZANDO LA IMPORTANCIA DE VALORAR Y PRESERVAR ESTE RECURSO ESENCIAL DENTRO DE UN ESQUEMA DE DESARROLLO SUSTENTABLE.

VIII. ESTRATEGIA DE CULTURA DEL AGUA

La cultura del agua abarca un conjunto de valores, actitudes, costumbres y hábitos inculcados en individuos y sociedades para fomentar una conciencia responsable sobre el uso racional del agua. Esta cultura subraya la importancia de valorar y preservar el recurso hídrico, promoviendo su uso responsable en todas las actividades dentro de un esquema de desarrollo sustentable. Promover una cultura del agua sostenible en el Municipio de Chihuahua es imperativo y puede lograrse mediante el aumento de la conciencia pública, el fomento del uso sostenible del agua y la promoción de políticas de conservación [72] [73].

Para ello, es crucial identificar los sectores prioritarios e implementar estrategias basadas en estudios recientes de la ciencia del comportamiento humano. Es necesario establecer indicadores cuantificables para los programas de conservación del agua y desarrollar herramientas que proyecten la aceptación e implementación de estas estrategias, facilitando así la toma de decisiones y mejorando la capacidad para implementar los programas de conservación del agua de manera efectiva.

Estas acciones no solo desarrollarán la capacidad para implementar mejor los programas de conservación de agua, sino que también mejorarán la respuesta a crisis a corto plazo, como las sequías, al tiempo que proporcionarán reducciones persistentes en la demanda de agua asociada al crecimiento poblacional [74].

Desde 1990, CONAGUA ha implementado acciones educativas para promover la cultura del agua en México, en respuesta a los problemas asociados con el agua no potable. Estas iniciativas buscan sensibilizar a la población y motivarla a adoptar prácticas responsables en el uso del agua, destacando la responsabilidad compartida entre la ciudadanía, el gobierno y otros sectores. Las acciones se desarrollan en colaboración con municipios y entidades federativas a través del Programa Presupuestal de Capacitación Ambiental y Desarrollo Sustentable, en conjunto con el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), con el objetivo de consolidar la participación social en el manejo del agua y promover su uso sostenible [75].

Las campañas y programas de cultura del agua han sido poco exitosos en cambiar la gestión y responsabilidad de los usuarios debido a varios factores. Uno de los principales problemas es que la población a menudo se siente ajena a la problemática de la gestión del agua, lo que lleva a no asumir responsabilidad en la solución mediante cambios en sus hábitos. Este fenómeno se agrava en comunidades con mayor confort, donde la demanda de agua aumenta sin una correspondiente conciencia sobre su uso eficiente [76] [77] [78].

En el caso del municipio de Chihuahua, aunque se tiene un nivel de escolaridad superior al promedio nacional, existe poca aceptación de la responsabilidad individual en la gestión del agua. Esto puede atribuirse a la normalización de situaciones de escasez y crisis hídrica, donde la falta de agua se percibe como una condición común y no como un problema a resolver colectivamente. Además, hay una desconexión entre el nivel educativo y la conducta en relación con el consumo de agua, lo que sugiere que la educación formal no siempre se traduce en prácticas sostenibles.

La estrategia para promover la cultura del agua en el Municipio de Chihuahua debe basarse en la comprensión y aplicación de valores, actitudes, costumbres y hábitos que fomenten un uso responsable del agua, enfatizando la importancia de valorar y preservar este recurso esencial dentro de un esquema de desarrollo sustentable.

Actualmente, el Programa Presupuestal de Capacitación Ambiental y Desarrollo Sustentable por CONAGUA busca consolidar la participación social en el manejo del agua y promover su uso sostenible a través de una cultura del agua [79]. Este programa tiene como objetivo mejorar la capacidad de gestión en educación y cultura ambiental de actores estratégicos como individuos, instituciones, organizaciones de la sociedad civil y entidades gubernamentales. Como servicio gubernamental, sus actividades abarcan la educación formal, no formal e informal, y no se realizan de manera periódica. Entre sus acciones destacan el apoyo a la cultura del agua en municipios y entidades federativas, el desarrollo e impartición de cursos, talleres y diplomados (tanto en línea como presenciales), la organización de ferias, la provisión de asesorías técnicas, y la producción y difusión de documentos sobre el tema, incluyendo su difusión en la web y redes sociales.

Es imperativo desarrollar soluciones innovadoras para abordar los problemas ambientales actuales, no solo desde un enfoque tecnológico, sino también reforzando los valores de la sociedad. La educación ambiental es una herramienta fundamental para lograr este objetivo, ya que promueve un mayor involucramiento en la resolución de problemas y la toma de medidas para mejorar el medio ambiente por parte de los diferentes sectores de la población, basándose en decisiones informadas y responsables [75].

Generalmente, existen tres respuestas ante un déficit de agua potable [76] [77]:

1. Aumentar los suministros existentes.
2. Sustituir las fuentes actuales de abastecimiento por zonas alternativas de explotación.
3. Conservación del recurso hídrico.

Las estrategias 1 y 2 suelen tener costos considerables y requieren tiempo para su implementación. Por el contrario, la estrategia 3 de conservación del recurso hídrico apoya una gobernanza más receptiva, puede implementarse rápidamente y no está asociada con grandes costos de inversión en infraestructura.

El principal impulsor de la cultura de la conservación del agua es la adopción de prácticas eficientes en el uso del agua por parte de los hogares, promoviendo la conciencia y la comprensión, y añadiendo un desencadenante de decisión, como una sequía, que inicia cambios de comportamiento que llevan a la conservación del recurso.

Las campañas de información son cruciales para crear usuarios más informados y racionales. Se ha observado que las transmisiones en los medios tienden a reducir la demanda de agua entre un 2% y 5%, y la efectividad de las campañas de concienciación varía entre 0% y 8% [74]. En California, EE. UU., la atención mediática sobre la sequía y la necesidad de conservación del agua se asoció con una reducción del 11% al 18%. En Namibia, con un estrés hídrico casi permanente, se argumenta que las campañas de

concienciación necesitan un enfoque a largo plazo. En Australia, se demostró que proporcionar a los hogares información sobre cómo reducir su consumo de agua logró una reducción del 16% [74].

En el Distrito de Riego 005 Delicias, el Fondo Mundial para la Naturaleza WWF-México ha destacado los significativos avances en la eficiencia hídrica gracias a la adopción de tecnologías avanzadas. Mediante el revestimiento de canales, la canalización de agua a través de tubos cerrados y el uso de técnicas de riego presurizado, los productores locales han logrado reducir el consumo de agua hasta en un 35%. Anteriormente, predominaba el riego por inundación, pero ahora, con sistemas de alta presión adaptados para cultivos como la alfalfa y la nuez pecanera, se aplica el agua de manera más uniforme y con volúmenes considerablemente menores, alcanzando ahorros de hasta el 90% en el caso específico de la nuez [80].

Por otro lado, la JMAS Chihuahua ha lanzado la campaña "Chihuahua sin Fugas" con el objetivo de sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de evitar el desperdicio de agua en los hogares. Este programa cuenta con equipos de plomeros y gestores de la JMAS están dedicados a la reparación de fugas menores reportadas en diversas colonias, con la intención de concienciar sobre los micro-desperdicios en instalaciones domiciliarias y promover un uso responsable del recurso hídrico. Además, se ofrece asistencia regular a las familias para corregir sus instalaciones hidráulicas, buscando reducir significativamente el desperdicio de agua y generar beneficios ambientales y económicos para la comunidad, aunque no se ha cuantificado el volumen de ahorro hasta el momento [81]. Asimismo, se ha implementado el curso "taller de plomería para mujeres", con el objetivo de que puedan identificar desperfectos que provoquen pérdidas de volúmenes de agua e impacten en su facturación, y, por ende, en la economía familiar. Esta iniciativa busca crear una sinergia entre el organismo operador y los usuarios, fomentando la corresponsabilidad en la gestión del servicio de agua potable. Además, desde 2018, la JMAS Chihuahua ha adoptado como política operativa la detección de fugas de agua potable no visibles, tanto en las tuberías de la red como en las instalaciones de los usuarios, y la corrección permanente y sistemática de las fugas visibles, especialmente en los arcos medidores y tomas domiciliarias, donde se contabiliza el 80% de las fugas en la red.

Simultáneamente, el Gobierno Municipal de Chihuahua, a través de la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, está colaborando activamente en la expansión de la cobertura de la "Línea Morada" en fraccionamientos y áreas urbanas, con el propósito de disminuir el consumo de agua potable destinada al riego de áreas verdes [82].

Además, existe el programa "Ahorrante un Chorro" de la JMAS Chihuahua el cual tiene como objetivo la instalación de regaderas ecológicas que reducen el consumo de agua de 10 a 3.8 litros por minuto, representando un ahorro del 60%. Este esfuerzo tiene como meta final ahorrar hasta 92 millones de litros de agua, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad hídrica en la región [83].

8.1 ESTRATEGIA DE CULTURA DEL AGUA PARA EL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA

Objetivo general de la estrategia de cultura del agua

Fomentar una cultura del uso responsable y sostenible del agua en el Municipio de Chihuahua, involucrando a todos los sectores de la sociedad en la conservación y gestión eficiente del recurso hídrico.

Objetivos específicos

- Incrementar la concienciación sobre la importancia del agua y la necesidad de su conservación mediante campañas de información y actividades educativas.
- Promover prácticas de uso eficiente y ahorro de agua en todos los sectores (hogares, industrias y públicos) a través de programas de formación y difusión de tecnologías eficientes.
- Fortalecer la educación ambiental enfocada en la gestión del recurso hídrico a través de la integración de contenido especializado en currículos escolares y programas de capacitación comunitaria.
- Implementar y monitorear políticas y medidas que incentiven el uso sostenible del agua, incluyendo regulaciones y sistemas de incentivos para prácticas responsables.
- Fomentar la responsabilidad compartida entre individuos, comunidades y gobiernos en la gestión del agua, mediante la creación de plataformas de colaboración y participación ciudadana.
- Promover y apoyar la adopción de tecnologías sostenibles para el ahorro y reutilización del agua mediante subsidios, programas de financiamiento y alianzas con el sector privado.
- Mejorar la gestión y conservación del agua a través de la implementación de políticas públicas efectivas y programas educativos continuos, orientados a la protección y recuperación de fuentes de agua.

Componentes de la estrategia

Campañas de concienciación pública

Descripción: campañas en medios de comunicación para educar al público sobre la importancia de conservar el agua.

- Información en lenguaje sencillo que todos los habitantes de los hogares puedan comprender sobre cómo lograr la conservación del agua.
- Desarrollar campañas de largo plazo que informen a la población sobre la importancia del agua, el impacto de la sequía y la necesidad de conservar este recurso.
- Utilizar medios de comunicación masiva, redes sociales y eventos comunitarios para difundir mensajes clave sobre el uso responsable del agua.
- Indicadores que retroalimenten el desempeño de estas estrategias.

Programas educativos

Descripción: distribución de materiales informativos que describan métodos para evitar pérdidas de agua en el hogar.

- Incorporar contenido sobre el uso sostenible del agua en los currículos escolares a nivel primario y secundario. Para ello es importante realizar convenio con la SEECh y generar un comité académico por nivel educativo para determinar los contenidos correspondientes.
- Organizar talleres y seminarios para diferentes grupos de la comunidad, incluyendo niños, jóvenes, adultos y empresas, sobre técnicas de ahorro y gestión eficiente del agua.

Centros de Información y educación Ambiental:

- Establecer centros de información y educación ambiental donde los ciudadanos puedan aprender sobre la gestión del agua, tecnologías de ahorro y prácticas sostenibles.
- Establecer convenios con los medios de comunicación para la promoción de la cultura y el aprendizaje de estrategias del uso responsable del agua.

Incentivos y políticas de conservación

Descripción: implementación de políticas que restrinjan el uso de agua durante periodos críticos y reducción de fugas.

- Ofrecer incentivos económicos, como subsidios o descuentos, para la instalación de dispositivos ahorradores de agua (p. Ej., cabezales de ducha eficientes, sistemas de recolección de agua de lluvia). Así como la “premiación” al usuario que se comprometa y disminuya de forma sostenible su demanda.
- Establecer normativas que obliguen a nuevas construcciones a incorporar tecnologías y sistemas de ahorro de agua, así como en viviendas de nivel socio económico medio-alto a alto a construir e instalar sistemas de reúso del agua residual tratada (ya existen tecnologías probadas).
- Promover la captación del agua pluvial en época de lluvia y su utilización.
- Promover la reutilización y reciclaje de agua en sectores industriales y agrícolas.

Tecnología y monitoreo

Descripción: proveer retroalimentación en tiempo real a los hogares sobre su consumo de agua, en donde el costo beneficio sea rentable (consumos por encima del promedio).

- Implementar medidores inteligentes en hogares y empresas que proporcionen retroalimentación detallada sobre el consumo de agua, ayudando a los usuarios a identificar y corregir ineficiencias.
- Desarrollar sistemas de monitoreo que permitan la supervisión en tiempo real del uso de agua en distintas áreas del Municipio, facilitando la detección de fugas y la gestión eficiente del recurso.

- Promover e incentivar en los centros educativos de nivel medio a posgrado para desarrollar propuestas de innovación y tecnologías, entre otros.
- Realizar convenio con la Secretaria de Innovación y Desarrollo Económico del Estado de Chihuahua, para impulsar startups relacionadas con el sector hídrico.

Adopción de dispositivos de ahorro de agua

Descripción: promoción y subsidio de dispositivos eficientes en el uso del agua, como cabezas de ducha y lavadoras eficientes.

- Programas de reacondicionamiento residencial.
- Subsidios para la compra de dispositivos eficientes.
- Promoción del uso de sistemas de recolección de agua de lluvia.

Participación comunitaria

- Fomentar la creación de grupos de voluntarios dedicados a la conservación del agua y la promoción de prácticas sostenibles en sus comunidades.
- Involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua, mediante consultas públicas y mesas de trabajo.

Evaluación y mejora continua

- Establecer indicadores de desempeño para evaluar la efectividad de las estrategias implementadas y realizar ajustes necesarios para mejorar los resultados.
- Publicar informes periódicos sobre el estado del recurso hídrico y los avances en la implementación de la estrategia de cultura del agua, asegurando la transparencia y la rendición de cuentas.

Conclusión

La implementación de una estrategia de cultura del agua en el Municipio de Chihuahua es fundamental para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico ante los desafíos del cambio climático y el crecimiento poblacional. A través de la educación, la participación comunitaria, la adopción de tecnologías eficientes y el establecimiento de políticas y normativas adecuadas, se puede promover un uso responsable del agua que beneficie a toda la comunidad.

El agua es un recurso cada vez más escaso debido a la contaminación y al uso insostenible. En el Municipio de Chihuahua, las principales fuentes de agua dulce son los acuíferos Chihuahua-Sacramento, El Sauz-Encinillas y Tabalaopa-Aldama, los cuales enfrentan un déficit significativo entre la recarga media anual y el volumen de extracción. Esto representa un riesgo grave para la disponibilidad futura del recurso. Ante este panorama, es crucial implementar una gestión eficiente del agua que promueva una cultura de uso sostenible. Esto incluye iniciativas que aumenten la conciencia pública, fomenten el uso de tecnologías ahorradoras y establezcan políticas efectivas de conservación.

Abordar la crisis del recurso hídrico requiere promover activamente la cultura del agua mediante la educación ambiental y la adopción de mejores prácticas en todos los sectores

de la sociedad. Desde acciones individuales, como el uso eficiente de electrodomésticos y la reducción del consumo en los hogares, hasta esfuerzos comunitarios y gubernamentales que incluyan la educación ambiental en la enseñanza básica, el reciclaje del agua y la implementación de tecnologías de riego eficientes en la agricultura, así como políticas públicas que incentiven la conservación.

Es esencial identificar y superar los principales obstáculos para la implementación de estos planes, como la falta de infraestructura adecuada, la resistencia al cambio o la adopción de buenas prácticas, y la escasez de recursos. La colaboración estrecha entre comunidades, centros de investigación académicos y el gobierno es fundamental para lograr una gestión sostenible del agua que garantice su disponibilidad para las generaciones futuras y mitigue los impactos del estrés hídrico en el desarrollo económico y social.

Responsabilidad

El cuidado del agua es una responsabilidad que recae en todos, todos somos consumidores y todos debemos cuidarla. En materia de agua, se requiere de plena corresponsabilidad con la sociedad.


COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES
PLAN
MUNICIPAL

LOS INDICADORES SON ESENCIALES PARA EL SEGUIMIENTO DEL PMH 2040. PERMITEN MONITOREAR Y EVALUAR TANTO LA CANTIDAD COMO LA CALIDAD DEL AGUA EN LA REGIÓN, FACILITANDO LA TOMA DE DECISIONES Y LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA. AYUDAN A IDENTIFICAR PROBLEMAS Y MEDIR EL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS IMPLEMENTADAS, ASEGURANDO EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD Y LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

IX. INDICADORES Y SEGUIMIENTO

Para dar seguimiento a los proyectos y acciones planteadas en la cartera de proyectos por objetivo estratégico, se propone un sistema de información, monitoreo y evaluación detallado en el Informe 13 de este estudio como herramienta base para la elaboración del PMH. En el informe 13 se especifica la estructura del sistema de monitoreo, incluyendo la selección de herramientas tecnológicas y plataformas más adecuadas para la recopilación y almacenamiento de datos. Se identifican los indicadores y parámetros clave que permitirán medir y evaluar el desempeño del PMH. Se establece un esquema de monitoreo continuo que garantiza la recolección oportuna de datos relevantes. Además, se plantean mecanismos para realizar evaluaciones periódicas del avance del PMH, permitiendo identificar áreas de mejora y ajustar estrategias si es necesario. También se definen los mecanismos de comunicación y reporte de resultados, asegurando que la información sea accesible y transparente para todas las partes interesadas.

Los indicadores son esenciales para el seguimiento del PMH. Permiten monitorear y evaluar tanto la cantidad como la calidad del agua en la región, facilitando la toma de decisiones y la planificación estratégica. Además, ayudan a identificar problemas y medir el impacto de las políticas implementadas, asegurando el cumplimiento de la normatividad y los objetivos del plan. Estos indicadores están vinculados a los planes y programas municipales, estatales, federales e internacionales, promoviendo la coherencia y la alineación con las políticas públicas.

Los indicadores también promueven la transparencia y la rendición de cuentas, mejorando la confianza pública. Se han definido dos tipos de indicadores para monitorear el cumplimiento de los objetivos estratégicos:

- Indicadores de primer orden: permiten evaluar y monitorear el avance específico de cada proyecto dentro de los objetivos estratégicos.
- Indicadores de segundo orden: compuestos por los indicadores de primer orden, estos permiten analizar el estado general de cada uno de los objetivos estratégicos en su totalidad.

Por razones de eficiencia, en este apartado se presentan solamente los indicadores de segundo orden.

9.1 INDICADORES DE SEGUNDO ORDEN

Los indicadores de segundo orden o globales son aquellos que determinan el cumplimiento de cada objetivo estratégico planteado para el PMH 2040.

Para evaluar el cumplimiento de los objetivos estratégicos, se ha establecido una escala de desempeño, que se detalla a continuación:

La escala de desempeño es un sistema de cinco niveles que categoriza el desempeño de cada indicador en:

- Mal desempeño: este nivel indica que el valor del indicador cae muy por debajo del rango esperado o aceptable. Sugiere deficiencias significativas en la gestión y prestación de servicios de agua y saneamiento.
- Regular: este nivel representa un desempeño que cumple con algunos estándares básicos, pero aún no alcanza los niveles óptimos. Implica espacio para mejorar y la necesidad de esfuerzos continuos para mejorar los servicios de agua y saneamiento.
- Suficiente: este nivel indica que el valor del indicador se encuentra dentro del rango aceptable, cumpliendo con los requisitos mínimos y demostrando un cierto grado de efectividad en la gestión de los servicios de agua y saneamiento.
- Sobresaliente: este nivel significa un desempeño que supera las expectativas y demuestra un logro excepcional en la prestación de servicios de agua y saneamiento. Sugiere un alto nivel de eficiencia y eficacia en la gestión de estos recursos.
- Excelente: este nivel representa el más alto nivel de desempeño, indicando que el valor del indicador supera consistentemente las expectativas y demuestra una excelencia excepcional en la gestión y entrega de servicios de agua y saneamiento. Implica un modelo de mejores prácticas y un compromiso con la mejora continua.

Aplicación de la escala de desempeño

Para aplicar la escala de desempeño a cada indicador, es necesario comparar el valor calculado del indicador con los rangos o umbrales correspondientes definidos para cada nivel de desempeño. Por ejemplo, si el porcentaje de la población con acceso a agua potable es del 62%, se ubicaría en la categoría de desempeño "regular". A continuación, se detallan los indicadores por cada objetivo estratégico propuesto.

Tabla 9.1. Indicadores del objetivo estratégico 1: Mejorar el monitoreo del uso del agua.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Porcentaje de medidores de agua instalados en la red de distribución	(Número de medidores de agua instalados / Número total de conexiones) x 100%	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%
Frecuencia de la recolección de datos de consumo de agua	(Número de ciclos de recolección de datos por año), periodo máximo mensual	* Mal desempeño: < 4 * Regular: 4 - 6 * Suficiente: 7 - 9 * Sobresaliente: 10 - 12 * Excelente: > 12
Precisión de los datos de consumo de agua	(Porcentaje de puntos de datos con precisión aceptable), cantidad de datos estandarizados y confiables/cantidad de datos totales	* Mal desempeño: < 80% * Regular: 80% - 85% * Suficiente: 86% - 90% * Sobresaliente: 91% - 95% * Excelente: > 95%
Disponibilidad de datos de consumo de agua para acceso público	(Porcentaje de conjuntos de datos disponibles para descarga o consulta pública), cantidad de información por comunidades/básicos, de comunidades totales	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 75% * Suficiente: 76% - 90% * Sobresaliente: 91% - 95% * Excelente: > 95%

Tabla 9.2. Indicadores del objetivo estratégico 2: Desarrollar proyectos climáticos.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Número de proyectos implementados de adaptación al cambio climático	(Número de proyectos completados, en relación con los planteados en 6 años	* Mal desempeño: < 2 * Regular: 2 - 4 * Suficiente: 5 - 7 * Sobresaliente: 8 - 10 * Excelente: > 10
Inversión en proyectos de adaptación al cambio climático	(Presupuesto total asignado a proyectos de adaptación climática)	* Mal desempeño: < $1 millón * Regular: $1 - $5 millones * Suficiente: $5 - $10 millones * Sobresaliente: $10 - $20 millones * Excelente: > $20 millones
Efectividad de los proyectos de adaptación al cambio climático	(Porcentaje de proyectos que demuestran una reducción de la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático), con indicadores particulares que pasan de un 50% de implementación	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%
Participación comunitaria en proyectos de adaptación al cambio climático	(Porcentaje de proyectos con participación activa de la comunidad)	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%
Sostenibilidad de los proyectos de adaptación al cambio climático	(Porcentaje de proyectos con planes de financiamiento y mantenimiento a largo plazo)	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%

Tabla 9.3. Indicadores del objetivo estratégico 3: Invertir en infraestructura resiliente.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Porcentaje de activos de infraestructura hídrica que son resilientes a los impactos del cambio climático	(Número de activos con medidas de resiliencia / Número total de activos) x 100%	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%
Inversión en infraestructura hídrica resiliente	(Total de presupuesto asignado a proyectos de infraestructura resiliente)	* Mal desempeño: < $10 millones * Regular: $10 - $20 millones * Suficiente: $21 - $30 millones * Sobresaliente: $31 - $40 millones * Excelente: > $40 millones
Efectividad de las medidas de infraestructura resiliente	(Reducción del impacto del cambio climático en la infraestructura hídrica), porcentaje de proyectos implementados**	* Mal desempeño: > 10% de impacto del cambio climático * Regular: 5% - 10% de impacto del cambio climático * Suficiente: 0% - 5% de impacto del cambio climático * Sobresaliente: 0% - 5% de reducción del impacto del cambio * Excelente: > 5% de reducción del impacto del cambio climático
Satisfacción del usuario con la infraestructura hídrica resiliente	(Puntuación promedio en encuestas de satisfacción del usuario)	* Mal desempeño: < 3 * Regular: 3 - 4 * Suficiente: 4.1 - 4.5 * Sobresaliente: 4.6 - 4.9 * Excelente: > 5
Mantenimiento de la infraestructura hídrica resiliente	(Porcentaje de activos con bitácora de mantenimiento preventivo y correctivo adecuados)	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%

Tabla 9.4. Indicadores del objetivo estratégico 4: Análisis y gestión de acuíferos.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Nivel de conocimiento de las características hidrogeológicas de los acuíferos	(Porcentaje de acuíferos con estudios hidrogeológicos completos y actualizados)	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 75% * Suficiente: 76% - 90% * Sobresaliente: 91% - 95% * Excelente: > 95%
Monitoreo del nivel de agua en acuíferos	(Número de pozos de monitoreo activos)	* Mal desempeño: < 10 pozos por acuífero * Regular: 10 - 15 pozos por acuífero * Suficiente: 16 - 20 pozos por acuífero * Sobresaliente: 21 - 25 pozos por acuífero * Excelente: > 25 pozos por acuífero
Calidad del agua en acuíferos	(Porcentaje de comunidades que cumplen con el monitoreo de acuerdo con la Norma 179-SSA de agua y que cumplen o tienen tratamiento para el cumplimiento con los estándares de calidad)	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%
Sostenibilidad de la extracción de agua de acuíferos	(Índice de extracción sostenible por acuífero) (IESPA)**	* Mal desempeño: > 1 * Regular: 0.8 - 1 * Suficiente: 0.6 - 0.8 * Sobresaliente: 0.4 - 0.6 * Excelente: < 0.4
Efectividad de las medidas de gestión de acuíferos	(Reducción del estrés hídrico en acuíferos) ***	* Mal desempeño: > 10% de aumento del estrés hídrico * Regular: 5% - 10% de aumento del estrés hídrico * Suficiente: 0% - 5% de aumento del estrés hídrico * Sobresaliente: 0% - 5% de reducción del estrés hídrico * Excelente: > 5% de reducción del estrés hídrico

Tabla 9.5. Indicadores del objetivo estratégico 5: Promover la captación y uso de aguas pluviales.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Número de sistemas de captación de aguas pluviales instalados	(Número de sistemas instalados en hogares, escuelas, edificios públicos, etc.), en zonas semiurbanas y rurales	* Mal desempeño: < 1 sistema por cada 100 habitantes * Regular: 1 - 2 sistemas por cada 100 habitantes * Suficiente: 2 - 3 sistemas por cada 100 habitantes * Sobresaliente: 3 - 4 sistemas por cada 100 habitantes * Excelente: > 4 sistemas por cada 100 habitantes
Volumen de agua pluvial captada y utilizada	(Volumen total de agua pluvial captada y utilizada) de forma anual	* Mal desempeño: < 100 litros por persona por año * Regular: 100 - 200 litros por persona por año * Suficiente: 201 - 300 litros por persona por año * Sobresaliente: 301 - 400 litros por persona por año * Excelente: > 400 litros por persona por año
Efectividad de los sistemas de captación de aguas pluviales	(Porcentaje de sistemas que funcionan correctamente y cumplen con su capacidad de captación), acorde al inventario que se debe actualizar de forma anual	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%
Ahorro de agua potable gracias al uso de aguas pluviales	(Volumen de agua potable ahorrado por la sustitución y uso de aguas pluviales), de forma anual	* Mal desempeño: < 10% de ahorro * Regular: 10% - 20% de ahorro * Suficiente: 21% - 30% de ahorro * Sobresaliente: 31% - 40% de ahorro * Excelente: > 40% de ahorro

Tabla 9.6. Indicadores del objetivo estratégico 6: Fomentar el uso de agua residual tratada.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales	(Volumen total de aguas residuales que pueden ser tratadas por día)	* Mal desempeño: < 50% de las aguas residuales generadas * Regular: 50% - 75% de las aguas residuales generadas * Suficiente: 76% - 90% de las aguas residuales generadas * Sobresaliente: 91% - 95% de las aguas residuales generadas * Excelente: > 95% de las aguas residuales generadas
Reutilización de aguas residuales tratadas	(Volumen de aguas residuales tratadas utilizadas para riego, recarga de acuíferos, procesos industriales, etc. en relación con el total de volumen de aguas residuales producidas)	* Mal desempeño: < 10% de las aguas residuales tratadas * Regular: 10% - 20% de las aguas residuales tratadas * Suficiente: 21% - 30% de las aguas residuales tratadas * Sobresaliente: 31% - 40% de las aguas residuales tratadas * Excelente: > 40% de las aguas residuales tratadas
Calidad del agua residual tratada	(Porcentaje de plantas de tratamiento en operación que de agua residual tratada que cumplen con los estándares de calidad para su reutilización)	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%
Aceptación pública del uso de agua residual tratada	(Porcentaje de la población que acepta hacer uso de agua residual tratada para diferentes fines), derivado de una encuesta	* Mal desempeño: < 50% * Regular: 50% - 65% * Suficiente: 66% - 80% * Sobresaliente: 81% - 95% * Excelente: > 95%
Impacto ambiental del uso de agua residual tratada	(Reducción de la contaminación del agua y el suelo por la descarga de aguas residuales sin tratar) **	* Mal desempeño: > 10% de aumento de la contaminación * Regular: 5% - 10% de aumento de la contaminación * Suficiente: 0% - 5% de aumento de la contaminación * Sobresaliente: 0% - 5% de reducción de la contaminación * Excelente: > 5% de reducción de la contaminación

Tabla 9.7. Indicadores del objetivo estratégico 7: Invertir en modernización y conservación de infraestructura.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Inversión en infraestructura hídrica	(Presupuesto total asignado a proyectos de infraestructura hídrica) con respecto al Ingreso de las instituciones responsables JMAS, JCAS, Presidencia Municipal	* Mal desempeño: < menos del 3% * Regular: $100 – igual al 3% * Suficiente: $201 – entre el 3 y 5% * Sobresaliente: entre 5 y 7% * Excelente: > mayor del 7%
Porcentaje de infraestructura hídrica en buen estado de funcionamiento	(Número de activos en buen estado / Número total de activos) x 100%, este por comunidad rural y urbana, de acuerdo con el inventario anual	* Mal desempeño: < 30% * Regular: 30% - 50% * Suficiente: 50% - 70% * Sobresaliente: 70% - 80% * Excelente: > 80%
Pérdidas de agua en la red de distribución	(Volumen de agua perdida por fugas / Volumen total de agua suministrada) x 100%, este por comunidad rural y urbano	* Mal desempeño: > 50% * Regular: 40-50% * Suficiente:35-40% * Sobresaliente: 25-35% * Excelente: < 25%
Modernización de la infraestructura hídrica	(Número de activos modernizados /magnitud total de activos) x 100%, este indicador por comunidad rural y urbano (cantidad en longitud o unidad)	* Mal desempeño: < 5% * Regular: 5% - 10% * Suficiente: 11% - 15% * Sobresaliente 15-20% *Excelente < 20%

Tabla 9.8. Indicadores del objetivo estratégico 8: Asegurar la sostenibilidad ambiental y social.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Consumo de agua dulce per cápita (litros por día)	(Extracción total de agua / Población), este indicador por comunidad, se considera dos escenarios, para zona rural y urbana	Rural Mal desempeño: > 200 L/día Regular: 150-200 L/día Suficiente: 100-150 L/día Sobresaliente: 75-100 L/día Excelente: < 75 L/día Urbano Mal desempeño: > 400 L/día Regular: 300-400 L/día Suficiente: 300-250 L/día Sobresaliente: 250-150 L/día Excelente: < 150 L/día
Porcentaje de comunidades diferenciando por tipo de fuente de suministro (aguas superficiales y subterráneas) que cumplen con los estándares nacionales de calidad para agua potable y por uso consuntivo	(Volumen de agua que cumple con estándares / Volumen total de agua) x 100%	Mal desempeño: < 50% Regular: 50-75% Suficiente: 75-90% Sobresaliente: 90-95% Excelente: > 95%
Porcentaje de la población con acceso seguro a agua potable de calidad y a saneamiento de por lo menos servicios básicos (diferenciando los que tienen infraestructura en redes, así como su temporalidad de suministro) por comunidad	(Población con acceso a agua potable de calidad / Población total) x 100% (Población con acceso a agua potable en red/Población total) x 100% (tiempo de suministro a la población/24 h)x 100% (Población con acceso a saneamiento básico / Población total) x 100% / 2	Mal desempeño: < 50% Regular: 50-75% Suficiente: 75-90% Sobresaliente: 90-95% Excelente: > 95%
Porcentaje de aguas residuales tratadas de forma segura	(Volumen de aguas residuales tratadas / Volumen total de aguas residuales) x 100%	Mal desempeño: < 50% Regular: 50-75% Suficiente: 75-90% Sobresaliente: 90-95% Excelente: > 95%
Productividad del agua (PIB por unidad de agua extraída)	(PIB / Volumen total de agua extraída)	Mal desempeño: < 0.5 USD/m3 Regular: 0.5-1.0 USD/m3 Suficiente: 1.0-1.5 USD/m3 Sobresaliente: 1.5-2.0 USD/m3 Excelente: > 2.0 USD/m3
Porcentaje de comunidades locales con planes de gestión del agua participativos e implementados	(Comunidades con planes de gestión del agua / Comunidades totales) x 100%	Mal desempeño: < 50% Regular: 50-75% Suficiente: 75-90% Sobresaliente: 90-95% Excelente: > 95%

Tabla 9.9. Indicadores del objetivo estratégico 9: Fortalecer la gobernanza del agua.

Nombre del Indicador	Fórmula	Escala de Desempeño
Número de comunidades con políticas de gestión del agua que establecen mecanismos formales de participación de diferentes actores (comités de uso sostenible de agua)	(Cantidad de comités / cantidad de comunidades)	Mal desempeño: < 50% Regular: 50-75% Suficiente: 75-90% Sobresaliente: 90-95% Excelente: mayor a 95%
Número de acuerdos entre diferentes organizaciones de los usos de agua en el municipio, para la gestión del agua	(Conteo de acuerdos y convenios entre instituciones, usuarios para la gestión del agua en el municipio)	Mal desempeño: < 5 acuerdos Regular: 10-5 acuerdos Suficiente: 10-15 acuerdos Sobresaliente: 15-20 acuerdos Excelente: mayor a 20 acuerdos

Las magnitudes en las escalas para determinar el desempeño de avance en los indicadores de los objetivos estratégicos propuestos para el PMH 2040, se definieron de acuerdo con lo que se estandariza en instituciones nacionales e internacionales como: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Organización Europea para la Cooperación y el Desarrollo (OECD), Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (84) (85) (86) (87).

9.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN

El sistema de información propuesto para el seguimiento de los proyectos y objetivos del PMH 2040 es un instrumento de planeación fundamental para la gestión sostenible del agua en un municipio. Para asegurar su efectiva implementación y cumplimiento, es necesario contar con un sistema de información robusto que permita el seguimiento de los proyectos y objetivos establecidos en el plan [88] [89] [90].

El sistema de información para el seguimiento del PMH 2040 debe integrar y centralizar datos relevantes de diversas fuentes, asegurando su accesibilidad para autoridades municipales, personal técnico, organismos no gubernamentales y la ciudadanía en general. Este sistema debe incluir herramientas de visualización de datos, como gráficos, tablas y mapas, para facilitar la comprensión del avance en el cumplimiento de los objetivos del PMH. Además, debe permitir la generación de informes periódicos que describan el estado de avance, logros alcanzados, desafíos identificados y recomendaciones para mejorar la gestión del agua. Un componente crucial del sistema es el mecanismo de alerta temprana, diseñado para identificar posibles riesgos o desviaciones en el cumplimiento de los objetivos del PMH, permitiendo la toma de medidas correctivas oportunas.

Propuesta de estructura orgánica para el monitoreo del PMH 2040

La gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico es crucial para garantizar el desarrollo y bienestar de nuestra comunidad. En la mayoría de los estudios sobre el tema, se atribuye el seguimiento de las propuestas e indicadores a la JMAS Chihuahua, siendo esta la institución encargada de la distribución y tratamiento del agua en la zona urbana del municipio. En este sentido, es esencial la creación de un departamento especializado que se encargue de monitorear y gestionar todos los aspectos relacionados con el agua en nuestro municipio. Este departamento podría formar parte de la Presidencia Municipal, dentro del IMPLAN o de la JMAS. Además, es necesario que trabaje en coordinación con otras instituciones municipales, estatales y federales para el monitoreo y seguimiento de los objetivos e indicadores establecidos en el PMH 2040.

Es imperativo que la planificación estratégica de este departamento este vinculada a las metas y objetivos de los 3 niveles de gobierno, asegurando un desarrollo sostenible y eficaz en la gestión del agua.

Crear un departamento dedicado a la gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico implica varios pasos clave, desde la planificación inicial hasta la implementación y operación.

Esquema de monitoreo continuo para el seguimiento del PMH 2040

Para asegurar la efectiva implementación y cumplimiento del PMH 2040 se propone un esquema de monitoreo continuo que garantice la recolección oportuna de datos relevantes, la realización de evaluaciones periódicas del avance del plan, la definición de mecanismos de comunicación y reporte de resultados, y la utilización de un sistema de información para el monitoreo y evaluación.

Se propusieron en indicadores claves de desempeño que permitan evaluar el primero y segundo orden el alcance de los objetivos estratégicos planteados en el PMH 2040, así como indicadores que pueden apoyar en la gestión y vinculación del PMH 2040 con los demás planes y programas existentes. Es importante establecer la fuente de los datos de los cuales se está haciendo la recopilación para el monitoreo de los indicadores, indicado el instituto de procedencia, el registro y como se obtuvo. La frecuencia planteada para cada indicador es de suma importancia, es necesario considerar si existe la disponibilidad de datos y si es necesario la generación de información actualizada. Es necesario considerar los procedimientos para el procesamiento y análisis de los datos recolectados, utilizando herramientas y técnicas estadísticas adecuadas.

Mecanismos de comunicación

Los mecanismos de comunicación son fundamentales para incentivar la gobernanza y gobernabilidad en la gestión hídrica. Proporcionar información clara y accesible no solo fomenta la transparencia, sino que también permite a los ciudadanos estar bien informados sobre las acciones y resultados del PMH 2040.

Esta transparencia fortalece la confianza en las autoridades municipales y promueve una colaboración activa y constructiva entre los ciudadanos y los responsables de la gestión hídrica. Esta colaboración es esencial para la implementación efectiva del plan, ya que asegura que las decisiones y estrategias reflejen las necesidades y expectativas de la comunidad, contribuyendo así a la sostenibilidad y éxito del PMH 2040 a largo plazo.

Impulsar la instrumentación de diversos canales de comunicación y sistemas de información de acceso público garantiza que la información sobre el PMH 2040 esté disponible para todos. El desarrollo de múltiples canales de comunicación, como sitios web, redes sociales, informes, boletines y reuniones comunitarias, incluyendo asociaciones vecinales, comités comunitarios, organizaciones no gubernamentales (ONGs) y grupos de interés o activismo, asegura que los datos relevantes sean accesibles y comprensibles para todo el público.

Estos sistemas permiten un monitoreo constante del progreso del PMH 2040 y proporcionan una plataforma para la retroalimentación comunitaria, facilitando la identificación de problemas y la propuesta de soluciones. Esto mejora la eficacia y adaptación del plan.

Se recomienda utilizar un formato predefinido para los informes, reportes y tablas de resultados para asegurar la estandarización y consistencia de la información presentada. De esta forma, se facilita la comparación y análisis de los datos a lo largo del tiempo, garantizando que la información sea clara y coherente para todos los interesados. Además, estos formatos ahorran tiempo y minimizan errores, ya que los responsables de dar seguimiento al PMH 2040 no necesitan diseñar nuevos formatos en cada actualización, garantizando la inclusión y correcta presentación de los datos necesarios.

Los formatos predefinidos también promueven la transparencia y la rendición de cuentas al hacer la información accesible y comprensible para los desarrolladores, revisores y la comunidad en general. Son adaptables y fáciles de actualizar para reflejar nuevos

parámetros, facilitando la comparación de los datos y asegurando una gestión eficiente, transparente y efectiva del recurso hídrico dentro del municipio.

9.3 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Existen alternativas para apoyar en la gestión de los recursos para solventar de manera estratégica los proyectos y acciones mencionadas para cada uno de los objetivos estratégicos planteados en este estudio. Una de las principales fuentes de financiamiento para las acciones que se deben llevar a cabo en el Municipio en cuestión de gestión y sostenibilidad de los recursos hídricos, corresponde a los diversos niveles de gobierno. En cuestión de gobierno del Estado la JCAS y la JMAS de Chihuahua son de las instituciones que suman a la realización de los diversos proyectos. De los programas federales que actualmente maneja CONAGUA se presentan los siguientes [91]:

1. Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (PROAGUA)

Tiene como propósito apoyar el fortalecimiento e incremento de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento que prestan los organismos operadores, de los municipios, a través de las entidades federativas. Cuenta con los Apartados Urbano (APAUR), Rural (APARURAL) y Agua Limpia (AAL), mismos que se describen brevemente a continuación.

2. Apartado Urbano (APAUR)

El Apartado Urbano (APAUR) tiene como objetivo fortalecer e incrementar los sistemas de agua potable y alcantarillado en centros de población con 2,500 habitantes o más. Esto se logra mediante acciones de construcción, ampliación, rehabilitación, y apoyo a la sostenibilidad operativa y financiera de los organismos operadores y municipios de las entidades federativas.

Este apartado incluye el Programa de Agua Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas (APAZU), que ofrece apoyo para:

- Redes de agua potable
- Plantas potabilizadoras
- Alcantarillado y saneamiento
- Mejoramiento de la eficiencia comercial y física
- Rehabilitaciones
- Estudios y proyectos
- Drenaje pluvial urbano

Los porcentajes de apoyo federal van desde el 40% al 80% de la inversión total.

3. Apartado Rural (APARURAL)

El Apartado Rural (APARURAL) tiene la misma finalidad que el APAUR, pero está enfocado en localidades con menos de 2,500 habitantes. Este apartado incluye el Programa para la

Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en comunidades rurales fase IV (PROSSAPYS IV), financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo.

Dentro de APARURAL se puede solicitar apoyo para:

- Estudios de factibilidad técnica y económica
- Proyectos ejecutivos
- Construcción, ampliación y rehabilitación de obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento
- Adquisición de tubería, materiales y piezas especiales para sistemas de agua potable

Los porcentajes de apoyo federal en APARURAL varían del 10% al 80% de la inversión total.

4. Apartado Agua Limpia (AAL)

El Apartado Agua Limpia (AAL) fomenta y apoya el desarrollo de acciones para ampliar la cobertura de agua de calidad para uso y consumo humano, enfocándose en la desinfección y tratamiento de contaminantes específicos.

Este programa ofrece apoyo para:

- Instalación, reposición y rehabilitación de equipos o dispositivos de desinfección en sistemas y fuentes de abastecimiento
- Adquisición de refacciones para equipos de desinfección
- Adquisición y suministro de reactivos desinfectantes, incluyendo alternativos al cloro
- Muestreo y determinación de cloro residual libre
- Análisis bacteriológico y de turbiedad

Los porcentajes de aportación federal en el AAL varían del 50% al 100% de la inversión total.

5. Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (PROSAN)

El Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (PROSAN) tiene como objetivo incrementar la capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales municipales en las entidades federativas del país. Su propósito es apoyar la prevención y control de la contaminación de los cuerpos de agua nacionales y asegurar el cumplimiento de la normatividad aplicable. Este programa presenta dos programas:

- Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (PROTAR): integrado dentro de PROSAN, enfocado en el tratamiento de aguas residuales municipales.
- Programa de Agua Limpia: ofrece apoyo para la construcción y equipamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y la gestión de los lodos generados.

El porcentaje de participación federal en la inversión total puede alcanzar hasta el 60%. Adicionalmente, si se implementa el reúso de aguas residuales tratadas, se puede acceder a un porcentaje adicional de financiamiento de hasta el 20%.

6. Programa Presupuestal de Capacitación Ambiental y Desarrollo Sustentable

Donde los responsables son tanto la CONAGUA, como el CECADESU, el objetivo del programa es consolidar la participación social en el manejo del agua y promover su uso sostenible mediante una cultura del agua.

Este programa ofrece apoyo para:

- Desarrollar programas de educación ambiental para sustentabilidad en instituciones educativas oficiales y particulares a nivel básico, medio superior y superior.
- Diseño de material educativo y de difusión, entre otros.
- Como servicios a distancia se ofrecen cursos y talleres de diferentes temas ambientales.
- Estrategias para fomentar la participación en talleres de educación ambiental.

El programa cuenta con el convenio SEMARNAT-SEP (Secretaría de Educación Pública) para desarrollar programas de educación ambiental para la sustentabilidad.

7. El Fondo de Garantías para el Uso Eficiente del Agua (FONAGUA)

FONAGUA respalda los financiamientos que obtengan los usuarios de riego para sus proyectos de infraestructura hidroagrícola, ofreciendo:

- 20% sobre el saldo respectivo de capital del crédito hasta su vencimiento final.
- Apoyo en tasa (200 puntos base) directamente al beneficiario.

Fuentes alternativas de financiamiento para la gestión y sostenibilidad del recurso hídrico

Las fuentes alternativas de financiamiento se clasifican en multilaterales, bilaterales, nacionales y privadas, cada una con su propia estructura y objetivos. La identificación y acceso a estas fuentes son esenciales para el desarrollo y ejecución de proyectos que aseguren el manejo adecuado del agua y el saneamiento.

Las fuentes alternativas de financiamiento son las siguientes [92] [84] [85] [93] [94] [95] [96] [97] [98] [99]:

Fuentes multilaterales y bilaterales

El financiamiento proviene de diversas fuentes multilaterales y bilaterales, tales como:

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) - AquaFund
- Banco Mundial (BM)
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
- Banco de Desarrollo de América del Norte (NADBANK)
- Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF)
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C. (BANOBRAS)

- Nacional Financiera Banca de Desarrollo (NAFIN)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
- Fuentes Nacionales
- Las fuentes nacionales de financiamiento se destacan por:
- Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF)
- Nacional Financiera (NAFIN)
- Fondos Estatales de Cambio Climático
- Programas de Acción Climática Municipal (PACMUN)
- Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos,(BANOBRAS)

La banca comercial, microfinancieras y Asociaciones Público-Privadas también son opciones para acceder a financiamiento y garantías para los ayuntamientos y organismos operadores de agua y saneamiento.

Financiamiento privado

Existen oportunidades de financiamiento incipiente a través de la banca privada mediante la formación de Asociaciones Público-Privadas (APP).

- Programas de Financiamiento para Infraestructura y Proyectos Verdes
- Pagos por Servicios Ambientales (PSA) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México

Proyectos de conservación de cuencas hídricas

Proyectos basados en Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) incluyen:

- Proyecto Cuencas y Ciudades
- Proyecto Restauración de Ríos para la Adaptación al Cambio Climático (liderados por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza - FMCN)

Además de organismos como:

- Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)
- Fundación Gonzalo Rio Arronte

Oportunidades de Financiamiento para Organismos Operadores de Agua (OOA)

Los OOA pueden identificar y postular a diversas fuentes de financiamiento, considerando las restricciones de endeudamiento actuales. Algunas fuentes de financiamiento multilateral incluyen:

- Banco Mundial (BM)
- Banco de Desarrollo de América Latina (CAF)
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Estos bancos ofrecen apoyos financieros alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la reducción de GEI. Un esquema novedoso apoyado por la CAF y el BID es la creación de bonos temáticos para agua.

Fondos especiales de cambio climático

Algunos fondos destacados incluyen:

- Fondo Verde del Clima (GCF-UN)
- Fondo de Adaptación (AF)

Asistencia Oficial para el Desarrollo (AOD)

La AOD incluye diversas instituciones implementadoras y canales bilaterales, tales como:

- Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo (GIZ)
- KfW
- Iniciativa Climática Internacional (IKI)
- Fondo Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS)
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)
- Agencia Danesa de Desarrollo Internacional (Danida)
- Fondo Nórdico para el Clima (NCF)
- Agencia Noruega de Cooperación al Desarrollo (NORAD)
- Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Asdi)
- Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE)
- Foreign, Commonwealth & Development Office (FCDO) del Reino Unido
- Fondo Internacional para el Clima (ICF)
- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)
- Agencia Francesa para el Desarrollo (AFD)
- SwedFund
- Partnering for Accelerated Climate Transitions (UkPact)
- World Resources Institute (WRI)
- Alianza Mexicana para la Restauración de Ecosistemas (AMERE)

Fondos no gubernamentales

Existen numerosos fondos no gubernamentales accesibles, como:

- Bloomberg Philanthropies
- Fundación ClimateWorks
- Fundación Ford
- Fundación Hewlett
- Fundación KR
- Fundación MacArthur
- Fundación Oak
- Fundación Packard
- Pan para el Mundo (Brot für die Welt)

- Diaconía Ayuda de Emergencia (Diakonie Katastrophenhilfe)
- Global Environment Facility (GEF)

Consideraciones de las fuentes de financiamiento

Es necesario saber que tanto para las fuentes de financiamiento nacionales, como los organismos multilaterales y bilaterales como lo son los bancos, agencias y fundaciones tienen diferentes enfoques y prioridades para sus objetivos, por lo que es necesario contactar a cada uno de ellos para determinar la vinculación de objetivos, requisitos y necesidades de cada proyecto para el PMH 2040.

Para financiar las acciones y proyectos del Plan Municipal Hídrico 2040, se pueden considerar diversas fuentes de financiamiento que abarcan diferentes niveles de gobierno, así como alternativas multilaterales, bilaterales, nacionales y privadas. En el ámbito gubernamental, la JCAS y la JMAS de Chihuahua, junto con programas federales gestionados por CONAGUA, como el programa PROAGUA, representan opciones clave. PROAGUA incluye apartados específicos para áreas urbanas (APAUR), rurales (APARURAL) y agua limpia (AAL), proporcionando apoyo financiero significativo para la construcción, ampliación y rehabilitación de infraestructura hídrica, así como para el tratamiento y desinfección del agua. Además, existen fuentes alternativas de financiamiento que incluyen organismos multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial (BM) y el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF), así como fuentes nacionales como el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) y fondos estatales y municipales.

El financiamiento privado también juega un rol importante, con oportunidades a través de asociaciones público-privadas (APP) y programas de financiamiento para proyectos verdes. Para asegurar el éxito en la gestión y sostenibilidad del recurso hídrico, es crucial identificar y acceder a estas fuentes diversificadas de financiamiento.

Para el éxito del Plan Municipal Hídrico 2040, es fundamental que los objetivos, proyectos y acciones estén alineados con las metas de las posibles fuentes de financiamiento. Es necesario verificar los criterios de elegibilidad de cada fuente, prestando especial atención a los requisitos específicos de aplicación, como la documentación necesaria, estudios de factibilidad y propuestas detalladas. Además, es importante considerar los plazos y calendarios de las convocatorias para garantizar el cumplimiento de los tiempos establecidos para la aplicación y ejecución de los proyectos.

Otro aspecto fundamental es conocer los porcentajes de apoyo financiero que ofrece cada fuente y los requisitos de cofinanciamiento, evaluando la capacidad de la organización para cubrir la parte no financiada. La sostenibilidad financiera a largo plazo de cada proyecto también debe ser una consideración importante, ya que algunas fuentes de financiamiento pueden requerir planes de sostenibilidad o un compromiso de mantenimiento y operación futura. Al considerar fuentes gubernamentales, multilaterales, nacionales o privadas, es esencial identificar las opciones más adecuadas y comprender sus enfoques y prioridades, como la sostenibilidad, la adaptación al cambio climático y el desarrollo sostenible [(100)].


COURTYARD
Marriott
RAMADA
BY WYNDHAM
ROOFTOP
30% DE DESCUENTO
24
MESES
SIN
INTERESES
PARA VALIENTES MI TIERRA
PARA CARNE CHIHUAHUA
XTERIOR
SALIDA
Valle Escondido
Zona Centro

"CON UNA GESTIÓN EFICIENTE Y UN ENFOQUE EN LA SOSTENIBILIDAD, ASEGURAREMOS QUE CADA GOTA DE AGUA CUENTE PARA UN FUTURO PRÓSPERO Y RESILIENTE."

X. CONSIDERACIONES

Navegando la Aridez con Resiliencia: Integrando el Marco de Resiliencia Hídrica Urbana en el PMH de Chihuahua

Chihuahua, un oasis de progreso en el árido norte de México, enfrenta un desafío crucial: la escasez de agua. El Plan Municipal Hídrico de Chihuahua no es simplemente un conjunto de medidas, sino un faro de esperanza que guía al Municipio hacia un futuro sostenible, donde el agua fluye para el bienestar de todos. Este análisis técnico explora los aspectos fundamentales del Plan, incorporando el Marco de Resiliencia Hídrica Urbana para desarrollar una estrategia integral y transformadora.

El IMPLAN como Institución Vanguardista: Poniendo el Agua en el Centro del Desarrollo Municipal

El Instituto de Planeación Integral del Municipio (IMPLAN) de Chihuahua se posiciona como una institución vanguardista al integrar el Marco de Resiliencia Hídrica Urbana como una guía para la gestión sostenible del agua, colocando este recurso en el centro y transversalmente en el desarrollo del Municipio. Esta visión integral reconoce que el agua no es un recurso aislado, sino un elemento fundamental para el bienestar social, el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental.

Este marco conceptual proporciona un enfoque holístico y sistémico, guiando a los Municipios hacia la construcción de resiliencia hídrica en cuatro dimensiones clave:

1. Liderazgo y estrategia: establecimiento de una visión clara y objetivos ambiciosos para la gestión del agua, con un enfoque en la colaboración y la participación de todos los actores relevantes.
2. Planificación y finanzas: desarrollo de planes estratégicos y mecanismos de financiamiento robustos para asegurar la inversión sostenida en infraestructura hídrica y la implementación efectiva de políticas públicas.
3. Infraestructura y ecosistemas: fortalecimiento de la infraestructura hídrica existente y protección de los ecosistemas naturales que regulan el ciclo hidrológico, asegurando la disponibilidad y calidad del agua a largo plazo.
4. Salud y bienestar: promoción de la salud pública y el bienestar social a través de un acceso equitativo a agua potable segura y saneamiento adecuado, mejorando la calidad de vida de las comunidades.

El Plan Municipal Hídrico 2040 debe transformarse en una sinfonía de acciones estratégicas, cuidadosamente orquestadas para garantizar la gestión resiliente del agua en el Municipio:

- Evaluación y aprendizaje: implementar un proceso continuo de evaluación y aprendizaje para monitorear el progreso, identificar áreas de mejora y adaptar las

estrategias según sea necesario, asegurando la flexibilidad y la capacidad de respuesta ante cambios y desafíos.

- Comprensión del sistema: realizar un análisis profundo del contexto local, incluyendo los factores sociales, económicos, ambientales y políticos que influyen en la gestión del agua, permitiendo una toma de decisiones informada y contextualizada.
- Evaluación de la resiliencia hídrica urbana: evaluar la resiliencia hídrica actual del Municipio de Chihuahua, identificando fortalezas, debilidades y áreas prioritarias de intervención, proporcionando una base sólida para la planificación estratégica.
- Desarrollo de un plan de acción: formular un plan de acción detallado y realista, alineado con los objetivos y adaptando a las necesidades específicas de Chihuahua, guiando la implementación de acciones concretas y medibles.
- Implementación del plan de acción: poner en marcha el plan de acción de manera efectiva, involucrando a todos los actores relevantes y asegurando la coordinación interinstitucional, para lograr un impacto tangible y duradero.

Considerando: Un Enfoque Colaborativo

El desarrollo de este estudio base para la elaboración del PMH no profundiza en los requerimientos específicos del organismo operador, ya que este estudio se centra en un análisis más general. Sin embargo, reconoce la necesidad de particularizar enfoques que están fuera del alcance actual. Este estudio considera integralmente los impactos derivados de la demanda y el uso compartido del recurso hídrico. Además, destaca que los usos agrícolas e industriales son significativos económicamente y están en expansión en el Municipio. Es crucial que estos sectores contribuyan con un pequeño porcentaje para la realización de estudios, proyectos y acciones que minimicen su impacto y aseguren su sostenibilidad sin generar conflictos sociales ni ambientales. Un enfoque colaborativo entre el IMPLAN, el organismo operador y estos sectores es fundamental para:

- Promover prácticas sostenibles en el Municipio, la agricultura y la industria: implementar tecnologías eficientes en el uso del agua, reducir la contaminación hídrica y fomentar la reutilización de aguas residuales.
- Asegurar la permanencia de estos sectores sin generar conflictos: buscar soluciones que garanticen la viabilidad económica de estos sectores, minimizando su impacto ambiental y social, y promoviendo la armonía entre el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental.

La Gota Sagrada: Por Qué Chihuahua Necesita un Plan Municipal Hídrico

Chihuahua enfrenta un futuro incierto, ya que el agua es la savia de la vida y las fuentes actuales pueden agotarse, mientras que la escasez de nuevas fuentes de abastecimiento aumenta esta incertidumbre. El recurso hídrico se nos escurre entre los dedos, amenazando nuestra prosperidad y nuestra misma existencia.

Aquí es donde entra en juego el Plan Municipal Hídrico. No es un mero documento, sino una luz de esperanza. Es la hoja de ruta para asegurar que cada gota cuente, tejiendo un futuro sostenible donde el agua fluya como una melodía de vida.

Unidos por el Agua: Responsabilidad Compartida

La gestión del agua no es una sinfonía tocada por un solo instrumento, sino una orquesta completa donde cada sector desempeña un papel crucial. El Plan Municipal Hídrico debe reconocer esta verdad fundamental. No es un dictado unilateral, sino una invitación a la colaboración.

La mancha urbana, el corazón palpitante de Chihuahua, consume la mayor parte del agua. Sin embargo, la agricultura y la industria, motores de la economía local, también tienen una responsabilidad. Este estudio propone una solución integral donde todos los sectores contribuyan, aunque sea con un pequeño aporte, para preservar la preciada gota sagrada.

Transitar hacia un Futuro Hídrico Sostenible en Chihuahua

Chihuahua no está sola en este desafío; ciudades de todo el mundo enfrentan la misma sed. El PMH se inspira en el enfoque de resiliencia hídrica urbana, una metodología probada que ha ayudado a otras metrópolis a adaptarse a los cambios y garantizar agua para todos.

Este enfoque es como un árbol frondoso. Primero, se cava hondo para comprender el sistema hídrico de Chihuahua, identificando sus fortalezas y debilidades. Luego, se evalúa su resiliencia actual, destacando las áreas que necesitan atención. Con base en este diagnóstico, este estudio florece en un plan de acción, con iniciativas concretas para ahorrar agua, mejorar la infraestructura y fomentar la sostenibilidad.

La implementación es como regar el árbol. Las acciones se ponen en marcha, guiadas por las mejores prácticas internacionales. Se monitorean los resultados para asegurar que las gotas sagradas se utilizan de manera eficiente. Y, al igual que un árbol que se adapta a las estaciones, el Plan Hídrico contempla la evaluación y adaptación continua.

Un Llamado a la Acción: El Agua es Vida

El diseño de un Plan Municipal Hídrico de Chihuahua no es solo un plan, es un llamado a la acción. Es una convocatoria a la unidad, a la responsabilidad compartida por el agua que nos da vida. Es una invitación a la innovación, a buscar soluciones creativas e inspirarnos en las experiencias de otras ciudades.

Sin un Plan Hídrico, corremos el riesgo de convertirnos en una ciudad sedienta, donde la industria se marchita, los campos se secan y la vida se apaga. Con el Plan Hídrico, podemos asegurar un futuro próspero y resiliente, donde cada gota sagrada sea utilizada con sabiduría, garantizando el bienestar de las generaciones venideras.

Unidos por el agua, el Municipio de Chihuahua puede convertirse en un oasis de sostenibilidad, un lugar donde la vida fluye con el ritmo del agua.

JUNTOS, POR UN CHIHUAHUA CON AGUA PARA SIEMPRE.



REFERENCIAS

XI. REFERENCIAS

1. Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua. Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua Visión 2040. [Online].; 2021 [cited 2023 12 27. Available from: https://implanchihuahua.org/PDU2040.html.

2. Junta Central de Agua y Saneamiento de Chihuahua; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. PLAN ESTATAL HÍDRICO 2040 DE CHIHUAHUA. ; 2022.

3. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de la Región Hidrológica número 24 Bravo-Conchos. [Online].; 2011 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5192916.

4. CONAGUA. Estaciones climatológicas. [Online].; 2024 [cited 2024 03 02. Available from: https://smn.conagua.gob.mx/tools/GUI/sivea_v3/sivea.php..

5. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Consulta a la base de datos del REPDA. [Online].; 2023 [cited 2023 12 27. Available from: https://app.conagua.gob.mx/ConsultaRepda.aspx.

6. CONAGUA. Actualización de da Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Chihuahua-Sacramento (0830), Estado de Chihuahua. Ciudad de México:; 2020.

7. CONAGUA. Actualización de la Disponibilidad Media Anual De Agua en el Acuífero El Sauz Encinillas (0807), Estado de Chihuahua. Ciudad de México:; 2020.

8. CONAGUA. Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Tabalaopa-Aldama (0835), Estado de Chihuahua. Ciudad de México:; 2020.

9. Diario Oficial de la Federación (DOF). NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. [Online].; 2015 [cited 2023 12 11. Available from: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5387027&fecha=27/03/2015#gsc.tab=0.

10. Diario Oficial de la Federación (DOF). ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Chihuahua-Sacramento, clave 0830, en el Estado de Chihuahua, Región Hidrológico-Administrativa Río Bravo. [Online].; 2015 [cited 2024 03 25. Available from: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5404985&fecha=25/08/2015#gsc.tab=0.

11. Villalba-Breceda G. Análisis geológico-estructural de la región noreste de la Cuenca Sacramento y la Sierra Majalca, Chihuahua, México.. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 2010;(62): 437-451.

12. Pelayo-Villarreal AM, Vázquez-Montoya A. Análisis geológico-estructural del límite sur del acuífero Chihuahua-Sacramento. Revista mexicana de ciencias geológicas. 2013;(30): 380-393.

13. Ariel Consultores S.A. de C.V., SARH. Estudio hidrogeológico de los acuíferos de la zona de veda en la región de Aldama, Chih.. ; 1972.

14. Ariel Construcciones S.A., SARH. SECRETARIA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. 1972. Estudio Hidrogeológico de los acuíferos de la zona de veda en la región de Aldama, Chihuahua.; 1972.

15. Villalba-Breceda G, Martínez-López J. Análisis estructural de la Sierra de Majalca, Chihuahua, México.. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. 2007;(59): 1-20.

16. SARH, PROYESCO, S.A. Prospección geofísica de los Valles del Sauz y Tabalaopa, Chih., para Proporcionar Agua en Bloque a la Ciudad de Chihuahua, Chih. ; 1981.

17. JCAS, JMAS, JMAS Juarez y UACH. Inventario Estatal de Fuentes de Suministro de Agua Potable en el Estado de Chihuahua. ; 2022.

18. Rivas L. Modelo de unidades geoeléctricas del acuífero El Sauz-Encinillas, Chihuahua México. [Online].; 2019 [cited 2024 03 02. Available from: http://repositorio.uach.mx/244/.

19. Diario Oficial de la Federación (DOF). NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. [Online].; 2022 [cited 2023 12 27. Available from: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0.

20. USDA. Natural Resources Conservation Service. [Online].; 2024 [cited 2024. Available from: https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/natural-resource-concerns/water.

21. Diario Oficial de la Federación (DOF). NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-2020, Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua. [Online].; 2020 [cited 2023 12 27. Available from: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5603318&fecha=22/10/2020#gsc.tab=0.

22. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). [Online].; 2023 [cited 2022 12 27. Available from: https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/SINA/?opcion=repda.

23. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Online].; 2024 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.fao.org/home/en/.

24. Diario Oficial de la Federación (DOF). NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. [Online].; 2022 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0.

25. INEGI. Panorama Sociodemográfico de México. [Online].; 2020 [cited 2023 12 27. Available from: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825197711#:~:text=El%20INEGI%20presenta%20el%20Panorama,y%20las%20viviendas%20de%20M%C3%A9xico.

26. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. [Online].; 2023 [cited 2024 02 12. Available from: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

27. Instituto Mexicano del Seguro Social al IIIT. Panorama Económico - Social Municipio de Chihuahua. ; 2023.

28. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Avance de Siembras y Cosechas. [Online].; 2022 [cited 2024 01 12. Available from: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do.

29. Secretaría de Economía. Data México. [Online].; 2023 [cited 2024 01 12. Available from: https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/chihuahua-ch?redirect=true.

30. Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico; Centro de Información Económica y Social (CIES). Perfil Económico 2023 Región Chihuahua. Chihuahua:; 2023.

31. Consejo para el Desarrollo Económico de Chihuahua. Consejo para el Desarrollo Económico de Chihuahua. [Online].; 2023 [cited 2024 01 12. Available from: http://codech.org.mx/.

32. INEGI. INEGI. [Online].; 2020 [cited 2023 12 28. Available from: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Datos_abiertos.

33. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). PIGOO. [Online].; 2023 [cited 2023 12 27. Available from: http://www.pigoo.gob.mx/organismosoperadores.jsp.

34. CONAGUA. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable. Libro 39. Cd. de México:; 2015.

35. Organización Mundial de la Salud (OMS). Guía para la calidad del agua potable. Ginebra:; 2023.

36. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Ficha Climatica. Chihuahua. México:; 2022.

37. Gobierno Municipal de Chihuahua, Protección Civil Chihuahua, Centro Nacional de Prevención de desastres (CENAPRED). Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua. Chihuahua:; 2022.

38. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)-Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (IPCC). Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones. México:; 2012.

39. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México. México:; 2019.

40. McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Anaheim, California:; 1993.

41. Monitor de Sequía en México (MSM). Monitor de Sequía en México. [Online].; 2023 [cited 2023. Available from: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico.

42. Esparza M. La sequía y la escasez de agua en México. Situacion actual y perspectivas futuras. México. [Online].; 2014 [cited 2023. Available from: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-03482014000200008&script=sci_arttext.

43. H. AYUNTAMIENTO de CHIHUAHUA. PLAN DE ACCION CLIMATICA MUNICIPAL (PACMUN®) MUNICIPIO DE CHIHUAHUA 2019. Chihuahua:; 2019.

44. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía. México:; 2014.

45. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Mapas de Vulnerabilidad a la sequía a nivel municipal. (2020). México:; 2022.

46. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Programa Nacional contra la Sequía Monitoreo de la Sequía, Mapas de vulnerabilidad a la sequía a nivel municipal. [Online].; 2020. Available from: https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/mapas-de-vulnerabilidad-a-la-sequia-a-nivel-municipal?state=published.

47. Implan Chihuahua. Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Chihuahua: Visión 2040 Chihuahua: Instituto Municipal de Planeación de Chihuahua; 2009.

48. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Geografía y Medio Ambiente. [Online].; 2023 [cited 2023 11 14. Available from: https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/.

49. Instituto Municipal de Planeación de Chihuahua. Plan Sectorial de Agua Pluvial en la Ciudad de Chihuahua. Diagnóstico. Chihuahua:; 2009.

50. Pérez Ostos LG. Blog Hidra-Bas. [Online].; 2016. Available from: https://hidra-bas.blogspot.com/.

51. Municipio de Chihuaua. Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua 2014 Ciudad de México: Desarrollo de Proyectos de Gobernabilidad S.C.; 2014.

52. Hernández-Samaniego E. Tesis: Índice Pérdida-Posesión para Generación de Mapas de Riesgo Ante Inundaciones en Zonas Urbanas México: Universidad Autónoma de México (UNAM); 2018.

53. IMTA. ESTUDIO DE RIESGOS DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA. FINAL. Jiutepec Morelos: Instituto Mexicano de Tencología del Agua, Coordinación de Hidráulica; 2015.

54. Chihuahua Gobierno Municipal, ProNatura Noreste A.C. Agenda Hídrica Municipal de Chihuahua. 2018-2021. Chihuahua:; 2021.

55. Gobierno Municipio de Chihuahua, Desarrollo Urbano y Ecología, ASES Ecological and sustainable services, SEMARNAT. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET). Chihuahua:; 2015.

56. Gobierno Municipal de Chihuahua,Proteccion Civil de Chihuahua, Centro Nacional de Prevención de desastres CENAPRED. Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua 2022. Chihuahua:; 2022.

57. Pronatura Noreste. Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. [Online].; 2020 [cited 2024. Available from: https://www.pronaturanoreste.org/post/d%C3%ADa-mundial-de-lucha-contra-la-desertificaci%C3%B3n-y-la-sequ%C3%ADa-17-junio-2020#:~:text=La%20p%C3%A9rdida%20de%20pastizales%20por,clim%C3%A1tico%2C%20esto%20conlleva%20a%20diferentes.

58. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). COMUNICADO DE PRENSA NÚM. 535/17. México:; 2017.

59. Investigaciones Geográficas 67:39-58, Rosete F. y Perez J. Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la Península de Baja California, México. Baja California:; 2008.

60. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). CONECTA Conectando la salud de las cuencas con la producción ganadera y agroforestal sostenible. [Online].; 2021 [cited 2024. Available from: https://fmcn.org/es/proyectos/conecta.

61. JCAS-JMAS-CONAGUA-UACH. Evaluación de las fuentes actuales y de fuentes alternas. Junta Municipal de Agua y Saneamiento; 2015.

62. H. Congreso del Estado. Ley del Agua del Estado de Chihuahua. Chihuahua:; 2023.

63. CONAGUA. Ley Federal de Derechos (LFD). [Online].; 2023 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/831228/LEY_FEDERAL_DE_DERECHOS_2023.pdf.

64. Diario Oficial de la Federación (DOF). NMX-AA-179-SCFI-2018 MEDICIÓN DE VOLÚMENES DE AGUAS NACIONALES USADOS, EXPLOTADOS O APROVECHADOS. [Online].; 2018 [cited 2024 02 04. Available from: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5598209.

65. Nacional Financiera. Fondo Verde para el Clima. [Online]. [cited 2024. Available from: https://www.nafin.com/portalnf/content/emisiones-y-relaciones-internacionales/fondo-verde-clima.html.

66. United Nations Climate Change. Fondo Verde para el Clima. [Online].; 2024 [cited 2024. Available from: https://unfccc.int/es/news/fondo-verde-para-el-clima-estrena-sitio-web.

67. H. Congreso del Estado. Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chihuahua. Chihuahua:; 2018.

68. H. Congreso del Estado. Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Chihuahua. Chihuahua:; 2022.

69. H. Congreso del Estado. Ley de Desarrollo Urbano Sostenible del Estado de Chihuahua. Chihuahua:; 2020.

70. Gobierno Municipal Chihuahua, Pro Natura noreste. Agenda Hídrica Municipal de Chihuahua. [Online].; 2018-2021 [cited 2024. Available from: https://drive.google.com/file/d/1GZjquMJQIM6JAKblFn4McITlUxqiv7X8/view.

71. Silva-Hidalgo H, Moreno-Lara R. Determinación conjunta de escurrimientos naturales restituidos, retornos de irrigación y volumen neto de pérdidas y ganancias en la cuenca del río Conchos, en el Estado de Chihuahua, para el periodo 1950 al año 2008. In.

72. Gobierno de México, Instituto Nacional de Salud Pública. Importancia del agua para el buen funcionamiento de nuestro organismo. México:; 2020.

73. iAgua, Maceira A. ¿Que es el agua? [Online].; 2024. Available from: https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua.

74. Moglia M, Cook S, Tapsuwan S. Promoting Water Conservation: Where to from here? Water. 2018.

75. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Educación ambiental y Cultura del Agua. [Online].; 2021. Available from: https://www.gob.mx/semarnat/educacionambiental/es/articulos/educacion-ambiental-y-cultura-del-agua?idiom=es.

76. García L, Pérez R. Perceptions and behaviors towards water usage in urban areas. Journal of Environmental psychology. 2019.

77. Zuñiga J, Torres M. Water awareness campaigns in latin america: a critical analysis. Revista de Gestión Hídrica. 2020.

78. CONAGUA. Educación ambiental y Cultura del Agua. [Online]. Available from: https://www.gob.mx/semarnat/educacionambiental/es/articulos/educacion-ambiental-y-cultura-del-agua?idiom=es.

79. El Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Capacitación Ambiental y Desarrollo Sustentable. México:; 2022.

80. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). Ahorrar el agua, salvar al río: Chihuahua, Mexico. [Online].; 2006. Available from: https://wwf.panda.org/?69260/4/Ahorrar-el-agua-salvar-al-rio-Chihuahua-Mexico.

81. Gobierno del Estado de Chihuahua, Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS). Abate JMAS desperdicio de agua con programa “Chihuahua Sin Fugas”. [Online].; 2023. Available from: https://chihuahua.gob.mx/prensa/abate-jmas-desperdicio-de-agua-con-programa-chihuahua-sin-fugas.

82. Gobierno Municipal de Chihuahua, Junta Municipal de Agua y saneamiento (JMAS). Beneficia Municipio a 487 familias con riego de áreas verdes y agua tratada. [Online].; 2022. Available from: https://www.municipiochihuahua.gob.mx/CCS/Prensa/Beneficia_Municipio_a_487_familias_con_riego_de_%C3%A1reas_verdes_y_agua_tratada.

83. El Heraldo. Buscan ahorrar 92 millones de litros de agua con mil regaderas ecológicas. [Online].; 2023. Available from: https://www.elheraldodechihuahua.com.mx/doble-via/ecologia/buscan-ahorrar-92-millones-de-litros-de-agua-con-mil-regaderas-ecologicas-10855111.html.

84. BID. BID Impact. [Online].; 2024. Available from: https://www.iadb.org/es.

85. CAF. Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. [Online].; 2024. Available from: https://www.caf.com/.

86. CEPAL. Avances en la Gestión Integrada del Agua Urbana y Rural en América Latina y el Caribe. [Online].; 2014 [cited 2024 02 12.

87. UNESCO. World Water Assessment Programme. [Online]. [cited 2024 junio 02. Available from: https://www.unesco.org/en/wwap.

88. CUSI. Industry leading utility solution. [Online].; 2024 [cited 2024. Available from: https://cusi.com/.

89. DOH. Water System Design Manual. ; 2020.

90. VAG. Guideline for the reduction of physical water losses, a pressure management approach, Eschborn: Deutsche Gesellschaft Für. ; 2011.

91. CONAGUA. Acciones y programas. [Online]. [cited 2024. Available from: : https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/pro-.

92. BANOBRAS. BANOBRAS. [Online]. [cited 2024. Available from: https://www.gob.mx/banobras.

93. CONAGUA. FONAGUA El Fondo de Garantías para el Uso Eficiente del Agua. [Online]. [cited 2024. Available from: https://www.fira.gob.mx/Nd/FONAGUA.jsp.

94. Fondo de Agua Metropolitano de Monterrey. Plan Hídrico Nuevo León 2050. ; 2017.

95. NADBank. Banco de Desarrollo de América del Norte. [Online].; 2024 [cited 2024. Available from: https://www.nadb.org/es.

96. NAFIN. http://www.nafin.com. [Online]. [cited 2024. Available from: http://www.nafin.com.

97. CONAGUA, GIZ y Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la Rpública Federal de Alemania. Estudio de identificación de fuentes de financiamiento climático nacional e internacional para organismos operadores de agua y saneamiento (OO) en México. ; 2021.

98. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [Online].; 2024. Available from: https://www.cepal.org/es.

99. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). [Online].; 2024. Available from: https://www.undp.org/es.

100. Banco Interamericano de Desarrollo, Angelelli J. Fomento de la actividad emprendedora en América Latina y el Caribe, Sugerencias para la formulación de proyectos. U.S.A.:; 2005.

IMPLAN
INSTITUTO DE PLANEACIÓN INTEGRAL DEL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA

DAVID SÁNCHEZ-NAVARRO
CONSULTORIA DE RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA