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

INTEGRACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS Y RESILIENCIA HÍDRICA

INFORME V

CHIHUAHUA, CHIHUAHUA

ELABORÓ:

DAVID HUMBERTO SÁNCHEZ NAVARRO

AGOSTO 2024

ESTUDIO 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.

ÍNDICE

CAPITULO QUINTO: INTEGRACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS Y RESILIENCIA HÍDRICA

1.	Introducción	10
1.1.	Antecedentes	11
1.2.	Objetivo, Procedimiento y Estructura del Informe	13
1.3.	Metodología	13
2.	Marco Normativo	14
2.1.	Marco Normativo Internacional	14
2.2.	Marco Normativo Federal	17
2.3.	Marco Normativo Estatal	22
2.4.	Marco Normativo Municipal	26
3.	Análisis del Cambio Climático	28
3.1.	Patrones de Precipitación y Temperatura	30
3.2.	Proyección de temperatura y precipitación	36
4.	Posibles Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos	38
4.1.	Sequia	40
4.2.	Escasez de recursos hídricos	43
4.3.	Inundaciones	46
4.4.	Contaminación de los Recursos Hídricos	52
4.5.	Cambio Climático en el Ciclo Hidrológico	75
5.	Capacidad de Resiliencia	80
6.	Áreas de Oportunidad para Incrementar la Resiliencia Hídrica	95
6.1.	Sistemas de Alerta Temprana	95
6.2.	Agricultura Climáticamente Inteligente	95
6.3.	Humedales	96

6.4. Inundaciones 96

6.5. Deslaves 97

6.6. Ganadería Extensiva ante el Estrés Hídrico 97

6.7. Incremento en la Distribución del Dengue 98

6.8. Cambio y Uso de Suelo 98

7. Recomendaciones para Proteger la Sostenibilidad del Recurso Hídrico frente al Cambio Climático 100

8. Referencias 113

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua

Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820

https://implanchihuahua.org

Índice de Figuras

Figura 1. Grafica del comportamiento de las temperaturas medias, mínimas y máximas para los 7 periodos evaluados. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del IMPLAN Chihuahua y CONAGUA. 34

Figura 2. Grafica de acumulación de precipitación media multianual para los 7 periodos evaluados de 1960 al 2023. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del IMPLAN Chihuahua y CONAGUA. 35

Figura 3. Mapa de porcentaje de cambio de la precipitación acumulada anual. Fuente: Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones 2022 (31). 36

Figura 4. Mapa de anomalía de la temperatura media anual. Fuente: Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones 2022 (31). 37

Figura 5. Desastres naturales y la cantidad de recurso asignado por el FONDEN. Fuente: SEMARNAT e INECC en la Ficha Climática de Chihuahua 2022 (32). 38

Figura 6. Imagen del Monitor de Sequia en México (MSM) para el día 30 de septiembre del 2023. Fuente: MSM, 2023 (37). 41

Figura 7. Distribución mensual de la precipitación en el municipio de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia a partir de información del SINA (42). 44

Figura 8. Mapa del conjunto de datos vectoriales de la red de agua potable y la ubicación de los pozos y de las baterías de extracción que abastecen a la ciudad de Chihuahua, elaboración propia, a partir del conjunto de datos vectoriales de la red de agua potable JMAS. 54

Figura 9. Mapa de la calidad de agua del estado de Chihuahua, considerando la DBO5. Fuente: PEH 2040 (50). 56

Figura 10. Mapa de la calidad de agua del estado de Chihuahua, considerando la DBO5. Fuente: PEH 2040 (50). 58

Figura 11. Mapa de la calidad de agua del estado de Chihuahua, considerando los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Fuente: PEH 2040 (50). 60

Figura 12. Mapa de la calidad de agua del estado de Chihuahua, considerando la presencia de Coliformes Fecales (CF). Fuente: PEH 2040 (50). 62

Figura 13. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT). Fuente: PEH 2040 (50). 64

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Figura 14. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Fluoruros Totales (F). Fuente: PEH 2040 (50). 66
Figura 15. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Coliformes Fecales (CF). Fuente: PEH 2040 (50). 68
Figura 16. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Arsénico (As). Fuente: PEH 2040 (50)..... 70
Figura 17. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Nitratos (NO3). Fuente: PEH 2040 (50). 72
Figura 18. Reconstrucción de precipitación para el noreste de México (53)..... 79
Figura 19. Gráfica de los resultados de las amenazas, de mayor a menor grado de riesgo, detectados por el grupo de expertos que participó en los talleres de los siete sectores productivos identificados en el PACMUN (2019) (5). 88
Figura 20. Imagen de la vulnerabilidad de asentamientos humanos inundables. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) (32). 89
Figura 21. Imagen de la vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) (32). 90
Figura 22. Imagen de vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante el estrés hídrico. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) (32)..... 91
Figura 23. Imagen de la vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) (32)..... 92
Figura 24. Imagen de la vulnerabilidad de producción ganadera extensiva a inundaciones ocasionado por el cambio climático. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) (32)..... 93
Figura 25. Imagen de la vulnerabilidad de la población al incremento en distribución del dengue ocasionado por el cambio climático. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) (32)..... 94

Índice de Tablas

Tabla 1. Normatividad ambiental federal, leyes que tienen entre sus objetivos contribuir a garantizar el derecho a un medio ambiente sano. Fuente: Plan de Acción Climática Municipal (5)..... 20
Tabla 2. Leyes estatales relacionadas con la mitigación del cambio climático. Fuente: Plan de Acción Climática Municipal (5)..... 23
Tabla 3. Instrumentos estatales para la gestión del cambio climático y los recursos hídricos, clasificados en cuatro categorías principales. Fuente: elaboración propia con información del INECC (20). 25
Tabla 4. Impactos relacionados con el cambio climático. Fuente: INECC (1). 29
Tabla 5. Promedio multianual de los datos de temperatura y precipitación para la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el IMPLAN del periodo 1980-2019, actualizado con datos de CONAGUA (2023). 31
Tabla 6. Temperatura media, mínima y máxima para los periodos de 1960-2023. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la estación climatológica Chihuahua (Observatorio). 33
Tabla 7. Histórico de la distribución del fenómeno de sequias y su intensidad para el Municipio de Chihuahua dentro del periodo de 2003 al 2023, elaboración propia a partir de los datos del Monitor de Sequia en México (MSM). 42
Tabla 8. Disponibilidad media anual (2023), para los tres acuíferos que abastecen a la zona urbana de la ciudad de Chihuahua, elaboración propia a partir de datos de CONAGUA. 44
Tabla 9. Peligrosidad o grado de amenaza con bases y tasas de retorno, elaborado por el Municipio de Chihuahua en el Atlas de Riesgos 2022 (39). 47
Tabla 10. Arroyos de alta vulnerabilidad por su incidencia a generar inundaciones de severas a recurrentes en el municipio de Chihuahua, elaborado por el Municipio de Chihuahua en el Atlas de Riesgos 2022 (39). 48
Tabla 11. Eventos de inundación, que han afectado al municipio de Chihuahua (39). 49
Tabla 12. Clasificación del agua con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) (50).. 55
Tabla 12. Clasificación del agua con respecto a la Demanda Química de Oxigeno (DBO5) (50). 57
Tabla 14. Clasificación del agua con respecto a sus Sólidos Suspendidos Totales (SST) (50). 59
Tabla 15. Clasificación del agua con respecto a la presencia de Coliformes Fecales (CF) (50). 61

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 16. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a sus Sólidos Disueltos Totales (SDT) (50). 63
Tabla 17. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a la concentración de Fluoruros Totales (F) (50). 65
Tabla 18. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a la presencia de Coliformes Fecales (CF) (50). 67
Tabla 19. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a su concentración de Arsénico (50). 69
Tabla 20. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a su concentración de Nitratos (NO3) (50). 71
Tabla 21. Resultado de la actividad de uranio (U) y radio (Ra) en Bq/l, elaborado por Villalba L., en el estudio Actividades de Uranio y Radio en Muestras de Agua Subterránea de las Principales Ciudades del estado de Chihuahua (52). 74
Tabla 22. Riesgos y escenarios futuros del cambio climático para México. Fuente: INECC (2018) (1). 77
Tabla 23. Principales actores para los servicios básicos. Fuente: PACMUN (2019) (5). 81
Tabla 24. Principales actores para el sector económico y rural productivo. Fuente: PACMUN (2019) (5). 82
Tabla 25. Principales actores para los sectores hídrico y del área de salud. Fuente: PACMUN (2019) (5). 83
Tabla 26. Principales actores para los sectores de desarrollo urbano y biodiversidad. Fuente: PACMUN (2019) (5). 84
Tabla 27. Amenazas hidrometeorológicas identificadas para el municipio de Chihuahua. Fuente: PACMUN (2019) (5). 85
Tabla 28. Espectro de riesgo utilizado en el Plan de Acción Climática Municipal (2019). Fuente: PACMUN (2019) (5). 86
Tabla 29. Amenazas y grado de riesgo asignado por los 7 sectores productivos identificados para el municipio de Chihuahua. Fuente: PACMUN (2019) (5). 87

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Acrónimos

Acrónimo	Significado
ANP	Áreas Naturales Protegidas
ANVCC	Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático
As	Arsénico
CF	Coliformes Fecales
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CIES	Centro de Información Económica y Social
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COESPRIS	Comisión Estatal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPRED	Consejo Nacional Para Prevenir la Discriminación
CONAZA	Comisión Nacional de las Zonas Áridas
COP	Conferencia de las Partes (países que se encuentran dentro del CMNUCC)
DBO5	Demanda Biológica de Oxigeno
DQO	Demanda Química de Oxigeno
ENSO	El Niño Oscilación del Sur
F	Fluoruros Totales
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido

FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICLEI	Gobiernos Locales por la Sustentabilidad
IMPI	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial
IMPLAN	Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático
JCAS	Junta Central de Agua y Saneamiento
JMAS	Junta Municipal de Agua y Saneamiento de la Ciudad de Chihuahua
MSM	Monitor de Sequia en México
NADM	Monitor de Sequia de América del Norte
NO3	Nitratos
NOAA	Centro Nacional de Información Climática de la Administración Nacional Oceánica y atmosférica de los Estados Unidos de América
NOM	Normas Oficiales Mexicanas
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PACMUN	Plan de Acción Climática Municipal de Chihuahua
PEH	Plan Estatal Hídrico

PNH	Plan Nacional Hídrico 2020-2024
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SDT	Solidos Disueltos totales
SE	Secretaría de Economía
SECTUR	Secretaría de Turismo
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMAR	Secretaría de Marina
SEMARNAT	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía de México
SEP	Secretaría de Educación Pública
SER	Secretaría de Relaciones Exteriores
SSPC	Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana
SST	Solidos Suspendidos Totales

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

CAPITULO QUINTO: INTEGRACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS Y VULNERABILDIAD SOCIAL

En este capítulo se aborda el análisis de riesgos y vulnerabilidad social relacionados con el ámbito hídrico, incluyendo inundaciones, sequías, escasez y contaminación del agua. Se examinan las causas y posibles consecuencias de estos riesgos en el suministro y la calidad del agua, así como en la población y el medio ambiente. Además, se analiza cómo el cambio climático está afectando el ciclo hidrológico, aumentando la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos.

Se evalúa la capacidad de las localidades para resistir, adaptarse y recuperarse frente a los impactos del cambio climático y los riesgos hídricos. Se identifican oportunidades para incrementar la resiliencia hídrica y se ofrecen recomendaciones prácticas y efectivas para proteger el recurso hídrico, garantizando un suministro de agua seguro y sostenible en el contexto del cambio climático.

1. Introducción

Este capítulo se enfoca en la necesidad de identificar y evaluar los riesgos asociados a los recursos hídricos en el Municipio de Chihuahua. La zona de estudio se encuentra en una compleja intersección entre los impactos antropogénicos en el medio ambiente y los aspectos climáticos, con repercusiones directas en los recursos hídricos y la sociedad. Para abordar eficazmente estos desafíos, es crucial considerar la relación intrínseca entre el agua y el cambio climático, identificando y evaluando los riesgos relacionados, como inundaciones, sequías, escasez de agua y contaminación.

Investigaciones más recientes respaldan esta perspectiva integral y subrayan la necesidad de abordar la gestión de los recursos hídricos en relación con su resiliencia frente al cambio climático. En este contexto, este capítulo establece una base conceptual para comprender que la gestión del agua debe tener en cuenta los posibles impactos relacionados con el cambio climático y la capacidad de resiliencia de los recursos hídricos.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

1.1. Antecedentes

Comprender el cambio climático requiere un sólido conocimiento de conceptos fundamentales como el clima, cambio climático, efecto invernadero, y gases de efecto invernadero, ya que estos establecen la base esencial para abordar este fenómeno complejo.

El clima se define como el estado más común de la atmósfera en un lugar de la superficie terrestre, siendo una descripción estadística de las condiciones meteorológicas más típicas de una región en un período determinado. En un sentido más amplio, el clima se refiere al estado del sistema climático en su conjunto, incluyendo sus variaciones y descripciones estadísticas [(1)].

El clima terrestre es el resultado de la interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve, los continentes y, de manera crucial, la vida en el planeta [(1)].

Para hablar con certeza sobre el clima esperado y las variaciones históricas posibles en el estado del tiempo de una región, los especialistas consideran necesario contar con al menos 30 años de datos y observaciones [(2)]. El clima se define como el conjunto de condiciones meteorológicas predominantes en un área durante un período prolongado, mientras que el tiempo se refiere a las condiciones atmosféricas a corto plazo, como la temperatura y la precipitación, que cambian día a día debido a las variaciones en la rotación y la inclinación de la Tierra [(3)].

El cambio climático, según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), es la variación identificable del estado del clima, ya sea en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente décadas o más. Este cambio puede ser causado por procesos internos naturales o externos, como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o el uso del suelo.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define el cambio climático como el "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables" [(4)].

El cambio climático se presenta como uno de los principales desafíos de nuestra era debido a su impacto significativo en diversas áreas. Sus consecuencias no solo afectan al medio ambiente, sino que también generan repercusiones económicas, políticas, sociales y sanitarias (5). Los impactos del cambio climático dependerán de las decisiones éticas, técnicas y políticas que tomemos como sociedad e individuos [(3)].

La atmósfera terrestre está compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno, aunque también contiene pequeñas cantidades de gases de efecto invernadero como el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y los óxidos de nitrógeno, entre otros. Estos gases de efecto invernadero retienen parte de la energía solar en la atmósfera, un proceso conocido como efecto invernadero.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Este fenómeno es crucial, ya que ayuda a mantener una temperatura promedio en el planeta de alrededor de 16°C, lo que posibilita el desarrollo de la vida en la Tierra [3].

Los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI) de acuerdo con el Plan de Acción Climática Municipal de Chihuahua (2019) son: Dióxido de Carbono (CO2), Óxido Nitroso (N2O), Perfluorocarbonos (PFC), Trifluoruro de nitrógeno (NF3)6, Metano (CH4), Hidrofluorocarbonos (HFC) y Hezafluoruro de Azufre (SF6). Sin dejar de mencionar el carbono negro (CN), compuesto en estado sólido y/o líquido, que tiene un efecto similar a un GEI.

A medida que la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera aumenta, se incrementa la retención del calor, lo que lleva a un aumento en la temperatura promedio del planeta. Este fenómeno, conocido como efecto aumentado o antropogénico, se denomina calentamiento global. En resumen, el aumento en la retención de calor resulta en un incremento de la temperatura media del planeta debido a la potenciación del efecto invernadero [5].

El sexto informe de evaluación del IPCC, publicado en 2021, encontró que las emisiones humanas de gases que atrapan el calor ya han calentado el clima en casi 2 grados Fahrenheit (1,1 grados Celsius) desde la época preindustrial (a partir de 1750) [6]. Se espera que la temperatura media mundial alcance o supere los 1,5 grados C (alrededor de 3 grados F) en las próximas décadas [7].

Este calentamiento es alarmante, ya que indica que las interacciones humanas con el medio ambiente, especialmente la explotación de recursos naturales y la rápida industrialización, están afectando negativamente al clima del planeta [3].

El impacto del cambio climático es un tema de preocupación mundial y, en México, se ha abordado mediante la legislación ambiental vigente. Esta legislación es de interés general y se aplica en todo el territorio nacional, así como en las áreas sujetas a la soberanía y jurisdicción de México. Busca enfrentar los efectos adversos del cambio climático y se fundamenta en las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección ambiental, desarrollo sustentable, prevención y restauración del equilibrio ecológico.

La protección del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático son objetivos prioritarios para el gobierno mexicano. La legislación en esta materia establece medidas concretas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, promover el uso de energías renovables y fomentar prácticas sostenibles en diversos sectores económicos. Además, se impulsan acciones para proteger los ecosistemas vulnerables y adaptarse a los impactos ya inevitables del cambio climático.

1.2. Objetivo, Procedimiento y Estructura del Informe

El propósito fundamental consiste en desarrollar los estudios que sirvan como herramienta base para la elaboración de un Plan que articule un conjunto de acciones clave para alcanzar una gestión sostenible del agua en el Municipio de Chihuahua.

El objetivo principal de este informe es llevar a cabo una integración exhaustiva del análisis de riesgos y resiliencia hídrica, considerando posibles cambios climáticos en la zona de estudio que intensifiquen las inundaciones, sequías, escasez del agua y contaminación, así como el análisis de la vulnerabilidad social para resistir, adaptarse y recuperarse ante los posibles riesgos que afecten el suministro y la calidad del agua para la población y el medio ambiente, como los posibles cambios climáticos que se manifiestan en la región de estudio, que comprende el Municipio de Chihuahua.

Este objetivo se enmarca en un objetivo específico delineado en los términos de referencia bajo la numeración 1. Consiste en obtener los diagnósticos más recientes necesarios para comprender la situación del agua en el Municipio de Chihuahua. Esto implica la consolidación de información actualizada, estudios, diagnósticos, datos y análisis existentes, con el fin de desarrollar una interpretación precisa del estado actual de los recursos hídricos en la región.

1.3. Metodología

La metodología se realizó de la siguiente manera: iniciando con la recopilación y análisis de la información existente, que incluyó estudios realizados, información histórica de las estaciones climatológicas de la zona, así como datos específicos del municipio de Chihuahua, efectuados por distintos organismos gubernamentales, académicos y particulares.

Es importante destacar que no está dentro del alcance del análisis de información, el validar o verificar dichos datos proporcionados, por lo cual se referencia la fuente del estudio, dato o información presentada en este documento, para cualquier duda y aclaración.

Se realizó un análisis climático que consideró los patrones predominantes en espacio y tiempo, como las temperaturas mínimas, máximas y medias, así como el análisis de precipitación. Se interpretaron las posibles frecuencias e intensidades de los eventos climáticos extremos y se buscaron cambios significativos en las variables climáticas para encontrar un cambio en la tendencia o anomalías a corto y largo plazo que ayuden a evaluar el nivel de riesgos climáticos que afectan el ciclo hidrológico del municipio de Chihuahua.

Además, se realizó un análisis de la vulnerabilidad social, donde se midió la capacidad de las localidades para resistir, adaptarse y recuperarse frente a los impactos del cambio climático y los riesgos hídricos. Se analizaron las posibles causas y consecuencias de los riesgos para el suministro y la calidad del agua, así como para la población y el medio ambiente.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Estos análisis proporcionan una base sólida para la toma de decisiones en políticas y estrategias de manejo del agua, conservación del entorno y desarrollo sostenible del municipio y sus habitantes. Además, permiten anticipar y planificar medidas de adaptación y mitigación ante los efectos del cambio climático en el recurso hídrico y los ecosistemas.

2. Marco Normativo

El municipio de Chihuahua se encuentra regido por diversos marcos normativos que buscan establecer cómo las actividades antropogénicas están afectando al cambio climático. Estos marcos normativos abarcan leyes, reglamentos y políticas tanto a nivel local como nacional e internacional. En el ámbito local, existen instrumentos clave que regulan las acciones relacionadas con el medio ambiente y el cambio climático. En el contexto nacional, se establece las bases para la planeación, ejecución y evaluación de acciones orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático. Asimismo, el municipio de Chihuahua se adhiere a los compromisos internacionales establecidos en acuerdos como el Acuerdo de París, que busca limitar el aumento de la temperatura global y fortalecer la capacidad de adaptación de los países ante los efectos del cambio climático.

Es importante destacar que el marco normativo no solo busca regular las acciones que puedan contribuir al cambio climático, sino también establecer lineamientos para fomentar la resiliencia y la recuperación de las condiciones actuales. En este sentido, se promueven medidas como la gestión sostenible del agua, la protección de ecosistemas clave y la implementación de prácticas agrícolas y urbanas más sustentables. Estas acciones buscan proteger el recurso hídrico y reducir la vulnerabilidad hídrica del municipio frente a los impactos del cambio climático.

2.1. Marco Normativo Internacional

En el contexto normativo internacional existen dos organismos clave: el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Ambos fueron creados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), una entidad cuyos objetivos incluyen el mantenimiento de la paz y la seguridad internacional, la centralización y armonización de los esfuerzos de las naciones para alcanzar intereses comunes, así como el fomento de relaciones pacíficas entre los Estados. México ha sido un miembro activo de la ONU desde su fundación en 1945.

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el organismo internacional encargado de evaluar la información científica en materia de cambio climático y de sus potenciales impactos ambientales y socioeconómicos. Creado en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) tiene su sede en Ginebra, Suiza y cuenta con 195 países miembros. Los trabajos del panel se

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

realizan a través de un proceso de revisión de las contribuciones voluntarias de investigación de miles de científicos de todo el mundo que, de manera periódica, se constituyen en reportes de evaluación que consolidan la información científica más actualizada y se presentan como insumos para los tomadores de decisiones. Desde el inicio de su labor en 1988 el IPCC ha preparado cinco informes de evaluación en varios volúmenes [(6)].

El IPCC tiene tres grupos de trabajo: el Grupo de Trabajo I aborda las bases físicas del cambio climático, el Grupo de Trabajo II se enfoca en impactos, adaptación y vulnerabilidad, y el Grupo de Trabajo III se dedica a la mitigación. Cada grupo recibe apoyo técnico de unidades respaldadas y financiadas por el país que copreside el grupo correspondiente.

En el 2021, el IPCC finalizo el sexto informe de evaluación el cual se basa en la contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe y en los informes especiales del IPCC del 2018 y 2019, además de incorporar nuevas evidencias posteriores de climatología. Se presenta un análisis del estado actual del clima, en particular cómo está cambiando y el papel de la influencia humana [(8)].

El punto focal del IPCC en México es el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, dando seguimiento a las actividades que desempeña el panel y procurando que los informes de evaluación que resultan del trabajo de este órgano científico, para que reciban la divulgación adecuada y sean de mayor utilidad en México para comunicar a los tomadores de decisiones y a la sociedad.

Por otra parte, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), creada en 1992, es el organismo de la ONU encargado de establecer las bases para la acción internacional conjunta a mitigación y adaptación al cambio climático. Los países que integran la CMNUCC se obligan a controlar las emisiones GEI mediante la instrumentación de políticas públicas y medidas de mitigación y la aplicación de nuevas tecnologías económica y socialmente beneficiosas, entre otros factores [(9)].

Actualmente 196 países forman parte de la CMNUCC. México firmo la Convención el 13 de junio de 1992 y la ratifico ante la ONU, tras la aprobación unánime de la Cámara de Senadores, el 11 de marzo de 1993.

La CMNUCC entró en vigor el 21 de marzo de 1994, estableciendo un marco de acción cuyo objetivo final es "lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que evite interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Este nivel debería alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico continúe de manera sostenible" [(9)].

Las partes signatarias de la Convención se comprometen a responder al cambio climático formulando, aplicando y actualizando periódicamente programas nacionales de cambio climático; colaborando en la preparación para la adaptación a los impactos del cambio climático; compilando inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero; y presentando informes periódicos sobre las medidas que están adoptando para implementar la CMNUCC.

Como parte de los acuerdos de la CMNUCC, se acordó celebrar anualmente la Conferencia de las Partes (COP), una reunión en la que se llevan a cabo negociaciones para avanzar en el cumplimiento de los objetivos de la Convención. La primera COP se celebró en 1995 en Berlín, Alemania, y desde entonces, México participa de manera activa y regular.

En 1995 también se adoptó el Protocolo de Kioto, el cual compromete a los países industrializados a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 5.2% durante su periodo de compromiso (2008-2012). Este protocolo establece mecanismos de mercado como el Comercio de Derechos de Emisión y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio. Entró en vigor en 2005 y México lo ratificó en el año 2000.

El Protocolo de Kioto fue reemplazado por el Acuerdo de Paris para el COP 2021 en 2015 [(10)].

El acuerdo de París reúne a 195 naciones comprometidas a abordar el cambio climático y promover el medio ambiente y el desarrollo sostenible. El acuerdo de París insta a todas las naciones, tanto desarrolladas como en desarrollo, a colaborar de manera ambiciosa, progresiva, equitativa y transparente para mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 1.5 grados Celsius.

Este acuerdo establece compromisos claros para la mitigación y adaptación al cambio climático. Además, destaca la importancia de los bosques e incluye una revisión quinquenal de su implementación a partir de 2023, con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2 grados Celsius, idealmente sin superar los 1.5 grados Celsius.

El acuerdo de París también establece metas de adaptación, promueve flujos financieros alineados con el desarrollo sostenible y crea un esquema fortalecido de financiamiento y transparencia tecnológica. Reconoce la participación del sector privado y fomenta la cooperación en educación, capacitación, sensibilización y participación pública. Entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, después de ser ratificado por al menos 55 países que representan el 55% de las emisiones globales (11).

El 22 de abril de 2016, en el Día de la Tierra, se llevó a cabo en Nueva York una ceremonia de alto nivel para iniciar la firma del Acuerdo de París en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Rafael Pacchiano Alamán, titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, firmó ad-referéndum en representación del presidente de la República. El 14 de septiembre de 2016, la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión aprobó el Acuerdo de París [(10)].

El Decreto por el que se aprueba el Acuerdo de París, adoptado en la Ciudad de París, Francia, el 12 de diciembre de 2015, fue publicado por el Diario Oficial de la Federación el 19 de septiembre de 2016 [(3)].

2.2. Marco Normativo Federal

El Marco Normativo Federal al que se adhiere el municipio de Chihuahua, basado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece fundamentos legales que tienen un impacto directo en el ciclo hidrológico, el cambio climático y la capacidad del municipio para resistir, adaptarse y recuperarse de los impactos climáticos en sus recursos hídricos.

En primer lugar, el derecho de toda persona a un medio ambiente sano, reconocido en el **Artículo 4** de la Constitución, implica la protección de los recursos hídricos esenciales para la vida y el ciclo hidrológico. Este derecho obliga al Estado a garantizarlo y responsabilizar a quienes dañen el medio ambiente, fomentando la conservación y el uso sostenible de los recursos hídricos, especialmente relevante en el contexto del cambio climático [(12)].

Por otro lado, el impulso al desarrollo equilibrado y sustentable del país, establecido en el **Artículo 26,** busca garantizar que las actividades humanas no afecten la capacidad del medio ambiente para sostener la vida, incluido el ciclo hidrológico. Esto implica la necesidad de tomar medidas para mitigar los impactos del cambio climático, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la adaptación a los cambios en los patrones de precipitación y temperatura.

Además de los artículos mencionados, otros aspectos de la Constitución también influyen en la gestión de los recursos hídricos y la adaptación al cambio climático en el municipio de Chihuahua [(12)]:

- El **Artículo 27** regula el aprovechamiento de los recursos naturales, garantizando su conservación y distribución equitativa para el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población.
- El **Artículo 28** regula la forma en que el Estado otorga concesiones, asegurando la participación y previniendo la concentración que afecte el interés público, lo que influye en la gestión de los recursos hídricos.
- El **Artículo 73** establece la expedición de leyes para la protección y preservación del equilibrio ecológico, lo que implica considerar medidas para la adaptación al cambio climático y la gestión sostenible de los recursos hídricos.
- El **Artículo 115** determina las funciones y servicios públicos a cargo de los municipios, incluyendo el agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, lo que implica una responsabilidad directa en la gestión sostenible de los recursos hídricos a nivel local.

Además de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la **Ley de Planeación** [(13)] regula el sistema nacional de planeación para garantizar la participación democrática en la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo y los respectivos Programas, considerando aspectos ambientales, económicos, sociales y culturales.

En conjunto, el marco normativo federal establece las bases legales para la protección y gestión sostenible de los recursos hídricos, así como para la adaptación al cambio climático,

fortaleciendo la capacidad del municipio de Chihuahua para enfrentar los desafíos ambientales y climáticos. Además de la Ley de Planeación y la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, existen leyes federales que buscan proporcionar pautas para fortalecer el equilibrio ecológico, así como buscar el desarrollo sostenible y proteger el estado de los recursos hídricos contra los posibles problemas climáticos que así se presenten.

2.2.1. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Esta ley establece los presupuestos mínimos para la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones fortalecen la capacidad del municipio de Chihuahua para enfrentar los desafíos climáticos y los problemas que estos generan en el ciclo hidrológico. En los artículos [(14)] a continuación se muestran las atribuciones, facultades y obligaciones de la Federación, las entidades federativas y los municipios en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, así como la formulación y conducción de la política ambiental nacional:

- **Artículo 2:** Plantea las atribuciones de la Federación, las entidades federativas y los municipios, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.
- **Artículo 5:** Establece las facultades de la Federación en las cuales se encuentra la formulación y conducción de la política ambiental nacional, la atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas sujetas a la soberanía y jurisdicción de la nación, originados en el territorio o zonas sujetas a la soberanía o jurisdicción de otros Estados, o en zonas que estén más allá de la jurisdicción de cualquier Estado y a regulación de la prevención de la contaminación ambiental originada por ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores perjudiciales para el equilibrio ecológico y el ambiente.
- **Artículo 41:** Establece la obligación del Gobierno Federal, las entidades federativas y los municipios con arreglo a lo que dispongan las legislaturas locales, fomentara, la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, asimismo proveerán programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, perseverar, proteger y restaurar los ecosistemas para prevenir desequilibrios ecológicos y daños ambientales, determinar la vulnerabilidad, así como las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. Para ello, se podrán celebrar convenios con instituciones de educación superior, centros de investigación, instituciones del sector social y privado, investigadores y especialistas en la materia [(14)].

2.2.2. Ley General del Cambio Climático

Esta ley tiene como objetivo garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer las facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. En los artículos 2 y 9 [(15)] se presenta el objetivo de garantizar el derecho a un medio ambiente sano y se establece las facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios.

- **Artículo 2:** Plantea el objetivo de garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la ocurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de las políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.
- **Artículo 9:** confiere al Municipio la formulación, conducción y evaluación de la política municipal en materia de cambio climático en concordancia con la política nacional y estatal; además de la formulación e instrumentación de las políticas y acciones en la materia, en congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo, la Estrategia Nacional, el Programa estatal en materia de cambio climático y con las leyes aplicables. Así mismo establece que los municipios, con acuerdo de sus ayuntamientos podrán coordinase y/o asociarse para una eficiente implementación de las disposiciones previstas en dicho artículo [(15)].

2.2.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Esta ley contribuye al desarrollo social, económico, ecológico y ambiental del país mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales. Además, fortalece la capacidad de los municipios en el diseño, desarrollo y aplicación de incentivos para promover el desarrollo forestal y la conservación de los bienes y servicios ambientales forestales. Dado su impacto en el sector forestal, esta ley está estrechamente vinculada con la temática del cambio climático, destacando especialmente los Artículos 2 y 15 [(16)].

- **Artículo 2:** Menciona como objetivo contribuir al desarrollo social, económico, ecológico y ambiental del país, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales, así como de las cuencas y ecosistemas hidrológicos forestales; desarrollar los bienes y servicios ambientales y proteger, mantener y aumentar la biodiversidad que brindan los recursos forestales; promover la organización, capacidad operativa, integralidad y profesionalización de las instituciones públicas de la Federación, Estados y Municipios, para el desarrollo forestal sustentable.
- **Artículo 15:** Se refiere a las atribuciones de los municipios en cuanto al diseño, desarrollo y aplicación de incentivos para promover el desarrollo forestal, así como participar en la planeación y ejecución de la reforestación, forestación, restauración de suelos y

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

conservación de los bienes y servicios ambientales forestales, dentro de su ámbito territorial de competencia [5] [16].

Además de la normativa federal mencionada, la Tabla 1 muestra leyes que tienen entre sus objetivos contribuir a garantizar el derecho a un medio ambiente sano, pero también propiciar el desarrollo sustentable de México a través de la participación de los tres niveles de gobierno, abordando líneas de acción de mitigación y adaptación, identificando ellas, las atribuciones de la competencia del Municipio de Chihuahua.

Tabla 1. Normatividad ambiental federal, leyes que tienen entre sus objetivos contribuir a garantizar el derecho a un medio ambiente sano. Fuente: Plan de Acción Climática Municipal [5].

Leyes Generales	
Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano	Contempla al ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el Desarrollo urbano de los centros de población, como medios que buscan mejorar el nivel y calidad de vida de la población urbana y rural, vinculando el desarrollo regional y urbano con el bienestar social de la población; así como la conservación y mejoramiento del ambiente en los asentamientos humanos. En este sentido, se considera de utilidad pública la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; la ejecución de planes o programas de Desarrollo urbano; la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente de los centros de población; entre otros.
Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	Tiene como objeto propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Se fundamenta en propiciar el desarrollo sustentable a través de la preservación de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; asimismo, plantea los lineamientos destinados a prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases para aplicar los principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Leyes Generales	
	deben de considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental para la gestión de residuos.
Ley General de Vida Silvestre	Tiene por objeto establecer la concurrencia entre los tres órdenes de gobierno, en lo correspondiente a su respectiva competencia a la conservación, y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat, dentro del territorio nacional. Asimismo, regula el aprovechamiento sustentable de las especies o poblaciones en riesgo en lo que respecta a recursos forestales maderables y no maderables, y de especies cuyo medio ambiente de vida sea el agua.
Ley General de Protección Civil	Determina las bases de coordinación de los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil; regulando además la participación de los sectores privado y social. Fortalece la gestión integral de riesgo entre los tres niveles de gobierno, gestión que estará contemplado en los programas y estrategias que en materia se dicten.
Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética	Es una ley de orden público, que tiene por objeto regular el aprovechamiento de las fuentes de energías renovables y tecnologías limpias para su generación, distintas a la prestación del servicio público, así como la estrategia y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética. Establece entre otras, como fuentes para generar electricidad, cuando se utilice la incineración o el tratamiento térmico a residuos industriales, así como el aprovechamiento de rellenos sanitarios, siempre y cuando cumplan con la normatividad ambiental. Promoviendo así, la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía. Apegándose la Secretaría de Energía a los programas nacionales en materia de mitigación del cambio climático.

2.2.4. Reforma Energética

En el marco normativo nacional también se cuenta con la Reforma energética que tienen como propósito mejorar y actualizar el marco normativo que rige al Estado de Chihuahua en cuanto a sus leyes constitucionales y secundarias. La Reforma Energética cobra relevancia resaltando la importancia de medidas que fortalezcan la capacidad de las localidades, para resistir, adaptarse y recuperarse frente a los impactos del cambio climático y los riesgos hídricos. La Reforma Energética, al buscar un desarrollo energético más eficiente y sostenible, puede contribuir a mitigar estos impactos al fomentar el uso de energías limpias y tecnologías más amigables con el ambiente, reduciendo así la huella de carbono y promoviendo la resiliencia frente a los efectos del cambio climático.

2.3. Marco Normativo Estatal

En el ámbito estatal, el estado de Chihuahua se encuentra regido jurídicamente por la Constitución Política del Estado de Chihuahua. Esta constitución establece el diseño de políticas públicas que el Ejecutivo Estatal y los municipios deben seguir, en las cuales se priorice el fomento a medidas y estrategias de prevención y adaptación al cambio climático, así como la mitigación de sus efectos adversos. Esto es crucial para abordar el fenómeno global del cambio climático y propiciar el aprovechamiento sustentable de la precipitación pluvial (Artículo 173, párrafo adicionado mediante Decreto No. LXV/RFCNT/0357/2017 V P.E. publicado en el P.O.E. No. 89 del 8 de noviembre de 2017) [(17)].

Asimismo, tanto el Gobierno del Estado como los municipios tienen la responsabilidad de garantizar que las obras públicas que se ejecuten en sus respectivas competencias busquen un desarrollo integral sustentable. Esto implica considerar medidas apropiadas para preservar el equilibrio ecológico, proteger el ambiente y aprovechar los recursos naturales de manera sostenible. La Constitución también otorga competencia a los municipios en materia de obras públicas y comunicaciones, lo que les permite conservar y mejorar los bienes municipales.

El Estado de Chihuahua ha estado inmerso en las políticas nacionales en materia de prevención y protección del medio ambiente y recursos naturales, así también, desde el año 2009 ha realizado diversas modificaciones a su marco jurídico entre ellos la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chihuahua [(18)], estableciendo en éste ordenamiento la importancia de contar con un programa Estatal contra el Cambio Climático, que incluya las medidas de mitigación para las consecuencias negativas que se generen, así como las de adaptación, ante los efectos inevitables del cambio climático.

Resalta la participación del Estado en la implementación y funcionamiento del Programa Estatal contra el Cambio Climático, en coordinación con los municipios de la entidad. Por ello, se otorgan atribuciones a los municipios para coadyuvar con el Ejecutivo Estatal en la aplicación

de este programa. Este es crucial como criterio para la prevención y restauración del equilibrio ecológico en la entidad, ya que la restauración de este equilibrio es indispensable para frenar el cambio climático. Además, la Ley del Agua del Estado de Chihuahua [19] establece las pautas para la planeación del desarrollo hidráulico, determinando la cantidad, calidad, ubicación y variación temporal de los recursos hídricos. También considera la existencia de zonas vulnerables y de interés especial, y la información meteorológica, hidrométrica y piezométrica necesaria para establecer políticas de manejo integrado. La conexión entre el cambio climático y el desgaste de los recursos hídricos es evidente, ya que el cambio climático está afectando la disponibilidad y calidad del agua en muchas regiones del mundo, incluyendo Chihuahua. Esto aumenta la presión sobre estos recursos y la necesidad de una gestión más eficiente y sostenible.

Además de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chihuahua, el estado cuenta con leyes que buscan proteger el medio ambiente con el propósito de mitigar el cambio climático y reducir el impacto en los recursos hídricos, las cuales se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Leyes estatales relacionadas con la mitigación del cambio climático. Fuente: Plan de Acción Climática Municipal [5].

Leyes Estatales	
Ley de Cambio Climático del Estado de Chihuahua	Esta ley tiene como objetivo principal la elaboración y ejecución de políticas públicas para adaptarse al cambio climático y mitigar las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero. Para lograrlo, se destaca la importancia de la colaboración entre las diversas autoridades estatales, mediante la formación del Consejo de Cambio Climático. Este consejo tiene la responsabilidad de implementar políticas públicas, estrategias y el programa estatal de Cambio Climático, así como de supervisar su cumplimiento a través del Sistema Estatal de Información sobre el Cambio Climático.
Ley de Desarrollo Rural Integral sustentable para el Estado de Chihuahua	Esta ley tiene como objetivo principal promover el desarrollo rural integral sustentable. Además, establece la importancia de respetar la reglamentación municipal y de coordinar las acciones entre el sector federal, municipal y productivo.
Ley de Desarrollo Urbano Sostenible del estado de Chihuahua	Esta ley tiene como objetivo principal la planeación del desarrollo urbano del estado, promoviendo la coordinación entre los tres niveles de gobierno. Busca implementar prácticas que reduzcan el impacto y mitiguen los daños causados por la actividad humana

Leyes Estatales	
	en los ecosistemas, fundamentales para la vida y el bienestar de la sociedad. Asimismo, establece que todo desarrollo urbano debe someterse a un estudio de impacto urbano y ambiental, que permita identificar y aplicar medidas de solución o mitigación necesarias para cada proyecto.
Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Chihuahua	Esta ley tiene como objetivo establecer los lineamientos generales para la conservación, protección, restauración, producción, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales en el estado de Chihuahua y sus municipios.
Ley de la Vida Silvestre para el Estado de Chihuahua	Esta Ley tiene por objeto establecer la regulación para la preservación, conservación, remediación, restauración, recuperación, rehabilitación, protección, cuidado y fomento para el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el Estado de Chihuahua y sus municipios, de conformidad con el artículo 10 de la Ley General de Vida Silvestre.
Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del estado de Chihuahua	Esta ley establece la competencia del Estado y de los municipios, en lo referente a la prevención, generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, incluyendo la prevención y remediación de sitios contaminados.
Ley para el Fomento, Aprovechamiento y Desarrollo de Eficiencia Energética y de Energías Renovables del Estado de Chihuahua	Esta ley establece la política pública en el estado de Chihuahua para promover el aprovechamiento y desarrollo de energías renovables y la eficiencia energética, en consonancia con el entorno social y ambiental. Asimismo, busca fomentar la investigación, desarrollo e innovación tecnológica en este ámbito, y facilitar la participación de los sectores social y privado.
Ley de Turismo del estado de Chihuahua	Los sectores productivos son factor primordial para las acciones del cambio climático, por ello el gobierno del Estado promoverá ante el sector turístico las medidas de protección, conservación y mejoramiento de los atractivos naturales y culturales, así como d ellos servicios que constituyan o puedan constituir un atractivo para el turismo, procurando la conservación del medio ambiente, la preservación ecológica de las zonas y el respeto a las costumbre y tradiciones regionales, basándose en los principios de sustentabilidad.

Además de la legislación estatal mencionada para proteger los recursos hídricos en relación con el cambio climático, existen diversos planes, programas y reglamentos estatales que proporcionan una estructura para la implementación de acciones contra el cambio climático y la protección de los recursos naturales, en especial los hídricos. Estos instrumentos se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Instrumentos estatales para la gestión del cambio climático y los recursos hídricos, clasificados en cuatro categorías principales. Fuente: elaboración propia con información del INECC [20].

Cambio Climático	**Año**
Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021	2017
Evaluación de la Política Estatal de Cambio Climático	2013
Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua	2016
Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Chihuahua	2012
Emisiones y Calidad del Aire	**Año**
Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Chihuahua 2016-2025	2017
Emisiones de GEI en Chihuahua y Proyecciones de Casos de Referencia 1990-2025	2010
Manejo de Residuos Solidos	**Año**
Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Chihuahua	2016
Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Chihuahua	2012
Gestión Territorial	**Año**
Atlas de Riesgos del Municipio de Chihuahua 2022	2023

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

2.4. Marco Normativo Municipal

El marco normativo para el Municipio de Chihuahua permite definir las atribuciones que tiene el municipio para la prevención y restauración ecológica, así como la protección del medio ambiente buscando la conservación de los recursos hídricos. En este contexto, el **Reglamento de Protección al Medio Ambiente y Cambio Climático del Municipio de Chihuahua** [21] tiene como objetivo:

I. Regular las atribuciones del Municipio de Chihuahua en materia de prevención y restauración del equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente.
II. La formulación de la política ambiental municipal, mediante la instrumentación de la protección, conservación y restauración de los ecosistemas en el Municipio de Chihuahua, así como prevenir y controlar los procesos de deterioro ambiental, coadyuvando con las demás normas legales existentes en materia.
III. La elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI), en el Municipio de Chihuahua.

Además del Reglamento de Protección al Medio Ambiente y Cambio Climático del Municipio de Chihuahua, se destaca la existencia del **Plan de Acción Climática Municipal** (2019) [5], el cual establece la integración del sistema de información ambiental, así como las políticas de mitigación y adaptación que deberán ser atendidas en su caso por sector.

También, el municipio cuenta con el **Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Chihuahua** [22], que se basa en las facultades y competencias otorgadas por la Ley de Desarrollo Urbano Sostenible del Estado de Chihuahua. Este reglamento promueve la coordinación entre el municipio y la sociedad para lograr actividades sustentables, como el aprovechamiento óptimo del agua y la energía renovable, así como el uso adecuado del suelo urbano, entre otros aspectos.

Además de estos reglamentos, el municipio cuenta con diversos programas destinados a la conservación y mejora del medio ambiente, así como a la atención de riesgos y contingencias ambientales. El **Reglamento de Construcciones y Normas Técnicas** [23], de orden público e interés social, busca conservar y mejorar el ambiente, así como prevenir efectos negativos sobre el medio ambiente y el entorno urbano. Por otro lado, el **Reglamento de Desarrollo Rural para el Municipio de Chihuahua** [24] tiene como objetivo lograr un desarrollo sustentable en el sector agrícola, ganadero, forestal y en actividades que incidan en el desarrollo económico rural, en equilibrio con el proceso de urbanización y desarrollo industrial.

Este reglamento también promueve la protección, restauración, aprovechamiento y manejo de los recursos forestales y faunísticos del municipio, con el fin de propiciar su conservación y aprovechamiento sustentable. En este sentido, se enfatiza el uso de semillas mejoradas, fertilizantes orgánicos y otros insumos que favorezcan la producción y productividad, siempre con un enfoque en la protección del entorno ecológico. Además, como parte de la protección del ambiente y la salud humana, animal y vegetal en el medio rural, se prohíbe el desecho de productos químicos en

drenajes, canales, arroyos, ríos, lagunas y cualquier lugar inapropiado, de acuerdo con los reglamentos correspondientes [(5)].

Los programas dirigidos a la conservación, mejora del medio ambiente y gestión de riesgos ambientales tienen como objetivo primordial mitigar los efectos del cambio climático en los recursos hídricos al proteger los ecosistemas y fomentar prácticas sostenibles en el uso del agua. Estos esfuerzos representan una respuesta integral del municipio para abordar los desafíos asociados al cambio climático en relación con los recursos hídricos. Al reducir la emisión de gases de efecto invernadero y promover prácticas sostenibles para preservar la calidad y disponibilidad del agua, a través de políticas de eficiencia energética, fomento de energías renovables, adecuado manejo de residuos, reforestación y conservación de ecosistemas acuáticos, se busca disminuir la huella de carbono y fortalecer la resiliencia de los ecosistemas hídricos. Todo esto con el fin de asegurar la disponibilidad de agua de calidad para las generaciones futuras y reducir los impactos negativos del cambio climático en la biodiversidad y en la vida de las personas.

3. Análisis del Cambio Climático

Los impactos de los cambios climáticos han sido tan significativos que cada año se establecen récords de temperaturas y precipitaciones mínimas y máximas a nivel mundial y local. Organizaciones internacionales, como el Centro Nacional de Información Climática de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés), registran y presentan regularmente estos datos globales [(1)].

Entre los efectos del cambio climático, las simulaciones que consideran un aumento del doble de CO_2 en la atmósfera indican que el hemisferio norte se calentará aproximadamente el doble de rápido que el hemisferio sur. Se estima que esto resultaría en un aumento de la temperatura promedio global de la Tierra de 3.6°C. En detalle, se proyecta que el hemisferio norte experimentaría un aumento de temperatura de alrededor de 4.8°C, mientras que el hemisferio sur experimentaría un aumento de aproximadamente 2.4°C. Este calentamiento adicional en el hemisferio norte podría desplazar el ecuador térmico y sus cinturones de lluvias asociados hacia el norte, similar al desplazamiento observado en el cinturón de lluvias tropicales hace 14.5 mil años [(25)].

El cambio climático y la producción de alimentos representan dos de los principales desafíos a nivel global. Se reconoce que las actividades agropecuarias, especialmente la ganadería, son tanto causantes como potenciales víctimas del cambio climático. Por esta razón, se requieren intervenciones normativas y soluciones técnicas para abordar los efectos de la producción ganadera y su impacto en el cambio climático. La ganadería contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente a través de la emisión de metano (CH_4) en dos procesos principales: la fermentación entérica y la gestión del estiércol. Este sector también es responsable del 10.3% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional. Además, aproximadamente el 43% de la superficie destinada a la ganadería está degradada debido al sobrepastoreo [(26)].

También se espera que el sector más perjudicado económicamente por el cambio climático sea la agricultura, viéndose afectado por la disminución del ingreso económico. Este sector es un determinante para la seguridad alimentaria, la cual se da cuando todos tienen el acceso permanente a alimentos seguros, nutritivos y en calidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferenciales [(27)].

Existe la posibilidad de que se presenten diversos impactos relacionados con el cambio climático, tal como se muestra en la Tabla 4 según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) [(1)], el cual estima que estos se intensifiquen en la próxima década.

Tabla 4. Impactos relacionados con el cambio climático. Fuente: INECC [1].

Impactos relacionados con el cambio climático
Aumento de la temperatura promedio global de los océanos y la superficie
Aumento promedio mundial del nivel del mar
Acidificación del mar
Aumento de la temperatura superficial de los océanos
Alteración de la abundancia de algas, plancton y peces en los ambientes marinos
Modificación de los patrones naturales de precipitación
Inundaciones recurrentes
Incremento en el número e intensidad de huracanes, principalmente en el Atlántico Norte
Sequías más prolongadas
Aumento en el número de días y noches cálidas a nivel global
Ondas cálidas más frecuentes y pronunciadas en Europa, Asia y Australia
Disminución en la disponibilidad de agua para consumo humano, agrícola e hidroeléctrico
Disminución en la productividad agrícola
Reducción y adelgazamiento de las capas de nieve en Groenlandia y la Antártica
Disminución de los glaciares a nivel mundial
Disminución de la capa de nieve primaveral del hemisferio norte
Pérdida de biodiversidad y cambio en la composición de los ecosistemas
Disminución de la temperatura promedio en ciertos lugares
Mayor propensión a incendio forestales

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Impactos relacionados con el cambio climático
Alteración de los ciclos biológicos y distribución geográfica de la flora y fauna
Alteración de los vectores de enfermedades infecciosas en ciertas áreas
Aumento, en Europa, de la mortalidad a causa del aumento de las temperaturas

Los posibles efectos del cambio climático en los recursos hídricos pueden alterar los patrones de evaporación y precipitación y afectar la disponibilidad de agua. Estos cambios tendrían consecuencias significativas en la disponibilidad y calidad del agua para consumo humano, agrícola e hidroeléctrico, así como en la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos y terrestres.

3.1. Patrones de Precipitación y Temperatura

Se realizó un análisis de las características climatológicas de la zona de estudio utilizando información histórica proporcionada por el IMPLAN. Este análisis se basó en los datos recopilados por el IMPLAN para la ciudad de Chihuahua entre 1980 y 2019. Los registros de precipitación se extrajeron de la base de datos desarrollada por la Universidad Autónoma de Chihuahua para el Estudio de Evaluación de las Fuentes Actuales de Abastecimiento a la Ciudad de Chihuahua. Este estudio abarcó una evaluación de la viabilidad de fuentes alternas y un anteproyecto de la infraestructura hidráulica requerida. Para abordar la ausencia de datos, el IMPLAN aplicó la metodología de correlación lineal en el análisis de datos faltantes.

Las estaciones meteorológicas clave en este análisis se basaron principalmente en la información recopilada por la estación Observatorio de CONAGUA, identificada con el número 08040. Los datos de esta estación se correlacionaron con los de la estación Presa Rejón (08114) y la estación Presa Chihuahua (08185) [28]. Cabe destacar que estas tres estaciones meteorológicas son las únicas actualmente en operación, contribuyendo de manera significativa a la fiabilidad y actualización de los datos analizados.

La temperatura promedio anual, según los datos recopilados de la estación climatológica Observatorio durante el periodo de 1980 a 2023, se establece en 18.5°C. Asimismo, se destaca una temperatura máxima promedio de 38.9°C y una temperatura mínima promedio de -5.4°C para el mismo intervalo temporal, como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. Promedio multianual de los datos de temperatura y precipitación para la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el IMPLAN del periodo 1980-2019, actualizado con datos de CONAGUA (2023).

Año	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)
1960	38.2	-8.1	16.7	374.3
1961	36.1	-6.2	17.4	325.5
1962	37.8	-14.5	17.8	316.7
1963	36.8	-8.7	17.9	549.5
1964	36.8	-10.0	17.5	265.2
1965	36.8	-9.5	17.3	310.1
1966	36.2	-10.8	17.0	514.0
1967	37.2	-9.2	17.6	451.2
1968	37.2	-7.8	17.2	551.9
1969	39.0	-7.8	18.0	332.3
1970	38.9	-6.7	17.8	293.3
1971	35.1	-8.9	17.9	382.0
1972	36.1	-7.2	18.0	513.1
1973	37.7	-8.2	16.9	425.1
1974	36.4	-7.7	17.7	485.9
1975	36.8	-7.8	17.1	274.3
1976	35.7	-6.5	16.3	561.9
1977	35.8	-6.3	17.7	359.5
1978	38.3	-10.3	17.2	625.3
1979	38.8	-6.2	17.1	402.8
1980	38.8	-4.8	17.8	450.0
1981	38.9	-2.8	17.6	625.4
1982	39.0	-4.4	18.5	252.4
1983	37.6	-7.6	17.7	285.4
1984	36.3	-5.3	17.7	407.9
1985	39.0	-8.0	17.9	494.5
1986	35.7	-6.3	17.1	735.3
1987	38.0	-8.3	16.3	585.4
1988	38.2	-7.5	17.2	316.3
1989	40.3	-7.7	18.3	268.7
1990	38.3	-6.6	16.9	789.6

Año	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)
1991	38.8	-5.7	17.2	609.4
1992	39.8	-5.5	16.5	485.0
1993	36.6	-6.3	17.4	240.3
1994	40.1	-6.2	18.3	162.8
1995	37.3	-3.7	18.1	323.9
1996	38.0	-8.4	18.1	480.1
1997	37.4	-10.7	17.4	441.0
1998	40.3	-6.5	18.7	298.3
1999	37.9	-6.0	18.8	441.0
2000	37.9	-6.2	18.8	452.7
2001	38.2	-6.2	18.8	212.8
2002	39.8	-5.8	19.0	310.5
2003	40.8	-4.2	19.4	234.3
2004	39.7	-5.1	18.4	628.6
2005	40.2	-2.7	19.4	424.8
2006	38.7	-6.5	19.4	339.6
2007	38.9	-7.6	18.4	285.5
2008	38.7	-5.9	18.6	499.7
2009	38.3	-5.2	18.6	339.9
2010	40.0	-10.3	18.0	463.9
2011	39.7	-19.3	19.3	195.4
2012	38.9	-4.3	19.3	352.7
2013	37.7	-7.1	19.3	550.9
2014	37.8	0.3	18.2	398.3
2015	39.7	4.2	19.1	373.0
2016	38.3	1.0	19.1	549.6
2017	40.3	0.4	19.6	360.6
2018	39.3	2.3	19.4	300.3
2019	37.9	3.6	19.4	394.9
2020	40.0	-5.5	20.7	166.3
2021	41.0	-5.2	20.3	415.0
2022	41.0	-7.4	19.7	405.0
2023	42.0	-5.6	21.1	231.4

Se realizó un análisis climatológico interdecenal utilizando los datos de la Tabla 5 con el fin de identificar fluctuaciones en la temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación acumulada durante el periodo de 1960 a 2023. Este análisis se basó en la información proporcionada por el IMPLAN Chihuahua y los registros de la estación climatológica Chihuahua Observatorio (8040).

Como resultado del análisis, se identificaron 7 periodos de tiempo (Tabla 6), que incluyen 6 intervalos de 10 años y los 4 años más recientes. Se observa que la temperatura media mínima registrada fue de 17.4°C, un valor constante en los periodos de 1960-1969 y 1970-1979. En contraste, la temperatura media máxima es la década más reciente, correspondiente al periodo 2020-2023, alcanzó los 20.4°C, evidenciando un aumento de 3°C en comparación con el periodo de 1960-1969.

Tabla 6. Temperatura media, mínima y máxima para los periodos de 1960-2023. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la estación climatológica Chihuahua (Observatorio).

Periodo	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)
1960-1969	39.0	-14.5	17.4
1970-1979	38.9	-10.3	17.4
1980-1989	40.3	-8.3	17.6
1990-1999	40.3	-10.7	17.8
2000-2009	40.8	-7.6	18.9
2010-2019	40.3	-19.3	19.1
2020-2023	42.0	-7.4	20.4

Para la temperatura máxima, se observa que el valor mínimo se registró en el periodo de 1970-1979, alcanzando los 38.9°C, lo cual es apenas inferior al valor registrado en el periodo anterior de 1960-1969, que fue de 39°C. Por otro lado, la temperatura máxima más alta registrada se encontró en el periodo 2020-2023, con un valor de 42°C, lo que representa un aumento de 3°C en comparación con el periodo de 1960-2023.

En cuanto a la temperatura mínima, se identificó que el valor más bajo se registró en el periodo de 2010-2019, siendo este de -19.3°C. Por otro lado, la temperatura mínima más alta se determinó en el periodo 2020-2023, con un valor de -7.4°C. Es importante destacar que estos dos valores extremos se encuentran en los dos últimos periodos analizados.

Estos resultados indican una tendencia al aumento tanto en la temperatura máxima como en la temperatura mínima a lo largo de los años analizados, lo que sugiere un posible impacto del cambio climático en la zona estudiada.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de las temperaturas medias, mínimas y máximas a lo largo de los 7 periodos evaluados.

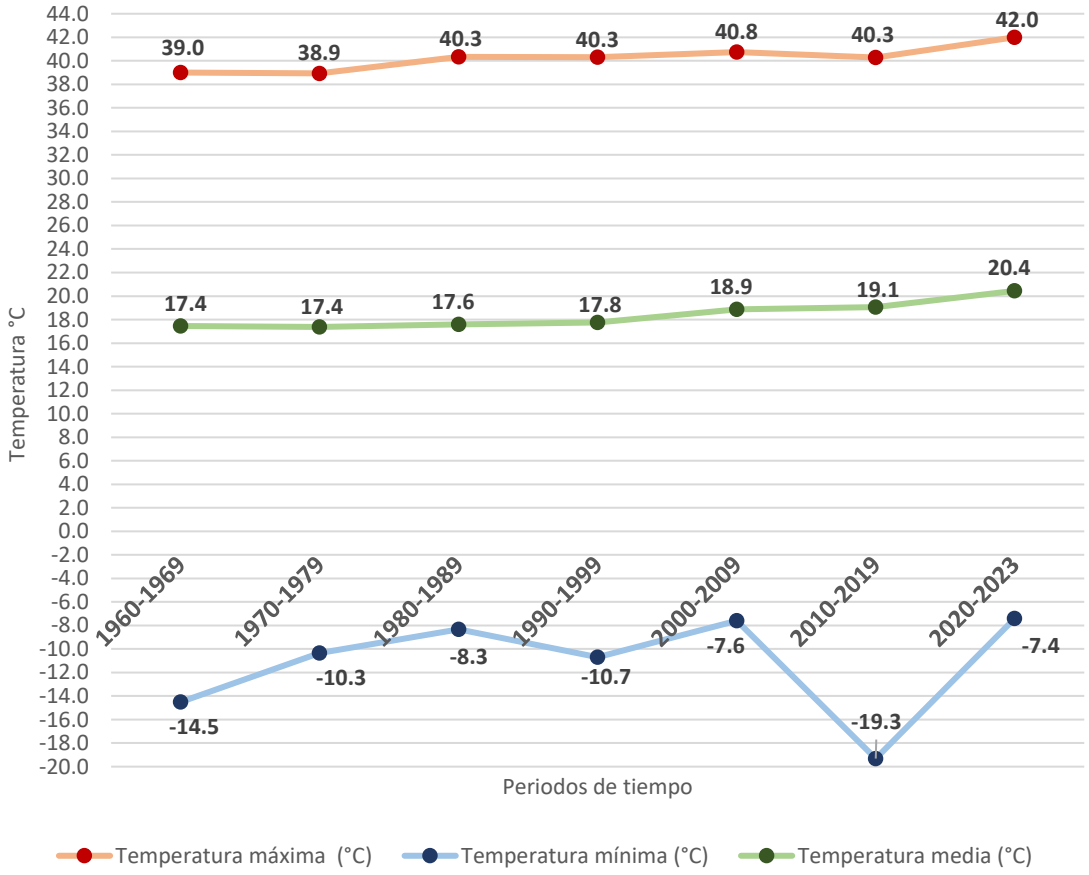


Figura 1. Grafica del comportamiento de las temperaturas medias, mínimas y máximas para los 7 periodos evaluados. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del IMPLAN Chihuahua y CONAGUA.

La precipitación alcanzó su valor de acumulación media más elevado en el periodo de 1980-1989 como se puede observar en la Figura 2. En contraste, el menor valor de acumulación media se registró en el último periodo de 2020-2023. Es importante destacar que estos últimos 4 años han sido afectados por una sequía que ha sido clasificada como severa, extrema y excepcional según el rango de intensidad del Monitor de Sequía en México (MSM).

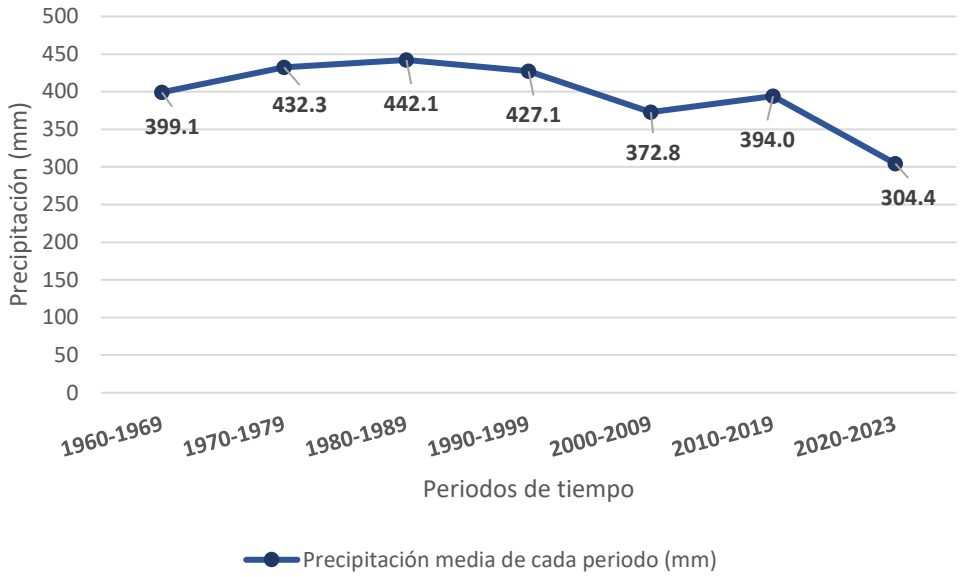


Figura 2. Grafica de acumulación de precipitación media multianual para los 7 periodos evaluados de 1960 al 2023. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del IMPLAN Chihuahua y CONAGUA.

En estudios previos, se ha atribuido la variabilidad de la precipitación en la zona principalmente a la Oscilación del Pacífico Norte (PDO, por sus siglas en inglés), la cual modula la precipitación en invierno más que en verano, y a la Oscilación del Atlántico Norte (AMO), que representa la variación de temperatura en estos dos océanos. Asimismo, la estacionalidad de la precipitación también varía dependiendo de la influencia del fenómeno de El Niño y La Niña, y su relación con las fases PDO y AMO [(29)].

Es importante destacar que el año 2023 fue afectado por el fenómeno de El Niño, el cual se caracteriza por una gran variación en la precipitación anual. Esta variabilidad se debe principalmente al efecto aleatorio de los patrones de incidencia de los ciclones tropicales en la parte central de la costa del Pacífico. Además, el fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) también contribuye a esta variación anual. El ENSO es un fenómeno global que se manifiesta con el incremento de la temperatura de las aguas superficiales del Pacífico, lo que provoca cambios en los patrones de precipitación. En la costa del Pacífico de México, los efectos principales del ENSO son un aumento de las lluvias en invierno y una disminución de la cantidad de lluvia durante los meses de junio a agosto. Por lo general, en el año siguiente al ENSO, el patrón climático se invierte y se presenta el fenómeno de La Niña, caracterizado por un aumento de la precipitación en los meses de verano [(30)].

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

3.2. Proyección de temperatura y precipitación

De acuerdo con la Guía Sobre Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones 2022 [31] las anomalías de temperatura y precipitación generadas por el cambio climático pueden ser utilizadas para calcular el valor de una proyección y para visualizar el incremento o disminución esperados en los meses caracterizados por condiciones lluviosas, frías, secas o húmedas. En la Figura 3 se representa la mayor disminución proyectada en la precipitación acumulada anual (para el período de proyección entre los años 2075 y 2099) como porcentaje relativo al clima histórico, para cada entidad federativa. Se proyecta que el estado de Chihuahua experimentará una reducción del 29% en la precipitación.

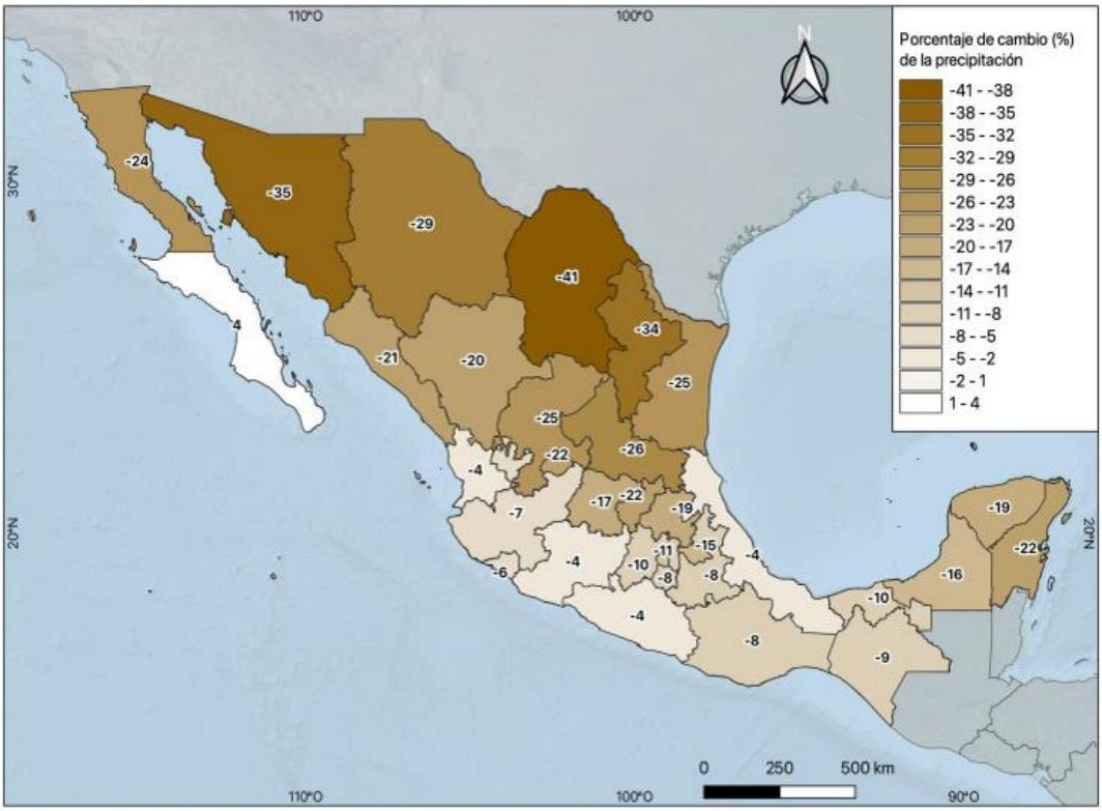


Figura 3. Mapa de porcentaje de cambio de la precipitación acumulada anual. Fuente: Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones 2022 [31].

La Figura 4 presenta el mapa de anomalía de la temperatura media anual, destacando la mayor anomalía proyectada para el período entre los años 2075 y 2099 en comparación con el clima histórico, para cada entidad federativa. En el caso de Chihuahua, se proyecta un aumento de la temperatura de hasta 6.5 °C.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

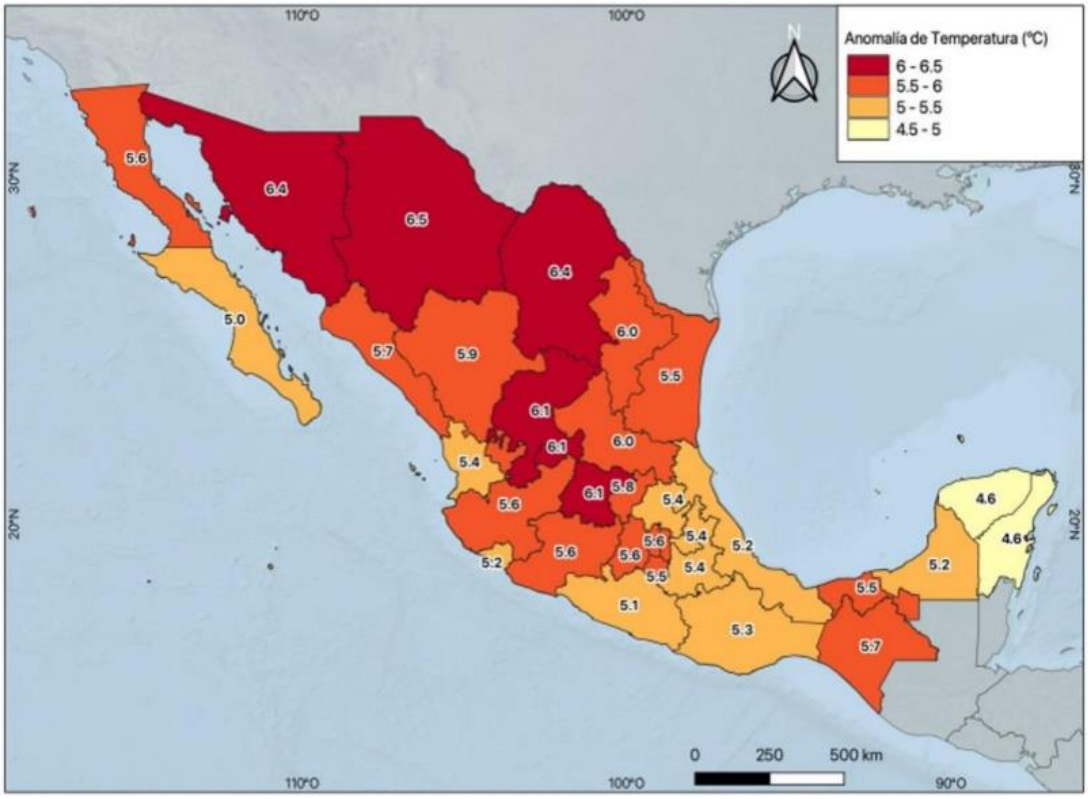


Figura 4. Mapa de anomalía de la temperatura media anual. Fuente: Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones 2022 [31].

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

4. Posibles Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos

En el estado de Chihuahua, según la Ficha Climática, los desastres naturales que han recibido el mayor valor de recurso asignado por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) son las tormentas, seguidas por las sequías. En tercer, cuarto y quinto lugar se encuentran los desastres fluviales, inundaciones y pluviales, respectivamente, dentro del periodo 1999-2018 [32].

La Figura 5 muestra la cantidad de recurso asignado por el FONDEN para cada tipo de desastre natural en Chihuahua. Estos datos fueron elaborados por SEMARNAT e INECC en la Ficha Climática de Chihuahua 2022.

.

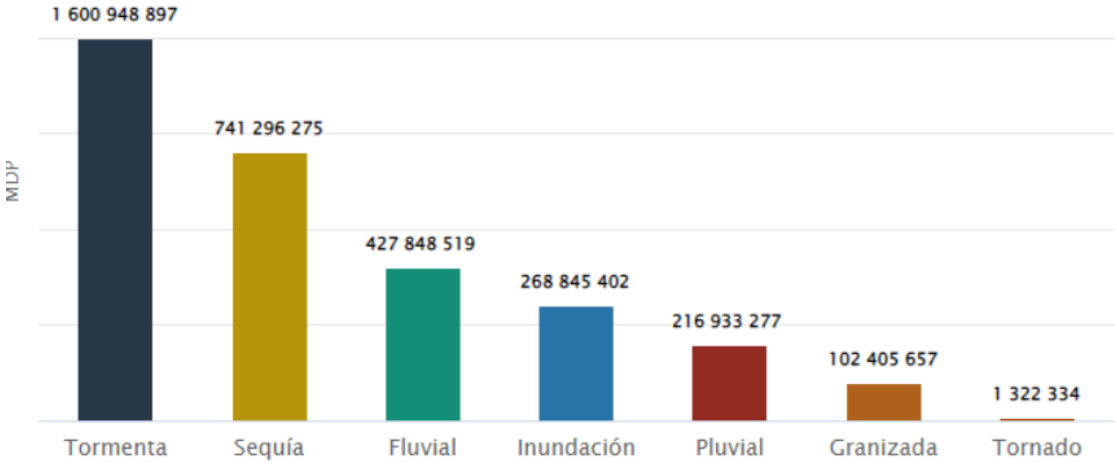


Figura 5. Desastres naturales y la cantidad de recurso asignado por el FONDEN. Fuente: SEMARNAT e INECC en la Ficha Climática de Chihuahua 2022 [32].

Según la Ficha Climática de Chihuahua, la sequía es el fenómeno con mayor número de ocurrencias (175) en el estado durante el periodo 2000-2011, seguido por las tormentas con 60 eventos en el periodo 2004-2016. Estos datos son indicativos de la vulnerabilidad de la región a fenómenos climáticos extremos, lo que puede atribuirse en parte a los efectos del cambio climático.

El municipio de Chihuahua, y en particular su zona urbana, enfrenta una alta vulnerabilidad al cambio climático debido a su ubicación geográfica y las condiciones socioeconómicas de su población. Es esencial comprender las amenazas que enfrentan la población, las actividades económicas, la infraestructura y el sistema natural en la región [33].

La región presenta condiciones geográficas que la hacen especialmente vulnerable al cambio climático, incluyendo su latitud, relieve y ubicación [34].

Eventos como sequías, temperaturas extremas y lluvias torrenciales han causado graves pérdidas en la zona, poniendo en riesgo la vida de la población, su bienestar, patrimonio, así como la conservación de los ecosistemas, biodiversidad y los servicios que estos brindan. Estos eventos también limitan las oportunidades de desarrollo a corto y mediano plazo [(35)].

El impacto acumulado de estos eventos extremos, atribuidos al cambio climático, puede intensificar otros problemas ambientales y sociales, como el cambio en el uso de suelo, la forma y estructura de los asentamientos urbanos, los procesos productivos y el estado de los ecosistemas [(34)]. proyecta 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 [(33)].

El crecimiento constante de la población y el desarrollo acelerado que ha experimentado la ciudad de Chihuahua en los últimos años han generado problemas ambientales y urbanos significativos, como la contaminación atmosférica y el aumento en la demanda de agua, entre otros. Estos problemas, junto con el desequilibrio ecológico y el deterioro ambiental, podrían resultar en una mayor demanda de recursos hídricos y su consiguiente deterioro, así como en una insuficiente creación de oportunidades productivas y la incapacidad para satisfacer dicha demanda.

La ciudad de Chihuahua ha mostrado un acelerado crecimiento demográfico que se ha traducido en un proceso de urbanización que puede resultar caótico. Este crecimiento ha sido especialmente notable a partir de la década de los noventa, lo que ha llevado a una urbanización desordenada y una baja densidad de población. Entre 1970 y 2005, el área urbana de la ciudad creció de 3,815 hectáreas a 19,024 hectáreas, con una disminución de la densidad de población de 67.35 a 37.51 [(5)].

Esta dispersión urbana se traduce en la falta de consolidación urbana y la existencia de grandes espacios vacíos dentro de la ciudad, lo que representa alrededor del 15 % del área urbana total, es decir, poco más de 3 mil 900 hectáreas [(5)]. Este modelo de desarrollo disperso conlleva altos costos e ineficiencias en el funcionamiento de los sistemas urbanos, como la movilidad, el equipamiento, la infraestructura y el espacio público, y tiene un impacto directo en el aumento del consumo de combustibles fósiles utilizados para el transporte y la prestación de servicios públicos, así como en el cambio de uso de suelo de reserva ecológica a urbano.

Es fundamental abordar de manera integral los desafíos que enfrenta el municipio de Chihuahua en materia de cambio climático y desarrollo urbano, mediante una gestión adecuada de los recursos hídricos y la implementación de medidas de adaptación y mitigación. Esto permitirá hacer frente a los impactos del cambio climático y garantizar la resiliencia de la región ante futuros eventos climáticos extremos. Es necesario promover un modelo de desarrollo urbano sostenible que favorezca la eficiencia en el uso de los recursos hídricos y la creación de entornos urbanos más habitables y resilientes.

4.1. Sequía

La sequía es el fenómeno climático más frecuente en la zona de estudio y se clasifica en tres tipos principales: meteorológica, agrícola e hidrológica. Estas categorías identifican el inicio, la duración y la severidad de la sequía, y todos los tipos tienen su origen en la falta de lluvias. La sequía meteorológica se refiere específicamente a la escasez de lluvias, lo que puede provocar un desequilibrio hidrológico. Esta variante de sequía es difícil de precisar, ya que sus efectos pueden variar según la ubicación geográfica y la duración de la interrupción en el patrón de lluvias [(36)].

Para definir la situación de sequía en México, se emplea el denominado Monitor de Sequía en México (MSM), el cual está integrado al Monitor de Sequía de América del Norte (NADM), y permite determinar la presencia de sequía en cierta área geográfica, así como su intensidad. El Monitor de Sequía se actualiza quincenalmente e incluye una descripción de la sequía en el país, el conteo de municipios afectados por las diferentes categorías de sequía, tablas y gráficos de porcentaje de área afectada por sequía a nivel nacional, estatal, 13 Regiones Hidrológico-Administrativas y 26 Consejos de cuenca. El Monitor de sequía se basa en la obtención e interpretación de diversos índices o indicadores de sequía, para determinan las regiones afectadas por este fenómeno, así como la escala de intensidades [(37)].

La Figura 6 muestra que el 88.88% de la superficie del territorio nacional estaba afectada por sequía el 30 de septiembre de 2023, considerado como el día con mayor extensión afectada según el registro histórico del monitor de sequía.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

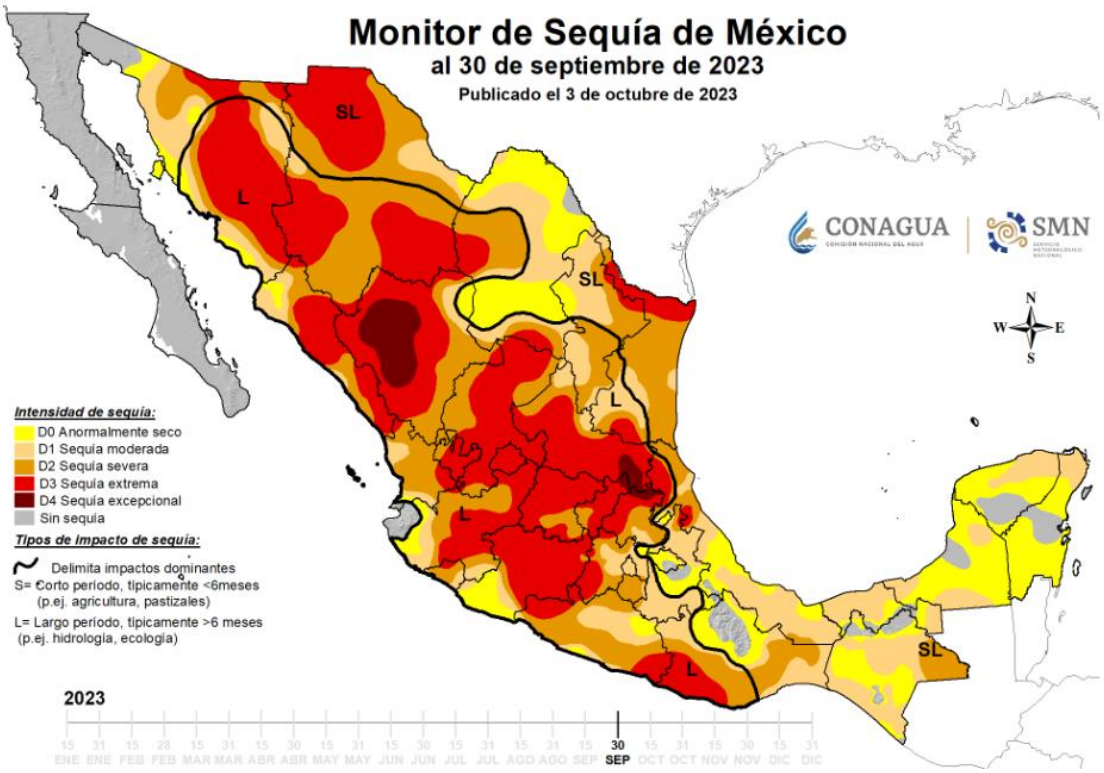


Figura 6. Imagen del Monitor de Sequia en México (MSM) para el día 30 de septiembre del 2023. Fuente: MSM, 2023 [37].

.

El MSM cuenta con datos del periodo 2003 a la fecha, En la Tabla 7 se pueden apreciar un histórico de la distribución del fenómeno de sequias y su intensidad para el Municipio de Chihuahua dentro del periodo de 2003 al 2023.

Tabla 7. Histórico de la distribución del fenómeno de sequias y su intensidad para el Municipio de Chihuahua dentro del periodo de 2003 al 2023, elaboración propia a partir de los datos del Monitor de Sequia en México (MSM).

Año	Intensidad
2003	D1
2006	D2
2008	D1
2010	D0
2011	D4
2012	D0
2013	D0
2014	D1
2015	D1
2016	D1
2017	D0
2018	D1
2019	D0
2020	D2
2021	D2
2022	D3
2023	D4

En el año 2023, el fenómeno natural de El Niño afectó notablemente la región, desarrollándose rápidamente durante julio y agosto. Alcanzó una intensidad moderada en septiembre de 2023 y se espera que alcance su punto máximo entre noviembre y enero de 2024. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), existe un 90% de probabilidades de que persista durante el próximo invierno del hemisferio norte y el verano del hemisferio sur [(38)].

La sequía resultante de este fenómeno implica un incremento en las temperaturas y una disminución de las precipitaciones. Esto está reduciendo la escorrentía y recarga de los acuíferos, provocando un abatimiento de los niveles de los mantos freáticos y cuerpos de agua. Además, aumenta el porcentaje de erosión de los suelos y eleva el riesgo de incendios y daños a los cultivos, según datos del Gobierno Municipal de Chihuahua [(39)].

4.2. Escasez de Recursos Hídricos

Alrededor de dos mil millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a agua potable segura, según el informe de los Objetivos de Desarrollo Sustentable 2022. Además, aproximadamente la mitad de la población mundial experimenta una grave escasez de agua en algún momento del año, y se espera que estas cifras aumenten debido a la aceleración del cambio climático y al crecimiento de la población. En los últimos veinte años, el almacenamiento de agua terrestre, que incluye la humedad del suelo, la nieve y el hielo, ha disminuido a un ritmo de 1 cm por año, lo que tiene importantes implicaciones para la seguridad hídrica. Se proyecta que los suministros de agua almacenados disminuyan aún más durante este siglo, lo que reducirá la disponibilidad de agua durante los períodos cálidos y secos [(40)].

El cambio climático, el crecimiento de la población y la creciente escasez de agua ejercerán presión sobre el suministro de alimentos, así como sobre la mayor parte del agua dulce utilizada; de media, el 70% de esta última se utiliza para la agricultura (se necesitan entre 2,000 y 5,000 litros de agua para producir los alimentos diarios de una persona) [(40)].

El fenómeno de la sequía guarda estrecha relación 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 [(36)]. A pesar de que el calentamiento global está incrementando la frecuencia de este fenómeno, su monitoreo en México es reciente, iniciando en 2003.

El suministro de agua para consumo humano en el municipio de Chihuahua enfrenta desafíos significativos debido a que la extracción de agua de los acuíferos supera la capacidad de recuperación a través de la recarga natural. La disponibilidad de agua renovable está en declive, y varios factores contribuyen a esta situación, incluido el uso excesivo y las pérdidas de volumen que afectan la renovación natural del ciclo hidrológico, además del cambio climático. Las altas temperaturas y la disminución de las precipitaciones están reduciendo la escorrentía y la recarga de los acuíferos.

Los datos del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la Comisión Nacional del Agua (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 [(41)]. 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 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 se tiene el periodo de precipitación en los meses de verano los cuales también presentan las temperaturas más altas como se muestra en la Figura 7.

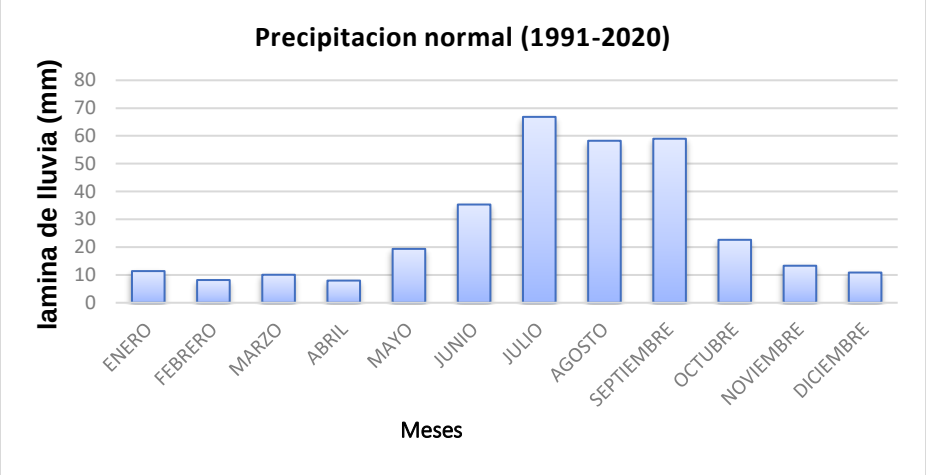


Figura 7. Distribución mensual de la precipitación en el municipio de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia a partir de información del SINA [42].

Según información del SINA de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de 2023, se registra una precipitación normal en el municipio durante el período de 1991 a 2020, distribuida mensualmente como se muestra en la Figura 7. En este período, se observan rangos de precipitación acumulada anual de 201 a 400 mm, con una precipitación anual promedio de 323.16 mm.

La disponibilidad media anual de los tres acuíferos que abastecen a la zona urbana del municipio de Chihuahua es un elemento crucial para comprender la situación hídrica de la región. Estos acuíferos son fundamentales para satisfacer la demanda de agua de la ciudad, especialmente considerando la disminución en la disponibilidad de agua renovable y los desafíos asociados con la distribución mensual de la precipitación. Los datos específicos de esta disponibilidad se pueden observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Disponibilidad media anual (2023), para los tres acuíferos que abastecen a la zona urbana de la ciudad de Chihuahua, elaboración propia a partir de datos de CONAGUA.

Acuífero	Disponibilidad (Mm^3)
Chihuahua-Sacramento (0830)	-65.89896
El Sauz Encinillas (0807)	-58.14068
Tabalaopa-Aldama (0835)	-4.17390

Los tres acuíferos responsables de abastecer a la zona urbana de Chihuahua se encuentran en estado de déficit, siendo el acuífero Chihuahua-Sacramento el más afectado con un déficit anual de 65.89 Mm^3 para el año 2023. Dado que la totalidad de la superficie de la zona urbana se encuentra dentro de este acuífero, el impacto de las extracciones de agua se refleja en la disminución del nivel estático y en la formación de conos de abatimiento alrededor de las baterías de extracción.

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 llega al acuífero. 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 recarga de los acuíferos, los cuales se encuentran sobreexplotados [(5)].

Por otro lado, las altas temperaturas registradas en los últimos años han generado una demanda excesiva del servicio de agua potable en el municipio de Chihuahua. En el año 2023, las altas temperaturas y la escasez de precipitaciones ocasionaron una demanda récord al servicio de agua potable municipal. Esta alta demanda provoca anualmente el abatimiento de pozos, algunos de los cuales pueden ser recuperados, como sucedió en 2017, cuando se reportaron 3 pozos abatidos (Villas del Rey, Terrazas 2 y Virreyes), de los cuales 2 se pudieron recuperar ese mismo año. Por esta razón, el municipio ha centrado sus esfuerzos en el mantenimiento de la infraestructura hidráulica de la capital [(43)].

4.3. Inundaciones

A nivel mundial, las inundaciones están aumentando más rápidamente que cualquier otro desastre climático. El acelerado desarrollo de las comunidades está modificando los ecosistemas locales, lo que incrementa el riesgo de inundación al que están expuestas las poblaciones.

Los Atlas de Peligros y Riesgos estatal y municipal han identificado previamente que el municipio de Chihuahua ha sido afectado por diversos fenómenos naturales, principalmente hidrometeorológicos, como lluvias que provocan desbordes de ríos y arroyos, resultando en inundaciones fluviales y pluviales. Un ejemplo notable es la tromba del 22 de septiembre de 1990, que impactó al municipio con una intensidad de 130 mm en un intervalo de 3 horas. Este evento causó escurrimientos con altos caudales que desbordaron prácticamente todos los arroyos de la ciudad, resultando en la destrucción de 360 casas y daños en cerca de 700 viviendas [39].

Según el glosario internacional de hidrología [44], una inundación se define como el incremento del nivel del agua por encima del nivel normal del cauce. En este contexto, el "nivel normal" se refiere a la elevación de la superficie del agua que no causa daños. Por lo tanto, una inundación ocurre cuando hay un aumento mayor al habitual en el cauce, lo que puede resultar en pérdidas.

Para comprender este fenómeno, es fundamental distinguir entre los cuatro tipos principales de inundaciones. Las inundaciones costeras se producen cuando el nivel medio del mar aumenta debido a la marea de tormenta de los huracanes y al oleaje, cubriendo extensas áreas de terreno. Las inundaciones lacustres son resultado del incremento del nivel medio de un cuerpo de agua, como humedales, lagos o lagunas. Las inundaciones fluviales se generan cuando el agua desbordada de los ríos cubre la superficie de terreno cercano a ellos, a menudo causada por la reducción de la sección hidráulica debido a la erosión de los taludes o causas antrópicas. Por último, las inundaciones pluviales ocurren cuando el agua de lluvia satura la capacidad del terreno para drenarla, acumulándose por horas o días.

En las zonas urbanas, donde se incrementa el riesgo de inundaciones debido al desarrollo urbano sin una adecuada planificación, suelen presentarse principalmente las inundaciones fluviales y pluviales, siendo estos los tipos de inundaciones que afectan al municipio de Chihuahua.

El Atlas de Riesgos para el municipio de Chihuahua 2022 [39] asigna un grado de peligrosidad o amenaza, indicando un nivel muy alto para el fenómeno de inundaciones pluviales y un nivel medio para las inundaciones fluviales. Los detalles se pueden encontrar en la Tabla 9.

Tabla 9. Peligrosidad o grado de amenaza con bases y tasas de retorno, elaborado por el Municipio de Chihuahua en el Atlas de Riesgos 2022 [39].

Peligrosidad o grado de amenaza con bases y tasas de retorno										
N°	Fenómenos de origen natural / Nivel de peligrosidad							Grado de amenaza		
	Fenómenos Hidrometeorológicos	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo	Inexistente	Alto[1]	Bajo[2]	Inexistente[3]
1	Ciclones tropicales							No aplica este fenómeno para el Municipio		
2	Inundaciones pluviales							Grado/amenaza **1 y 2**, por exis-- tencia de arroyos en la ciudad		
3	Inundaciones fluviales							Grado de amenaza **2**, por eventos en los 2 Ríos de la ciudad		

En el Atlas de Riesgos del municipio de Chihuahua se identificaron arroyos con alta vulnerabilidad debido a su potencial para causar inundaciones severas a recurrentes. Entre estos se encuentran El Picacho, arroyo La Cantera, Nogales Sur y El Mimbre Sur, que está compuesto por los arroyos El Saucito y Galeras Norte y Sur. Estos arroyos se muestran en la Tabla 10, son considerados de alta vulnerabilidad debido a su historial de generar inundaciones severas o recurrentes.

Tabla 10. Arroyos de alta vulnerabilidad por su incidencia a generar inundaciones de severas a recurrentes en el municipio de Chihuahua, elaborado por el Municipio de Chihuahua en el Atlas de Riesgos 2022 [39].

	Zonas vulnerables ante fenómenos perturbadores de mayor incidencia en Chihuahua	Zonas	Descripción de la ubicación de los sitios	Coordenadas geográficas
1	Zonas de inundaciones severas y recurrentes	1	Arroyo El Picacho y su influencia en Colonias Villas del Sol, Universidad, Deportistas y Revolución.	28° 42' 46.88" N 106° 08´ 21.39" O
		2	Arroyo El Mimbre Sur, Arroyo El Saucito y Arroyos Las Galeras Norte y Sur	28° 41' 01.05" N 106° 06' 52.25" O
		3	Arroyo La Cantera, Arroyo Malvinas, Av. Universidad, Av. Tecnológico y Zona Centro	28° 37´ 50.09" N 106° 06´ 02.51" O
		4	Arroyo Nogales Sur y su influencia al sur de la ciudad, en asentamientos humanos ubicados en laderas del Cerro Grande y de la colonia Villa Juárez.	28° 36´ 26.00" N 105° 59´ 40.89" O
		5	Arroyo Nogales Sur y su influencia de impactos en el Parque Industrial Ávalos y en el Aeropuerto Internacional de Chihuahua, así como la Zona Sur Oriente en los desarrollos industriales y de viviendas.	28° 39´ 05.53" O 105° 58´ 00.72" O

La Tabla 11 presenta de manera cronológica los eventos de inundación que han afectado al municipio de Chihuahua en el período de 2014 al 2023, estos datos fueron obtenidos del Atlas de Riesgos del municipio de Chihuahua 2022 [39].

Tabla 11. Eventos de inundación, que han afectado al municipio de Chihuahua [39].

Fecha	Nota	Ubicación	Fuente
8/5/2014	Casa derrumbada, 4 autos varados y techo a punto de colapsar dejan lluvias	Calle 78: Arroyo El Fresno; Calle Ferrocarril y Guanajuato	El Heraldo de Chihuahua
10/7/2014	La lluvia les convierte las calles lodosas y les falta agua potable	Colonia la Soledad	El Heraldo de Chihuahua
10/8/2014	Deja tormenta afectaciones en nueve colonias. En tres horas se registraron 58 mm en la zona Norte.	Zona Norte de la ciudad, Villa Juárez, Zona Aeropuerto, Col. El Porvenir I, II y III, Vida Digna, Los Arcos, 20 Aniversario, Vicente Guereca, Av. La Cantera, San Felipe, Mirador, Campesina y Ampliación Nuevo Triunfo	El Diario
26/8/2014	En riesgo por lluvias más de 27 mil personas, La ciudad está asentada sobre arroyos	Causes de ríos, arroyos y zonas inundables de la ciudad	El Diario
8/9/2014	Ríos en calles de colonia Cerro de la Cruz, Av. Universidad desde el cruce con la avenida Las Américas hasta llegar a la Av. José Escudero	Calle51, Cerro de la Cruz; Av. Universidad desde el cruce con la Av. Las Américas hasta llegar a la Av. José Escudero; Av. Tecnológico; Calle Pase del Norte y Talamantes, y el Periférico R. Almada y Buenavista	El Heraldo de Chihuahua
17/6/2015	Corriente de agua causó hundimientos en escuela	Primaria Agustín Melgar; Cruce de la Vialidad Ch-P con el Blvd. Fuentes Mares	El Diario
6/7/2015	Se inundan cada vez que llueve fuerte en Santo Niño	Colonia Santo Niño	El Heraldo de Chihuahua
7/7/2015	Destroza lluvia calle en Punta Oriente	Calle Quinta Real, Colonia Punta Oriente	Tiempo
8/7/2015	Pega tormenta eléctrica; inundaciones y apagones	Ciudad de Chihuahua	Crónica
9/7/2015	Corriente de arroyo inundo dos viviendas	Calle Álamos y 11a, Colonia Chulavista II Etapa	El Diario
12/9/2015	Inundan aguas negras viviendas en la Zubirán	Calle Zubirán, 2106, 2018 y 2109	El Heraldo de Chihuahua

Fecha	Nota	Ubicación	Fuente
31/7/2016	En 13 años se ha inundado 6 veces, afirma señor Víctor	Calle Bosque, Col. Viñedos California	El Heraldo de Chihuahua
14/8/2016	Arrastra la corriente tres vehículos	Av. Independencia 715; Calle José Martí y Fresno, Col. Granjas; Calle Haciendas del Valle	El Heraldo de Chihuahua
7/9/2016	Lluvias inundan Juventud a la altura de la Egipto	Periférico de la Juventud y Calle Egipto	Tiempo
25/7/2017	Se mete el agua hasta la sala de Carmen Almeida. Resultan inútiles los trapos que coloca en la puerta	Colonia El Álamo	El Heraldo de Chihuahua
21/8/2017	Salvan a familia de arrastre por tormenta. Sorprendida por la furiosa corriente. Acuden bomberos a peligroso crucero de Río Aros y Tecnológico	Río Aros y Tecnológico	El Heraldo de Chihuahua
12/4/2018	Se desborda drenaje en CDP que inunda y causa olores fétidos en casas	Colonia CDP	La Opción
10/7/2018	Zona oriente de la ciudad sigue con inundaciones	Avenida Equus, del tramo Punta las Naranjos a Jardines de Oriente; Arroyo Cacahuatal; Puente del Arroyo Los Nogales; Parque Drago	Entre Líneas
24/9/2019	Lleva primaria Agustín Melgar 45 años inundándose	Av. Fundición 1003, Colonia Desarrollo Urbano	El Diario
4/10/2019	Dejan lluvias caos, daños y un muerto	Río Sacramento; Calle Manuel Aguilar	El Heraldo de Chihuahua
23/7/2020	Alertan posibles tormentas en la ciudad e inundaciones del Río Chuvíscar	Ciudad de Chihuahua; Precipitaciones de 63 a 75 mm	Puente Libre
20/7/2021	En Chihuahua, tormenta causa inundaciones y	Hospital Central y Mercado de la Niños Héroes	El Heraldo de Chihuahua

Fecha	Nota	Ubicación	Fuente
	levanta techo del Hospital Central		
28/7/2021	Declaran zona desastre siete colonias en Chihuahua por lluvias	Colonias Cerro de la Cruz, Los Pinos, Campesina Nueva, Campesina Margarita Maza de Juárez, Villa Juárez, Valle de la Madrid y Rosario	El Heraldo de Chihuahua
19/8/2021	Tromba azota Chihuahua; se desborda el río Chuvíscar	Canal Chuvíscar	El Heraldo de Chihuahua
20/8/2021	Chihuahua bajo el agua por lluvias, hay un muerto	Zona centro y suroeste (50 a 75mm)	El Heraldo de Chihuahua
17/8/2022	La lluvia deja inundaciones en varios puntos de la capital	Av. Juan Escutia; Av. Cantera (paso a desnivel); Periférico de la Juventud; Av. Francisco Villa; C. José María Mata; C. Sicomoro; C. José María Iglesias; C. Ignacio Rodríguez	La Lista
3/9/2022	Tormenta dejo acumulado de 42 mm de agua hacia el norte de la capital	C. Batalla de la Zacatecas; Av. Buenavista, C. J.J. Calvo y Samaniego (Arroyo desbordado), y Periférico R. Almada	El Heraldo de Chihuahua
14/5/2023	Autos, basura y hasta muebles arrastrados en los arroyos de la ciudad tras fuertes lluvias	Av. Tecnológico y Sicomoro; Av. Las Águilas 1401; Av. Juan Escutia y José María Iglesias; C. 87 y Juan Pablo II; C. Sierra Los Fresnos y Cheyenne; C. Corona Imperial y C. Violetas;	El Heraldo de Chihuahua
29/5/2023	Inundado y con arrastres de arena, estacionamiento de la Deportiva Sur y calles aledañas	Deportiva Sur; C. Privada de Buena Vista y J.J. Calvo; C. J.J. Calvo y C. 80	El Heraldo de Chihuahua

La Tabla 11 muestra la variabilidad en los puntos afectados por las inundaciones pluviales y fluviales en el municipio de Chihuahua. Estos eventos no siempre impactan los mismos lugares, lo cual se atribuye al tipo de precipitación de tormentas focalizadas característica de la zona desértica del norte de México.

Estas inundaciones pueden afectar áreas específicas de manera intensa y variada, lo que resalta la necesidad de un programa integral de manejo de escurrimientos pluviales. La integración de los

arroyos urbanos en este programa es crucial para reducir el riesgo de desastres. Al ralentizar los caudales y utilizar estos espacios para la recarga artificial de acuíferos, se puede mejorar la capacidad de absorción del terreno y reducir la presión sobre los sistemas de drenaje urbano. Además, la captación y almacenamiento de agua pluvial para uso directo pueden contribuir significativamente a la disponibilidad de agua potable en la región.

Es importante considerar también la distribución de ocupación del suelo, especialmente en áreas periurbanas. Estos espacios, que actúan como transición entre zonas urbanas y rurales, presentan un patrón de baja densidad poblacional combinado con parcelas rurales. Esta configuración puede aprovecharse eficazmente para implementar infraestructuras de control hidrológico y reducir los riesgos de inundaciones en zonas urbanas [(39)].

Un enfoque integral que incluya la gestión adecuada de los arroyos urbanos, la captación y almacenamiento de agua pluvial, y la planificación del desarrollo en áreas periurbanas, puede contribuir significativamente a la mitigación de riesgos de inundaciones y al manejo sostenible de los recursos hídricos en el municipio de Chihuahua.

4.4. Contaminación de los Recursos Hídricos

El cambio climático puede afectar la calidad del agua de varias maneras. Las temperaturas más altas del agua, junto con inundaciones y sequías más frecuentes, podrían agravar la contaminación del agua, aumentando la presencia de sedimentos, patógenos y pesticidas [(40)].

En México, particularmente en la zona norte y en algunos lugares geotermales de la región central, se encuentran altos niveles de contaminantes en las aguas subterráneas. En el municipio de Chihuahua, la concentración de arsénico (As) y flúor (F) puede variar según la ubicación del pozo, su profundidad y los niveles de extracción. Algunas fuentes de agua subterránea en el municipio han mostrado concentraciones de As y F por encima de los límites permisibles para el agua potable en México (0.025 mg L^{-1} para As y 1.5 mg L^{-1} para F) establecidos en la Norma NOM-127-SSA1-1994 [(45)]. Estas concentraciones elevadas de As y F son características de zonas geológicas que contienen rocas volcánicas ricas en sílice y acuíferos de aluvión de edad reciente.

El municipio de Chihuahua presenta acuíferos del tipo libre y están compuestos de material de aluvión, que se acumula en las cuencas de la zona geológica denominada Sierras y Cuencas, predominante en las zonas áridas y semiáridas del estado. El material de aluvión se forma a partir de la erosión e intemperismo de las rocas circundantes, un proceso que puede durar miles a millones de años [(46)]. Este material está compuesto por fragmentos de roca y material secundario [(47)]. Las rocas predominantes en Chihuahua incluyen riolita, ignimbrita, toba volcánica, lutita, piedra caliza, yeso, conglomerado y basalto [(46) (48)].

El municipio de Chihuahua cuenta con dos principales corrientes, los ríos Chuvíscar y Sacramento, que desembocan en el río Conchos, afluente del Río Bravo. Adicionalmente, cuenta con cuatro

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

presas: Chuvíscar, Rejón, San Marcos y Chihuahua [49]. Estas presas funcionan como espacios de esparcimiento recreativo y, a su vez, las presas Chuvíscar, Rejón y Chihuahua tienen la función de rompe picos, para amortiguar los escurrimientos del río Chuvíscar que entran a la zona urbana por el sureste, mientras que la presa San Marcos cumple la misma función para uno de los remanentes que alimenta el río Sacramento al noroeste de la ciudad.

Prácticamente la única fuente utilizada para satisfacer la demanda de agua potable en la zona urbana es el agua subterránea, la cual se obtiene de un total de 175 pozos, los cuales pueden o no estar en operación a lo largo del año. Esta agua es distribuida a través de una red de agua potable que se extiende desde las baterías de pozos Sacramentos viejos, Sacramento Norte-Tabalaopa Aldama, Tabalaopa Nombre de Dios, El Sauz etapa I y II, Puerta Chihuahua, además de la próxima utilización de la batería de pozos y la conducción de Ojos del Chuvíscar y Panamericana [41].

En la Figura 8 se puede apreciar el mapa del conjunto de datos vectoriales de la red de agua potable y la ubicación de los pozos y de las baterías de extracción, que abastecen a la ciudad de Chihuahua.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

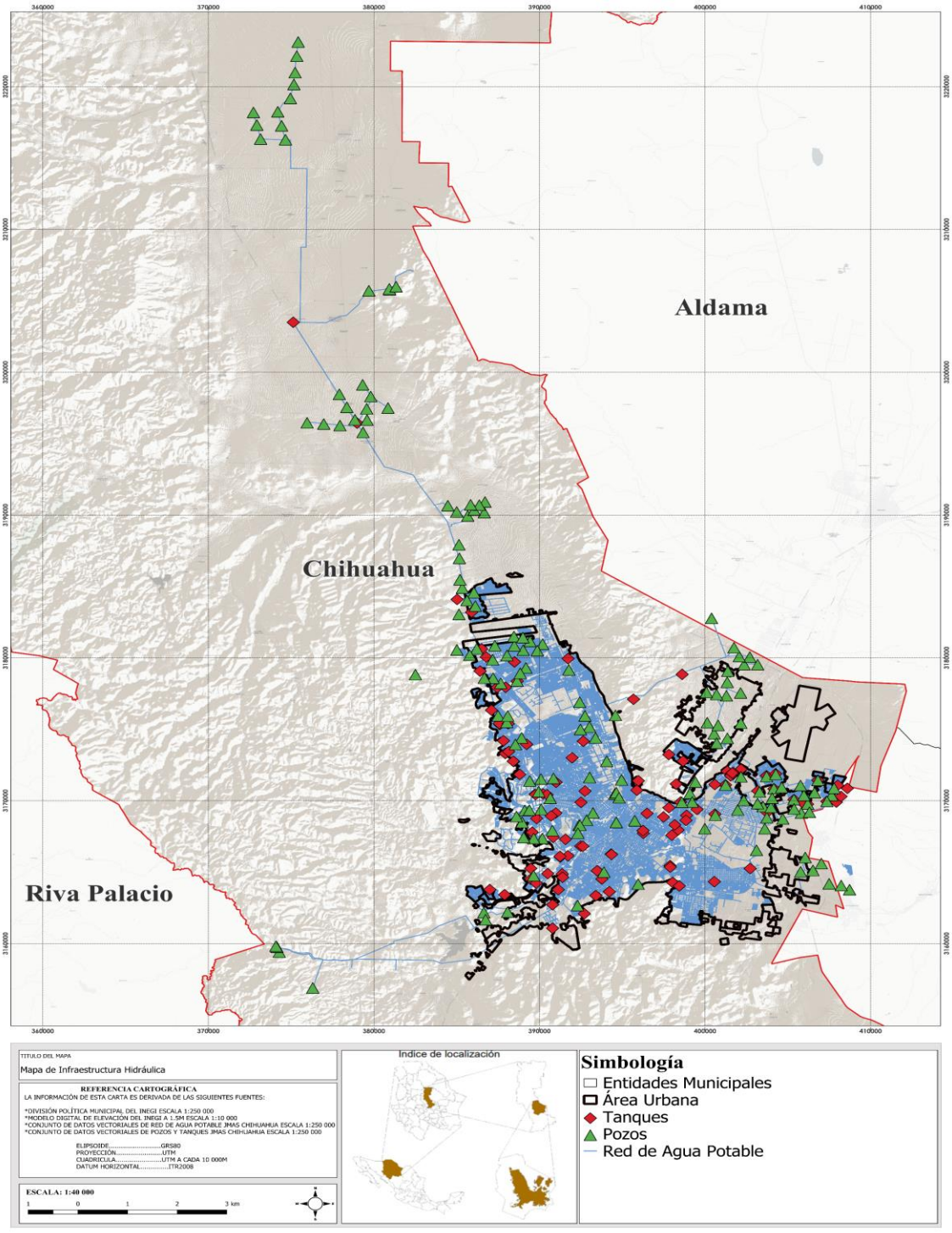


Figura 8. Mapa del conjunto de datos vectoriales de la red de agua potable y la ubicación de los pozos y de las baterías de extracción que abastecen a la ciudad de Chihuahua, elaboración propia, a partir del conjunto de datos vectoriales de la red de agua potable JMAS.

4.4.1. Contaminantes en el Agua Superficial

Los escurrimientos de los ríos Chuvíscar y Sacramento, se encuentran en un estado preocupante debido a la contaminación y la deforestación. La zona de recarga acuífera del río Sacramento está deteriorándose rápidamente debido a la extracción de materiales pétreos para la construcción, la urbanización de áreas cercanas a la ribera y el deterioro general de su cauce. Las tres presas ubicadas en la zona urbana (Chuvíscar, Rejón y Chihuahua) corren un riesgo inminente de contaminación debido a las instalaciones agropecuarias y los asentamientos humanos ubicados aguas arriba del río Chuvíscar, que vierten sus desechos en las vertientes dirigidas hacia los embalses [5].

El Plan Estatal Hídrico 2040 (PEH), desarrollado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en colaboración con el Gobierno del Estado, la Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua (JCAS) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en 2022 [50], incluyó un análisis de la calidad del agua superficial en el municipio de Chihuahua. Este análisis evaluó la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y los Coliformes Fecales (CF) como parámetros principales con respecto a la Norma NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación [51]. En la Tabla 12 se presenta el criterio de clasificación del agua en función de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).

Tabla 12. Clasificación del agua con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO5) [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
$DBO_5 \leq 3$	**EXCELENTE** No contaminada	AZUL
$3 < DBO_5 \leq 6$	**BUENA CALIDAD** Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	VERDE
$6 < DBO_5 \leq 30$	**ACEPTABLE** Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	AMARILLO
$30 < DBO_5 \leq 120$	**CONTAMINADA** Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	NARANJA
$DBO_5 > 120$	**FUERTEMENTE CONTAMINADA** Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	ROJO

Los resultados del análisis realizado indicaron una alta contaminación en una zona que afecta el sur de la ciudad de Chihuahua, como se observa en la Figura 9. Esta contaminación posiblemente se

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

deba a descargas de aguas residuales sin tratar, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública y el medio ambiente local.

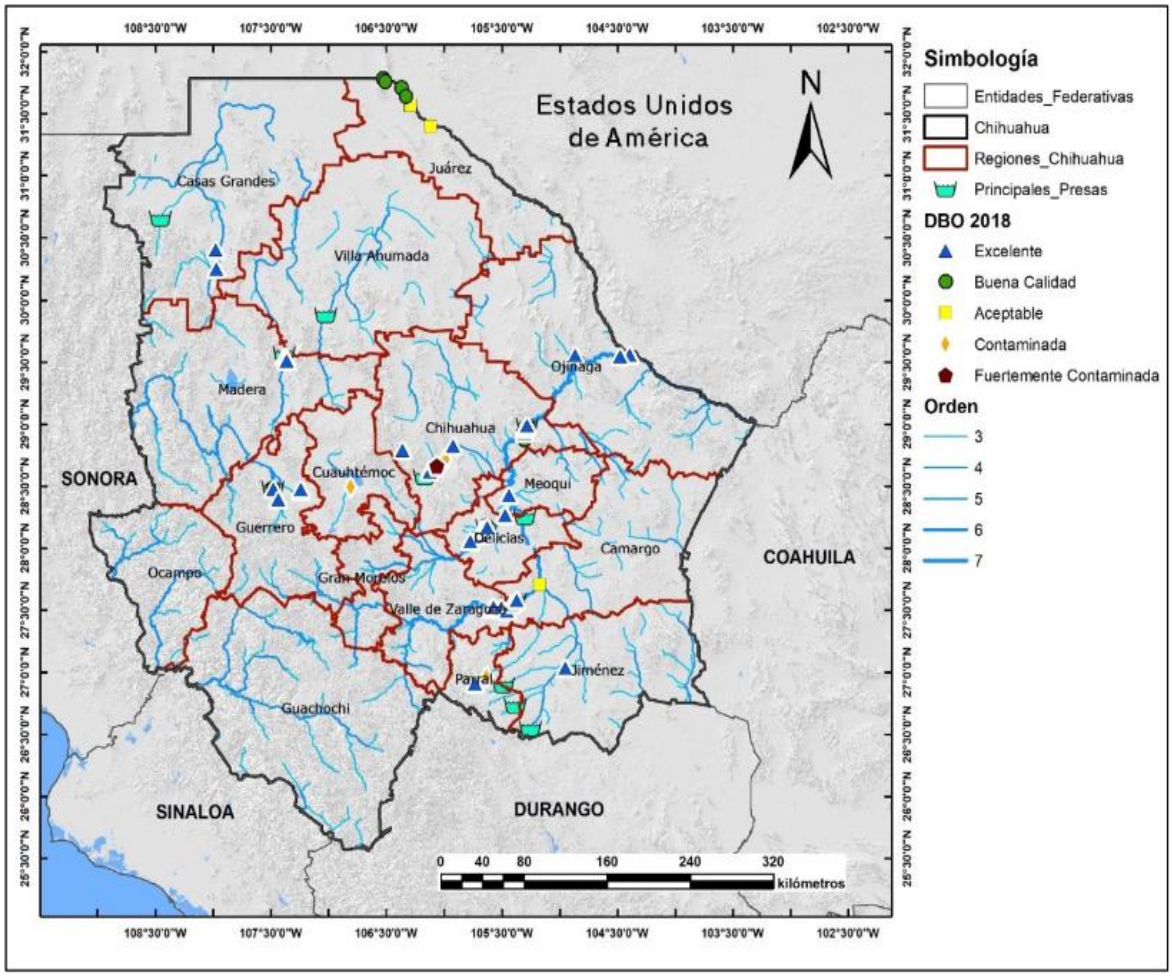


Figura 9. Mapa de la calidad de agua del estado de Chihuahua, considerando la DBO5. Fuente: PEH 2040 [50].

La Tabla 13 muestra el criterio de clasificación del agua con respecto a la Demanda Química de Oxigeno (DQO).

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 13. Clasificación del agua con respecto a la Demanda Química de Oxigeno (DBO5) [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
DQO ≤ 10	**EXCELENTE** No contaminada	AZUL
10 < DQO ≤ 20	**BUENA CALIDAD** Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	VERDE
20 < DQO ≤ 40	**ACEPTABLE** Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	AMARILLO
40 < DQO ≤ 200	**CONTAMINADA** Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	NARANJA
DQO > 200	**FUERTEMENTE CONTAMINADA** Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	ROJO

En el municipio de Chihuahua, específicamente en su zona urbana, se detectaron tres puntos de alta contaminación en cuanto a su nivel de Demanda Química de Oxígeno (DQO). Estos puntos se localizan en la confluencia de los ríos Chuvíscar y Sacramento, tal como se muestra en la Figura 10.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

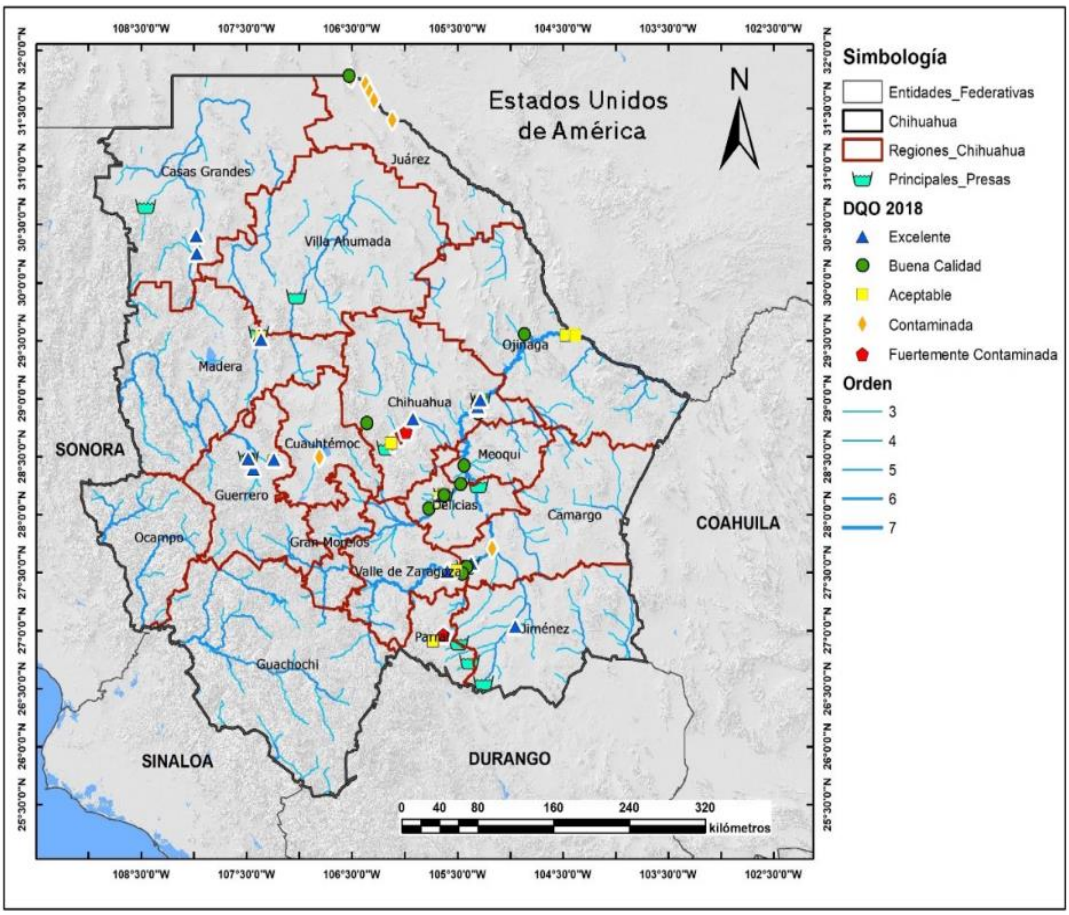


Figura 10. Mapa de la calidad de agua del estado de Chihuahua, considerando la DBO5. Fuente: PEH 2040 [50].

La Tabla 14 muestra el criterio de clasificación del agua con respecto a la Solidos Suspendidos Totales (SST).

Tabla 14. Clasificación del agua con respecto a sus Sólidos Suspendidos Totales (SST) [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
SST ≤ 25	EXCELENTE	AZUL
25 < SST ≤ 75	BUENA CALIDAD	VERDE
75 < SST ≤ 150	ACEPTABLE	AMARILLO
150 < SST ≤ 400	CONTAMINADA	NARANJA
SST > 400	FUERTEMENTE CONTAMINADA	ROJO

Según la clasificación de la Tabla 14, se identificó una fuerte contaminación de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la misma zona donde se detectaron altos niveles de Demanda Química de Oxígeno (DQO). Esta área corresponde a la intersección del río Chuvíscar con el río Sacramento, como se muestra en la Figura 11. Los niveles de contaminación superan los límites establecidos por la Norma NOM-001-SEMARNAT-2021, lo que indica un riesgo significativo para la calidad del agua y el medio ambiente en esta zona.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

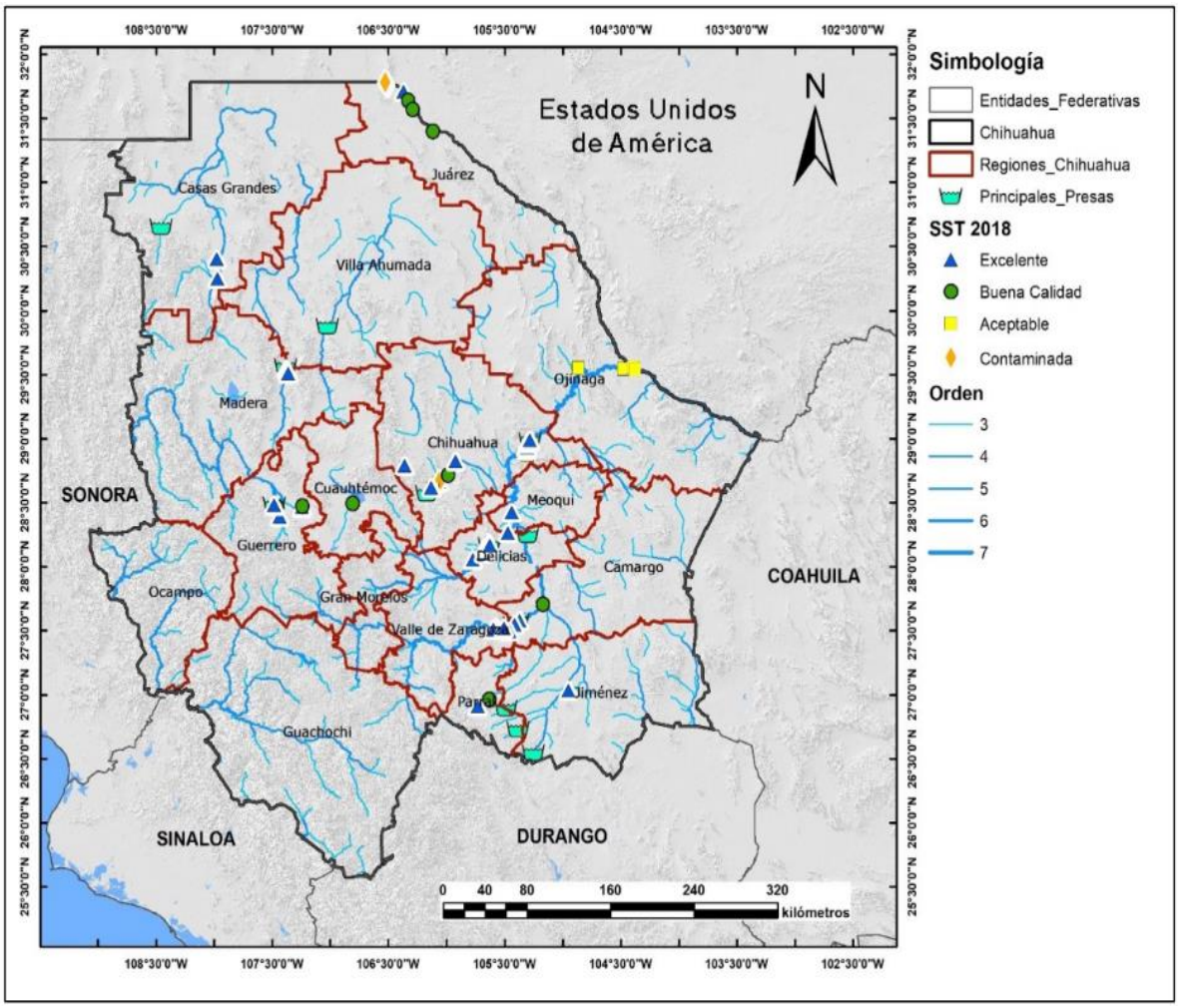


Figura 11. Mapa de la calidad de agua del estado de Chihuahua, considerando los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Fuente: PEH 2040 [50].

La Tabla 15 muestra el criterio de clasificación de la calidad del agua con respecto a los Coliformes Fecales (CF).

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 15. Clasificación del agua con respecto a la presencia de Coliformes Fecales (CF) [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
CF ≤ 100	**EXCELENTE** No contaminada	AZUL
100 < CF ≤ 200	**BUENA CALIDAD** Aguas superficiales con calidad satisfactoria para la vida acuática y para uso recreativo con contacto primario	VERDE
200 < CF ≤ 1,000	**ACEPTABLE** Aguas superficiales con calidad satisfactoria como fuente de abastecimiento de agua potable y para riego agrícola	AMARILLO
1,000 < CF ≤ 10,000	**CONTAMINADA** Aguas superficiales con contaminación bacteriológica	NARANJA
CF > 10,000	**FUERTEMENTE CONTAMINADA** Aguas superficiales con fuerte contaminación bacteriológica	ROJO

Según la clasificación de la Tabla 15, se ha identificado una alta contaminación por Coliformes Fecales (CF) en dos puntos específicos. Estos puntos corresponden a la zona sur de la mancha urbana de Chihuahua, donde se ubican el Aeropuerto Internacional Roberto Fierro Villalobos y la presa Chuvíscar. Los niveles de contaminación superan los límites establecidos por la Norma NOM-001-SEMARNAT-2021, lo que indica un riesgo significativo para la calidad del agua y el medio ambiente en esta área.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

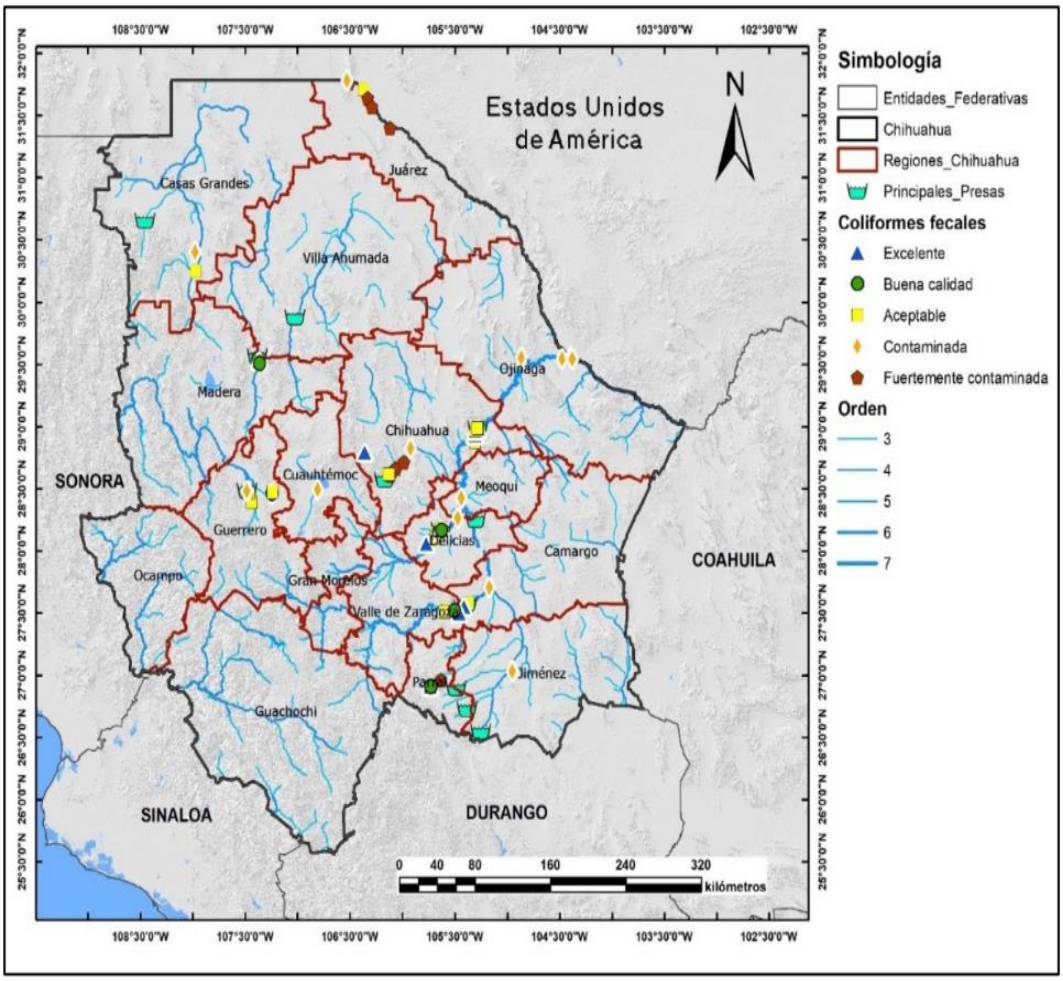


Figura 12. Mapa de la calidad de agua del estado de Chihuahua, considerando la presencia de Coliformes Fecales (CF). Fuente: PEH 2040 [50].

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

4.4.2. Contaminantes en el Agua Subterránea

El municipio de Chihuahua se abastece casi en su totalidad de agua subterránea para el consumo humano, lo que resalta la importancia de conocer su calidad y concentraciones. Para evaluar esto, se utiliza la Norma NOM-127-SSA1-1994 [45], que establece los límites permisibles de contaminantes. Los acuíferos que abastecen al municipio presentan naturalmente altos niveles de arsénico (As) y flúor (F), además de otros contaminantes como Solidos Disueltos Totales (SDT), Coliformes Fecales (CF) y Nitratos (NO3), cuyos niveles están también regulados por la norma mencionada. El Plan Estatal Hídrico 2040 [50] llevó a cabo un análisis de estos parámetros.

La Tabla 16 muestra el criterio de clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a los Solidos Disueltos totales (SDT).

Tabla 16. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a sus Sólidos Disueltos Totales (SDT) [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
SDT ≤ 1,000	**DULCE**	AZUL
1,000 < SDT ≤ 2,000	**LIGERAMENTE SALOBRE**	AMARILLO
2,000 < SDT ≤ 10,000	**SALOBRE**	NARANJA

En el municipio de Chihuahua, se han identificado seis puntos con clasificación de agua dulce y un punto con agua ligeramente salobre, como se muestra en la Figura 13.

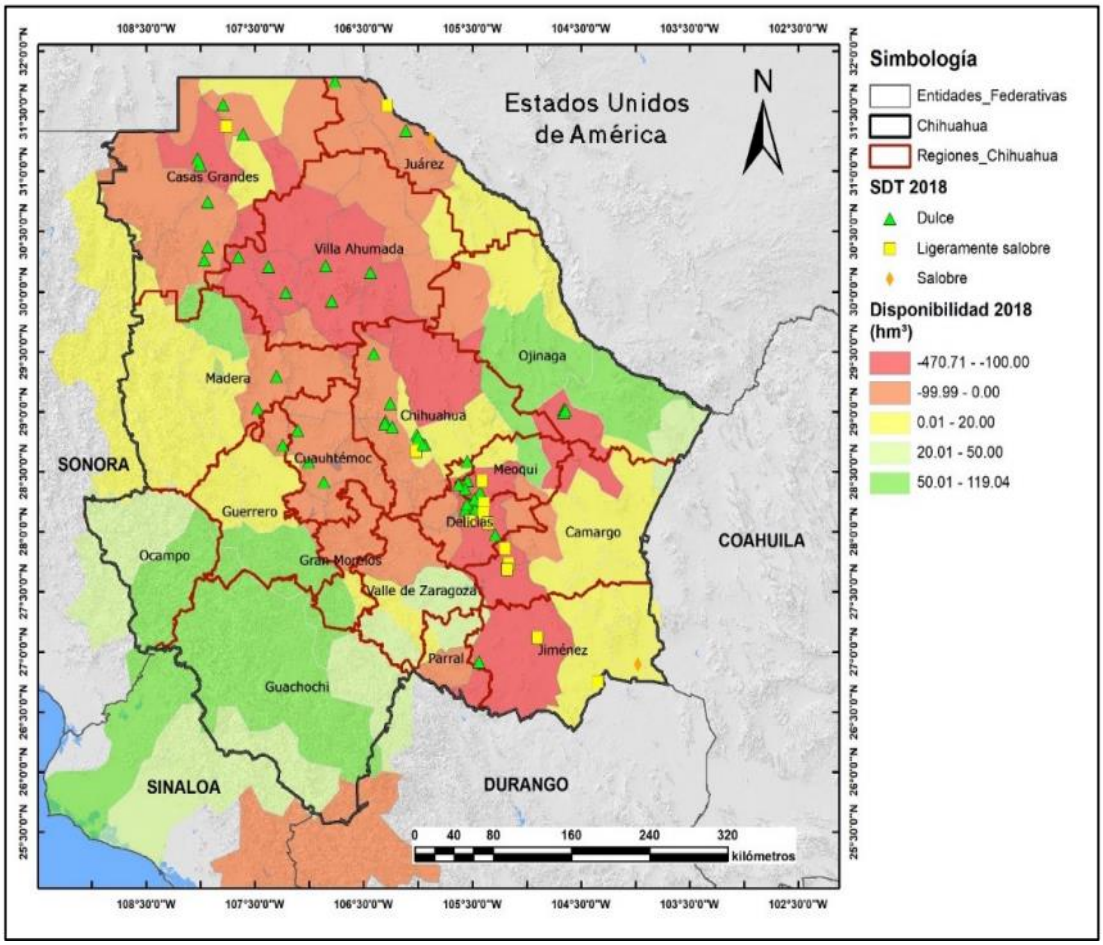


Figura 13. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT). Fuente: PEH 2040 [50].

La Tabla 17 del PEH 2040 muestra el criterio de clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a los Fluoruros Totales (F).

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 17. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a la concentración de Fluoruros Totales (F) [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
0.7 ≤ FLUOR < 1.5	POTABLE – OPTIMA	AZUL
0.4 ≤ FLUOR < 0.7	MEDIA	VERDE
0 ≤ FLUOR < 0.4	BAJA	AMARILLO
FLUOR ≥ 1.5	ALTA	ROJO

En el municipio de Chihuahua, se observan puntos con las tres clasificaciones de agua, lo cual puede atribuirse a la profundidad y nivel de explotación de cada pozo en la zona como se muestra en la Figura 14. Esto puede evidenciar la presencia de aguas profundas con altos contenidos de fluoruros, así como posibles fuentes antropogénicas de contaminación en algunos pozos. Cabe destacar que el 45% de los pozos monitoreados en el estado de Chihuahua muestran una alta concentración de fluoruros.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

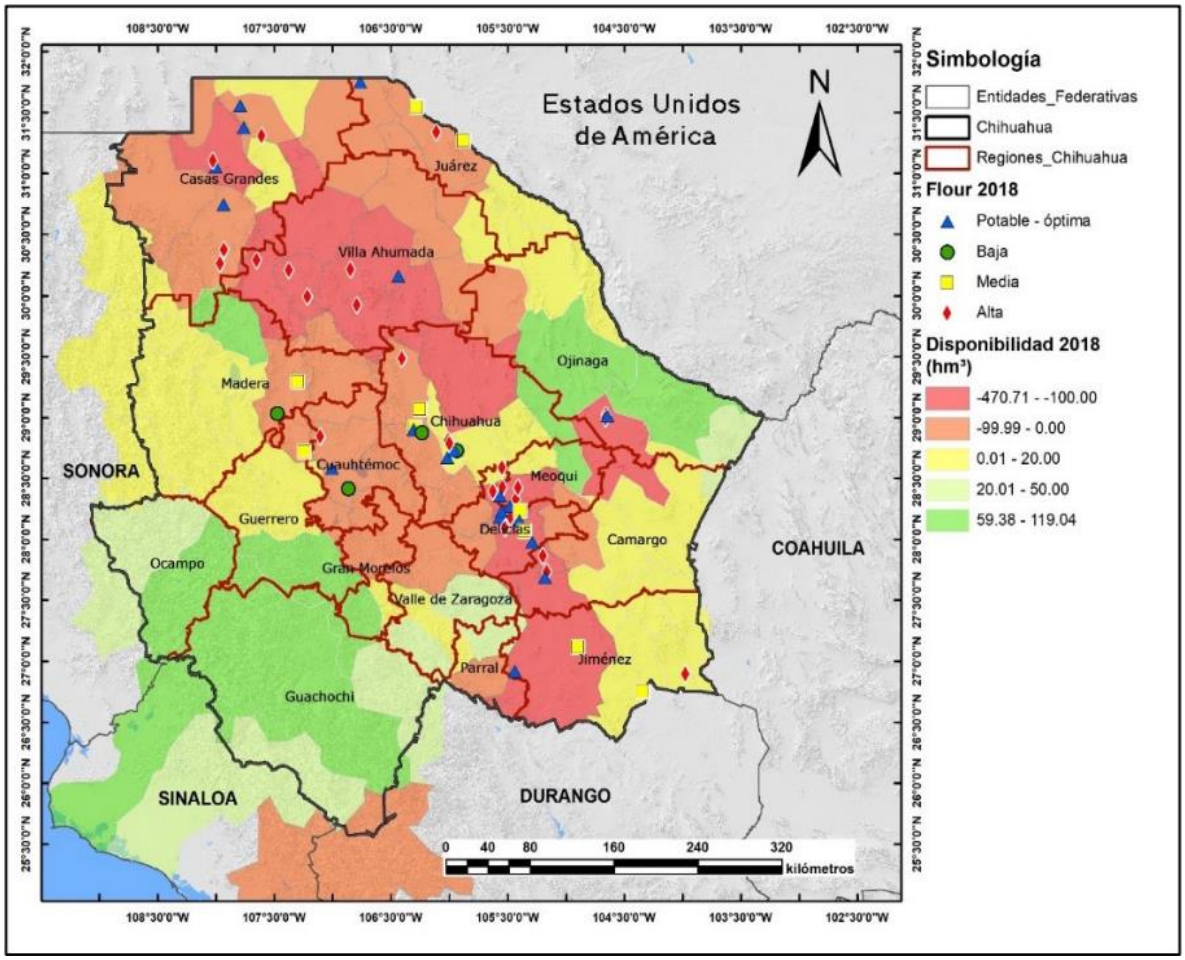


Figura 14. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Fluoruros Totales (F). Fuente: PEH 2040 [50].

La Tabla 18 del PEH 2040 muestra el criterio de clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a los Coliformes Fecales (CF).

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 18. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a la presencia de Coliformes Fecales (CF) [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
CF < 1.1	EXCELENTE	AZUL
1.1 ≤ CF ≤ 200	BUENA CALIDAD	VERDE
200 < CF ≤ 1,000	ACEPTABLE	AMARILLO
1,000 < CF ≤ 10,000	CONTAMINADA	NARANJA

De acuerdo con el análisis realizado por el PEH 2040, se observaron varios muestreos que demostraron condiciones de excelente y buena calidad del agua, excepto en la zona cercana al Aeropuerto Internacional de la ciudad de Chihuahua, donde se encontró una fuerte contaminación, como se ilustra en la Figura 15.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

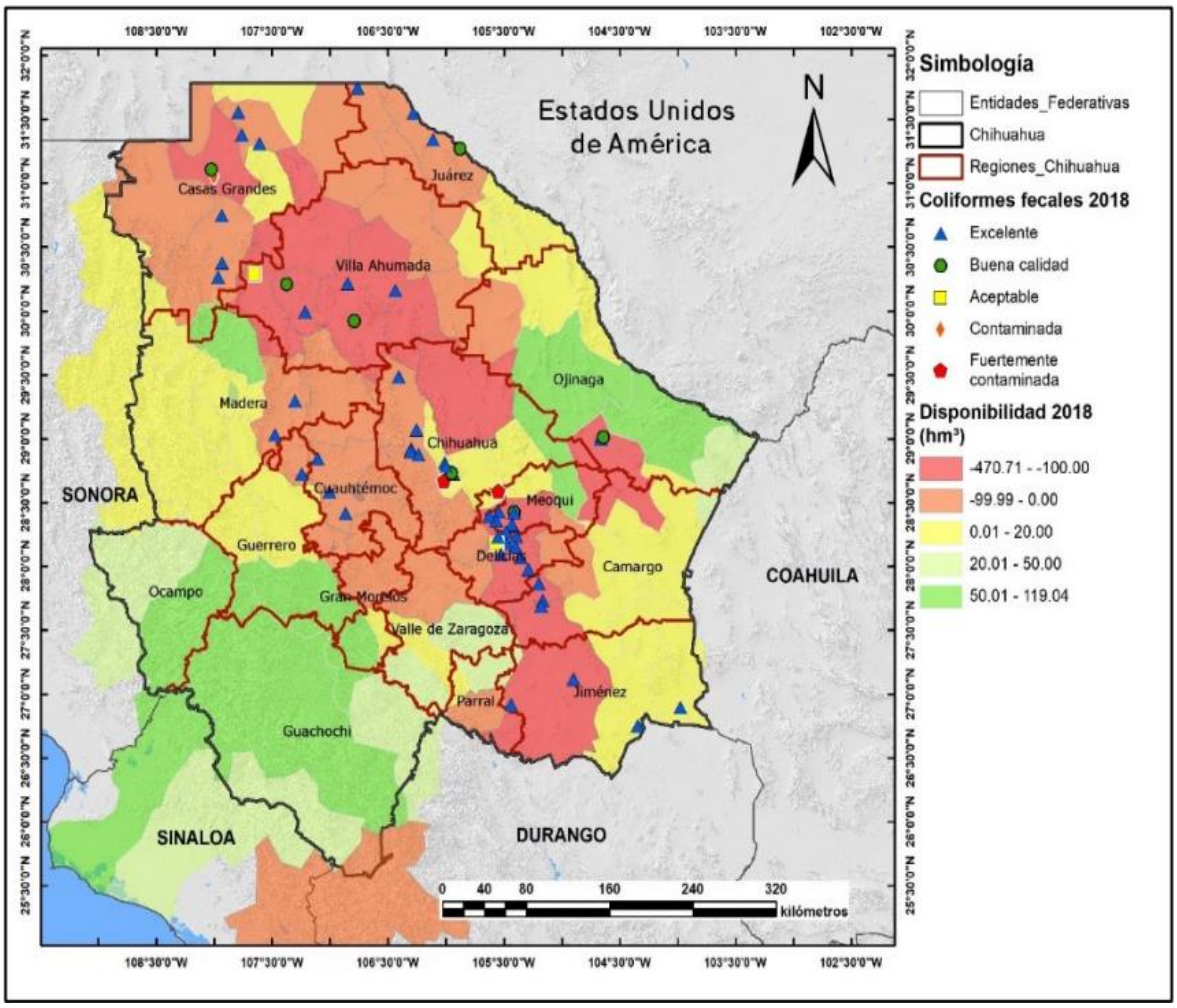


Figura 15. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Coliformes Fecales (CF). Fuente: PEH 2040 [50].

En la Tabla 19 se presenta el criterio de clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a su concentración de Arsénico (As). Este criterio es fundamental para determinar si los puntos muestreados son una posible fuente de agua potable, ya que el arsénico en niveles elevados puede ser perjudicial para la salud humana.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 19. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a su concentración de Arsénico [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
As ≤ 0.01	POTABLE - EXCELENTE	AZUL
0.01 < As ≤ 0.025	APTA COMO FAAP	VERDE
As > 0.025	NO APTA COMO FAAP	ROJO

Para el municipio de Chihuahua, se considera que la concentración de arsénico alcanza niveles aptos para el consumo de agua potable (Figura 16). Sin embargo, la presencia de arsénico en el agua se considera de alto peligro para la salud en concentraciones nocivas, según lo establece la Norma NOM-127-SSA1-1994 [45]. Por lo tanto, es indispensable medir los niveles de arsénico para asegurar la potabilidad del recurso hídrico en la región.

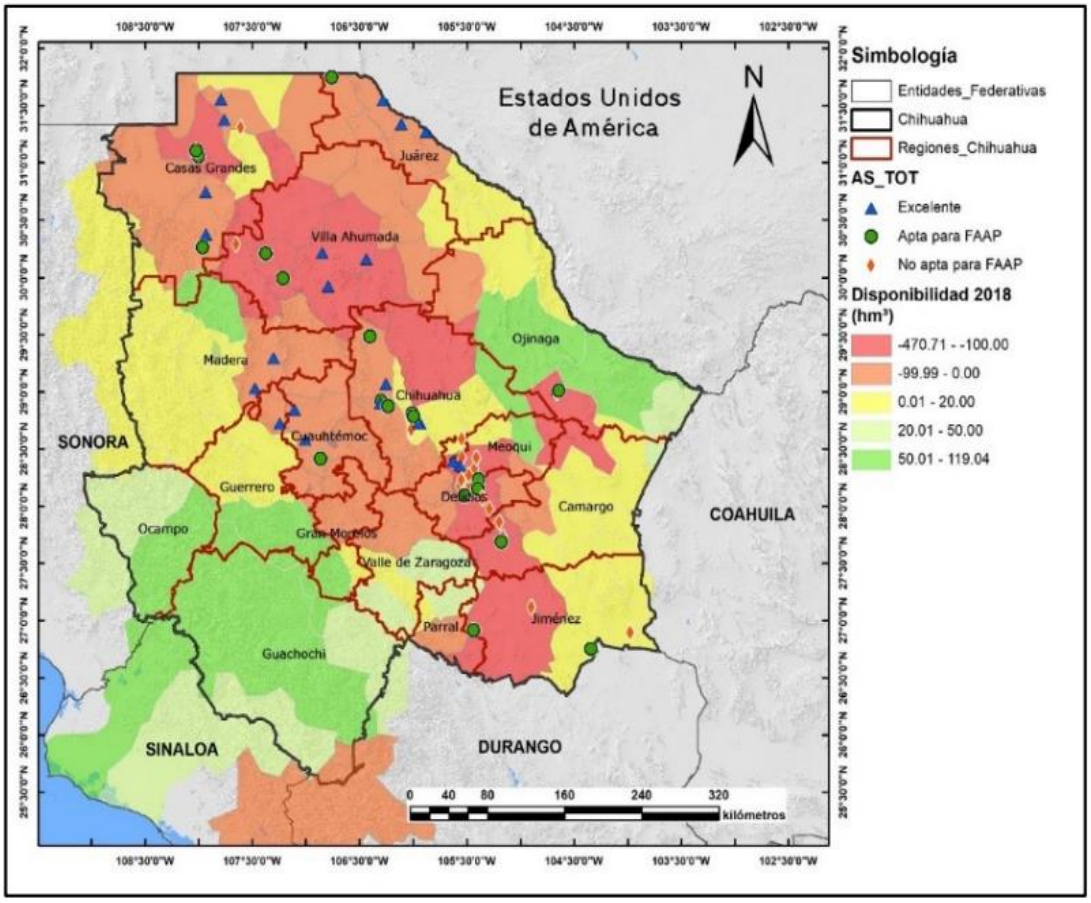


Figura 16. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Arsénico (As). Fuente: PEH 2040 [50].

En la Tabla 20 se presenta el criterio de clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a su concentración de Nitratos (NO3). Este criterio es fundamental para determinar si los puntos muestreados son una posible fuente de agua potable, ya que el arsénico en niveles elevados puede ser perjudicial para la salud humana.

Tabla 20. Clasificación de la calidad del agua subterránea con respecto a su concentración de Nitratos (NO3) [50].

CRITERIO	CLASIFICACIÓN	COLOR
$NO_3 \leq 5$	POTABLE - EXCELENTE	AZUL
$5 < NO_3 \leq 11$	APTA COMO FAAP	VERDE
$NO_3 > 11$	NO APTA COMO FAAP	ROJO

En el municipio de Chihuahua, se ha detectado la presencia de altas concentraciones de nitratos cerca de la zona agrícola del aeropuerto de la ciudad como se muestra en la Figura 17. La presencia de nitratos en el agua está asociada principalmente al uso de fertilizantes en la agricultura y se considera un problema potencial para la salud, especialmente para los niños, según lo establecido por la Norma NOM-127-SSA1-1994 [45]. Por lo tanto, es indispensable medir los niveles de nitratos para garantizar la potabilidad del recurso hídrico en la región.

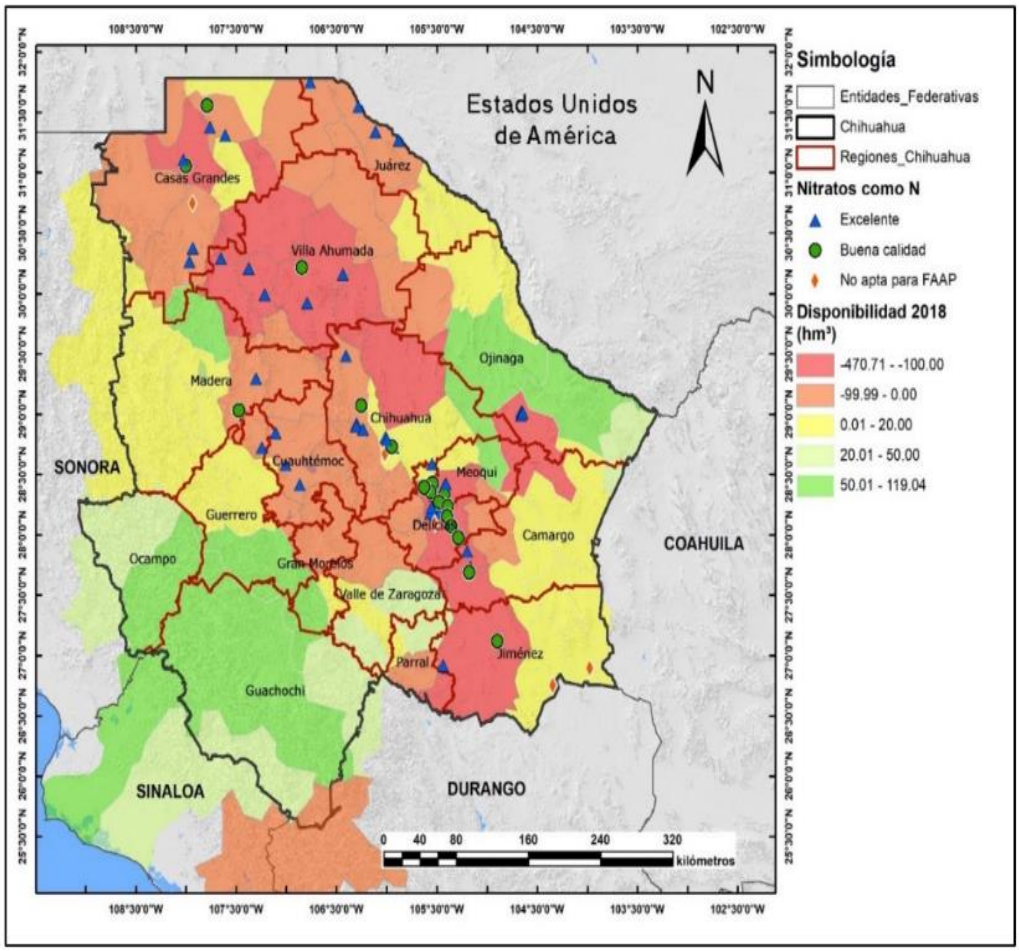


Figura 17. Mapa de la calidad del agua subterránea del estado de Chihuahua, considerando su concentración de Nitratos (NO3). Fuente: PEH 2040 [50].

Es importante destacar que los tres acuíferos que abastecen a la zona urbana muestran un déficit de agua que varía entre 65.8 y 4.1 millones de metros cúbicos (Mm3), lo que evidencia una sobreexplotación y sugiere una posible disminución en la calidad del agua subterránea en términos de Sólidos Disueltos Totales (SDT), Arsénico (As) y Flúor (F), debido al aumento de la concentración de estos parámetros en las aguas profundas.

Por otra parte, se ha detectado actividad radioactiva alfa en los pozos que suministran agua a la ciudad de Chihuahua. El Uranio (U) naturalmente se encuentra en cuatro estados de valencia: U^{+3}, U^{+4}, U^{+5} y U^{+6}, siendo los estados tetra y hexavalente los más comunes en el agua. El uranio hexavalente es altamente soluble y forma el ion uranilo $(UO2)^{+2}$, que tiene un papel crucial en el transporte del uranio en el medio ambiente, especialmente en condiciones oxidantes [52]. Por otro lado, el uranio tetravalente es menos soluble en agua y se encuentra principalmente en condiciones

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

reductoras. La ingesta de uranio contribuye significativamente a la dosis radiactiva recibida por el público en general.

El radio (Ra) es un producto de desintegración del uranio, el contenido de radio en el agua es considerado la segunda fuente de radiactividad natural. La distribución de radio en el agua está en función del contenido de uranio y torio presente en el acuífero, las propiedades geoquímicas de los sólidos y la vida media de cada isótopo [(52)].

El radio (Ra) presente en el agua subterránea se debe a la disolución de los sólidos del acuífero, producido por el retroceso directo de los núcleos en la frontera líquido-sólido durante su formación por desintegración radiactiva de sus progenitores en el sólido, y por desorción.

Se realizó un análisis de la actividad de uranio (U) y radio (Ra) en Bq/l, elaborado por Villalba L., en muestras de agua subterránea en las Principales Ciudades del estado de Chihuahua [(52)]. Se analizaron 31 pozos (Tabla 21) dentro de los acuíferos que abastecen a la ciudad de Chihuahua, y se encontró que 25 de estos pozos presentaban actividades específicas totales de isótopos alfa-activos por encima de los límites máximos permitidos para consumo humano, establecidos en 0.5 Bq/l según la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 [(45)]. Por lo tanto, sería necesario proporcionar un tratamiento previo al consumo de agua de estos pozos.

Estos altos contenidos de U y Ra se pueden atribuir a la influencia del sustrato geológico propio de la zona. La ciudad de Chihuahua se encuentra localizada a unos cuantos kilómetros de la cuenca uranífera de Peña Blanca, donde se halla el 60 % de las reservas del país. Presumiblemente el subsuelo de la ciudad contiene uranio y los acuíferos incluyen rocas con altos contenidos de uranio [(52)].

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 21. Resultado de la actividad de uranio (U) y radio (Ra) en Bq/l, elaborado por Villalba L., en el estudio Actividades de Uranio y Radio en Muestras de Agua Subterránea de las Principales Ciudades del estado de Chihuahua [52].

Pozo	U /Bq/l)	Ra /Bq/l)
Pozo 10 Sauz	0.67	<DL
Pozo 7 Sauz	0.71	0.3
Pozo 2 Sauz	0.72	<DL
Pozo 4 Sacramento	0.66	0.28
Pozo 12 Sauz	0.6	<DL
Pozo 8 Sacramento	0.76	<DL
Pozo 6 Sacramento	1.02	<DL
Panamericana 3	0.57	0.87
Mirador	0.47	0.68
Ranchería Juárez	0.92	1.75
Rebombeo Sacramento	0.46	<DL
Aeropuerto 2	1.26	0.56
Panamericana 4	1.22	<DL
Concordia	0.62	<DL
Robinson 1	0.68	1.83
Robinson 2	0.53	<DL
Tabalaopa N. Dios 3	0.45	<DL
Tabalaopa Aldama 1	0.49	<DL
Tabalaopa Aldama 3	0.5	<DL
Tabalaopa Aldama 5	0.51	<DL
Tabalaopa N. Dios 7	0.38	<DL
Tabalaopa N. Dios 2	0.59	<DL
Tabalaopa N. Dios 1	0.57	<DL
Tabalaopa N. Dios 4	0.82	<DL
Cerro de la Cruz	0.45	0.92
San Felipe	0.61	<DL
Ferrocarril	0.98	0.69
Pozo Centro 8	0.81	0.55
Pozo Villa	0.9	<DL
Palacio del Sol	0.69	2.66
Pozo Centro 7	0.57	0.67

4.5. Cambio Climático en el Ciclo Hidrológico

El agua y el cambio climático están estrechamente interrelacionados, ya que este último afecta al agua en el planeta de maneras complejas. Desde patrones de precipitación impredecibles hasta la reducción de las capas de hielo y el aumento del nivel del mar, la mayoría de los impactos del cambio climático se manifiestan a través del agua. Esto se debe a que el aumento de las temperaturas altera los patrones de precipitación y todo el ciclo del agua [(2)].

Entre los efectos del cambio climático relacionados con el agua se encuentran [(40)]:

- Los fenómenos meteorológicos extremos, como las inundaciones y las sequías, se vuelven más probables e intensos debido al cambio climático.
- El aumento de las temperaturas a nivel mundial aumenta la humedad que puede contener la atmósfera, lo que resulta en más tormentas y lluvias torrenciales. Paralelamente, también se observan períodos de sequía más intensos, ya que se evapora más agua de la tierra y cambian los patrones climáticos globales.
- Se espera que los riesgos de sequía e inundación, así como los daños sociales asociados, aumenten con cada grado de calentamiento global.
- Se prevé un aumento en las precipitaciones torrenciales en la mayoría de las zonas geográficas durante el siglo XXI, lo que resultará en más inundaciones causadas por la lluvia. Al mismo tiempo, se espera un aumento en las zonas geográficas terrestres con sequías extremas en un momento dado.
- Los desastres relacionados con el agua han sido predominantes en la lista de desastres de los últimos 50 años, representando el 70% de todas las muertes relacionadas con desastres naturales.
- Desde el año 2000, los desastres relacionados con inundaciones han aumentado un 134% en comparación con las dos décadas anteriores. La mayoría de las muertes y pérdidas económicas relacionadas con las inundaciones se han producido en Asia. El número y la duración de las sequías también aumentaron un 29% durante el mismo período, con la mayor parte de las muertes relacionadas con sequías ocurriendo en África.

En México, según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, se han observado los siguientes cambios [(33)]:

- El país se ha vuelto más cálido desde la década de 1960.
- Las temperaturas promedio a nivel nacional aumentaron 0.85°C y las temperaturas invernales 1.3°C.
- Se ha reducido la cantidad de días más frescos desde los años sesenta del siglo pasado y hay más noches cálidas.
- La precipitación ha disminuido en la porción sureste desde hace medio siglo.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Se han desarrollado modelos matemáticos que permiten generar distintos escenarios de los impactos del cambio climático para el año 2100 en México. Estos modelos coinciden en que la temperatura en la zona fronteriza con Estados Unidos de América aumentará en 4°C, mientras que en el resto del país se estima un aumento de entre 2.5 y 3.5°C. En cuanto a la precipitación, se espera una disminución promedio del 5 al 10%, aunque los modelos no coinciden en las estimaciones precisas.

Según los modelos desarrollados para los escenarios futuros, los riesgos que enfrentaría México se pueden apreciar en la Tabla 22, con información del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) [(1)].

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 22. Riesgos y escenarios futuros del cambio climático para México. Fuente: INECC (2018) [(1)].

Sistemas y sectores	Escenario	Nivel de Impacto
Agricultura	Disminución en la productividad de maíz para la década de 2050, lo que se aúna al problema actual del 25% de las unidades de producción con perdida en la fertilidad de suelos. Existe cierta evidencia de que la mayoría de los cultivos resultaran menos adecuados para la producción en México hacia el 2030, empeorando esta situación para finales del presente siglo.	Bajo
Hídrico	La mayor parte del país se volverá más seca y las sequias más frecuentes, con el consecuente aumento de demanda de agua particularmente en el norte del país y en zonas urbanas. Por otro lado, habrá regiones donde la precipitación podría ser más intensa y frecuente, incrementando el riesgo de inundaciones para alrededor de 2 millones de personas que actualmente se encuentran en situación de moderada a alta vulnerabilidad, ante las inundaciones, y quienes residen en localidades menores a 5,000 habitantes, ubicadas principalmente en la parte baja de las cuencas, sumando al riesgo de deslizamientos de laderas por lluvia.	Medio
Costero	El aumento del nivel del mar constituye un peligro para los sectores residencial y de infraestructura asentados en zonas costeras. Por otro lado, los sectores hídrico y agrícola podrían verse afectados por efecto de la intrusión salina.	Bajo
Tormentas y clima severo	Hay consenso sobre la intensidad de os ciclones en el Noroeste del Pacifico y en el Atlántico Norte. Sin embargo, las incertidumbres en cuanto a los cambios y la intensidad complican estimar sus impactos para el país, se prevé que a mayor numero e intensidad de tormentas, los impactos podrían tener mayores consecuencias sociales y económicas importantes.	Alto
Ecosistemas y biodiversidad	En ecosistemas terrestres por ejemplo es la posible reducción del área cubierta de bosques de coníferas, especies de zonas áridas. Semiáridas y especies forestales de zonas templadas. En el caso de los océanos un aumento en la temperatura puede ocasionar un colapso demográfico en las poblaciones marinas, ocasionando baja productividad para las pesquerías. Para el caso de mamíferos terrestres y voladores se proyecta al 2050, una reducción de cerca de la mitad de las especies estudiadas perdiendo más de 80% de su rango de distribución histórica.	Medio

Frecuencia e intensidad de eventos extremos

Las reconstrucciones paleoclimáticas no solo permiten conocer y analizar la variabilidad hidroclimática a lo largo del tiempo, sino que también brindan un respaldo adicional para sostener la hipótesis de las condiciones climáticas extremas que prevalecieron e interactuaron, exacerbando los impactos como la escasez de alimentos, los brotes epidémicos, la mortalidad, el abandono de pueblos y los conflictos sociales y políticos. Además, las series paleoclimáticas permiten analizar la variabilidad de fenómenos de circulación general como El Niño Oscilación del Sur (ENSO) y cómo su ocurrencia y efectos han variado debido al calentamiento global, así como también cómo han modificado las condiciones climáticas, situaciones que van más allá de la variabilidad climática histórica.

La dendrocronología, basada en el fechado preciso de los anillos de crecimiento anual de los árboles, constituye un proxy para la reconstrucción de variables climáticas como la precipitación, la temperatura, los flujos de los ríos y los regímenes ecológicos de incendios, entre otros. Estas reconstrucciones abarcan períodos tan largos como la longevidad de los árboles. En el caso de México, actualmente se cuenta con más de 100 series de tiempo para el norte y centro del país, algunas de las cuales abarcan más de 500 años y tienen una gran relevancia científica.

Al analizar la dendrocronología de las series de precipitación (Figura 18) reconstruidas para la Sierra de Arteaga y la Sierra Zapalinamé en el estado de Coahuila, y Peña Nevada en el estado de Nuevo León, se observa una frecuencia de sequías severas cada 100 años (1450, 1550, 1650, 1850 y 1950) durante los últimos 600 años, así como sequías menos intensas al final de cada siglo. Sin embargo, al considerar ambas frecuencias, los eventos muestran una recurrencia promedio de 50 años [53].

.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

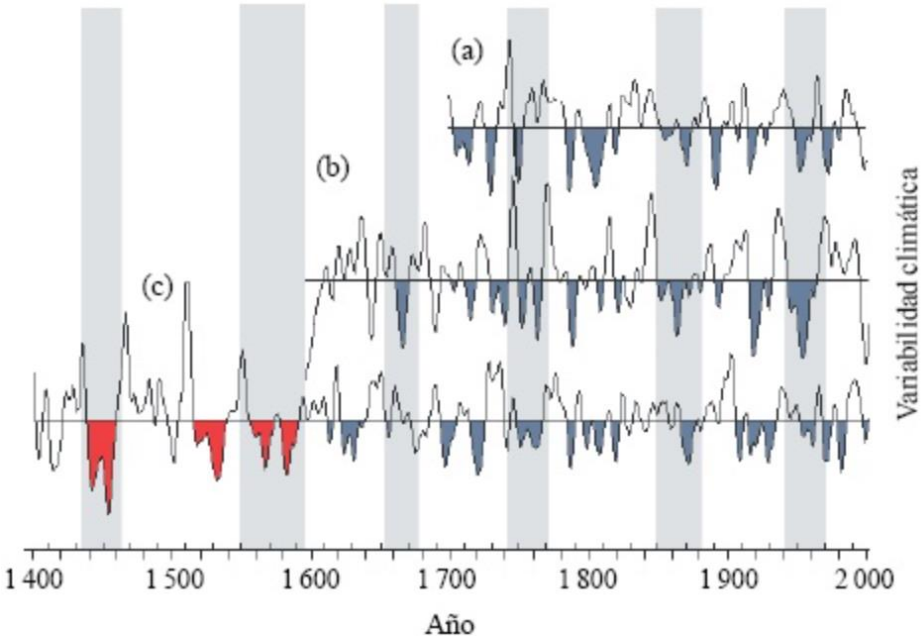


Figura 18. Reconstrucción de precipitación para el noreste de México [53].

5. Capacidad de Resiliencia

Determinar la vulnerabilidad de un municipio implica analizar su historia y considerar posibles escenarios de cambio climático. Existe una oportunidad a nivel municipal para desarrollar una estructura que permita evaluar de manera continua la vulnerabilidad hídrica del Municipio de Chihuahua. El Plan de Acción Climática Municipal de Chihuahua (PACMUN) ha realizado un análisis de la vulnerabilidad al cambio climático en el municipio.

El método utilizado se basa en el enfoque de Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI), adaptado a las condiciones locales por el secretario de ICLEI para México, Centroamérica y el Caribe. Se destaca que el resultado depende del análisis de la percepción social, lo que implica trabajar con actores clave de cada sector municipal para comprender su percepción del cambio climático. Para llevar a cabo este análisis, es necesario identificar los sectores productivos más importantes del municipio y las principales amenazas e impactos hidrometeorológicos en ellos. Los 7 sectores identificados para el municipio de Chihuahua y sus principales actores, según el Plan de Acción Climática Municipal del 2019 son: servicios básicos, económicos, rural productivo, hídrico, salud, desarrollo urbano y biodiversidad [(5)].

Los principales actores que se tienen por cada uno de los sectores se presentan a continuación. En el primer sector (Tabla 23) se integran todas aquellas áreas que tienen que ver con el abastecimiento a la población de los elementos básicos para la subsistencia como son: agua, luz, combustibles, transporte, alimento, etc.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 23. Principales actores para los servicios básicos. Fuente: PACMUN (2019) [5].

Servicios básicos
CFE
Protección Civil Municipal
Protección Civil Estatal
Junta Municipal de Agua y Saneamiento
PEMEX
Secretaria de Comunicaciones y Transportes
Dirección General de Gobierno y Transporte
Instituto Municipal de las Mujeres
Dirección de Obras Públicas Municipales
Dirección de Servicios Públicos Municipales
Dirección de Desarrollo Humano y Educación
IMPLAN
Regidores

En la Tabla 24 se presenta el sector Económico, el cual se refiere a la generación de empleo e ingreso, salvedad hecha de las correspondientes a la producción primaria, las cuales se engloban en un tercer sector identificado como sector Rural productivo y en el que se incorpora a todas las instituciones y/o dependencias que tengan relación con agricultura, ganadería y/o producción forestal.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 24. Principales actores para el sector económico y rural productivo. Fuente: PACMUN (2019) [5].

Sector Económico	Sector Rural Productivo
Delegación de la Secretaria de Economía	SADER
Dirección de Industria del Estado	INIFAP
Dirección de Turismo del Estado	FRICO
Dirección de Comercio del Estado	Fundación PRODUCE
Subdirección de Desarrollo de la Industria del Municipio	Secretaria de Desarrollo Rural del Estado
Subdirección de Turismo del Municipio	Dirección de Desarrollo Rural Municipal
Protección Civil Municipal	Dirección de Desarrollo Humano y Educación Municipal
Dirección de Desarrollo Humano y Educación Municipal	IMPLAN
Instituto Municipal de Mujeres	Instituto Municipal de las Mujeres
IMPLAN	Protección Civil Municipal
Regidores	Regidores

En la Tabla 25 se presenta el sector hídrico, que incluye a todas las dependencias gubernamentales y privadas relacionadas con el agua, el elemento más amenazado por los efectos del cambio climático, o al menos uno de los más vulnerables a éste. También se observa el sector salud, conformado por las diferentes instituciones e instancias relacionadas con la salud.

Tabla 25. Principales actores para los sectores hídrico y del área de salud. Fuente: PACMUN (2019) [5].

Sector Hídrico	Sector Salud
Comisión Nacional del Agua	IMSS
WWF	ISSSTE
Junta Central de Agua y Saneamiento	Secretaria de Salud del Estado
Junta Municipal de Agua y Saneamiento	COESPRIS
CIMAF	Subdirección de Atención a la Salud de Gpos. Vulnerables
INECOL	Protección Civil Municipal
Protección Civil Municipal	Dirección de Desarrollo Humano y Educación Municipal
Dirección de Desarrollo Humano y Educación Municipal	Instituto Municipal de Pensiones
Instituto Municipal de las Mujeres	Instituto Municipal de las Mujeres
Dirección de Obras Públicas Municipales	Protección Civil Municipal
IMPLAN	IMPLAN
Regidores	Regidores

En la Tabla 26 se presenta el sector de Desarrollo urbano que incluye las diferentes instancias relacionadas con la planeación de la ciudad de Chihuahua y sus servicios, así como el sector de biodiversidad que son las instancias que tienen relación con el cambio climático.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 26. Principales actores para los sectores de desarrollo urbano y biodiversidad. Fuente: PACMUN (2019) [5].

Sector de Desarrollo urbano	Sector de Biodiversidad
SEDATU	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología del Estado	Comisión Nacional Forestal
Dirección de desarrollo Urbano y Ecología del Municipio	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
Dirección de Desarrollo Humano y Educación	Dirección de Desarrollo Forestal del Estado
Dirección de Mantenimiento Urbano Municipal	Dirección de Ecología del Estado
Dirección Obras Publicas Municipales	Subdirección de Ecología del Municipio
IMPLAN	INECOL
Protección Civil Municipal	Dirección de Desarrollo Humano y Educación
Instituto Municipal de las Mujeres	Protección Civil Municipal
Regidores	Instituto Municipal de las Mujeres
	Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)
	Regidores

Las amenazas hidrometeorológicas identificadas como tales en el área del municipio de Chihuahua, junto con sus correspondientes impactos, se presentan en la Tabla 27, basado en la experiencia de los actores de cada sector convocados para abordar esta problemática durante su ocurrencia.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Tabla 27. Amenazas hidrometeorológicas identificadas para el municipio de Chihuahua. Fuente: PACMUN (2019) [5].

Amenaza	Impactos
Lluvias torrenciales	Inundaciones
	Daños a la infraestructura
	Erosión
Sequia	Abatimiento en los niveles de mantos acuíferos y cuerpos de agua
	Erosión
	Incendios
	Daños en los cultivos
Vientos extremos	Erosión
	Incremento de enfermedades
	Afectación a la infraestructura
	Incendios
	Daños a los cultivos
Onda fría	Daños a la infraestructura
	Incremento en enfermedades, casos de asfixia y accidentes
	Daños a los cultivos
	Golpe de calor
Onda de calor	Incremento de enfermedades e intoxicación de alimentos
	Incendios
	Daño a cultivos y aves en confinamiento
	Evaporación de cuerpos de agua
	Incremento de organismos vectores
	Incremento en la demanda de agua
Granizo	Daños en cultivos y/o animales
	Daño patrimonial
	Daño a la infraestructura

Según la metodología desarrollada en el Plan de Acción Climática Municipal (2019), la evaluación de la vulnerabilidad se realizó utilizando rangos de valores y calificativos para cada uno de los estratos de la escala establecidos, siguiendo la metodología propuesta por el ICLEI. Esta metodología asigna valores que van de 0 a 125, con estratos de 15 puntos cada uno como se observa en la Tabla 28.

Tabla 28. Espectro de riesgo utilizado en el Plan de Acción Climática Municipal (2019). Fuente: PACMUN (2019) [5].

Espectro del riesgo							
Extremo	**Muy Alto**	**Alto**	**Medio Alto**	**Medio**	**Medio Bajo**	**Bajo**	**Muy Bajo**
111 a 125	96 a 110	81 a 95	66 a 80	51 a 65	36 a 50	21 a 35	0 a 20

En la Tabla 29 se presenta el resumen de los valores de vulnerabilidad obtenidos del análisis realizado en el Plan de Acción Climática Municipal (2019) por expertos convocados que participaron en los talleres de los siete sectores productivos del municipio de Chihuahua.

Tabla 29. Amenazas y grado de riesgo asignado por los 7 sectores productivos identificados para el municipio de Chihuahua. Fuente: PACMUN (2019) [5].

Amenazas e impactos	Vulnerabilidad TOTAL	Rango de amenaza	Grado de riesgo	Descripción
Amenaza 1: Lluvias torrenciales				
Inundaciones	20	5	71.4	Medio alto
Daños a la infraestructura	19	5	79.2	Medio alto
Erosión hídrica (deslaves)	20	5	83.3	Alto
Amenaza 2: Sequía				
Abatimiento en los niveles de mantos acuíferos y cuerpos de agua	34	5	121.4	**Extremo**
Erosión (desertificación)	17	3	42.5	Medio bajo
Incendios	19	5	79.2	Medio alto
Daños en los cultivos	7	5	58.3	Medio
Amenaza 3: Vientos extremos				
Erosión eólica	17	2	28.3	Bajo
Incremento de enfermedades	6	2	20.0	Muy bajo
Afectación a la infraestructura	14	4	46.7	Medio bajo
Incendios	22	5	91.7	Alto
Daños a los cultivos	3	1	15.0	Muy bajo
Amenaza 4: Onda fría *(temperaturas bajas extremas)*				
Daños a la infraestructura	19	3	57.0	Medio
Incremento en enfermedades, casos de asfixia y accidentes	15	4	75.0	Medio alto
Daños a los cultivos	8	1	13.3	Muy bajo
Amenaza 5: Onda de Calor *(temperaturas altas extremas)*				
Golpe de calor	19	3	40.7	Medio bajo
Incremento en enfermedades e intoxicaciones alimenticias	13	3	48.8	Medio bajo
Incendios	21	5	87.5	Alto
Daños a cultivos y aves en confinamiento	9	3	33.8	Bajo
Evaporación de cuerpos de agua	13	2	26.0	Bajo
Incremento de organismos vectores	16	4	64.0	Medio
Incremento en la demanda de agua	16	5	100.0	**Muy alto**
Amenaza 6: Granizo				
Daños en cultivos y/o animales	6	2	20.0	Muy bajo
Daño patrimonial	9	3	45.0	Medio bajo
Daños a la infraestructura	15	1	12.5	Muy bajo

De acuerdo con la percepción de los especialistas en el Plan de Acción Climática Municipal (2019), se pueden observar en la Figura 19 las principales amenazadas del cambio climático en el Municipio de Chihuahua. Se identifica una amenaza con un grado de riesgo extremo (nivel más alto) debido al abatimiento de los niveles en los mantos acuíferos y cuerpos de agua provocado por la sequía. Le sigue en nivel de riesgo muy alto el incremento de la demanda de agua como consecuencia de las olas de calor, seguido por los incendios originados por la sequía, los vientos extremos y las olas de calor. Posteriormente, se mencionan los impactos de las lluvias torrenciales, como el daño en la infraestructura y la erosión hídrica, con valoraciones de riesgo medio y medio alto, respectivamente.

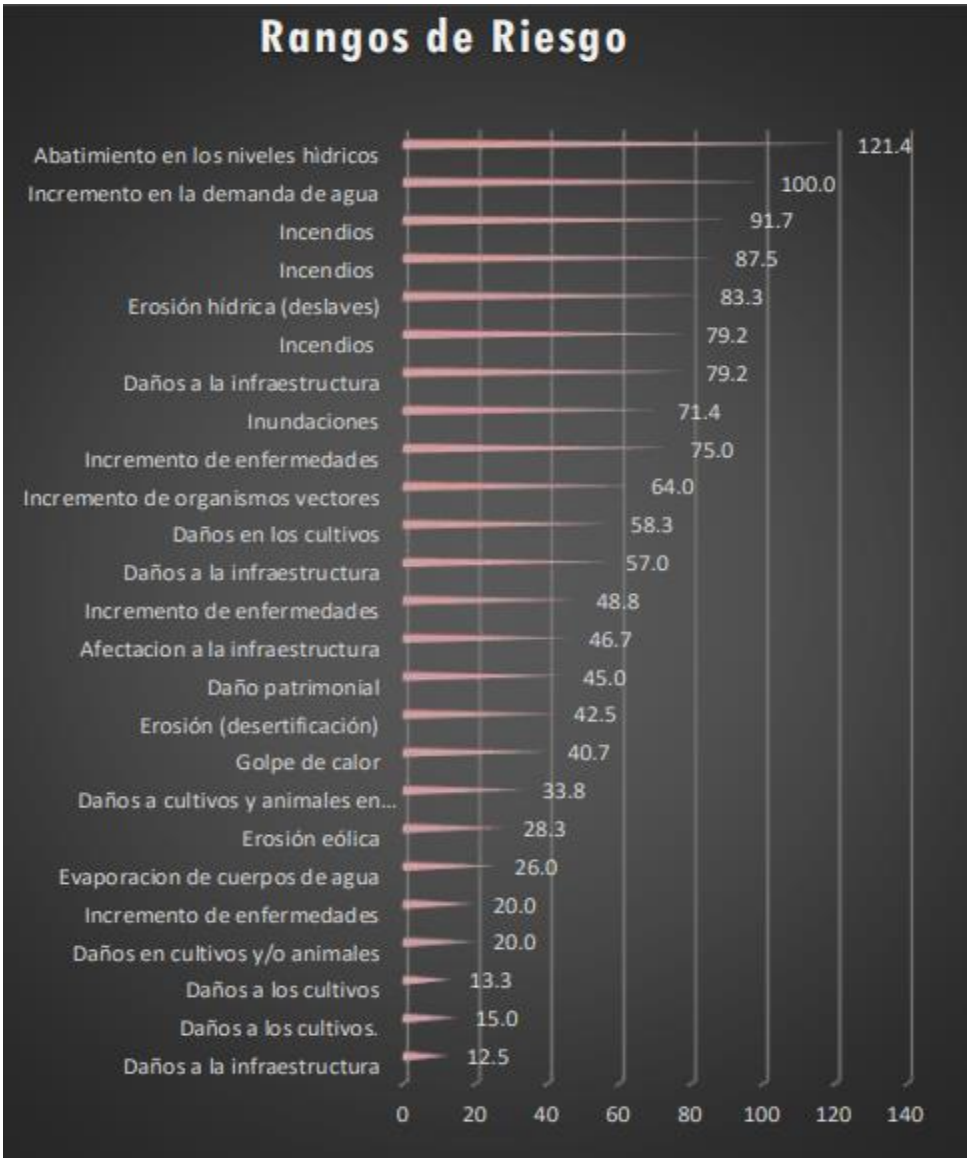


Figura 19. Gráfica de los resultados de las amenazas, de mayor a menor grado de riesgo, detectados por el grupo de expertos que participó en los talleres de los siete sectores productivos identificados en el PACMUN (2019) [5].

De acuerdo con la Ficha Climática Chihuahua (2022) elaborada por el INECC-SEMARNAT [32], se tienen 6 eventos de vulnerabilidad para el estado de Chihuahua. Estos eventos incluyen la vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones, la vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves, la vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante el estrés hídrico, la vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico, la vulnerabilidad de la población ante el incremento del dengue y la vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones.

Según el informe de la Ficha Climática Chihuahua 2022 [32], la vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones ocasionadas por el cambio climático en el municipio de Chihuahua se clasifica como de tipo media como se muestra en la Figura 20.

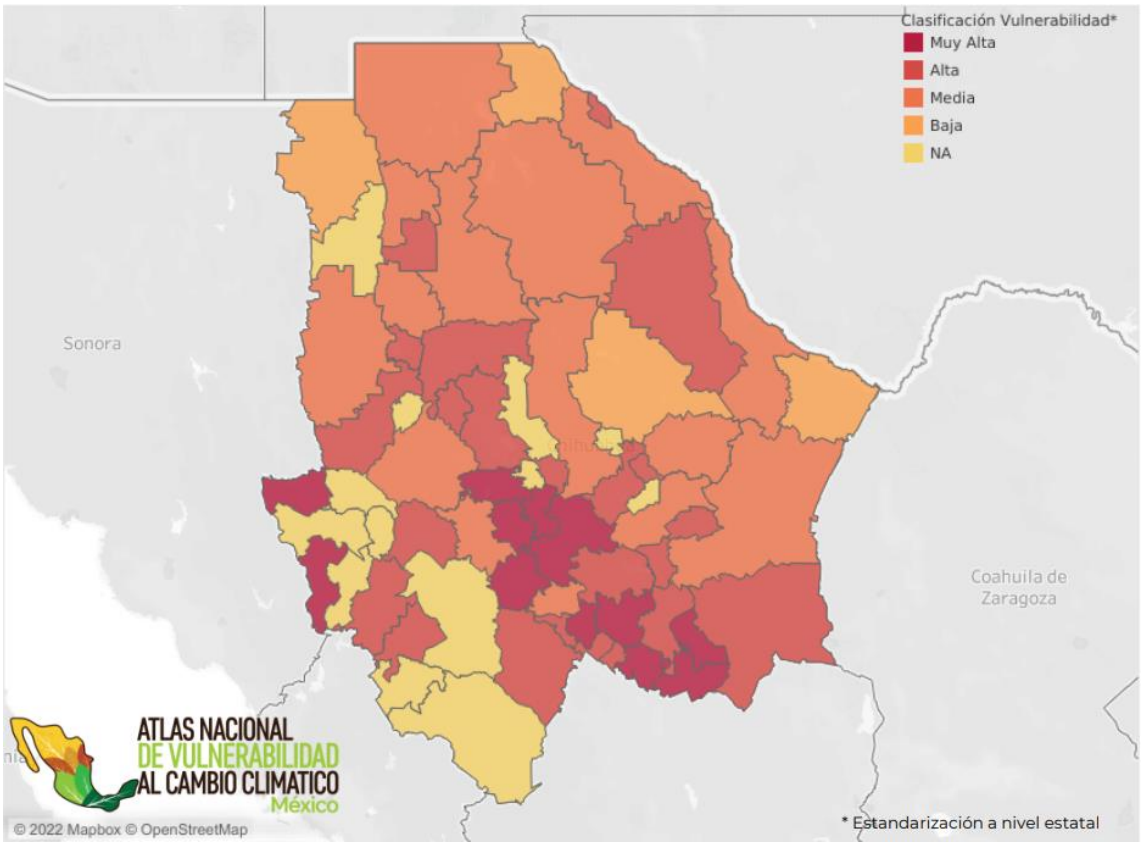


Figura 20. Imagen de la vulnerabilidad de asentamientos humanos inundables. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) [32].

Para la vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves ocasionado por el cambio climático para el municipio de Chihuahua se encuentra en una clasificación de vulnerabilidad de tipo medio como se muestra en la Figura 21.

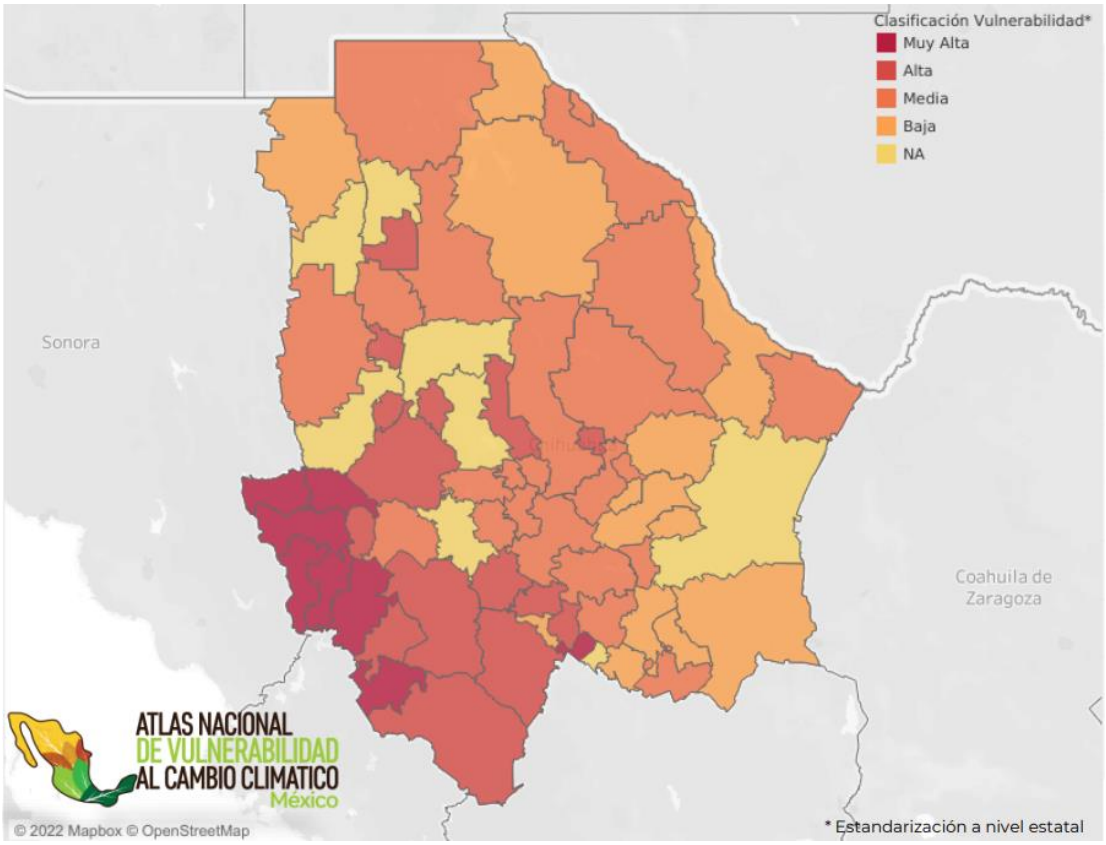


Figura 21. Imagen de la vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) [32].

La vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante el estrés hídrico ocasionado por el cambio climático para el municipio de Chihuahua se encuentra en una clasificación de vulnerabilidad de tipo bajo como se muestra en la Figura 22.

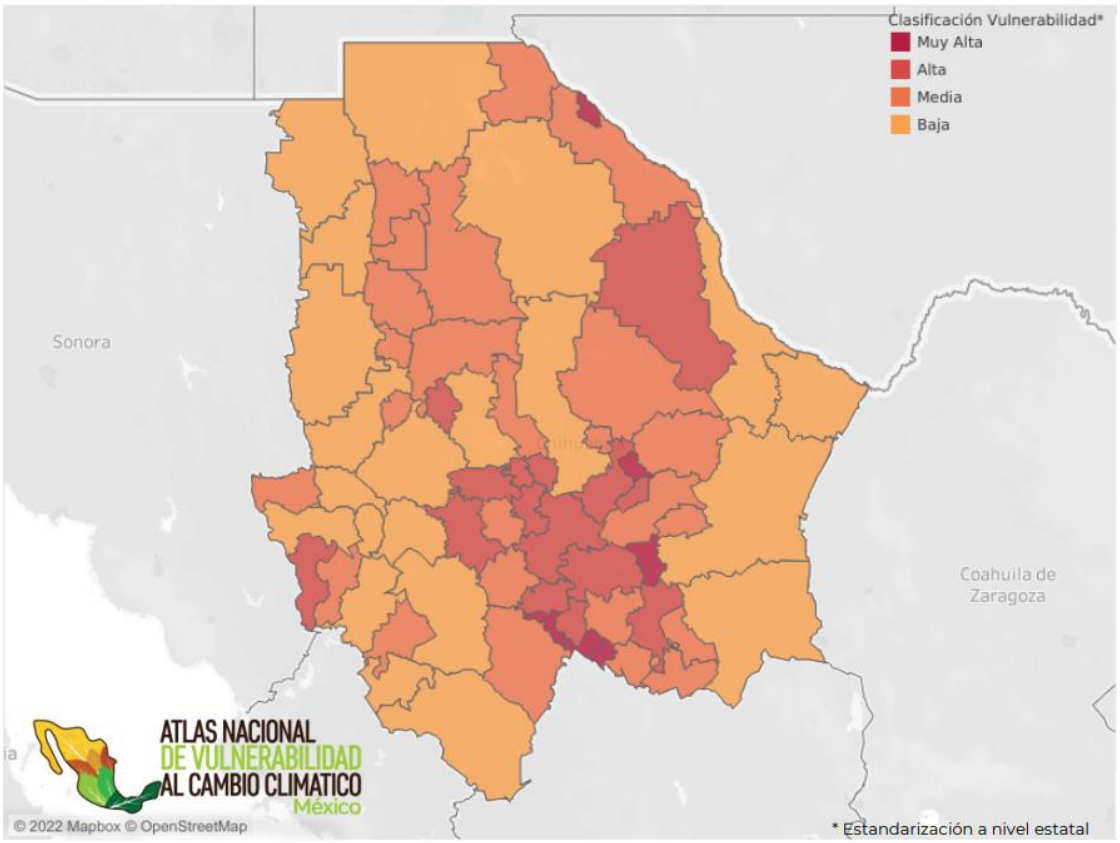


Figura 22. Imagen de vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante el estrés hídrico. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) [32].

La vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico ocasionado por el cambio climático para el municipio de Chihuahua se encuentra en una clasificación de vulnerabilidad de tipo medio como se observa en la Figura 23.

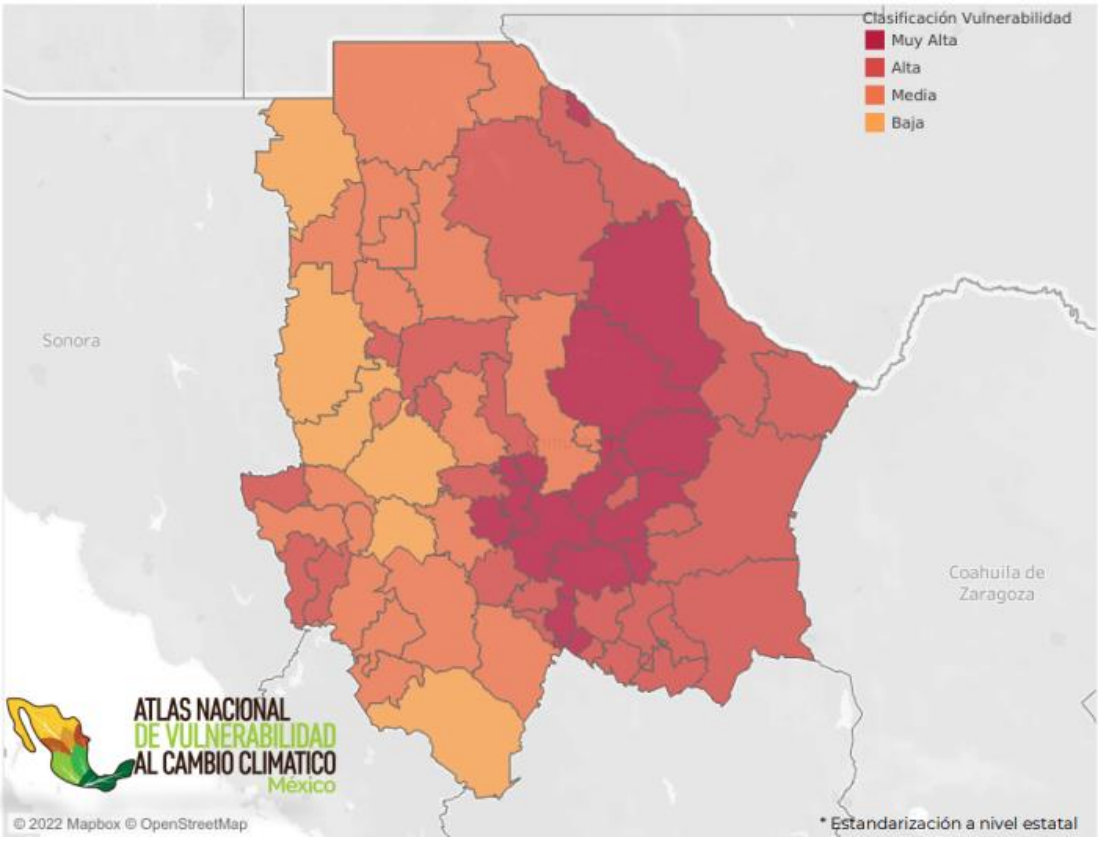


Figura 23. Imagen de la vulnerabilidad de la producción forrajera ante el estrés hídrico. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) [32].

La vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones ocasionado por el cambio climático para el municipio de Chihuahua se encuentra en una clasificación de vulnerabilidad de tipo alto como se observa en la Figura 24.

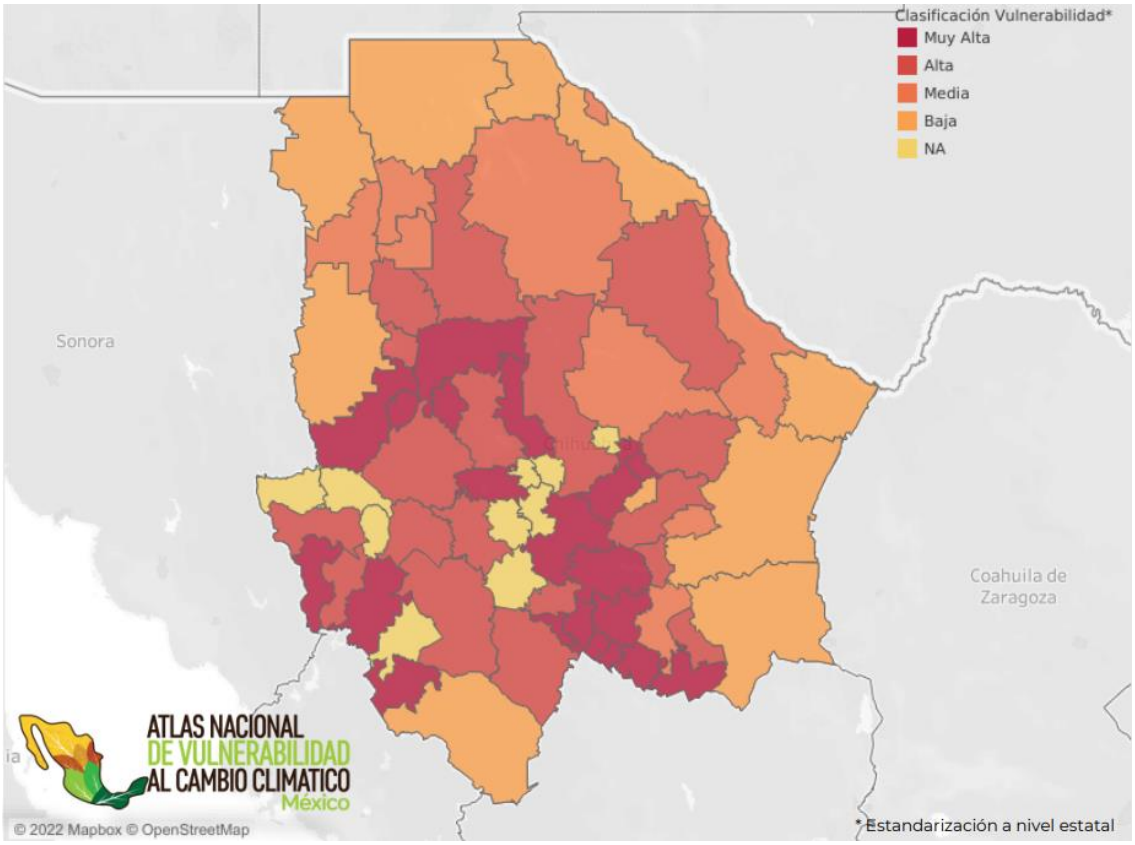


Figura 24. Imagen de la vulnerabilidad de producción ganadera extensiva a inundaciones ocasionado por el cambio climático. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) [32].

Mientras que para la vulnerabilidad de la población al incremento en distribución del dengue ocasionado por el cambio climático para el municipio de Chihuahua se encuentra en una clasificación de vulnerabilidad de tipo alto (Figura 25).

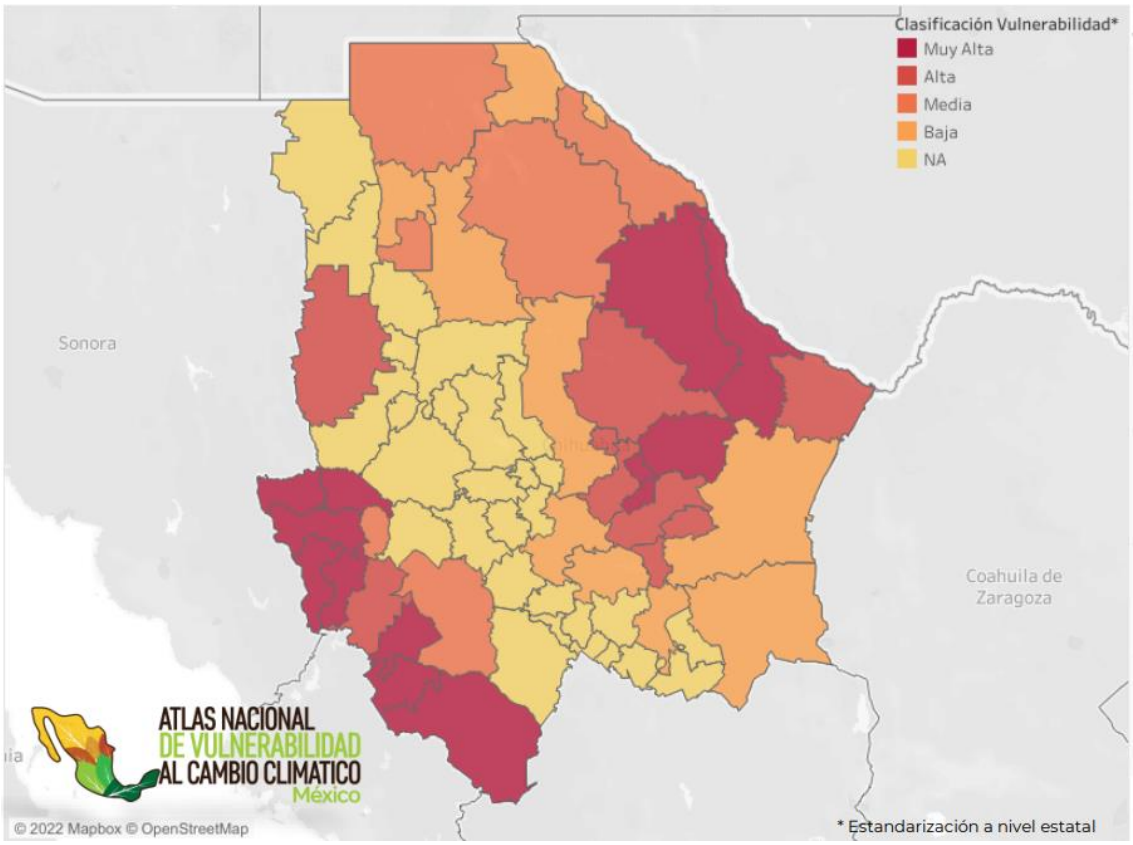


Figura 25. Imagen de la vulnerabilidad de la población al incremento en distribución del dengue ocasionado por el cambio climático. Fuente: elaborado por INECC-SEMARNAT, en la Ficha Climática de Chihuahua (2022) [32].

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

6. Áreas de Oportunidad para Incrementar la Resiliencia Hídrica

6.1. Sistemas de Alerta Temprana

Se pueden incorporar sistemas de alerta temprana para diversos fenómenos como inundaciones, sequías, granizo, vientos fuertes, ondas frías y ondas de calor, identificados como los principales peligros relacionados con el municipio de Chihuahua. Estos sistemas ofrecen un retorno de la inversión más de diez veces superior y pueden reducir significativamente el riesgo de desastres: una alerta con 24 horas de antelación sobre la llegada de una tormenta puede disminuir el daño resultante en un 30% [(40)].

6.2. Agricultura Climáticamente Inteligente

La agricultura climáticamente inteligente que recurre al riego por goteo y otros medios para usar el agua de manera más eficiente puede ayudar a reducir la demanda de suministros de agua dulce [(40)]. Aunque el consumo de agua requerido por un cultivo no se modifique, al eficientizar el uso del agua con sistemas de riego, se ve reflejado un ahorro del recurso en las pérdidas que se puedan presentar como infiltración excesiva al subsuelo y altos índices de evaporación, reduciendo la demanda de agua en la parcela e incrementando así su resiliencia. Adicionalmente, se proponen las siguientes medidas técnicas:

- Para hacer frente al estrés hídrico en los cultivos, se sugiere la implementación de depósitos y contenedores de agua.
- Se recomienda fomentar la formación de organizaciones agrícolas para la colaboración en la elaboración de planes de contingencia.
- Se sugiere promover mecanismos de planificación intermunicipales, tales como el manejo de residuos, la rehabilitación de sistemas riparios y la conservación y gestión de masas forestales.
- Para preservar los bancos naturales de semillas, se propone aumentar la cobertura vegetal mediante la consolidación operativa de las Áreas Naturales Protegidas.
- Se plantea promover el acceso a pago por Servicios Ambientales [(32)].

6.3. Humedales

Los ecosistemas acuáticos saludables y una mejor gestión del agua pueden ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y brindar protección contra los peligros climáticos.

Los humedales, así como los manglares, las praderas submarinas, las marismas y los pantanos son sumideros de carbono altamente efectivos que absorben y almacenan CO2, lo que contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los humedales también actúan como barrera contra los fenómenos meteorológicos extremos. Proporcionan un escudo natural contra las marejadas ciclónicas y absorben el exceso de agua y de precipitación. A través de las plantas y los microorganismos que albergan, los humedales también almacenan y purifican el agua [(40)].

Si bien el municipio de Chihuahua no cuenta con costas con ecosistemas marinos o manglares, se puede trabajar la gestión del agua superficial, creando zonas de humedales y mejorando los ya existentes.

6.4. Inundaciones

Áreas de Oportunidad para Incrementar la Resiliencia Hídrica en Inundaciones:

- Elaboración de un plan de contingencia detallado.
- Implementación de sistemas de alerta temprana y difusión de información de riesgo a la población.
- Mejora de la infraestructura de regulación de avenidas, considerando técnicas como la construcción de presas de retención y el mejoramiento de los sistemas de drenaje.
- Promoción de mecanismos de planificación intermunicipal, como la gestión integrada de recursos hídricos y la restauración de ecosistemas riparios para reducir la erosión y mejorar la retención de agua.
- Difusión de información sobre refugios temporales y aumento de su capacidad y disponibilidad.
- Incremento de la cobertura vegetal en las partes medias y altas de las cuencas mediante la consolidación operativa de las Áreas Naturales Protegidas.
- Promoción del acceso a pagos por servicios ambientales para incentivar la conservación de ecosistemas que contribuyan a la reducción del riesgo de inundaciones.

6.5. Deslaves

Áreas de Oportunidad para Incrementar la Resiliencia en deslaves:

- Desarrollo y/o actualización del Atlas Municipal de Riesgos para incluir deslaves, identificando zonas de riesgo y estableciendo medidas de prevención y mitigación.
- Elaboración de un plan de contingencia específico para deslaves, con protocolos claros de actuación en caso de emergencia.
- Implementación de sistemas de alerta temprana para deslaves y difusión de información de peligro a la población en zonas vulnerables.
- Mejora de la infraestructura de regulación de avenidas y control de erosión, mediante la construcción de muros de contención, barreras de protección y reforestación de laderas.
- Difusión de información sobre refugios temporales y aumento de su capacidad y disponibilidad en zonas propensas a deslaves.
- Incremento de la cobertura vegetal en las partes medias y altas de las cuencas mediante la consolidación operativa de las Áreas Naturales Protegidas, para reducir la erosión del suelo y el riesgo de deslaves.

6.6. Ganadería Extensiva ante el Estrés Hídrico

Áreas de Oportunidad para incrementar la resiliencia de la ganadería extensiva ante el estrés hídrico:

- Desarrollo de planes de contingencia para sequías, incluyendo medidas de manejo del ganado y uso eficiente del agua.
- Formación de organizaciones ganaderas que promuevan prácticas sostenibles y de adaptación al cambio climático.
- Aumento de la cobertura vegetal en las partes medias y altas de las cuencas mediante la consolidación operativa de las Áreas Naturales Protegidas para mejorar la disponibilidad de forraje y la regulación hídrica.
- Diversificación de fuentes de agua, como sistemas de captación de agua de lluvia y fuentes alternativas, para reducir la dependencia de fuentes superficiales.
- Mejora de infraestructuras de almacenamiento de agua, como represas y estanques, para almacenar agua durante épocas de abundancia y utilizarla en momentos de sequía.
- Uso eficiente de recursos forrajeros mediante prácticas de pastoreo rotativo y manejo adecuado de pastizales.
- Elaborar bloques multinutricionales utilizando recursos locales para mejorar la alimentación del ganado para reducir el sobrepastoreo.
- Rehabilitar o enriquecer los agostaderos o pastizales compuestos de especies nativas de alto valor forrajero y nutricional (Pastos navajita, chamizo).

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

- Implementación de tecnologías para el uso eficiente del agua, como sistemas de riego eficiente y monitoreo del consumo de agua en la ganadería.
- Capacitación y asistencia técnica sobre prácticas de manejo del agua y adaptación al estrés hídrico, así como sobre la identificación y manejo de enfermedades relacionadas con el agua en el ganado.
- Promoción de prácticas agroforestales que integren árboles, pastizales y ganadería, mejorando la retención de agua en el suelo y proporcionando sombra y alimento para el ganado.

6.7. Incremento en la Distribución del Dengue

Áreas de Oportunidad para incrementar la resiliencia de la población al incremento en la distribución del dengue:

- Es fundamental aumentar la dotación de personal médico para garantizar una cobertura adecuada de atención a la población.
- Mejorar la distribución de unidades médicas en las distintas localidades.
- Ampliar y modernizar la infraestructura de abastecimiento de agua potable en los hogares.
- Implementar programas específicos para la población sin derechohabiencia, centrados en el tratamiento de enfermedades como el dengue.
- Mejorar la eficiencia del servicio de recolección de residuos.
- Reducir la cantidad de tiraderos a cielo abierto mediante la implementación de políticas de gestión de residuos sólidos.
- Intensificar las campañas de concientización para eliminar los criaderos de mosquitos.
- Ampliar la cobertura de los programas de agua y saneamiento, priorizando el acceso equitativo a estos servicios.
- Incrementar la difusión de la información municipal sobre el programa de gestión sustentable de agua y saneamiento.

6.8. Cambio y Uso de Suelo

Para el contexto urbano de la ciudad de Chihuahua, se identificaron como factores de riesgo los cambios en el uso del suelo, la variabilidad climática y el suministro de recursos hídricos. Los cambios en el uso del suelo están vinculados con la expansión urbana debido al crecimiento continuo de la población. La variabilidad climática tiene efectos significativos en la formación de islas de calor urbano, inversiones térmicas debido a ondas frías y diversas fuentes de contaminación, con repercusiones en la salud y el bienestar humano.

En cuanto al suministro de recursos hídricos, las problemáticas están marcadas por sequías recurrentes, así como por la calidad y cantidad disponible de agua dulce para consumo humano y otras actividades [(54)].

Por lo tanto, se propone promover decretos para la creación de Áreas Naturales Protegidas y/o la prohibición del cambio de uso de suelo en aquellos polígonos urbanos y suburbanos identificados en el Atlas de Riesgo como vulnerables ante eventos hidrometeorológicos extremos [(5)]. Así como, también prohibir el cambio de uso de suelo en zonas de recarga y/o puntos de infiltración de los acuíferos.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

7. Recomendaciones para Proteger la Sostenibilidad del Recurso Hídrico frente al Cambio Climático

Para proteger la sostenibilidad del recurso hídrico frente al cambio climático en el municipio de Chihuahua, se pueden implementar diversas acciones que se encuentran propuestas en el Plan de Acción Climática Municipal (2019), las cuales tienen el potencial de aumentar la sostenibilidad del recurso hídrico. A continuación, se detallan las acciones de estas medidas con sus principales actores de implementación propuestos:

Adquisición y Operación de Estaciones Meteorológicas Estratégicas

Descripción: Instalar y operar equipos especializados en puntos estratégicos para registrar información meteorológica. Esta información será utilizada para elaborar estudios climáticos y de predicción.

Principales actores: Coordinación de Protección Civil, H. Cuerpo de Bomberos del Municipio de Chihuahua, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Dirección de Desarrollo Rural, CONAGUA, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, JCAS y Fundación Produce.

Mejora de la Infraestructura de Drenajes Pluviales y Sanitarios

Descripción: Incrementar la capacidad y eficiencia de los drenajes pluviales y sanitarios, y desarrollar infraestructura para aprovechar el agua de lluvia. En construcciones y urbanizaciones nuevas, tomar en cuenta los riesgos de inundación para ejecutar obras de infraestructura acordes a tal condición; y, realizar obras de drenaje pluvial que puedan ser útiles, además, para captación y/o infiltración en base al diagnóstico, jerarquización y disponibilidad de recursos existentes o que se obtengan para este fin especifico.

Principales actores: Dirección de Obras Públicas, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, IMPLAN, Dirección de Mantenimiento Urbano, JMAS y JCAS, CONAGUA y SCT.

Construcción de Obras para la Infiltración de Agua de Lluvia

Descripción: Se propone continuar y fortalecer la construcción de obras destinadas a la infiltración de agua de lluvia en el subsuelo, priorizando las áreas más adecuadas para este fin. Estas decisiones se basarán en diagnósticos realizados por el IMPLAN, UACh y otros organismos para identificar las zonas más propicias. El objetivo es evitar la pérdida de agua de lluvia en la zona urbana mediante la construcción de infraestructuras de infiltración adecuadas.

Principales actores: Dirección de Obras Públicas, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, IMPLAN, CONAGUA, JMAS y JCAS.

Promoción del Uso Sustentable del Agua

Descripción: Concientizar a la ciudadanía sobre este tema mediante talleres, seminarios, platicas y conferencias; así como con la elaboración y distribución de material educativo en temas como: sistemas para la captación y aprovechamiento del agua de lluvia; las buenas prácticas para el ahorro y uso eficiente del agua; el uso de sanitarios secos y de biofiltros para el manejo de aguas negras en áreas sin sistema de drenaje, entre otros.

Principales actores: Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Dirección de Desarrollo Humano y Educación, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Coordinación de Comunicación Social del Ayuntamiento, SEMARNAT, JMAS, CONAGUA, Academia y Centros de Investigación (UACH, CIMAV, ITESM, etc.) y Fundación PRODUCE.

Incrementar la cobertura de la línea morada para la utilización de aguas tratada en el riego de parques y jardines.

Descripción: Del caudal de agua tratada, existe un excedente del 82% que no se aprovecha para riego de áreas verdes debido a que la red de agua morada es insuficiente y/o esta interconectada, por ello, es necesario con base en un análisis de prioridades, implementar con urgencia la aplicación de esta medida.

Principales actores: JMAS, JCAS, IMPLAN, Dirección de Obras Públicas y Municipales, Dirección de Mantenimiento Urbano, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura y Dirección de Desarrollo Rural.

Tecnificar y eficientizar el uso del agua para actividades agropecuarias y en el riego de áreas verdes y jardines.

Descripción: El sistema de riego mayormente utilizado en la agricultura y áreas verdes del municipio, sigue siendo el de inundación, Se considera imperativo promover y proporcionar el uso de sistemas tecnificados de riego, acorde a su finalidad y condiciones particulares; así como inducir al cambio a cultivos y especies vegetales con menor demanda hídrica y/o resistentes a la sequía.

Principales actores: FIRCO, SADER, Fundación PRODUCE, Dirección de Desarrollo Rural, Secretaria de Desarrollo Rural, Comisión Nacional del Agua, Academia y Centros de Investigación (UACH, CIMAV, ITESM, etc.), Dirección de Obras Públicas Municipales y Dirección de Mantenimiento Urbano.

Implementar el programa de pago por servicios ambientales hídricos.

Descripción: Socializar e implementar esta medida, procurando se recaude a través del pago del impuesto predial; y, estableciendo la obligatoriedad de que, los recursos así recaudados, se destinen única y exclusivamente para la realización de estudios, obras y acciones para el Manejo Integral de Microcuencas; a través de un Fideicomiso creado para este fin.

Principales actores: secretaria de Ayuntamiento, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Tesorería Municipal, Cabildo, CONAFOR, Dirección de Desarrollo Rural y secretaria de Desarrollo Rural.

Estudios integrales a nivel microcuenca

Descripción: Se propone llevar a cabo estudios integrales a nivel microcuenca para las cuencas tributarias de las cuatro presas existentes en el municipio, así como para los ríos y arroyos que representan un riesgo de afectación a la ciudad. Estos estudios servirán como base para la elaboración de catálogos de obras destinadas al control de inundaciones, retención de sedimentos, infiltración de agua en el subsuelo y otras acciones necesarias para la conservación y mejoramiento del suelo, así como el uso del agua con fines específicos.

Principales actores: IMPLAN, Dirección de Desarrollo Rural, secretaria de Desarrollo Rural, FIRCO, CONAGUA y CONAFOR, Dirección de Obras Públicas Municipales y Fideicomiso de las Tres Presas

Fortalecer los programas para la reducción de fugas en la red de distribución de agua urbana

Descripción: Destinar recursos para dar continuidad al programa de restitución de líneas hidráulicas de la red de distribución de agua, viejas o en mal estado.

Principales actores: JCAS y JMAS

Decretos de áreas Naturales Protegidas

Descripción: Se propone promover decretos de Áreas Naturales Protegidas y fortalecer la normatividad para prevenir el cambio de uso de suelo en áreas de reserva y preservación ecológica, así como en zonas de alto valor ambiental en las partes altas de las microcuencas y áreas de alta permeabilidad para la infiltración natural o inducida de lluvia al subsuelo. La expansión urbana y los cambios en la frontera agropecuaria contribuyen a la reducción de las áreas de infiltración de agua al subsuelo. Es crucial evitar esta práctica y priorizar la preservación de estas zonas, involucrando a los usuarios, propietarios y poseedores de la tierra.

Principales actores: CONANP, SEDATU, SEMARNAT, IMPLAN. Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología**,** secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología**,** Cabildo y Congreso.

Fortalecer los programas para la propagación de flora nativa y su utilización en zonas urbanas y rurales.

Descripción: Se propone fortalecer los programas para la propagación de flora nativa y su uso en zonas urbanas y rurales, promoviendo estas acciones como una actividad económica en la que participen diversos sectores de la población, así como viveros particulares, municipales, estatales y, en su caso, entidades o dependencias federales.

Principales actores: Dirección de Desarrollo Rural, Dirección de Desarrollo Económico y Turístico, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología**,** CONAFOR, SEDENA**,** Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, Academia y Centros de Investigación (UACH, CIMAV, ITESM, etc.), Grupos Sociales, Secretaria de Desarrollo Rural **y** Servicios Públicos Municipales.

Programas holísticos en zonas rurales

Se propone desarrollar e implementar programas de extensionismo holístico en las zonas rurales, abordando simultáneamente los aspectos de agricultura, ganadería, forestales y conservación. Actualmente, las prácticas de extensión se centran exclusivamente en una actividad productiva, descuidando las demás, lo que resulta en enfoques aislados y unilaterales, con duplicación de esfuerzos e inversiones. Esta medida busca generar una fuerza laboral y de capacitación que promueva el aprovechamiento integral y sustentable en las actividades agropecuarias, forestales y de conservación.

Principales actores: Dirección de Desarrollo Rural, CONAFOR, FIRCO, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Secretaría de Desarrollo Rural, CONAZA, SEMARNAT, INIFAP, INECC, FMCN Y FONCET (CONECTA) y Fundación PRODUCE.

Infraestructura urbana y zona de arbolado

Se propone mejorar la infraestructura urbana y de arbolado en áreas abiertas, con especial atención en zonas identificadas como islas de calor. Se busca aumentar las áreas con sombra para proteger a la población en lugares con alta exposición solar, como paradas de autobuses, patios escolares, parques y estacionamientos, utilizando especies vegetales de bajo consumo de agua.

Los principales actores: Dirección de Obras Públicas, la Dirección de Mantenimiento Urbano, la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, la Dirección de Desarrollo Humano y Educación, el IMPLAN y la Secretaría de Educación y Deporte.

Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre

Se propone implementar el Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna Silvestre en todos los proyectos de construcción que impliquen la remoción de la cobertura vegetal. Esta medida busca contrarrestar la pérdida de flora y fauna nativa, incluidas especies en peligro de extinción, debido a la urbanización. Se reubicarán en sitios donde puedan seguir brindando sus servicios ambientales.

Los principales actores: Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, la Dirección de Desarrollo Rural, la Dirección de Mantenimiento Urbano, la CONAFOR y la SEMARNAT.

Gestión de la mancha urbana

Se propone limitar el crecimiento de la mancha urbana favoreciendo la densificación a través del bono urbano y/o incentivos urbanos, e intercalando áreas verdes con especies vegetales nativas y de bajo consumo de agua entre las edificaciones para disminuir las islas de calor.

La expansión de las ciudades conlleva a un desarrollo urbano con una fuerte dependencia al automóvil, altos costos sociales y ambientales, pérdida de la biodiversidad y aumento de la temperatura citadina, entre otros problemas. Por ello, se debe incentivar la redensificación en lotes y edificaciones subutilizados que ya cuenten con servicios públicos, favoreciendo los usos de suelo mixtos compatibles y realizando acciones que minimicen los efectos de las islas de calor.

Los principales actores: Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, el IMPLAN, el Cabildo y la Tesorería, así como la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS).

Implementar programas de restauración ambiental en áreas degradadas

Descripción: Se propone desarrollar, en coordinación con los tres niveles de gobierno y apoyos internacionales, en su caso, obras de conservación que permitan restaurar de forma integral las zonas en el municipio que sufren de un proceso de desertificación severo.

Principales actore: Dirección de Desarrollo Rural, Secretaría de Desarrollo Rural, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, SEMARNAT, CONAFOR, CONAZA y SADER.

Fortalecer el programa de educación ambiental “Juntos contra el Cambio Climático”.

Descripción: Con el objetivo de concientizar a la ciudadanía sobre temas como el uso eficiente del agua, servicios ambientales y prevención de riesgos hidrometeorológicos, se llevarán a cabo talleres, seminarios, pláticas y conferencias. Además, se elaborarán y distribuirán cápsulas informativas y material educativo interactivo, utilizando redes sociales y otros medios de distribución masiva.

Principales actores: Coordinación Municipal de Protección Civil, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Coordinación de Comunicación Social, Dirección de Desarrollo Humano y Educación, Instituto Municipal de las Mujeres, CECADE (Centro De Capacitación Y Desarrollo De Gobierno Del Estado), JMAS, Servicios Públicos Municipales y Dirección de Desarrollo Rural.

Programas de educación ambiental

Descripción: Se promoverán los programas de educación ambiental formal, que aborden temas como la conservación de los ecosistemas, el cuidado y preservación de los recursos, y la prevención y control de la contaminación. Se gestionará ante la autoridad correspondiente la incorporación de estos temas en la educación formal, así como el tema de adaptación y mitigación al cambio climático.

Principales actores: Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, CECADE (Centro De Capacitación Y Desarrollo De Gobierno Del Estado), Dirección de Desarrollo Humano y Educación.

Fortalecer los incentivos para la construcción con diseño bioclimático.

Descripción: Se propone fortalecer los incentivos para la construcción con diseño bioclimático, otorgando beneficios en las licencias de construcción a aquellas edificaciones que incorporen medidas de ecoeficiencia, ecotecnologías y urbanización sostenible.

Principales actores: Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Tesorería, Cabildo, IMPLAN, Secretaría del Ayuntamiento de Chihuahua.

Inspección y vigilancia de normativas

Descripción: Se propone fortalecer la inspección y vigilancia de normativas ambientales en el municipio, aumentando el número de inspectores y proporcionándoles capacitación y equipos necesarios. Se busca fomentar la cooperación y coordinación entre los tres niveles de gobierno. Incrementar el número de inspectores de las diversas dependencias que tienen asignadas estas funciones, proporcionándoles, además de una retribución equivalente a la responsabilidad que se les asigna, capacitación puntual y equipos necesarios para el correcto y cabal desarrollo de sus funciones.

Principales actores: Coordinación Municipal de Protección Civil, Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Dirección de Servicios Públicos Municipales, JMAS, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, PROFEPA, CONAGUA y COESPRIS.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Bitácora ambiental municipal

Descripción: Se propone la creación y aplicación de la Bitácora Ambiental Municipal a través del Sistema Integral de Monitoreo del Medio Ambiente. Este sistema permitirá sistematizar y difundir información sobre la situación ambiental y de cambio climático en el municipio, así como las acciones realizadas y programadas para su cuidado, conservación y protección.

Principales actores: Todas las dependencias del ámbito municipal aportarán información a la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, que será la responsable de actualizar la Bitácora Ambiental.

Pago por compensación ambiental

Descripción: Se propone incorporar al Reglamento de Protección al Medio Ambiente y Cambio Climático del municipio de Chihuahua el pago por compensación ambiental por restitución de servicios ambientales. Esto implicaría realizar un análisis técnico-jurídico para fundamentar el proceso de legislación, que permita la implementación de la medida en casos de desmonte, retiro de arbolado, restitución de arbolado y sellamiento del suelo por pavimentación, banquetas y construcción, entre otros.

Principales actores: Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología, Tesorería y Cabildo.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Las medidas anteriores mencionadas en el Plan de Acción Climática Municipal (2019) se pueden complementar con los 8 proyectos estratégicos que maneja el Plan Estatal Hídrico 2040 (50), que a su vez están enfocadas en:

Objetivos del Plan Estatal Hídrico 2040

1. Garantizar la seguridad hídrica del estado de Chihuahua.
2. Incentivar el uso del agua en el municipio de Chihuahua.
3. Fortalecer a los organismos operadores.
4. Incentivar la gobernanza y la gobernabilidad.
5. Reducir el riesgo ante fenómenos meteorológicos.
6. Promover la educación, investigación e innovación en temas hídricos.

Proyectos estratégicos del Plan Estatal Hídrico 2040 (50)

Sistema de control de pozos en el estado.

Descripción: Controlar el volumen de agua extraído de los pozos.

Problemática que solucionara

Déficit en acuíferos.

Acciones

- Generar padrón de maquinaria de perforación.
- Clausura de pozos sin títulos de concesión.
- Implementación de sistema de monitoreo de niveles piezométricos.

Tecnificación del riego y reconversión de cultivos para el uso eficiente del agua en la agricultura.

Descripción: Disminuir la extracción de agua para riego en la agricultura mediante el uso de tecnologías eficientes y la reconversión de cultivos.

Problemática que solucionara

- Déficit en acuíferos.
- Uso ineficiente del agua en la agricultura.

Acciones

- Instalación de tecnologías de riesgo eficientes.
- Fomentar la capacitación para el manejo de nuevas tecnologías.

- Elaborar análisis y estudios para identificar cultivos de bajo consumo hídrico, que puedan adaptarse a las condiciones climáticas del estado de Chihuahua.
- Elaborar los estudios socioeconómicos y de rentabilidad para los cultivos analizados a fin de contar con los elementos suficientes para establecer una estrategia de mercado y con ello dimensionar las superficies en el estado que puedan ser reconvertidas.

Fortalecimiento de los organismos operadores.

Descripción: Mejorar la eficiencia administrativa y operativa de los organismos operadores.

Problemática que solucionará

Deficiente servicio de agua potable, alcantarilla y saneamiento.

Acciones

- Capacitación administrativa y operativa al personal de los organismos operadores.
- Incremento de obertura de infraestructura hidráulica.
- Implementación de macro y micromedición.
- Sectorización y gestión de presiones.

Mejoramiento de la calidad de agua para consumo.

Descripción: Potabilización del agua, cumpliendo con los parámetros establecidos por la normatividad existente.

Problemática que solucionará

Deficiente servicio de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento.

Acciones

- Construcción de plantas potabilizadoras para la remoción de arsénico.
- Consolidas infraestructura existente de plantas de osmosis inversa para llenado de garrafones.
- Monitoreo sistemático de la calidad del agua suministrada conforme a la normatividad establecida.
- Cloración en comunidades marginadas.
- Microfiltración para comunidades marginadas.

Reusó de aguas residuales tratadas.

Descripción: Disminuir el uso de agua potable al reutilizar el agua residual.

Problemática que solucionará

- Déficit en acuíferos.
- Deficiente servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Riesgos ante fenómenos meteorológicos (sequia).

Acciones

- Comercialización de agua tratada.
- Construcción de red morada.
- Intercambio de agua tratada por agua potable destinada al riesgo agrícola.

Fortalecimiento de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas COTAS.

Descripción: Lograr la sustentabilidad hídrica de los acuíferos, mediante la administración eficiente del agua.

Problemática que solucionara

- Déficit en acuíferos.
- Deficiente gobernanza y gobernabilidad.

Acciones

- Constitución de todos los comités técnicos de aguas subterráneas.
- Reforma de leyes y reglamentos para definir o actualizar sus facultades y atribuciones.
- Integración a mesas de trabajo para la toma de decisiones.

Gestión de riesgos ante fenómenos meteorológicos.

Descripción: Disminuir los daños ocasionados por los fenómenos meteorológicos extremos.

Problemática que solucionara

Riesgos ante fenómenos meteorológicos extremos.

Acciones

- Construcción de obras de control de escurrimientos de agua de lluvia.
- Elaboración de programas para el manejo de sequias.
- Elaboración de proyectos ejecutivos para la construcción de obras para el control de inundaciones.

Desarrollo de la educación, investigación e innovación en temas hídricos.

Descripción: Inculcar en la sociedad, la cultura y el cuidado del agua. Inculcar, investigar y desarrollar nuevas tecnologías para la gestión de los recursos hídricos.

Problemática que solucionara

- Déficit en acuíferos.
- Uso eficiente del agua en la agricultura.
- Deficiente servicio de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento.
- Deficiente gobernanza y gobernabilidad.
- Riesgos ante fenómenos meteorológicos extremos.

Acciones

- Gestionar recursos para el desarrollo de investigación de nuevas tecnologías.
- Integrar a los programas educativos la cultura del agua.
- Elaboración de campañas para la difusión del cuidado del agua.

De igual manera el Programa Nacional Hídrico 2020-2024 [(55)] enlista 20 estrategias prioritarias distribuidas en sus 5 objetivos donde se incluyen intervenciones de política pública a través de un conjunto de 87 acciones puntuales, dependencias o actores responsables y entidad coordinadora del seguimiento para garantizar los derechos humanos al agua y al saneamiento, aprovechar eficientemente el agua para el desarrollo sostenible, reducir la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos, preservar la integralidad del ciclo del agua y mejorar la gobernanza del agua.

Objetivo 1: Garantizar los derechos humanos al agua y al saneamiento, especialmente en la población más vulnerable.

Estrategia 1.1: Proteger la disponibilidad del agua en las cuencas y acuíferos para la implementación del derecho humano al agua.

Estrategia 1.2: Abatir el rezago en el acceso al agua potable y al saneamiento para elevar el bienestar en los medios rural y periurbano.

Estrategia 1.3: Fortalecer a los organismos operadores de agua y saneamiento, a fin de asegurar servicios de calidad a la población.

Estrategia 1.4: Atender los requerimientos de infraestructura hidráulica para hacer frente a las necesidades presentes y futuras.

Objetivo 2: Aprovechar eficientemente el agua para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores productivos.

Estrategia 2.1: Aprovechar eficientemente el agua en el sector agrícola para contribuir a la seguridad alimentaria y el bienestar.

Estrategia 2.2: Fortalecer a las asociaciones de usuarios agrícolas a fin de mejorar su desempeño.

Estrategia 2.3: Apoyar y promover proyectos productivos en zonas marginadas, en particular pueblos indígenas y afromexicanos, para impulsar su desarrollo.

Estrategia 2.4: Orientar el desarrollo de los sectores industrial y de servicios a fin de mitigar su impacto en los recursos hídricos.

Objetivo 3: Reducir la vulnerabilidad de la población ante inundaciones y sequías, con énfasis en pueblos indígenas y afromexicanos.

Estrategia 3.1: Fortalecer los sistemas de observación e información hidrológica y meteorológica a fin de mejorar la gestión integral de riesgos.

Estrategia 3.2: Fortalecer medidas de prevención de daños frente a fenómenos hidrometeorológicos y de adaptación al cambio climático, para reducir vulnerabilidad.

Estrategia 3.3: Desarrollar infraestructura considerando soluciones basadas en la naturaleza para la protección de centros de población y zonas productivas.

Estrategia 3.4: Fortalecer la atención de emergencias relacionadas con el agua para proteger a la población.

Objetivo 4: Preservar la integralidad del ciclo del agua a fin de garantizar los servicios hidrológicos que brindan cuencas y acuíferos.

Estrategia 4.1: Conservar cuencas y acuíferos para mejorar la capacidad de provisión de servicios hidrológicos.

Estrategia 4.2: Reducir y controlar la contaminación para evitar el deterioro de cuerpos de agua y sus impactos en la salud.

Estrategia 4.3: Reglamentar cuencas y acuíferos con el fin de asegurar agua en cantidad y calidad para la población y reducir la sobreexplotación.

Estrategia 4.4: Atender las emergencias hidroecológicas para proteger la salud de la población y el ambiente.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

Objetivo 5: Mejorar las condiciones para la gobernanza del agua a fin de fortalecer la toma de decisiones y combatir la corrupción.

Estrategia 5.1: Garantizar el acceso a la información para fortalecer el proceso de planeación y rendición de cuentas.

Estrategia 5.2: Promover la participación ciudadana a fin de garantizar su inclusión en la gestión del agua.

Estrategia 5.3: Fortalecer el sistema financiero del agua para focalizar inversiones a zonas y grupos de atención prioritaria, en particular pueblos indígenas y afromexicanos.

Estrategia 5.4: Fortalecer las capacidades institucionales para la transformación del sector.

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
Calle Victoria #14, sexto piso, Col. Centro, C.P. 31000, Chihuahua, Chih. Tel. 614 200 4820
https://implanchihuahua.org

8. Referencias

1. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Efectos del cambio climático-Acciones y Programas. [Online].; 2018 [cited 2023. Available from: https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/que-es-el-clima.

2. CEPAL-IAI. Respuestas urbanas al cambio climático en America Latina. Santiago de Chile: Naciones Unidas; 2013.

3. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Mexico y el Cambio Climático Global. [Cecilia Conde]. México:; 2011.

4. Plan Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del IPCC. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América:; 2013.

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

6. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis, the Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report. Cambridge, UK:; 2021.

7. NASA. Los efectos del cambio climático. [Online].; 2022 [cited 2024 14 02. Available from: https://climate.nasa.gov/en-espanol/datos/efectos/.

8. IPCC. Cambio climático 2021. ; 2021.

9. CMNUCC. México ante el Cambio Climático. [Online]. [cited 2024 02 12. Available from: https://cambioclimatico.gob.mx/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico/.

10. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)-Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Plataforma de divulgación, Acuerdos Internacionales. [Online].; 2021 [cited 2023. Available from: https://cambioclimatico.gob.mx/acuerdos-internacionales/.

11. United Nations Climate Change. El Acuerdo de París. [Online].; 2015 [cited 2024 02 12. Available from: https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris#:~:text=El%20Acuerdo%20de%20Par%C3%ADs%20es,4%20de%20noviembre%20de%202016.

12. CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. [Online].; 2024 [cited 2024 02 12. Available from: chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbdfmadadm/https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf.

13. CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. LEY DE PLANEACIÓN. [Online].; 2023 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPlan.pdf.

14. CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE. [Online].; 2015 [cited 2024 02 12. Available from: https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf.

15. CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO. [Online].; 2023 [cited 2024 12 02. Available from: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf.

16. CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN. LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE. [Online].; 2022 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf.

17. H. CONGRESO del ESTADO. Constitución Política del Estado de Chihuahua. Ultima Reforma P.O.E 2023.11.18/No.92. Chihuahua:; 2023.

18. H. Congreso del Estado. Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Chihuahua. [Online].; 2018 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.congresochihuahua2.gob.mx/biblioteca/leyes/archivosLeyes/1425.pdf.

19. H. Congreso del Estado. Ley del Agua del Estado de Chihuahua. [Online].; 2023 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.congresochihuahua2.gob.mx/biblioteca/leyes/archivosLeyes/895.pdf.

20. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Instrumentos de política climática. [Online].; 2021 [cited 2023. Available from: https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/EI_08.html.

21. Secretaría del Ayuntamiento del Municipio de Chihuahua. Reglamento de Protección al Medio Ambiente y Cambio Climático del Municipio de Chihuahua. [Online].; 2018 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.municipiochihuahua.gob.mx/transparenciaarchivos/3er%20Trimestre%202018/Secretaria%20del%20Ayuntamiento/Normatividad/I/Reglamentos/Reglamento%20de%20Protecci%C3%B3n%20al%20Medio%20Ambiente%20y.

22. SECRETARÍA DEL H. AYUNTAMIENTO DEL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA. Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Chihuahua. [Online].; 2021 [cited 2024 02 12.

Available from: https://www.municipiochihuahua.gob.mx/Transparencia/AD/16/81/635664234965868036/Reglamento%20de%20Desarrollo%20Urbano%20Sostenible.pdf.

23. SECRETARÍA DEL H. AYUNTAMIENTO DEL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA. Reglamento de Construcciones y Normas Técnicas para el Municipio de Chihuahua. [Online].; 2013 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.municipiochihuahua.gob.mx/Transparencia/AD/16/81/635664234965868036/Reglamento%20de%20Construcciones%20y%20Normas%20Tecnicas.pdf.

24. Secretaría del Ayuntamiento del Municipio de Chihuahua. Reglamento de Desarrollo Rural para el Municipio de Chihuahua. [Online].; 2017 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.municipiochihuahua.gob.mx/transparenciaarchivos/1er%20Trimestre%202018/Secretaria%20del%20Ayuntamiento/NORMATIVIDAD/ARTICULO-77-FRACCION-I/Reglamentos/Reglamento%20de%20Desarrollo%20Rural%20p.

25. Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA). Hay futuro, visiones para un mundo mejor. España:; 2012.

26. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). Escenarios sobre el Impacto del Cambio Climático en la Ganadería sostenible/regenerativa en Chihuahua, México. Chihuahua:; 2022.

27. Lucero López Claudia. Impacto del Cambio Climático en la Agricultura del Distrito de Riego 005 Chihuahua, México, Universidad Autónoma de Chihuahua UACH. Chihuahua:; 2022.

28. Sistema Metorológico Nacional. Normales Climatológicas por Estado. [Online]. [cited 2023. Available from: https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=chih.

29. Rentería M. Evaluation of climate variability on sustainability for transboundary water supply in Chihuahua, Mexico. Journal of Hydrology Regional Studies 44 (2022) 101207. México-USA:; 2022.

30. García, F.- Instituto de Biología de la UNAM. El clima de la región central de la costa del Pacifico mexicano. México:; 2002.

31. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Guía Sobre Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones. México:; 2022.

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

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

34. 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.

35. Naciones Unidas (UN)-Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)-Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global IAI. Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina. Santiago de Chile:; 2013.

36. 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.

37. 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.

38. Organización de las Naciones Unidas (ONU). Se espera que El Niño dure al menos hasta abril de 2024. [Online].; 2024 [cited 2024. Available from: https://news.un.org/es/story/2023/11/1525507.

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

40. Organización de las Naciones Unidas (ONU). El Agua: En el Centro de la Crisis Climática. Acción por el clima. [Online].; 2023. Available from: https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20afecta%20al,agua%20(ONU%2DAgua.

41. 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.

42. 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.

43. Gobierno del Estado de Chihuahua. Desabasto de agua es por sobre demanda y omisión de mantenimiento en infraestructura en los últimos años: JMAS Chihuahua. [Online].; 2017 [cited 2023.

44. Organización Meteorológica Mundial (OMM)-Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Glosario hidrológico internacional. No. 385. Suiza:; 1974.

45. 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.

46. Reyes Cortés, I.A., M. Reyes Cortés, A. Oviedo García-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Geología, en: La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado. México:; 2014.

47. Reyes-Gómez, V.M., M.T. Alarcón-Herrera, M. Gutiérrez, D. Núñez López. Fluoride and arsenic in analluvial aquifer system in Chihuahua, México: contaminant levels, potential sources, and co-occurrence. Water Air Soil Pollut. [Online].; 2013 [cited 2023. Available from: http://dx.doi.org/10.1007/s11270-013-1433-4.

48. Gutiérrez M., Espino-Valdés M, Alarcón-Herrera M., Pinales-Munguía A., Silva-Hidalgo H. Arsénico y flúor en agua subterránea de Chihuahua: origen, enriquecimiento y tratamientos posibles. Chihuahua:; 2021.

49. Municipio de Chihuahua. Medio Natural-Hidrografía. Chihuahua. [Online].; 2014 [cited 2023. Available from: http://www.municipium.mx/atlasderiesgos/municipiochihuahua/hidrografia.php#:~:text=Las%20dos%20principales%20corrientes%20son,Rej%C3%B3n%2C%20San%20Marcos%20y%20Chihuahua.

50. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)-Chihuahua Gobierno del Estado-Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua (JCAS)-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Plan Estatal Hídrico 2040 del Estado de Chihuahua, Documento de Divulgación Segunda Edición 2022. Chihuahua:; 2022.

51. 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.

52. Villalba Lourdes-Centro de Investigación de Materiales Avanzados (CIMAV). Actividades de Uranio y Radio en Muestras de Agua Subterránea de las Principales Ciudades del estado de Chihuahua. Chihuahua:; 2003.

53. Julián Cerano Paredes, José Villanueva Díaz, Ricardo David Valdez Cepeda, Jorge Méndez González y Vicenta Constante García-Centro Nacional de Investigación Disciplinaría en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (INIFAP). Sequías Reconstruidas en los Últimos 600 Años para el Noreste de México. ; 2011.

54. Martínez Ana-Universidad Autónoma de Chihuahua UACh. Indicadores Base de Adaptación al Cambio Climático en la Ciudad de Chihuahua. ; 2022.

55. CONAGUA. Programa Nacional Hídrico 2020-2024. [Online].; 2020 [cited 2024 02 12. Available from: https://www.gob.mx/conagua/articulos/consulta-para-el-del-programa-nacional-hidrico-2019-2024-190499.

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

57. García, E - COANBIO. Climas, clasificación KOPPEN, modificadas por García. México:; 1988.

58. Gleick PH. Water and conflict. Annual Review of Enviroment and Resources. 2019; 44: 97-117.

59. Garrido A, LLamas MR. Groundwater, environment, and society: Distinctive challenges in Iberia (Spain and Portugal). Groundwater. 2018; 56(2): 153-159.

60. Tsur Y, Dinar A. The role of scarcity in the choice of water institutions. Water Resources Research. 2015; 51(4): 2434-2446.

61. INEGI. Censos Económicos. [Online].; 2019 [cited 2023 01 12. Available from: https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/.

62. INEGI. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2022. [Online].; 2023 [cited 2024 01 12. Available from: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463910534.

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