



GOBIERNO
DE **SONORA**

BOLETÍN OFICIAL

ÓRGANO DE DIFUSIÓN DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA
SECRETARÍA DE GOBIERNO - BOLETÍN OFICIAL Y ARCHIVO DEL ESTADO

Hermosillo, Sonora

Tomo CCIX

Número 46 Secc. III

Jueves 09 de Junio de 2022

CONTENIDO

ESTATAL ◊ COMISIÓN DE ECOLOGÍA Y DESARROLLO SUSTENTABLE DEL ESTADO DE SONORA
◊ Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora.

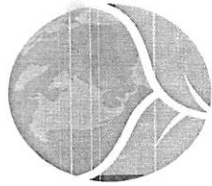
DIRECTORIO

GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE SONORA
DR. FRANCISCO ALFONSO DURAZO MONTAÑO

SECRETARIO DE GOBIERNO
DR. ÁLVARO BRACAMONTE SIERRA

SUBSECRETARIO DE SERVICIOS DE GOBIERNO
ING. JOSÉ MARTÍN VÉLEZ DE LA ROCHA

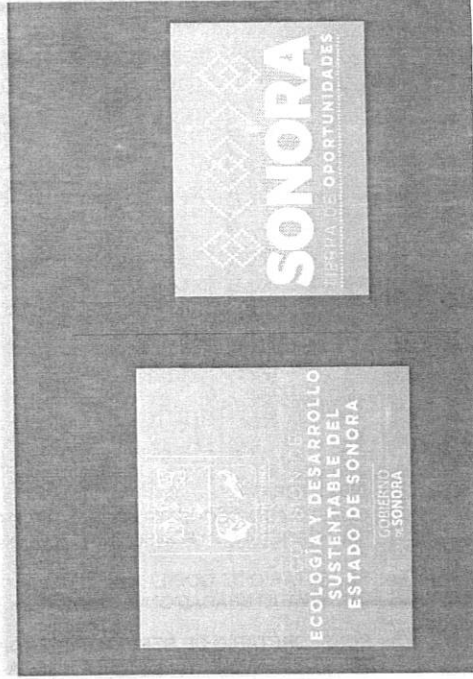
DIRECTOR GENERAL DE BOLETÍN OFICIAL Y ARCHIVO DEL ESTADO
DR. JUAN CARLOS HOLGUÍN BALDERRAMA



PROGRAMA ESTATAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO
DE SONORA



PROGRAMA ESTATAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO
DE SONORA



Gobierno del Estado de Sonora

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora



PROGRAMA ESTATAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO
DE SONORA

Conf.

Dr. Francisco Alfonso Durazo Montaño
Gobernador Constitucional del Estado de Sonora

Alvaro Bracamonte Sierra
Dr. Álvaro Bracamonte Sierra
Secretario de Gobierno

Heriberto Marcelo Aguilar Castillo
Ing. Heriberto Marcelo Aguilar Castillo
Secretario de Infraestructura y Desarrollo Urbano

Jesús Armando Barajas Torres
Ing. Jesús Armando Barajas Torres

Comisionado Ejecutivo de la Comisión de Ecología y Desarrollo
Sustentable del Estado de Sonora

Diana Karen Durazo Ruiz
M.C. Diana Karen Durazo Ruiz

Directora General de Cambio Climático y Cultura Ambiental



PROGRAMA ESTATAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO
DE SONORA

PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO
DE SONORA

Luz

Elaborado por:

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora

Coordinación General: M.C. Diana Karen Durazo Ruiz

Revisión Técnica y Edición General: Dra. Claudia María Martínez Peralta

Diseño de Imagen: Lic. Isai Jordan López, Lic. Miguel Cruz Estolano y Lic. Juan Daniel Romero Salazar

Primera Edición, 2022.

D.R. © Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora.
Ave. Gral. Bernardo Reyes S/N, Col. San Benito, C. P. 83190.
Hermosillo, Sonora, México.
www.ceedes.gob.mx

Forma de citar:

CEDES, 2022. Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora. Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable. Gobierno del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora. México.

Impreso y hecho en México / Printed and made in Mexico

COMISIÓN INTERSECRETARIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

DR. FRANCISCO ALFONSO DURAZO MONTAÑO

Presidente de la Comisión

ING. JESÚS ARMANDO BARRAAS TORRES

Coordinador General de la Comisión

LIC. OLIVER GERARDO REAL CARPIO

Coordinador Técnico de la Comisión

M. C. DIANA KAREN DURAZO RUIZ

Secretaría Técnica de la Comisión

DR. ÁLVARO BRACAMONTE SIERRA SECRETARÍA DE GOBIERNO

ING. HERIBERTO MARCELO AGUILAR CASTILLO SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO

MTRA. MARÍA WENDY BRICEÑO ZULOAGA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL

DR. AARÓN AURELIO GRAGEDA BUSTAMANTE SECRETARÍA DE EDUCACIÓN Y CULTURA

DR. JOSÉ LUIS ALOMÍA ZEGARRA SECRETARÍA DE SALUD

DRA. MIREYA SCARONE ADARGA INSTITUTO SONORENSE DE LAS MUJERES

ING. ARMANDO VILLA ORDUÑO SECRETARÍA DE ECONOMÍA

M.C. FÁTIMA YOLANDA RODRÍGUEZ MENDOZA SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, RECURSOS HIDRÁULICOS, PESCA Y ACUICULTURA

MTRO. OMAR FRANCISCO DEL VALLE COLOSO SECRETARÍA DE HACIENDA

L.P. REBECA VALENZUELA ALVAREZ INSTITUTO SONORENSE DE LA JUVENTUD

LIC. GUILLERMO ALEJANDRO NORIEGA ESPARZA SECRETARÍA DE LA CONTRALORÍA GENERAL

LIC. ADOLFO SALAZAR RAZO SECRETARÍA DE LA CONSERVACIÓN JURÍDICA

LIC. CLAUDIA INDIRA CONTRERAS CÓRDOVA FISCALÍA GENERAL DE JUSTICIA

LIC. JUAN MANUEL GONZÁLEZ ALVARADO COORDINACIÓN ESTADAL DE PROTECCIÓN CIVIL

ING. JOSÉ LUIS JARDINES MORENO COMISIÓN ESTADAL DEL AGUA

Agradecimientos especiales:

Dr. Carlos Lizárraga Celaya. Universidad de Sonora.

Dra. Carmen Isela Ortega Rosas. Universidad Estatal de Sonora.

Dr. Julio César Rodríguez. Universidad de Sonora.

Dr. Luis E. Velázquez Contreras. Universidad de Sonora.

Dr. Martín E. Cruz Campos. Universidad Estatal de Sonora.

M.C. Yuriana González Ulloa. Cooperación Alemana GIZ México.

Lic. Rocio Ruelas Fimbres. Dirección General de Transporte del Gobierno del Estado de Sonora.

Lic. Mercedes López Tabardillo. Dirección General de Asuntos Jurídicos de CEDES.

Ecol. Ma Luisa Fernández Ruiz. Dirección General de Conservación de CEDES.

Ing. Rosa Lina León Borbón. Dirección General de Conservación de CEDES.

Ecol. Gonzalo Luna Salazar. Dirección General de Conservación de CEDES.

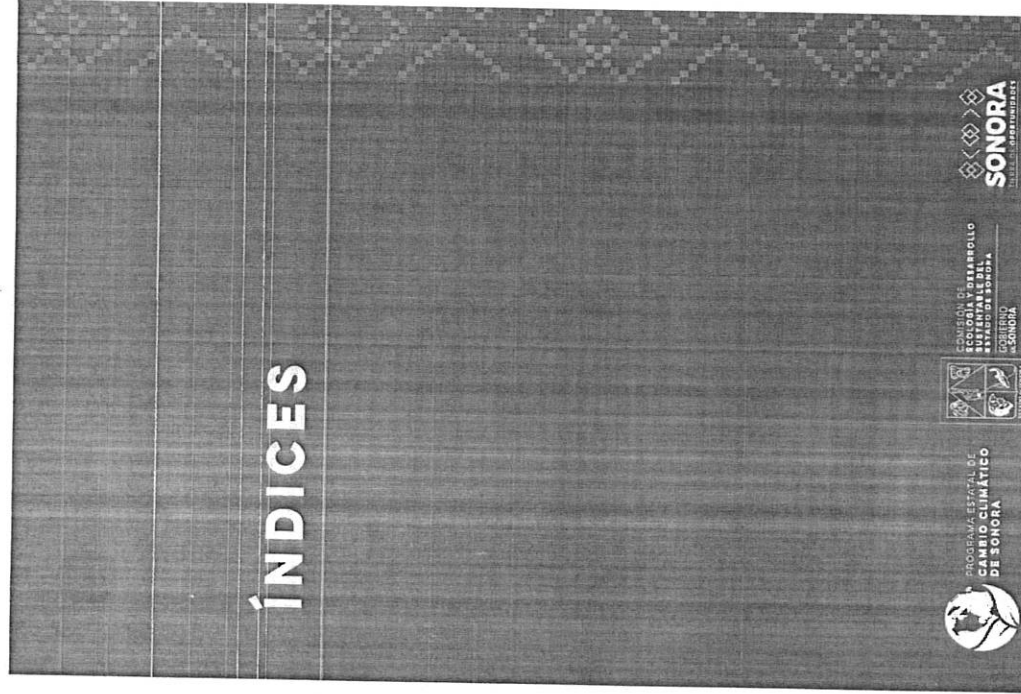
Dr. Gabriel Mendoza Morales. Dirección General de Cambio Climático y Cultura Ambiental de CEDES.

M.C. Luciana Puebla Rentería.

M.C. Raúl Enrique Molina Ocampo.

M.C. Beatriz Cecilia Sánchez Leyva.

M.C. Dulce Silva De la Torre.



ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO.....	12
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Objetivos y estructura del Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora.....	15
1.2. Congruencia y cooperación interinstitucional en materia de cambio climático en Sonora.....	16
1.3. Bases y contenido del PECS.....	19
2. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO DE SONORA.....	21
2.1. Actualización del Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2015).....	23
2.1.1. Emisiones en Sonora.....	24
2.1.2. Emisiones del sector energía.....	25
2.1.3. Emisiones del sector industria.....	27
2.1.4. Emisiones del sector residuos sólidos.....	28
2.1.5. Emisiones del sector agropecuario.....	30
2.1.6. Emisiones del sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.....	31
3. ENFOQUES PARA LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN SONORA.....	36
3.1. Enfoque para la mitigación.....	37
3.1.1. Línea Base.....	38
3.1.2. Escenarios de mitigación.....	39
3.1.2.1. Escenarios de mitigación en corto y mediano plazo.....	39
3.1.2.2. Enfoque de mitigación a largo plazo: hacia la descarbonización profunda de Sonora.....	41
3.2. Enfoque para la Adaptación.....	46
3.2.1. Diagnóstico de vulnerabilidad en Sonora.....	47
3.2.1.1. Análisis de la exposición.....	51
3.2.2. Evidencias del cambio climático, 1981-2010.....	66
3.2.3. Eventos meteorológicos extremos en Sonora.....	69
3.2.4. Escenarios de cambio climático en Sonora.....	74
3.2.5. Sensibilidad climática para Sonora.....	81
3.2.6. Capacidad adaptativa en Sonora.....	83
4. METAS Y ACCIONES PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	87
4.1. Metas de reducción de emisiones del estado de Sonora.....	87
4.2. Criterios metodológicos para la definición de acciones climáticas.....	88
4.3. Acciones climáticas por sector.....	90
4.3.1. Sector energía.....	91
4.3.2. Sector industria.....	94
4.3.3. Sector residuos sólidos y aguas residuales.....	94
4.3.4. Sector agropecuario.....	96

4.3.5. Sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.....	100
4.3.6. Sector transversal.....	101
5. CONSTRUCCIÓN Y TRANSVERSALIZACIÓN DE LA AGENDA CLIMÁTICA EN SONORA.....	107
5.1. Planeación de metas y acciones de mitigación sectoriales.....	108
5.1.1. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector energía.....	109
5.1.2. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector transporte.....	110
5.1.3. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector residuos y aguas residuales.....	112
5.1.4. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector agropecuario.....	115
5.1.5. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector transversal.....	116
5.2. Planeación de metas y acciones de adaptación sectoriales.....	119
5.2.1. Estrategias de adaptación en el sector energía.....	121
5.2.2. Estrategias de adaptación en el sector industria.....	123
5.2.3. Estrategias de adaptación en el sector de gestión de residuos.....	123
5.2.4. Estrategias de adaptación en el sector agropecuario.....	123
5.2.5. Estrategias de adaptación en el sector de uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.....	128
5.2.6. Estrategias de adaptación en el sector transversal.....	131
REFERENCIAS CITADAS.....	139
ANEXOS.....	139
Anexo I. Talleres de consulta pública.....	142
Anexo II. Estrategias de mitigación contenidas en el PECCS.....	142
Anexo III. Estrategias de adaptación contenidas en el PECCS.....	147

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contribución de los subsectores industriales al volumen de emisiones por fuente de información, 2015 (%).....	28
Cuadro 2. Emisiones y absorciones por tipo de suelo y vegetación.....	33
Cuadro 3. Absorciones de CO2 por permanencia del sector USCUSS.....	34
Cuadro 4. Sonora: Trayectoria de reducción de emisiones, 2030.....	40
Cuadro 5. Sonora: Vulnerabilidad actual de los asentamientos humanos por municipio.....	50
Cuadro 6. Sistema Monición Norteamericano: Breve descripción.....	65
Cuadro 7. Municipios con tendencia a un incremento en días calidos.....	66
Cuadro 8. Sonora: Resultados de la priorización de acciones climáticas.....	93
Cuadro 9. Sector industria: Resultados de la priorización de acciones climáticas.....	94
Cuadro 10. Sector residuos y aguas residuales: Resultados de la priorización de acciones climáticas.....	97
Cuadro 11. Sector agropecuario: Resultados de la priorización de acciones climáticas.....	99
Cuadro 12. Sector USCUSS: Resultados de la priorización de acciones climáticas.....	101
Cuadro 13. Sector transversal: Resultados de la priorización de acciones climáticas.....	104
Cuadro 14. Esenario de reducción anual de emisiones de GYCEI por sector, 2022-2030.....	108
Cuadro 15. Sector energía: medidas de mitigación.....	110
Cuadro 16. Sector transporte: medidas de mitigación.....	112
Cuadro 17. Sector residuos y de aguas residuales: medidas de mitigación.....	114
Cuadro 18. Sector agropecuario: medidas de mitigación.....	116
Cuadro 19. Sector transversal: medidas de mitigación.....	117
Cuadro 20. Sector energía: medidas de adaptación.....	120
Cuadro 21. Sector industria: medidas de adaptación.....	122
Cuadro 22. Sector residuos: medidas de adaptación.....	124
Cuadro 23. Sector agropecuario: medidas de adaptación.....	125
Cuadro 24. Sector USCUSS: medidas de adaptación.....	127
Cuadro 25. Medidas de adaptación en el sector transversal.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sonora: Composición de las emisiones brutas de GYCEI, 2005 (%).....	22
Figura 2. Sonora: Composición del total de emisiones brutas de GYCEI, 2015 (% anual).....	24
Figura 3. Emisiones de GYCEI del sector energía, 2013-2015.....	26
Figura 4. Sonora: Trayectoria de mitigación, 2030.....	40
Figura 5. Proyección de emisiones de GYCEI totales, 2050.....	42

Figura 6. Proyección de emisiones de GYCEI por sector, 2020-2050.....	43
Figura 7. Proyecciones de generación de GYCEI para el sector energía, 2050.....	45
Figura 8. Sonora: Municipios vulnerables al cambio climático.....	49
Figura 9. Sonora: Análisis de la exposición de los municipios.....	52
Figura 10. Sonora: Tipos de Climas.....	53
Figura 11. Sonora: Promedio mensual de las normales Climatológica, 1985-2010.....	55
Figura 12. Precipitación promedio anual, 1985-2018.....	57
Figura 13. Distribución espacial de la precipitación acumulada promedio, 1981-2010.....	58
Figura 14. Distribución espacial de las temperaturas máximas promedio, 1981-2010.....	59
Figura 15. Distribución espacial de las temperaturas mínimas promedio, 1981-2010.....	60
Figura 16. Distribución espacial de temperaturas extremas, 1981-2010.....	61
Figura 17. Promedio anual de días calidos y días fríos por municipio, 1981-2010.....	62
Figura 18. Sonora: Mapa de la vegetación del estado.....	64
Figura 19. Tendencia en número de días por año para definir aquellos calidos, fríos y días de precipitación mayor a 1 mm durante el periodo de 1981-2020.....	67
Figura 20. Sonora: Ocurrencia de Declaratoria de Desastres, 2001-2016.....	70
Figura 21. Defunciones por fenómenos hidrometeorológicos registrados, 2000-2015.....	71
Figura 22. Distribución de los costos totales por tipo de evento, 2000-2015.....	73
Figura 23. RCPs para los distintos forzamientos de radiación y horizontes temporales de precipitación.....	75
Figura 24. Sonora: Escenarios de temperatura máxima promedio en municipios seleccionados (agosto).....	77
Figura 25. Sonora: Escenarios de temperatura mínima promedio en municipios seleccionados (febrero).....	78
Figura 26. Sonora: Cambio en la precipitación en los meses de julio y agosto en escenarios con RCP 4.5 y 8.5 en horizontes cercano, mediano y lejano para las cuencas principales (%).....	80
Figura 27. Sonora: Capacidad climática.....	82
Figura 28. Sonora: Capacidad Adaptativa.....	84
Figura 29. Sector energía: mitigación estimada.....	109
Figura 30. Sector transporte: mitigación estimada.....	111
Figura 31. Sector residuos sólidos: mitigación estimado.....	113
Figura 32. Sector agropecuario: mitigación estimada.....	115

PRÓLOGO



Ing. Jesús Armando Barajas Tortés

Comisionado Ejecutivo de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora

Nos complace presentar el Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora 2022-2036 (PECCS), que ha sido desarrollado por el Gobierno del Estado a través de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) en conjunto con la Comisión Intersectorial de Cambio Climático, con la finalidad de fortalecer la política pública tendiente a reducir la vulnerabilidad ante el fenómeno del cambio climático en lo local e impulsar esquemas sectoriales de adaptación en el corto y mediano plazo.

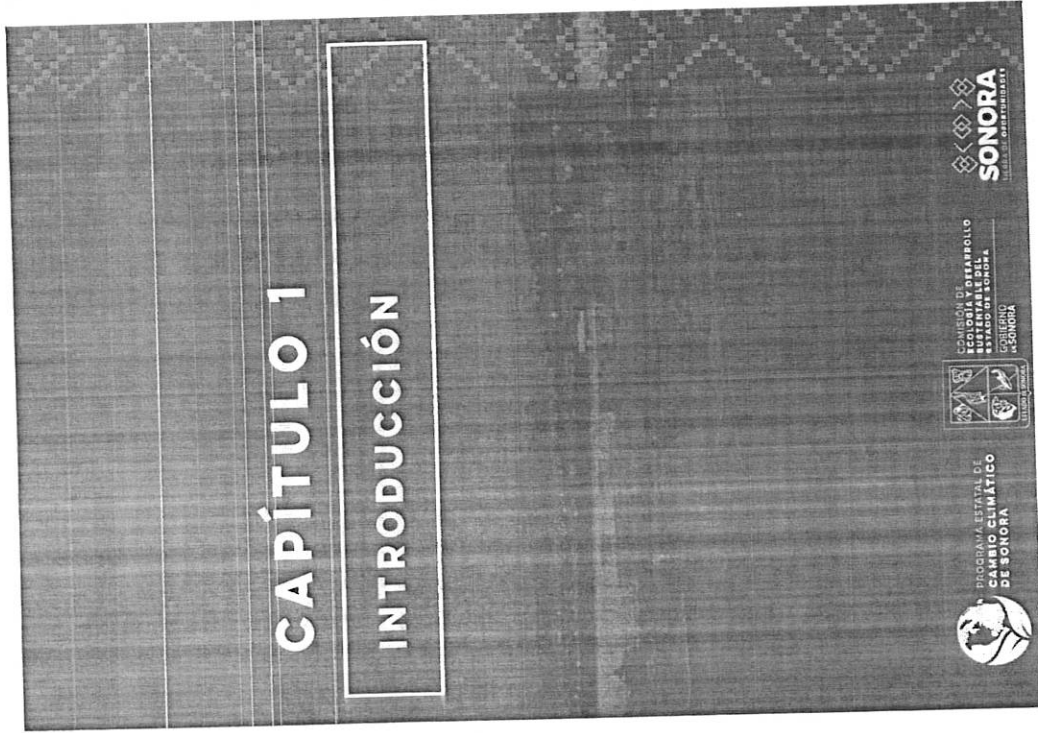
Sonora es especialmente vulnerable a las consecuencias del cambio climático y las afectaciones alcanzan a toda la población en su modo de vivir y convivir, pues el aumento de un grado centígrado en la temperatura ocasionaría serias alteraciones en la disponibilidad de agua y en el abastecimiento de energía eléctrica en la región, también se prevé un aumento en frecuencia de las sequías y heladas severas; así como en la presencia de los eventos climáticos extremos que provocan inundaciones y serias afectaciones a la infraestructura urbana y productiva.

La formulación del PECCS involucró la colaboración de instituciones nacionales e internacionales, dependencias gubernamentales y miembros de la sociedad civil a través de los talleres de consulta pública; mientras que, para su elaboración se contó con un grupo de académicos e investigadores expertos que voluntariamente trabajaron durante los pasados meses para culminar exitosamente con este instrumento de gestión. A todos ellos, les agradecemos profundamente el interés y el esfuerzo realizado.

El PECCS es ambicioso en sus objetivos y alcances, contiene 47 acciones climáticas en aspectos de mitigación y de adaptación en siete sectores prioritarios, del mismo modo, su implementación requiere la coordinación, concertada y transversal de los tres niveles de gobierno y de los sectores sociales y productivos.

Estamos convencidos que el PECCS, aporta los cimientos no solo para la instrumentación de las estrategias de mitigación y adaptación, sino también, para alcanzar acuerdos y fomentar acciones locales de cooperación multisectorial que en conjunto brindarán la oportunidad para transitar hacia el desarrollo sustentable de manera resiliente. Desde CEDES, esperamos acompañar y facilitar todas las iniciativas climáticas que redunden en beneficios para la sociedad.

Jesús Armando Barajas Tortés



1. INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos más apremiantes en la actualidad es el cambio climático, por lo que es necesario establecer acciones y políticas que permitan mitigar y enfrentar sus efectos. El cambio climático tiene un impacto transversal que involucra los distintos sistemas sociales, económicos y políticos. En el mismo sentido, las acciones para reducir sus efectos deben ejecutarse tanto por el sector público como privado.

El estado de Sonora debido a su posición geográfica, alto grado de exposición a fenómenos extremos y la escasa capacidad de adaptación en los sectores hídrico, agropecuario y energético, primordiales para el desarrollo económico de región, es altamente vulnerable a sufrir las severas consecuencias del cambio climático antropogénico en el mediano y largo plazo. Los cambios de uso de suelo y las deficiencias en el aprovechamiento de los recursos naturales han causado desertificación en ciertas zonas del estado (SEMARNAT y CEDES, 2010) que consecuentemente dan como resultado que los ecosistemas y la biodiversidad de la entidad estén clasificados como vulnerables. Los gobiernos subnacionales son factor clave para diseñar e implementar la acción climática, en este sentido Sonora busca generar respuestas que permitan favorecer la reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero mediante el fortalecimiento de las capacidades locales de respuesta.

Los impactos del cambio climático pueden acrecentarse en Sonora y traducirse en una exigencia de los sonorenses al Gobierno estatal. En este sentido, el Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora (PECCS) puede constituirse en el primer instrumento que impulse acciones y estrategias entre los distintos sectores para que participen activamente en las iniciativas de mitigación o adaptación ante los impactos del cambio climático.

Es importante mencionar que el PECCS se mantendrá continuamente actualizando y mejorando conforme las necesidades y los efectos del cambio climático. Dicho esto, existe la necesidad sustancial de realizar un nuevo *Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de Sonora* con el fin de contar con datos más recientes y por consecuencia con medidas y acciones climáticas acordes a ese nuevo escenario. Otra área de oportunidad para el PECCS es la falta de *análisis de vulnerabilidad integral y sectorial para el estado de Sonora* y los escenarios climáticos precisos para cada zona, toda esta información enriquecerá el análisis y otorgará más precisión y efectividad a las acciones emprendidas.



Se efectuaron 3 talleres para su elaboración: 1) "Taller de Expertos para la Construcción del Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora", realizado el 15 de diciembre de 2020; 2) "Taller para la Acción Municipal para la Construcción del Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora", desarrollado el 5 de marzo de 2021, y 3) "Taller para la Construcción del Programa Estatal de Cambio Climático con el Comité Intersecretarial de Cambio Climático", efectuado el 28 de abril 2021. En términos de participación se contó con 68 participantes en los 3 talleres; los participantes correspondieron a 15 organizaciones civiles y 34 dependencias gubernamentales de los 3 niveles de gobierno.

1.1. Objetivos y Estructura del Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora

El Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora (PECCS) constituye el instrumento rector para enfrentar al cambio climático desde una perspectiva local, con impacto nacional y global. Establece metas y acciones a nivel regional que van orientadas a desarrollar un camino para la reducción de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GYCEI), y la resiliencia ante los cambios que estos conllevan. Estas metas tienen congruencia con el compromiso adquirido por el país de reducir el 27% de las emisiones de gases de efecto invernadero a 2030 y el 51% de las emisiones de carbono negro establecidas en la postulación de la *Contribución Nacionalmente Determinada (NDC)* (SEMARNAT, 2018).

El programa formula la trayectoria de acción climática para el estado donde se describen los beneficios, desafíos y oportunidades tanto ambientales, sociales y económicas para lograr abordar el cambio climático y sus consecuencias, promoviendo esquemas de desarrollo sustentable. Se proyectan dos objetivos concretos: el primero es establecer medidas de mitigación para los diferentes sectores principalmente energía, transporte, residuos y tratamiento de aguas residuales, agropecuario y el sector transversal que incluye el desarrollo urbano y la gestión administrativa de las emisiones del GYCEI. El segundo objetivo se avoca a la transversalización de las políticas y acciones climáticas a las dependencias gubernamentales de la administración pública estatal con fines de disminuir los efectos del cambio climático y unir esfuerzos para obtener mejores resultados en la aplicación de esta política pública.

El PECCS busca el bienestar de la población al mitigar los efectos adversos del cambio climático y crea las bases para adaptarse a los conflictos que posiblemente se aguzarán por problemas sociales en el uso de recursos escasos como el agua y de salud que están conectados con el cambio climático.



El PECCS es una herramienta fundamental para posibilitar la toma de decisiones y el diseño de acciones que atiendan el cambio climático, a fin de mejorar la calidad de vida de los sonorenses.

1.2. Congruencia y cooperación internacional en materia de cambio climático en Sonora

El PECCS fue formulado en congruencia a lo establecido en la *Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora (2017)*, y conforme a los lineamientos del Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 del gobierno Federal y la *Ley General de Cambio Climático (2012)*. Así mismo, su elaboración y contenido está alineado internacionalmente a los *Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, el Acuerdo de París (2015)* y a los diversos compromisos internacionales adquiridos por el estado de Sonora.

A nivel nacional e internacional existen múltiples instrumentos para la planeación y la implementación de políticas públicas, que buscan apoyar a que los gobiernos subnacionales generen acciones para enfrentar al cambio climático. El Gobierno del Estado de Sonora ha recibido asesoría y asistencia técnica mediante la cooperación internacional al respecto y se ha nutrido de conocimiento actualizado en el tema del cambio climático y diversos instrumentos de gestión. A continuación se mencionan los principales proyectos o iniciativas realizados mediante la cooperación técnica internacional en materia de cambio climático en Sonora:

- Uno de los primeros acuerdos internacionales en los que el estado de Sonora ha colaborado es con el estado de Arizona, actualmente se trabaja conjuntamente en el Programa Ambiental Frontera 2025, sin embargo esta relación se ha venido construyendo desde hace más de 30 años. En este programa se colabora en 6 áreas principales relacionados con asuntos de protección ambiental y conservación de la biodiversidad. De forma conjunta se han trabajado en iniciativas orientadas a la gestión de residuos sólidos y de manejo especial, gestión de las aguas residuales urbanas, monitoreo de contaminación atmosférica en las ciudades de San Luis Río Colorado y Nogales, así como en proyectos de monitoreo, protección y conservación de flora y fauna endémica y prioritaria para ambos estados fronterizos. La conservación de la biodiversidad y los ecosistemas son una de las acciones climáticas para combatir al cambio climático más aceptadas, ya que estos ecosistemas juegan un papel muy importante para la regulación del clima y el secuestro de carbono de la atmósfera.



- El *Inventario de Emisiones de GyCEI en Sonora* y proyecciones de casos de referencia 1990-2020, es un hito importante incluido en el *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático 2011* y fue integrado por el Centro de Estrategias Climáticas (CCS, según sus siglas en inglés) por medio de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza y en colaboración con la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) y el Gobierno de Sonora, este estudio incluye la proyección de emisiones GyCEI antropogénicas de 1990 a 2020 para 11 sectores generadores.

- La *Estrategia de Crecimiento Verde (ECV) para el estado de Sonora* presentada en 2017 y formulada a partir de la intervención del Instituto Global de Crecimiento Verde (GGGI, por sus siglas en inglés), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la CEDES. La ECV fue el plan estratégico ambiental del 2017 al 2021 del Gobierno de Sonora. Contó con 4 objetivos principales tales como: la descarbonización e independencia energética, de las actividades productivas, fomento de una economía innovadora e inclusiva, aprovechamiento eficiente y responsable de recursos naturales y materiales y el mejoramiento en la calidad de vida de los ciudadanos y la promoción de la resiliencia de la sociedad ante el cambio climático. Los objetivos se materializaron en 32 líneas de acción específicas (GGGI, 2017).

- En el contexto de colaboración binacional, los estados de Sonora y Arizona tienen una larga historia de colaboración productiva y amistosa por más de 62 años a través de la Comisión Sonora-Arizona. En particular, el Comité de Agua y Medio Ambiente, co presidido por el lado del estado de Sonora por la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable y la Comisión Estatal de Agua, y por el lado de Arizona por el Departamento de Calidad Ambiental y el Departamento de Recursos Hídricos (ADEQ) y ADWR, respectivamente por sus siglas en inglés, ha buscado identificar prioridades ambientales en la mega región y atenderlas de manera conjunta. Uno de estos esfuerzos fue el desarrollo e implementación del Plan Ambiental Estratégico Sonora-Arizona (2017-2021), el cual identificó quince proyectos prioritarios en temas de calidad del aire, contaminación del agua, manejo integral de residuos y vida silvestre. Con la conclusión del Plan, las autoridades de ambos lados de la frontera han podido informar de mejor manera a la población sobre los problemas de contaminación del medio ambiente, así como desarrollar políticas públicas y estrategias para abordar estos problemas transfronterizos de manera colaborativa y reducir los impactos ambientales y mejorar la salud de los habitantes de la región (Gobierno del Estado de Arizona, et. al., 2017).



17

- El *Reto de Edificios Eficientes de Sonora*, proyecto organizado por *World Resources Institute (WRI) México* y el *Acelerador de Eficiencia Energética en Edificios (BEA, por sus siglas en inglés)*. El reto impulsó la implementación de acciones y medidas en eficiencia energética que ayuden a reducir el consumo energético e impacto ambiental de edificaciones existentes, lo que se traduce en beneficios económicos, ambientales y una mejor calidad de vida para los habitantes.

En este proyecto participan edificios y propietarios de edificios públicos o privados, empresas e instituciones educativas, que están interesados en reducir su consumo energético y la huella de carbono. Debido a la contingencia por COVID-19, el programa tuvo una modalidad virtual y ha concluido con una serie de capacitaciones para los participantes.

- El Gobierno del Estado de Sonora acordó con *WRI México* y la *Plataforma 2050* la realización de un estudio sobre una estrategia estatal para la descarbonización profunda en los sectores eléctrico y transporte. Se realizó un modelado para explorar las carteras de menor costo de la expansión de recursos para la generación de electricidad en el estado; ésta describe una secuencia de pasos para la interacción constructiva entre los equipos de análisis y los actores relevantes. Este estudio facilitará que las autoridades del estado de Sonora y las agencias de desarrollo nacionales e internacionales establezcan un esquema y presupuesto para el diseño de una estrategia de descarbonización a largo plazo completa para el estado.

- Cooperación Alemana para el Cambio Climático (GIZ)*, instancia con la que el Gobierno de Sonora, a través de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable (CEDES), colabora desde 2017 a la fecha. Uno de los proyectos realizados con GIZ fue un catálogo de medidas de adaptación y/o mitigaciones genéricas para dar frente al cambio climático según sectores del inventario de gases de efecto invernadero. Otro resultado fue la *Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora (Ley 199)*, publicada en Boletín Oficial del Estado de Sonora (Núm. 43, Sección VII, lunes 27 de noviembre de 2017). El objetivo de esta Ley es el establecer las disposiciones para lograr la adaptación al cambio climático y mitigar las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.

- La *Coalición Under2* es una iniciativa mundial cuya intención es mantener el aumento de la temperatura debajo de 2° C respecto a los niveles preindustriales para 2050. Esta iniciativa se alinea a los estatutos planteados en el *Acuerdo de París (2015)* firmado por México y su compromiso adquirido a través de las *Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional*



18

(NDC) ante la reducción riesgos y efectos del cambio climático. El estado de Sonora se sumó en 2019.

- Declaración de Santa Fe*, otra experiencia de cooperación internacional que el Gobierno de Sonora firmó en el 2019. Este documento propone una estrategia para los estados subnacionales latinoamericanos frente al cambio climático, con acciones que permitan lograr los compromisos asumidos para la reducción de GyCEI, así como la protección y conservación de los recursos naturales de la región, entre otras.

- Conferencia de las Partes 26 (COP 26)*, realizada en noviembre de 2021, en la cual el estado de Sonora participó y firmó su adhesión a la Declaración de Glasgow (acuerdos sobre precio y neutralidad del carbono a 2050 o antes).

1.3. Bases y contenido del PECCS

El PECCS está integrado de 5 capítulos. El capítulo 1, es la introducción, la cual incluye, además de la presentación del programa y sus componentes, las distintas colaboraciones técnicas que se han tenido para la realización de esta herramienta. En el segundo capítulo, se presenta la actualización del *Inventario de GyCEI de Sonora* en los siguientes sectores: energía, residuos, industria, agropecuario y el sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura. En el tercer capítulo se enlistan los enfoques para la mitigación y adaptación del cambio climático, tomando en consideración la línea base y los antecedentes en relación al análisis de vulnerabilidad, escenarios climáticos y capacidad de adaptación.

El cuarto capítulo muestra las metas y acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático divididas por las metas de reducción de emisiones del estado, las metodologías para la definición de acciones climáticas y las acciones climáticas por sector. En el quinto y último capítulo se desarrolla la *Agenda Climática de Sonora* mediante la transversalización de las 47 iniciativas climáticas dentro de la administración pública estatal, del mismo modo se expone un horizonte de reducción de GyCEI así como el costo anual de dichas acciones y el presupuesto requerido para el fortalecimiento del marco institucional relacionado con el cambio climático. Finalmente se enlistan las referencias y bibliografía consultada para la integración de este documento.



19

CAPÍTULO 2

INVENTARIO DE COMPUESTOS Y GASES DE EFECTO INVERNADERO DE SONORA



2. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES Y COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO DE SONORA.

Presentación

La importancia de la realización del *Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de Sonora (IEGyCEI)* radica en identificar y categorizar a los principales sectores generadores de emisiones, entender la dinámica de generación, cuantificar el volumen emitido y por último, ubicar a las fuentes en el espacio territorial; esta información resulta clave para establecer acciones climáticas pertinentes que permitan reducir las emisiones y acrecentar la capacidad de adaptación de la población del estado.

En Sonora, la primera referencia en el estudio y la cuantificación de emisiones de GYCEI fue publicada en 2010, en el documento *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Sonora y Proyecciones de Casos de Referencia 1990-2020* (COCEF, 2010). En este reporte, las emisiones brutas¹ se calcularon con datos de 1990 al 2005 para 11 sectores que se agrupan en energía, transporte, consumo energético residencial, comercial e industrial, agricultura y uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.

En esta primera cuantificación de las emisiones producidas por las actividades antropogénicas en Sonora se obtuvo un total de 19.8 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (MMtCO₂e)² para 2005 (COCEF, 2010: 6)³. Este resultado indica que el volumen de emisión por habitante alcanzó la cifra de 8.28 tmtCO₂e, que resultó ser 30% mayor a la media nacional para ese año (ídem).

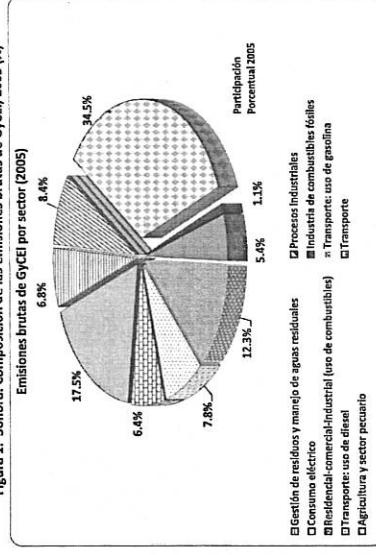
¹ En este informe se considera que en la cuantificación de "las emisiones brutas se excluyen las emisiones de GEI eliminadas (secuestradas) debido a la actividad forestal y otros usos de suelo. Asimismo, de las emisiones basadas en el consumo se excluyen las emisiones de GEI relacionadas con la electricidad para exportación" (COCEF, 2010: vi).

² Las emisiones de los gases y compuestos de efecto invernadero "se presentan usando una métrica común, el dióxido de carbono equivalente (CO₂e), la cual indica la aportación relativa de cada 1 de los 6 gases por masa unitaria, al forzamiento radiactivo global promedio con base en el potencial de calentamiento global (PCG) ponderado (COCEF, 2010: vi).

³ El *Inventario de Emisiones de Sonora* publicado en el 2010 calculó las emisiones de "los 6 tipos de gases que se incluyen en el *Inventario Nacional de México* y que se reportan conjuntamente en los Informes Internacionales conforme al *Protocolo de Kyoto*: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (NO₂), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF₆)" (COCEF, 2010: 3).

En esta ocasión el sector que más contribuyó al volumen de emisiones fue el de energía basado en el consumo, la producción de la electricidad y el uso de los combustibles para transporte de mercancías, al que se le atribuyó el 67% del total emitido; le sigue el sector agropecuario con el 17.5% del total de las emisiones brutas de GYCEI para Sonora en 2005 (COCEF, 2010: 4). El porcentaje de emisiones por los otros sectores considerados se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Sonora: Composición de las emisiones brutas de GYCEI, 2005 (%)



Fuente: COCEF (2010).

En el primer inventario también se realizaron estimaciones sobre la captura de carbono por las zonas boscosas del estado, si bien fue una evaluación preliminar donde no se incluyeron las zonas arboladas urbanas, los cambios en el uso del suelo y las prácticas de cultivo, si fue posible identificar las pérdidas y las ganancias de carbono forestal y por superficie agrícola. Así, para 2005, la biomasa forestal de Sonora tuvo emisiones netas basadas en la producción de 11.4 MMtCO₂e mientras que almacenó un aproximado de 8.42 MMtCO₂e (COCEF, 2010: viii).

2.1. Actualización del Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (2015)

Presentación

Este apartado presenta los resultados obtenidos del proceso de actualización del inventario de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (IEGyCEI) para Sonora. El horizonte de cuantificación fue el período contemplado entre 2013, 2014 y 2015 y se orientó a los sectores de *Energía, Industria, Residuos, Agropecuario y Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUS)*. Sin embargo, se resaltan las cuantificaciones de 2015 para la construcción de escenarios y pronósticos del comportamiento de las emisiones.

La actualización del inventario de emisiones es una necesidad imperante, sin embargo la falta de información referente al tema es un inconveniente permanente. Dado que las metodologías validadas por el IPCC en cuantificación de emisiones son robustas y estrictas, que requieren recopilar la información relevante tanto en cantidad como en calidad. Bajo este escenario, se conformó un grupo técnico de expertos e investigadores en distintas disciplinas pertenecientes a la Universidad de Sonora (UNISON), la Universidad Estatal de Sonora (UES), la Comisión de Energía del Estado de Sonora (COEES) y la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), con los que se trabajó de manera colaborativa.

La realización de este segundo inventario fue un esfuerzo que se logró gracias a la cooperación de la comunidad científica local quienes aportaron su conocimiento y realizaron las revisiones pertinentes para generar un instrumento que permitiera proponer acciones climáticas congruentes basadas en la ciencia y en las trayectorias reales del comportamiento de las emisiones y sus impactos.

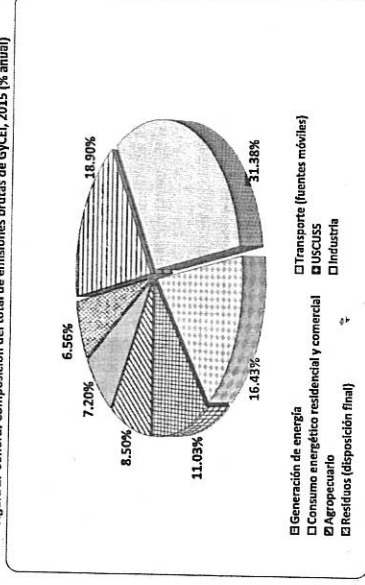
La cuantificación de las emisiones de fuentes antropogénicas de 4 sectores y las absorciones en los sumideros localizados al interior del estado de Sonora se presentan a continuación. Es importante enfatizar que debido a la escasez de información, la estimación sólo incluye emisiones de los siguientes compuestos: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (NO₂) y gases fluorados (HFC), presentados en unidades de CO₂ equivalente. Las emisiones fueron calculadas en base a las directrices del IPCC para la generación de inventarios nacionales de 2006.

2.1.1. Emisiones en Sonora

Las emisiones de GYCEI para Sonora totalizaron en promedio para 2015, 20.26 millones de toneladas métricas de carbono equivalente (MMtCO₂e) que incluye las absorciones por conversión a tierras forestales del sector uso de suelo.

El sector con mayor contribución de emisiones por categoría es el sector energía con 66.7% del volumen total emitido, en este rubro se incluye el sector el transporte por fuentes móviles. Le siguen las categorías: Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura con 11%, Agropecuario con 8.5%, Industria con 7.3% y Residuos con 6.5% de la aportación total (Figura 2).

Figura 2. Sonora: Composición del total de emisiones brutas de GYCEI, 2015 (% anual)



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, las emisiones brutas por habitante en Sonora alcanzó la cifra de 7.33 tMTCO₂e para 2015. Este volumen emitido se encuentra arriba del doble de la media nacional que fue de 3.61 tMTCO₂e (SEMARNAT e INECC, 2018: 126). Los siguientes apartados contienen las consideraciones y las determinaciones para el cálculo del volumen de emisiones de GYCEI por sector, actualizándose el registro para 2015.

2.1.2. Emisiones del sector energía

Las emisiones de GYCEI en este sector se derivan del consumo de energía eléctrica y la quema de combustibles fósiles como diésel, gasolina, gas licuado de petróleo, combustóleo, etc. En la actualización del inventario⁴ los subsectores considerados son: *generación de energía eléctrica (GEE), consumo de combustibles por fuentes móviles de transportación (FM), y emisiones provenientes por el consumo residencial y comercial de energéticos (RC).*

La generación de emisiones para los años reportados proviene mayormente del consumo de energéticos por fuentes móviles, contabilizando emisiones por transportar personas y mercancías en barcos, trenes, aviones, automóviles, entre otros. Esto debido a la combustión de productos derivados del petróleo, como gasolina, diésel y turbosina en motores de combustión interna, convirtiéndose principalmente en emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y cantidades relativamente pequeñas de metano (CH₄) y óxido nítrico (N₂O), las cuales fueron tomadas en cuenta para este análisis. En este sentido, el transporte terrestre fue el responsable de generar 6.36 millones de tMTCO₂e, en 2015.

Para la subcategoría de generación de energía eléctrica (GEE) se encontró un panorama local cambiante, ello debido a la reconversión de tecnología de generación en el 2013 y la desactivación de la planta de la Comisión Federal de Electricidad Generación Guaymas I; en este sentido, se observó la disminución considerable de las emisiones de GYCEI producidas por la GEE en la región, con el cambio de combustóleo a gas natural como insumo para la generación de electricidad.

⁴ El equipo técnico que fue responsable de la estimación del volumen de emisiones del sector energía estuvo liderado por la M. C. Luciana Puebla Herrera y la Lic. Rocío Ruelas Fimbres de la Dirección de Cambio Climático y Cultura Ambiental de CEDES durante 2017 y 2018 (Ruelas, 2021).

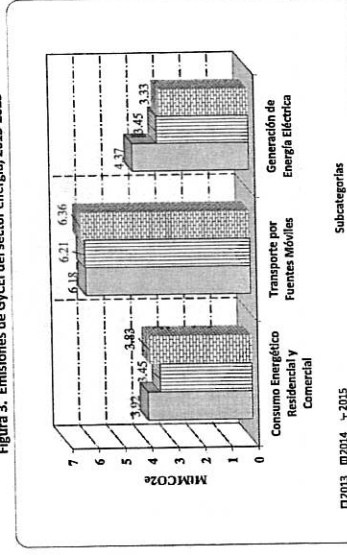


Los gases liberados en su mayoría son CO₂ y N₂O, en conjunto con una menor cantidad de metano; estos gases provienen de la producción de electricidad (por subcategoría: carbón, petróleo, combustóleo y gas natural).

Por último, dentro del sector energético también se contabilizaron las emisiones asociadas a la quema de combustibles en el sector residencial y comercial para actividades cotidianas como iluminación, enfriamiento o calentamiento de espacios, elaboración de alimentos, etc. En su mayoría este sector tiene un reporte balanceado en cuanto a emisiones de CH₄, CO₂ y N₂O, lo que unido a las necesidades específicas que satisfacen esta subcategoría tienen una tendencia a mantenerse creciendo de manera constante.

El comportamiento de las emisiones por subcategorías del sector energía durante el periodo del 2013 al 2015 se indica en la Figura 3.

Figura 3. Emisiones de GYCEI del sector energía, 2013-2015



Fuente: Elaboración propia

En su totalidad, la categoría es responsable de 66.7% de las emisiones generadas anualmente en el estado, lo que equivale a 13.52 tMTCO₂e emitidos a la atmósfera en promedio al año.



2.1.3. Emisiones del sector industria
El sector industria es considerado una fuente importante de generación de emisiones de GEI. Las emisiones estimadas son derivadas de los procesos de producción de bienes terminados o semi-terminados, materias primas y otros subproductos, particularmente de procesos con operaciones químicas para la producción de materias primas o materiales de construcción y el consumo de combustibles fósiles para obtener energía durante los procesos.

Las emisiones⁵ de origen industrial para los años 2013, 2014 y 2015 representan en promedio 7.3% del total de las emisiones de GYCEI de Sonora, considerando que anualmente aporta en promedio 1.46 tMTCO₂e, mientras que para los años 2013 y 2014, se estima que se generaron un total de 4.38 y 1.59 tMTCO₂e, respectivamente.⁶

Según la naturaleza de la actividad industrial, una parte de los sectores y ramas industriales están bajo competencia y verificación de las autoridades federales, mientras que otra porción de las actividades industriales sobre todo aquellas con operaciones no riesgosas o no generadoras de residuos peligrosos son de competencia y verificación estatal.

En este sentido, la información documentada para la estimación de las emisiones de este sector proviene de dos fuentes principales. Primeramente, los registros de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales a través del *Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)* y las *Cédulas de Operación Anual (COA)* registradas a nivel estatal ante la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES).⁷ El alcance de la estimación comprendió los registros de las emisiones de GYCEI reportadas durante 2015 ante las instituciones correspondientes.

⁵ El cálculo del volumen de emisiones del sector industria y de los subsectores que lo componen fue realizado por un equipo de trabajo encabezado por el Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras de la Universidad de Sonora y la Lic. Rocío Ruelas Fimbres de la Dirección de Cambio Climático y Cultura Ambiental de CEDES durante 2017 y 2018.

⁶ La diferencia entre las emisiones está vinculada con la falta de datos reportados por lo que no es posible determinar una tendencia real del comportamiento del sector.

⁷ Debido a que durante el proceso de compilación de información se detectaron datos faltantes (para periodos/años), o bien que la información fue variable y/o presentaba inconsistencias (unidades de tiempo y medida no estandarizadas, etc.), fue necesario realizar interpolaciones para solventar las carencias y evitar duplicidades en la contabilización de las emisiones generadas. Esto refuerza la necesidad de fortalecer los procesos de reporte y verificación en la entidad.



En la actualización del IEGYCEI para el sector industrial se encontró que el subsector que más aporta GYCEI es el de generación propia o independiente de energía eléctrica produciendo 71.4% del total de las emisiones del sector, seguido por el subsector de la metalurgia con 21.3%. El Cuadro 1 muestra los porcentajes de contribución al volumen de emisión de los subsectores industriales considerados según la fuente de información.

Cuadro 1. Contribución de los subsectores industriales al volumen de emisiones por fuente de información, 2015 (%)

Subsectores industriales considerados	Fuentes de Información	
	RETC	COA
Porcentaje de Emisiones de CO ₂	46.23	52.82
Alimenticio y/o consumo humano	0.106	0.291
Artículos y productos metálicos	0.005	1.707
Artículos y productos plásticos	0.000	0.072
Automotriz	3.670	0.000
Bebidas y tabaco	0.220	0.000
Cemento y cal	9.215	0.013
Equipos y artículos electrónicos, eléctricos y domésticos	0.000	0.003
Generación propia de energía eléctrica	43.115	97.521
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	45.683	0.391
Petróleo y petroquímica	0.021	0.001
Textiles, fibras e hilos	0.000	0.001

Fuente: CEDES y UNSDQ (2018).

2.1.4. Emisiones del sector residuos sólidos

Para la estimación del volumen de emisiones generadas por los residuos sólidos se consideró solamente la etapa de la disposición final, por lo que las emisiones generadas en el sistema de manejo, método de transportación y las quemas que se presentan en los sitios de disposición, no fueron cuantificadas en este reporte.



El cálculo de las emisiones del sector residuos³¹ incluyó el análisis del volumen de residuos sólidos recolectados y enviados a rellenos sanitarios y/o sitios a cielo abierto, tomando como base los Datos Estadísticos del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARI), con dicha información se generó una estimación para determinar la cantidad de GYCEI que se generaban anualmente.

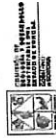
La metodología para realizar la estimación de las emisiones de este sector se realizó con base a los lineamientos del IPCC para el desarrollo de *Inventarios de Emisiones de GYCEI*, el procedimiento metodológico adaptado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el *GHG Protocol Accounting and Reporting Standards*.

La metodología asume que, para cada componente orgánico que se dispone en un relleno sanitario o sitio de disposición final produce metano. Esto permitió que aun con la falta de datos para el estado se cuantificaran las emisiones de la etapa de disposición final de residuos sólidos en el período establecido para esta actualización. Es importante recalcar que, en la mayoría de los sitios de disposición final de las cabeceras municipales del estado, se depositan de manera simultánea tanto residuos sólidos urbanos como residuos de manejo especial.

Tomando como base lo anterior, el promedio anual de las emisiones a la atmósfera atribuidas al sector residuos alcanzó la cifra de 1.329 MMtCO₂e, lo que representa 6.5% del total de las emisiones de GYCEI que se generan en Sonora.

Los resultados muestran que la categoría ha mantenido un crecimiento exponencial con el paso de los años, en comparación con el inventario anterior (COCEF, 2010) podemos observar que la tendencia se ha mantenido desde el 2005 hasta los años contabilizados en la presente actualización y se espera continúe con el mismo comportamiento en el futuro.

³¹ La cuantificación de las emisiones del sector residuos sólidos estuvo a cargo de la Lic. Rocio Ruelas Fimbres y la Ing. Benitez Cecilia Sánchez Leyva de la Dirección de Cambio Climático y Cultura Ambiental de CEDES durante los años 2017 y 2018 (Ruelas, 2021).



29



2.1.5. Emisiones del sector agropecuario

El cálculo de las emisiones de GYCEI del sector agropecuario se realizó a partir del cálculo de los volúmenes emitidos de metano (CH₄) y óxido nítrico (N₂O) derivadas de las actividades agrícolas y pecuarias. Las prácticas operativas de este sector que producen más emisiones son: la fermentación enérgica proveniente del ganado y manejo del estiércol y el manejo de suelo de cultivo, las mermas de la producción agrícola, y la quema en campo y a cielo abierto de los residuos de cosechas.

Por su parte, la actualización del inventario partió de la información de datos provenientes del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos y Pesca (SAGARHPA).

Para la estimación de las emisiones de las actividades ganaderas se integró un conjunto de datos a partir de las variables de especie, tipo de ganado y número de cabezas de las poblaciones de animales de uso y/o aprovechamiento pecuario localizadas en el estado. Mientras que para las actividades agrícolas las variables empleadas fueron: superficies cultivadas, consumo de fertilizantes sintéticos nitrogenados y cantidad de residuos agrícolas generados y quemados.

Con esta información se conformó un conjunto de datos agrícolas para el estado de Sonora, en donde los resultados obtenidos indican que este sector es responsable del 8.5% del total de las emisiones de GYCEI, ya que en promedio genera 1.721 MMtCO₂e al año.

³² El equipo técnico responsable de calcular las emisiones de GYCEI de este sector estuvo a cargo de la Lic. Rocio Ruelas Fimbres de la Dirección General de Cambio Climático y Cultura Ambiental de CEDES durante los años del 2016 al 2018 (Ruelas, 2021).



30



PROGRAMA ESTATAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO
DE SONORA

2.1.6. Emisiones del sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
La categoría uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCJSS)³² contabiliza las emisiones por cambios en los usos del suelo, así como las emisiones por degradación y absorciones por las permanencias, sin embargo, estas últimas no se suman al balance general del sector, sino que se descuentan del total de las emisiones contabilizadas en el IEGYCEIS (CEDES y UES, 2018).

Según lo recomendado en la Guía de las Buenas Prácticas (IPCC, 2003) para la actualización del inventario de GYCEI, se ampliaron los alcances en casi todos los usos de suelo: tierras forestales, praderas, tierras agrícolas, asentamientos y otras tierras; sin embargo, humedales no se reportan en esta actualización (CEDES y UES, 2018). Se empleó el método de "stock change" para la obtención de factores de emisión y "gain loss" para la parte de permanencias de tierras agrícolas, donde se utilizaron valores por defecto (ídem).

Para el análisis se utilizaron las series de uso del suelo y vegetación II, III, IV y V, escala 1:250,000 generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y se realizó la homología de los tipos de vegetación para poder comparar las últimas 4 series. A partir de lo cual se obtuvieron las matrices de cambio de uso del suelo mediante la sobre posición digital de las series, de la siguiente forma: serie II vs serie III, serie III vs serie IV y serie IV vs serie V; esto para conocer la dinámica entre lo que se conoce como permanencia, deforestación, degradación y recuperación (CEDES y UES, 2018).

Las absorciones o emisiones, se dan a partir de las tierras convertidas a tierras forestales, tierras convertidas a pastizales, tierras convertidas agrícolas, tierras convertidas a asentamientos, tierras convertidas a otras tierras, o bien de incendios. A su vez, se asumieron valores similares para los años anteriores a la cartografía de 1993 (serie II vs serie III) y posteriormente a 2011 (serie IV vs serie V) (CEDES y UES, 2018).

³² Para cuantificación de emisiones de la categoría USCJSS se contó con la colaboración de la Dra. Carmen Isela Ortega Rosas de la Universidad Estatal de Sonora, el Dr. Carlos Usirraga Calay de la Universidad de Sonora, Dr. Julio César Rodríguez de la Universidad de Sonora, Ecol. Gonzalo Luna Salazar e Ing. Rosa Ana León Borlón de CEDES, y colaboradores del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).



31



PROGRAMA ESTATAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO
DE SONORA

Para los contenidos de carbono se utilizó el método de desarrollo de modelos Proxy usando datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos; en aquellos subsectores y reservorios de carbono donde no se contó con la información necesaria para la estimación de los factores de emisión (FE) o factores de absorción (FA) nacionales, se utilizaron FE o FA por defecto estipulados por el IPCC (2003) (CEDES y UES, 2018).

Para realizar la estimación de emisiones derivadas de los incendios forestales se utilizó la base de datos de incendios de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y los factores de emisión de Andrae y Merlet (2001) que comprenden una revisión exhaustiva y actualizada de todas las publicaciones sobre FE de CO₂ y gases traza de CH₄, CO, N₂O y NO, en bosques y proporcionar valores generales en categorías similares a las propuestas por el IPCC (2003) para el sector USCJSS (CEDES y UES, 2018).

Para incendios superficiales se aplicaron a los contenidos de biomasa hechos a partir de una recopilación de información publicada para los depósitos de materia orgánica muerta como mantillo y material leñoso caído (CEDES y UES, 2018). Las áreas de permanencias y cambios determinadas por los cruces de series de INEGI fueron multiplicadas por los factores de emisión y absorción por hectárea obtenidos a partir de la información de los dos muestreos del Inventario Nacional Forestal y de Suelo (ídem).

Los resultados observados para la categoría muestran que en Sonora, el flujo de carbono equivalente generado entre las series 2003-2010 y 2010-2016, se ha mantenido balanceado debido a la capacidad de absorción de las áreas forestales que se mantuvieron, ha presentado pérdidas importantes que muestran que, incluso cuando se pueden capturar la mitad de las emisiones generadas por las pérdidas, no ha sido suficiente para resultar en una mayor eliminación de CO₂ en la atmósfera; desaprovechándose su capacidad para ser un sumidero neto (CEDES y UES, 2018).

Los flujos de carbono desagregados por tipo de uso de suelo y vegetación para Sonora según la estimación de las dos series de tiempo se indican en el Cuadro 2. Lo cual resulta de utilidad pues se identifican las subcategorías que generan mayores emisiones y absorciones.



32



Cuadro 2. Emisiones y absorciones por tipo de suelo y vegetación

Subcategorías de tipo de suelo y vegetación	MMCO2e
Tierras convertidas en tierras forestales (suelos)	-9.65093
Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	-30.00364
Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Recuperación)	-0.00392
Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Degradación)	0.04557
Tierras convertidas en tierras forestales	-0.07145
Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Incendios)	0.28114
Tierras forestales que permanecen como tierras forestales (Incendios CH4 + N2O)	0.03669
Tierras convertidas en praderas (suelos)	13.40005
Praderas que permanecen como praderas	-0.67104
Tierras forestales convertidas en praderas (Deforestaciones)	2.73166
Tierras convertidas en praderas	-0.00184
Praderas que permanecen como praderas (Incendios)	0.16971
Praderas que permanecen como praderas (Incendios CH4 + N2O)	0.01263
Tierras convertidas en tierras agrícolas (Suelos)	-2.07606
Tierras agrícolas que permanecen como tierras agrícolas	-0.78047
Tierras forestales convertidas en tierras agrícolas (deforestaciones)	7.7178
Praderas convertidas en tierras agrícolas	-1.21588
Tierras forestales convertidas en asentamientos (Deforestaciones)	0.78393
Tierras convertidas en otras tierras (Suelos)	0.99427
Tierras forestales convertidas en otras tierras (Deforestaciones)	0.27769
Praderas convertidas en otras tierras	0.03422

Fuente: CEDIS y UES (2018).

El análisis para identificar los sumideros de carbono existentes en Sonora nos señala que las mayores absorciones acontecen en los terrenos forestales captando un poco más de 95.3% del carbono por la permanencia, de igual forma, las tierras agrícolas absorben cerca de 2.5%, mientras que los pastizales sorben casi 2% de carbono emitido por el sector. El Cuadro 3, muestran los principales sumideros de carbono y el volumen emitido por tipo de suelo.

Cuadro 3. Absorciones de CO2 por permanencia del sector USCUSS

Permanencia USCUSS	MMCO2e
Tierras Forestales que permanecen como tierras forestales	-29.96199
Pastizales que permanecen como pastizales	-0.67104
Tierras Agrícolas que permanecen como tierras agrícolas	-0.78047
Total*	-31.41349

Fuente: CEDIS y UES (2018).

Durante los periodos comparados las emisiones de la categoría totalizaron, incluyendo absorciones por tierras convertidas a forestales, un promedio anual de 2,237 MMCO2e. Las tierras convertidas a forestales absorben 42% de las emisiones totales del sector. Las principales pérdidas se dan por tierras convertidas a pastizales, asentamientos, agrícolas o bien a otros usos; sumándole las fugas de emisiones generadas por incendios en los años observados. Es decir, que sin considerar las absorciones el sector por sí solo emite en promedio 3.553 MMCO2e anuales.

A partir de los datos anteriormente expuestos en la actualización del Inventario de emisiones de GCEI del estado de Sonora, es posible identificar los alcances y límites que el mismo inventario sugiere, o bien criterios de mayor precisión. Los resultados mostrados en este capítulo, permiten proponer estrategias y enfoques, tanto de adaptación como de mitigación al cambio climático, mismas en las cuales se profundizará en los siguientes apartados.

CAPÍTULO 3

ENFOQUES PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

3. ENFOQUES PARA LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN SONORA

Según la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, el aumento de la temperatura de la Tierra provocado por las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero está ocasionando variaciones en el clima que de manera natural no se producirían (Naciones Unidas, 1992). En este sentido, el cambio climático se define como el "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables" (idem, 3).

Los efectos del cambio climático pueden resultar una amenaza a la infraestructura, a la biodiversidad y a los ecosistemas marinos y terrestres que sustentan la vida humana, con impactos directos en la población y las comunidades. De acuerdo, a los avances en los estudios sobre las consecuencias del cambio climático presentados en la *Conferencia de las Partes de 2015* se requiere implementar medidas para estabilizar los niveles de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (INECC, 2018). Como resultado de esta Conferencia se formalizó el *Acuerdo de París*, cuyo objetivo primordial "es limitar el aumento de la temperatura promedio del planeta por debajo de los 2° centígrados en este siglo" (idem.).

México, es parte de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* desde 1994 y ratificó el *Acuerdo de París* en 2015, para lo cual entregó un plan específico de reducción de emisiones a largo plazo mediante la postulación de la *Contribución Nacionalmente Determinada (NDC)*, que establece el compromiso de reducir 22% de las emisiones de gases de efecto invernadero a 2030 y 51% de las emisiones de carbono negro (SEMARNAT, 2018).

Bajo este panorama, los gobiernos subnacionales, como el de Sonora deberían diseñar medidas de acción climática con miras de cumplir el compromiso asumido por México en el *Acuerdo de París*. La ruta de cumplimiento es instaurar un conjunto de acciones en temas de adaptación y mitigación como respuestas al cambio climático lo cual constituyen dos caras de la misma moneda: la mitigación se ocupa de las causas del cambio climático y la adaptación aborda sus impactos.

En Sonora, los patrones de generación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero están ligados a la quema de combustibles fósiles tanto de la dinámica económica como poblacional (GGGI, 2017). Mientras tanto, se observa que la entidad tiene ciertas peculiaridades que lo clasifican como una zona vulnerable al cambio climático, siendo los principales impactos, la presencia de eventos extremos de precipitación provocando inundaciones y daños patrimoniales de gran magnitud, además se experimentan condiciones de sequía persistente afectando a las actividades productivas del sector primario y un aumento en la incidencia de enfermedades tropicales como el dengue y el cólera.

En los siguientes apartados se presentarán los enfoques de mitigación y de adaptación y sus respectivos escenarios de cambio climático.³¹ Dichos enfoques, serán retores del programa estatal y se sustentan, principalmente, en los compromisos nacionales, los lineamientos internacionales, las características de los ecosistemas, las manifestaciones climáticas, así como en las necesidades locales derivadas de los impactos del cambio climático.

3.1. Enfoque para la mitigación

El enfoque de la mitigación implica la aplicación de políticas y acciones para reducir la generación de gases y compuestos de efecto invernadero directamente de las fuentes emisoras, y/o mejorar los sumideros de carbono, a través del involucramiento de los diferentes sectores de la sociedad.

Para la formulación de medidas de mitigación y metas de reducción pertinentes, fue necesario realizar la actualización del Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para Sonora (IEGyCEIS), el cual permite conocer las características y las trayectorias de las emisiones atmosféricas del estado. Como se indicó en el Capítulo 2 de este programa, las emisiones de Gases y Compuesto de Efecto Invernadero promedio para Sonora totaliza 20.26 millones de toneladas métricas de carbono equivalente (MtMCO₂e) incluyendo las absorciones de carbono por conversión a tierras forestales del sector uso de suelo.

³¹ Vázquez, et. al. (2019: 17), describe a los escenarios de cambio climático como "las representaciones plausibles del clima futuro, que ofrecen información sobre la evolución de las condiciones climatológicas, pero que son sujetas a esquemas de probabilidad condicional ante diversas posibilidades del desarrollo y las modificaciones humanas de la naturaleza, lo que permite inferir los posibles futuros ante diferentes tasas de emisiones de gases de efecto invernadero y los impactos de un clima que ha cambiado".



37



Se observa que las acciones de mitigación pueden constituirse en un área de oportunidad, pues el principal reto es en el sector de energía. En este sentido, atender la alta dependencia a los combustibles fósiles en el sector transporte, en la generación de energía eléctrica y en el uso de energía de los sectores residencial y comercial, es un escenario de mitigación de atención para el estado.

En este sentido, una oportunidad de reducción de emisiones para Sonora radica en construir esquemas de disminución la intensidad energética; ello se propone considerando que 94% de la generación eléctrica del estado es dependiente de combustibles fósiles y que existe un potencial de producción energética renovable de hasta 4,738 GWh/año, en donde 75% puede generarse a partir de energía solar (SENER, 2015).

Otra posibilidad de mitigación para el estado es la protección de las tierras forestales. Gran parte de la vegetación está funcionando como un sumidero de carbono, por lo que debieran destinarse esfuerzos hacia la conservación de los ecosistemas de bosque y vegetación nativa como pastizales y praderas, así como a la restauración y reforestación de la vegetación nativa.

3.1.1. Línea Base

Para conocer la tendencia actual de las emisiones en Sonora y conocer las proyecciones a mediano y largo plazo, se evaluaron dos acercamientos. El primero se deriva de los datos y factores determinantes de la actualización de inventario de GYCEI de 2015, siendo este año, el inicio de la línea base con un horizonte de pronóstico hasta 2030 que promueve darle cumplimiento a las NDC nacionales, es decir promover la reducción el volumen de emisiones en 22%.

El segundo acercamiento proviene del ejercicio realizado por Tempus-Análítica A. C. (2019), a partir de los resultados del Inventario estatal publicado en 2010. En este escenario, la línea base es de 2005, y ayuda a ilustrar la magnitud de las emisiones futuras basadas en las calculadas en ese año, así como los costos de la inacción, bajo el enfoque de la descarbonización profunda.



38



En este caso, el pronóstico de las emisiones se hizo hasta 2050 para cada uno de los sectores, considerando un nuevo escenario relacionado con limitar el incremento de temperatura hasta 1.5 °C a nivel global, lo cual implica establecer una ruta de descarbonización profunda para Sonora. Se plantan una línea base para cada sector, es decir se incluyen todas las fuentes de GYCEI reportadas, con el fin de dar una imagen completa de la generación sectorial de emisiones futura para Sonora.

3.1.2. Escenarios de mitigación

Los enfoques de mitigación visualizan dos panoramas que se complementan entre sí. El primer escenario se rige por el cumplimiento de los compromisos nacionales de reducción de 22% de las emisiones de GYCEI para 2030, mientras que el segundo panorama contempla evolucionar hacia la neutralidad de carbono para mediados de siglo. A continuación, se describen estos escenarios.

3.1.2.1. Escenarios de mitigación en corto y mediano plazo

El escenario de mitigación en el corto plazo establece la reducción del volumen para 2030 de 22% de las emisiones totales. La trayectoria de minimización se muestra en el Cuadro 4. Este esquema de reducción está sujeto a la puesta en marcha de las 14 medidas de mitigación que se incluyen en este Programa y con su cumplimiento se prevé que para 2030 se emitan 15.881 MtMCO₂e.

Es importante puntualizar que el volumen de reducción de emisiones se incrementa a partir de 2025. Ello se debe a la adopción y puesta en marcha de políticas y estrategias de adaptación por parte de algunas dependencias gubernamentales. Estas acciones se consideran como bases para la ejecución de medidas de acción climática en el tema de mitigación. En caso de no implementación de medidas de reducción de emisiones se estima que el volumen de emisión se proyecta en 21.60 MtMCO₂e para 2030. En la Figura 4, se observa el comportamiento comparativo en los casos de efectuar acciones climáticas y no ejecutar acción alguna.



39



Escenario de Mitigación – Volumen de Emisión Proyección (2022-2030) (MtMCO₂e)

Año	Reducción anual (%)	Volumen de Reducción de Emisiones (MtMCO ₂ e)	Volumen de Emisión Proyección (2022-2030) (MtMCO ₂ e)
2022	1.0	0.203	20.057
2023	2.0	0.401	19.656
2024	2.0	0.393	19.263
2025	3.0	0.578	18.685
2026	3.0	0.561	18.125
2027	3.0	0.544	17.581
2028	3.5	0.615	16.966
2029	3.5	0.594	16.372
2030	3.0	0.491	15.881

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Sonora: Trayectoria de reducción de emisiones, 2030

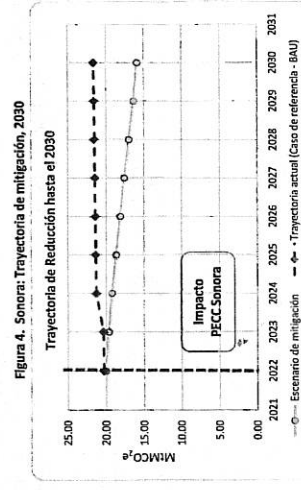


Figura 4. Sonora: Trayectoria de mitigación, 2030

BAU: Business as usual. Fuente: Elaboración propia.



40



3.1.2.2. Enfoque de mitigación a largo plazo: hacia la descarbonización profunda de Sonora
La vía de la descarbonización profunda busca lograr la neutralidad de carbono para mediados de siglo, lo cual requerirá una transformación completa de la producción y consumo de energía, así como de los sistemas agrícolas y de uso de la tierra, y tendrá profundos efectos en la mayoría de los aspectos de nuestra economía y sociedad. La transformación profunda y de gran alcance requiere un enfoque riguroso de planificación estratégica.

Esto es, identificar estrategias, acciones y programas que permitan recomponer las prácticas económicas y/o urbanas de los sonorenses, transitando así a un esquema de sostenibilidad, multiplicando los beneficios para las personas y mitigando los posibles impactos negativos ocasionados por el cambio climático.

La descarbonización profunda de las economías globales, sin duda representa la mejor oportunidad para hacer frente al cambio climático (Tempus Analítica A. C., 2019). Con base a ello, la apuesta del estado está encaminada a atender los sectores con mayor potencial de mitigación. Las *ratas de descarbonización profunda a largo plazo* describen la evolución de los sistemas físicos, sociales y económicos mediante una amplia gama de indicadores con información valiosa para un grupo igualmente amplio de actores: gobierno, sector privado, academia y organizaciones de la sociedad civil (idem.).

Para establecer proyecciones de emisiones futuras en este escenario se toma como línea base para la acción climática de 2005, con un horizonte pronóstico a 2050; en este caso se retoman los hallazgos del estudio sobre la Hoja de Ruta para la Descarbonización de Sonora,²² realizado en 2019.

El análisis de descarbonización profunda, en el escenario económico, considera dos vías: 1) sectores dependientes del sector energético, y 2) sectores que no dependientes del sector energético.

²² Este análisis fue cofinanciado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania y la Fundación Europea del Clima a través de World Resources Institute (WRI, por sus siglas en inglés) México y la 2050 Pathways Platform, respectivamente. La *Hoja de Ruta* fue elaborado por un equipo de técnico constituido por Tempus Analítica (México) y Evolved Energy Research en (EUA) en 2019.



41

Se comparan dos vías principales para cada sector, ambas simulan el mismo crecimiento futuro en la población estatal y el Producto Interno Bruto (PIB). La vía de referencia asume que la acción climática no se intensifica, mientras que los indicadores de actividad (demografía, estructura de la economía, consumo de energía per cápita, etc.) mantienen sus tendencias observadas hasta el 2050. Bajo estas consideraciones, los escenarios de proyección de emisiones anuales se muestran en la Figura 5.

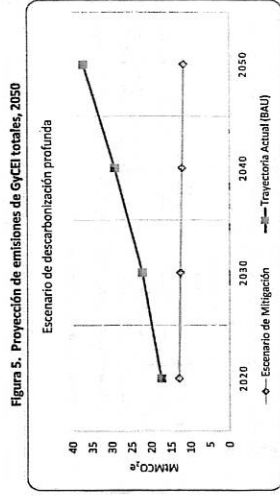


Figura 5. Proyección de emisiones de GYCEI totales, 2050
Escenario de descarbonización profunda
Fuentes: Tempus Analítica A. C. (2019).

Los resultados del escenario de descarbonización indican que para 2050 en caso de no implantar medidas climáticas de reducción de emisiones, el volumen total alcanzaría 37.3 MMtCO₂e; pero en caso de ejecutar medidas climáticas estratégicas, el volumen total podría reducirse en 25.5 MMtCO₂e, por lo que emitirían en promedio 11.8 MMtCO₂e anualmente. Para alcanzar esta meta se requiere el involucramiento y compromiso total por parte de todos los sectores sociales y económicos, sin embargo, si se establecen lineamientos para reducir 50% del volumen el escenario de descarbonización de la economía estaría en buen rumbo.

La transición a la descarbonización profunda describe una evolución consistente con el logro de las metas del *Acuerdo de París* (2015), y presenta un marcado aumento en la eficiencia energética (Tempus Analítica A. C., 2019).



42

Un cambio para electrificar los usos finales de energía en todos los sectores y un aumento ambicioso en el uso y la producción de energías renovables para descarbonizar la red eléctrica. Esta vía no solo describe la evolución hacia una mayor sostenibilidad ambiental, sino también hacia un mayor desarrollo económico e inclusión social (Tempus Analítica A. C., 2019). En este sentido, las proyecciones de generación de GYCEI del 2020 al 2050 para los 5 sectores considerados en la actualización del inventario, se muestra en la siguiente figura.

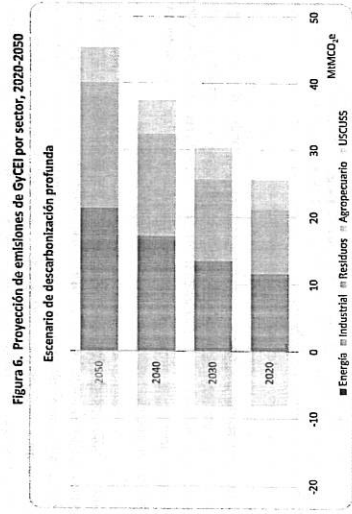


Figura 6. Proyección de emisiones de GYCEI por sector, 2020-2050
Escenario de descarbonización profunda
Fuentes: Tempus Analítica A. C. (2019).

El análisis considera que las absorciones se mantuvieron constante en los años siguientes, la tendencia muestra un aumento de las emisiones del sector energético (transporte, GEE, uso residencial y comercial) así como en el resto de los sectores. Los escenarios contemplan que el sector de uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS) preservará notablemente las absorciones de carbono por tierras forestales en la región.²³

²³ El análisis toma como supuesto la inexistencia de cambios abruptos en el sector USCUSS, esto debido a que durante la realización de las estimaciones, no existió claridad respecto a la tendencia del sector.



43

En la *Hoja de Ruta para la Descarbonización Profunda del Estado de Sonora* se realizó un modelo detallado dedicado a explorar las carteras de menor costo de la expansión de recursos para la generación de electricidad en el estado; la transición de otros sectores distintos a la generación eléctrica hacia un futuro con bajas emisiones se describe como una oportunidad de reducción (Tempus Analítica A. C., 2019). En consecuencia, el análisis de la cartera de menor costo identifica acciones tempranas cruciales:

- Las energías renovables serán parte del sistema de electricidad de menor costo para Sonora, independientemente de los objetivos de reducción de emisiones de GYCEI. Las acciones realizadas hoy que faciliten las adiciones futuras de renovables reducirán los costos a largo plazo, bajo cualquier escenario, expandir la infraestructura de transmisión para aumentar la conectividad de Sonora con el resto de México hacia 2030 será valioso (Tempus Analítica A. C., 2019).
- La implementación de la ruta de descarbonización profunda requerirá establecer procesos de planificación energética de largo plazo en Sonora con un enfoque integral multisectorial que considere un mejor y mayor acoplamiento de los usos de la energía en el futuro, a través de la electrificación del transporte y la producción potencial de combustibles basados en electricidad, será importante para controlar los costos y requerirá un esfuerzo sostenido de planificación y coordinación (Tempus Analítica A. C., 2019).
- Sonora tiene abundantes recursos renovables para descarbonizar su sector eléctrico y apoyar la descarbonización de otros sectores. Los escenarios estudiados muestran un potencial para que las emisiones originadas en el uso de la energía en diferentes sectores puedan ser reducidas mediante una combinación de mayor electrificación de los usos finales y el uso de combustibles de cero carbono para sustituir el consumo de combustibles fósiles.

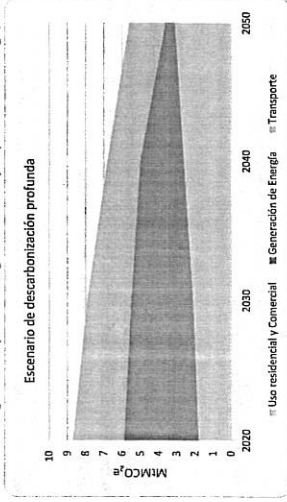
Asimismo, los subsectores más significativos para Sonora, como el transporte y la generación de energía eléctrica, son clave para la realización de intervenciones debido al gran potencial que tiene el estado en cuanto a la producción de energía limpia y la transición de los esquemas de movilidad en las regiones urbanas y suburbanas para transferir hacia un modelo sustentable (Tempus Analítica A. C., 2019).



44

Los escenarios de descarbonización para el sector energía en el periodo de 2020 a 2050 se indican en la Figura 7. Se observa que al transitar por la vía de la descarbonización profunda, las emisiones del sector energético se reducirían en 35% para 2050, tendrían resultados positivos para la mitigación del cambio climático en la región (Tempus Analítica A. C., 2019).

Figura 7. Proyecciones de generación de GyCEI para el sector energía, 2050



Fuente: Tempus Analítica A. C. (2019).

La ruta de descarbonización profunda para Sonora incluye grandes adiciones de energía eólica y solar para proporcionar electricidad de bajo costo y sin emisión de carbono, es seguro visualizar que la expansión de la infraestructura de transmisión, junto con recursos limitados de gas natural y almacenamiento de energía, que permitan respaldar y suavizar la intermitencia de la gran cantidad de energías renovables (Tempus Analítica A. C., 2019).

Hacia el 2050, descarbonizar la economía implicará una participación de renovables al triple de lo previsto (Tempus Analítica A. C., 2019). A partir del 2040 hay una divergencia importante entre el escenario contemplado como referencia (la trayectoria actual sin intervención) y el de descarbonización. En esta última década de la transición (2040-2050) se reduce el uso de activos de gas, mismo que se reemplaza por capacidad eólica para equilibrar el sistema junto con la solar (ídem.).



45



Resulta imprescindible marcar una ruta de implementación de medidas de mitigación de emisiones en Sonora, de continuar como hasta ahora, el escenario base marca un aumento intensivo de las emisiones de GyCEI durante los próximos años, lo que de ninguna manera permitirá que se alcancen las metas climáticas del estado y traerá consigo retos específicos para la adaptación de las ciudades y comunidades sonorenses.

3.2. Enfoque para la Adaptación

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, la adaptación se refiere a los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a estímulos climáticos reales o previstos, y sus efectos o impactos (Naciones Unidas, 1992). El concepto de adaptación adoptado en el PECCS considera que la adaptación al cambio climático es un proceso y no condición terminada o una meta alcanzada, y que depende de las condiciones locales, tanto ambientales, climáticas y sociales (Sánchez-Rodríguez, 2013).

La forma en que los mecanismos de adaptación al cambio climático funcionan para reducir las vulnerabilidades en lo local depende de la naturaleza de los riesgos y las condiciones de desarrollo preexistentes en el territorio (IPCC, 2007). Entonces, las definiciones de adaptación y vulnerabilidad van asociadas sobre todo cuando se busca comprender los posibles impactos del cambio climático al tiempo que se formulan las acciones pertinentes para prevenir la mayor afectación de los mismos.

En este sentido, el concepto de vulnerabilidad ante el cambio climático construido y promovido por el IPCC se define como el "grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos, así la vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación" (IPCC, 2007: 89). Este enfoque coincide con el que se asume en la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012).

En Sonora se requiere diseñar estrategias en materia de "adaptación". En particular, la implementación de acciones climáticas para los sistemas humanos, productivos y naturales como respuesta a los efectos del cambio climático que ya están ocurriendo y aquellos que pudieran ocurrir en el futuro.



46



3.2.1. Diagnóstico de vulnerabilidad en Sonora

Los diagnósticos de vulnerabilidad al cambio climático tienen como objetivo explicar que está pasando con el clima en regiones específicas y que pasará en el clima en el futuro, además de conocer y transparentar quiénes serán los afectados por estas modificaciones en el clima y el grado de afectación (Vázquez, et. al., 2019; INECC, 2019).

A partir de este diagnóstico, es posible conocer los riesgos potenciales, el grado de dispersión de los impactos y establecer las medidas pertinentes para prepararnos para enfrentar las consecuencias de la variabilidad del clima.

El enfoque de vulnerabilidad que se adopta en este PECCS proviene del IPCC (2014) y se refiere al "grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos"; los componentes de este concepto son 3 variables principales: la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación (Vázquez, et. al., 2019).¹⁴

En el PECCS se parte de la premisa de que la evaluación de la vulnerabilidad y la implementación de medidas de adaptación para el incremento de la misma deben enfocarse a nivel local respondiendo a condiciones particulares de las zonas de interés. Tomando esto en consideración se analizaron los resultados del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático para el estado de Sonora (INECC, 2019). El Atlas Nacional selecciona el nivel municipal como la unidad mínima o básica para evaluar la vulnerabilidad ante el cambio climático. En esta unidad del territorio se identificaron ciertas problemáticas vinculadas a las amenazas climáticas, relacionadas con la población, los ecosistemas, actividades productivas e infraestructura. En el apartado de descripción de la vulnerabilidad actual hacia la población se examinaron aspectos de la población expuesta al dengue, a inundaciones y a deslizamientos (ídem.).

¹⁴ Para comprender los conceptos integrados en la variabilidad al cambio climático, como exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación revisar los documentos públicos: Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México (INECC, 2019) y Diagnóstico de vulnerabilidad presente y futura a los impactos de cambio climático de los 3 subsectores de producción agroalimentaria en dos regiones de la República Mexicana. Informe final (Vázquez, et. al., 2019).



47



Sonora presenta niveles de vulnerabilidad dispares. Se registran varios municipios clasificados con vulnerabilidad media y 7 municipios catalogados como altamente vulnerables al cambio climático. Sin embargo, la problemática prioritaria en casi todos los municipios está ampliamente ligada a los recursos hídricos y problemas de la salud vinculados con el cambio climático, como muertes por golpe de calor y propagación de enfermedades como el dengue (INECC, 2019).

La evaluación general del Atlas Nacional para Sonora indica que los municipios más vulnerables en la actualidad al cambio climático son: San Luis Río Colorado, Caborca, Guaymas, Bâcum, Etchojoa, Quiriego y Álamos; siendo estos dos últimos los que presentan los índices más elevados (INECC, 2019). En la Figura 8, se presenta la localización de estos municipios.

Es importante señalar que el 35% de la población en Sonora es vulnerable a la presencia de inundaciones por precipitaciones, debido a que está asentada en las zonas bajas de los valles costeros de 8 municipios del sur de Sonora; mientras que existen 37 municipios con más alta vulnerabilidad por la presencia de deslizamientos localizados en el este del estado, en porciones de la Sierra Madre Occidental (INECC, 2019).

Por otro lado, la vulnerabilidad actual se registra en 18 municipios, de los cuales 8 son costeros. La información detallada acerca de la vulnerabilidad actual de los asentamientos humanos por municipio se muestra en el Cuadro 5.

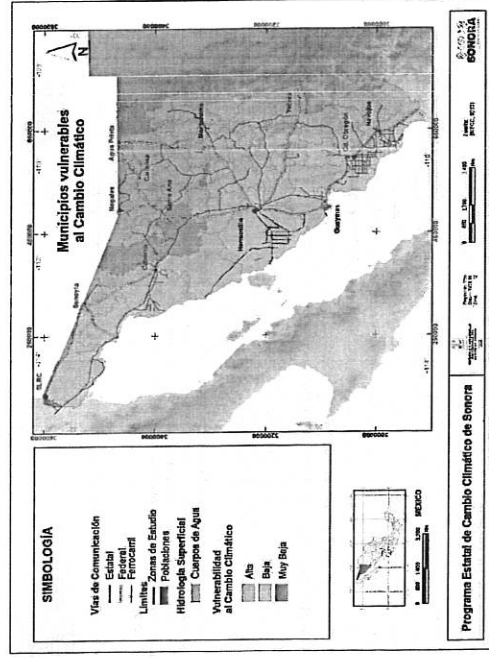
En Sonora, los estudios de vulnerabilidad climática se han correlacionado al aprovechamiento deficiente de los recursos, provocado afectaciones negativas asociadas a los recursos de agua, suelo, biodiversidad vegetal y fauna; elementos que son prioritarios asociados a la variabilidad climática dentro del estado y cuya gestión adecuada es indispensable para reducir el riesgo y vulnerabilidad, sobre todo de la población.



48



Figura 8. Sonora: Municipios vulnerables al cambio climático.



Fuente: INECC (2019).



Cuadro 5. Sonora: Vulnerabilidad actual de los asentamientos humanos por municipio

Presencia de inundaciones ¹	Presencia de deslizamientos ²	Distribución del dengue ³
Echojoa	Sélic	Empalme
Bentito Juárez	Huachinera	Carbó
Ures	Yécora	Bicám
Cajeme	Quiriego	Bentito Juárez
Huatabampo	Bavispe	Altar
San Javier	San Javier	San Pedro de la Cueva
Carbó	Cuacupe	San Miguel de Horcasitas
Bicám	Bavispora	Piquito
Adí	Rayón	Guaymas
San Miguel de Horcasitas	Onavas	Arivechi
Empalme	Banamitli	Arivechi
Imuris	Soyopa	Echojoa
Oquitoa	Opodome	Rayón
Tubutama	Suaqui Grande	Mazatán
Navojoa	Sahuipa	Suaqui Grande
	San Pedro de la Cueva	Huatabampo
	Granados	Yécora
	Villa Hidalgo	
	Nécori Chico	
	Divisadero	
	La Colomada	
	Aconchi	
	Bacoachi	
	Cumpas	
	Huápac	
	San Miguel de Horcasitas	
	Benjamín Hill	
	San Felipe de Jesús	
	Carbó	
	Topache	
	Arivechi	
	Villa Pesqueira	
	Nogales	
	Bicám	
	Trincheras	
	Fronteras	
	Imuris	

¹: Selección de municipios con índice de vulnerabilidad mayor a 0.75; ²: Selección de municipios con índice de vulnerabilidad mayor a 0.45; Fuente: INECC (2019).



3.2.1.1. Análisis de la exposición
 Dentro del concepto de vulnerabilidad, el aspecto de la exposición describe el "carácter, magnitud y velocidad de cambio y variación del clima que afecta a un sistema (IPCC, 2014). Por consiguiente, la exposición se relaciona con estrés climático y/o las manifestaciones de modificaciones del clima a través del tiempo de una determinada unidad de análisis que puede representarse como cambios en las condiciones climáticas a largo plazo o por cambios en la variabilidad climática (Monterroso, et. al., 2014).

En el estudio sobre *Vulnerabilidad y Adaptación a los Efectos del Cambio Climático en México*, realizado por Monterroso, et. al. (2014) se encontró que los municipios de Sonora en su mayoría tienen exposición media a los impactos del cambio climático, a excepción de los municipios de Banamitli y San Javier que cuentan por una exposición alta y los municipios de Plutarco Elias Calles, Villa Hidalgo y Huásabas mostraron exposición baja. En la Figura 9, se indica la localización geográfica de la clasificación de los municipios por grado de exposición.

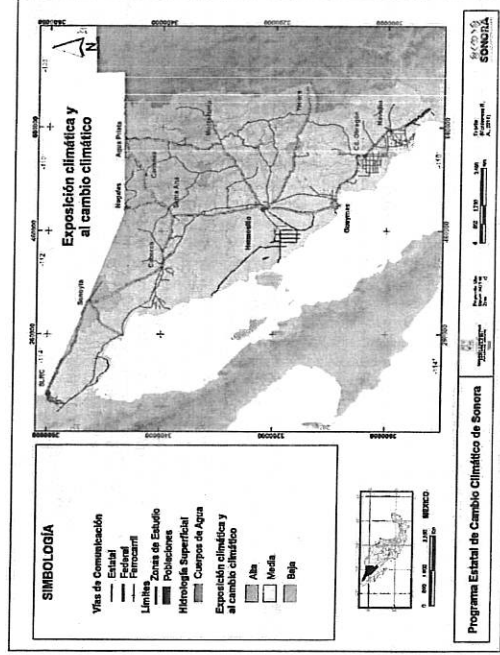
3.2.1.1.1. Climatología de referencia y normales climatológicas¹⁵
 Para el desarrollo de los escenarios de cambio climático, es preciso conocer a fondo las características y el comportamiento del clima en el pasado sobre todo en los casos extremos (Vázquez, et. al., 2019). El estado de Sonora por su ubicación geográfica y orografía posee una diversidad de ecosistemas distribuidos desde las costas del Golfo de California, las planicies sonorenas, hasta la parte alta de la Sierra Madre Occidental (Martínez-Yrizar, et. al., 2009). En general, la climatología de la entidad es árida en las partes bajas (distribuidas alrededor de las costas del Golfo de California), templada en la planicies sonorenas y fría en las zonas serranas (SEMARNAT y CEDES, 2010).

De acuerdo a la Carta de Climas de INEGI (2000a), la distribución del clima en el territorio es, en general, tipo seco y semiseco en la Sierra Madre Occidental (48%), muy seco en las zonas de la Llanuras Costeras del Golfo (46.5%), templado subhúmedo (4%) en la zona este del estado, y cálido subhúmedo (1.5%) en la región sureste. Asimismo, los climas pueden subdividirse de manera más específica en los subtipos que se describen en las Figuras 9 y 10.

¹⁵ Para la realización de este apartado se contó con la colaboración del Dr. Carlos Lizama Cáliva de la Universidad de Sonora, mediante la realización de un reporte interno con las determinaciones indicadas (Ruvalas, 2021).



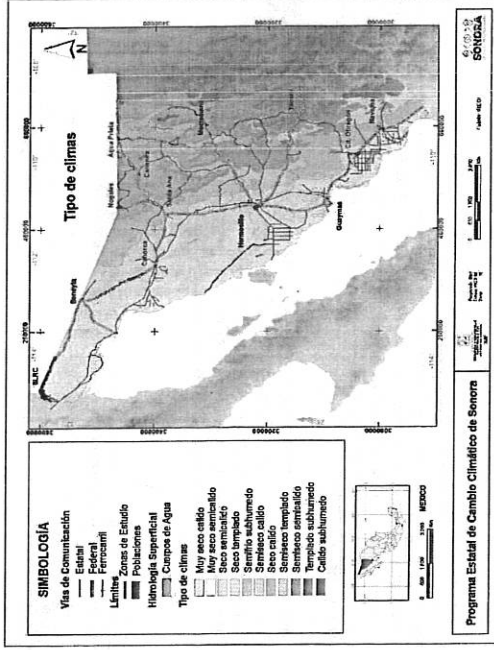
Figura 9. Sonora: Análisis de la exposición de los municipios



Fuente: Monterroso, et. al. (2014)



Figura 10. Sonora: Tipos de Climas



Fuente: INEGI (2006; 2008).



53

SONORA GOBIERNO ESTADAL

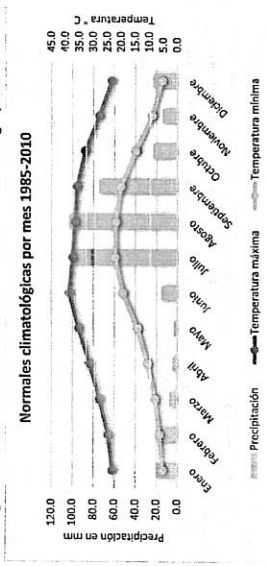
¹⁶ El periodo de análisis de 1981 al 2010, es el recomendado por la Organización Meteorológica Mundial, como el periodo vigente de las normales climatológicas para la realización de diagnósticos y la creación de escenarios de cambio climático (Vázquez, et al., 2019).



54

SONORA GOBIERNO ESTADAL

Figura 11. Sonora: Promedio mensual de las normales climatológicas, 1985-2010



Fuente: Elaboración propia con datos de INECC (2013).

Al revisar la tendencia de temperatura máxima y mínima, así como de la precipitación acumulada entre los años 1985-2010, de acuerdo al comportamiento histórico de los datos, permite observar un comportamiento de incremento en las 3 variables; mostrando una tendencia de temperatura máxima (+0.023 °C/año) y temperatura mínima (+0.047 °C/año) significativas, mientras que el incremento de precipitación (+1.069 mm/año) no es significativa.

Por lo tanto, es importante subrayar que para el periodo de 1985-2010 en el estado de Sonora las temperaturas máximas y mínimas están siendo más cálidas, mientras que en los volúmenes de precipitación anual no existen cambios significativos, pero si en el número de eventos presentados.



55

SONORA GOBIERNO ESTADAL

3.2.1.1.2. Precipitación

Según los datos del SMN,¹⁷ la cantidad de precipitación es muy variada en Sonora; el municipio de San Luis Río Colorado es el que en promedio recibe menos precipitación al año (6.1 mm) y el municipio de Yécora es el que recibe mayor precipitación (912.05 mm).

La costa norte y central del Golfo de California, parte del desierto sonorense es donde se recibe la menor precipitación (Puerto Peñasco 58.36 mm, Costa de Hermosillo 164.23 mm, Guaymas 267.80 mm). Mientras de los municipios de la Sierra Sonorense reciben la mayor cantidad de precipitación, así los municipios de Agua Prieta registran un promedio anual de 346.47 mm, Moctezuma con 529.71 mm, Shuaripa con 631.04 mm, Yécora con 912.05 mm y Álamos con 675.26 mm. La distribución espacial de la media anual acumulada de la precipitación se presenta en la Figura 13.

Un análisis más detallado en el tema de la precipitación muestra que el mayor volumen de lluvia ocurre en los meses de julio, agosto y septiembre debido al fenómeno característico del noroeste de México, llamado Sistema Monzón Norteamericano (NAMS, por sus siglas en Inglés) con una precipitación media estatal de 450 mm anuales. Algunas precipitaciones ocasionales en los meses de septiembre y octubre pueden deberse a restos de tormentas tropicales formadas en el Pacífico Central. Las precipitaciones en los meses de invierno (diciembre, enero y febrero) son ocasionadas por sistemas que se forman en el Pacífico Norte, pero con menor aportación.

Esporádicamente se han registrado volúmenes máximos de precipitación como en los años 1990, 2004 y 2015; dónde se obtuvieron volúmenes del 20 al 25% por encima del promedio anual habitual. En la Figura 12 se muestra la precipitación promedio anual durante el periodo de 1985 al 2018.

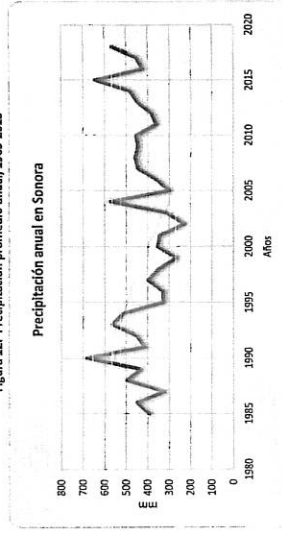
¹⁷ Para la realización de los análisis de este apartado se contó con la colaboración del Dr. Carlos Lizárraga Calaya de la Universidad de Sonora, mediante la realización de un reporte interno con las determinaciones e interpolaciones indicadas (Ruelas, 2021).



56

SONORA GOBIERNO ESTADAL

Figura 12. Precipitación promedio anual, 1985-2018



Fuente: Elaboración propia con datos de INECC (2019).

La distribución espacial del promedio anual de precipitación acumulada²⁴ para el periodo de 1981 al 2010, así como la distribución espacial para los meses de junio a septiembre según los datos de las estaciones meteorológicas del SMN, se puede observar en la Figura 13.

3.2.1.1.3. Temperatura

Según los compendios geográficos de INEGI (2000a, 2000b), Sonora ha registrado una temperatura media anual de alrededor de los 22 °C, presentando una temperatura máxima promedio de 38 °C predominante en los meses de junio y julio, y una temperatura mínima promedio de 5 °C en el mes de enero; sin embargo el análisis a través del tiempo indica que las temperaturas son muy variadas y extremas según la región fisiográfica, por lo tanto con fines de entendimiento del fenómeno del cambio climático es importante examinar los límites extremos tanto de máximas como mínimas. En las Figuras 14, 15 y 16, se muestra la distribución espacial de distintas interpolaciones sobre la temperatura promedio anual en Sonora.

²⁴ El promedio acumulado de la cantidad de lluvia que se precipita sobre una superficie se mide en mm, entonces 1 mm de lluvia equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado (L / m²).

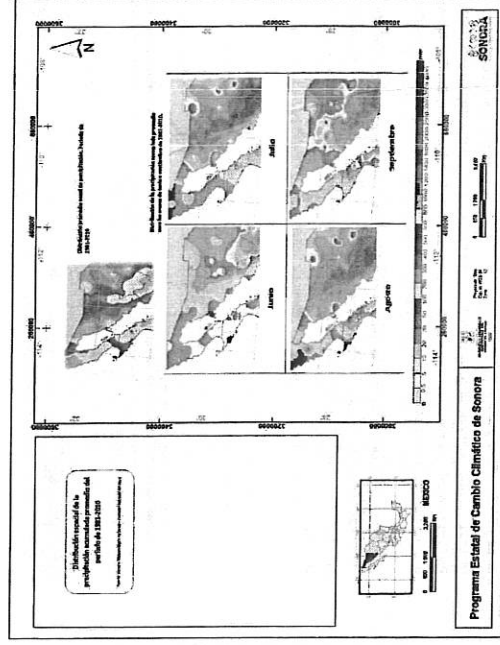


Figura 13. Distribución espacial de la precipitación acumulada promedio, 1981-2010

Fuente: CONAGUA (2021).

Figura 14. Distribución espacial de las temperaturas máximas promedio, 1981 -2010.

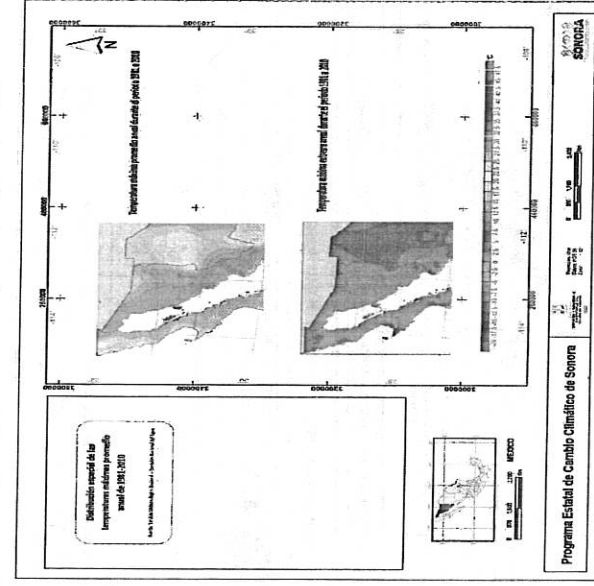
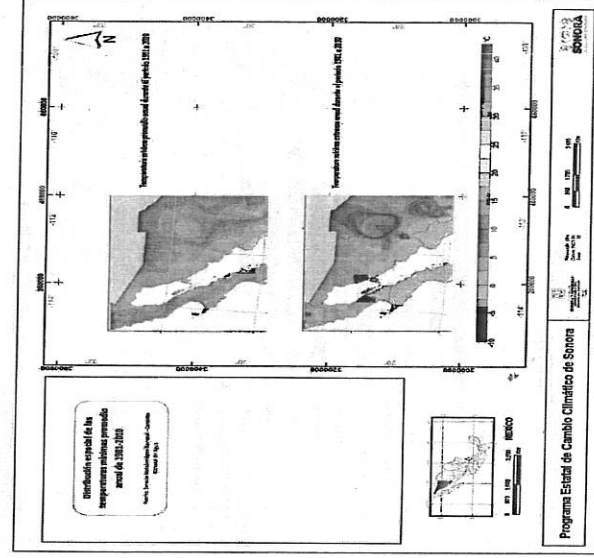
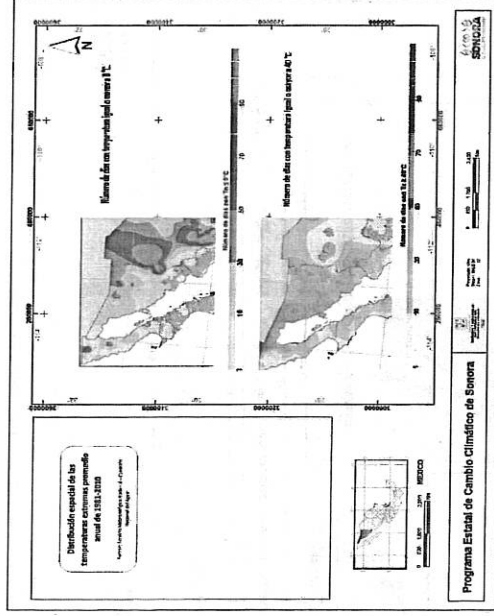


Figura 15. Distribución espacial de las temperaturas mínimas promedio, 1981 -2010.



Fuente: CONAGUA (2021).

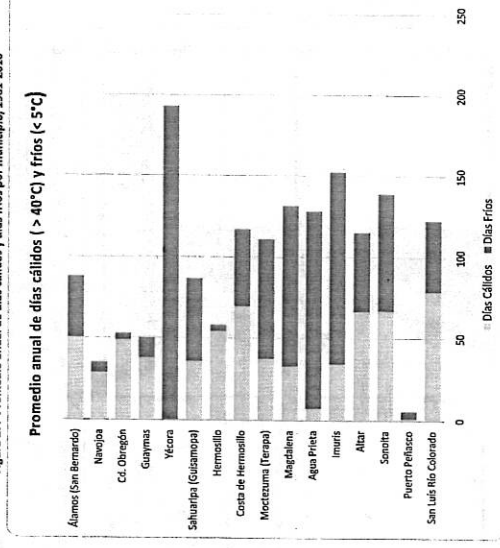
Figura 16. Distribución espacial de temperaturas extremas, 1981-2010.



Fuente: CONAGUA (2021).

De manera similar a partir de un análisis de los datos del Servicio Meteorológico Nacional para el periodo 1981-2010, se calcula el promedio de las temperaturas máximas y mínimas diarias durante el periodo 1981-2010 para municipios representativos de Sonora. El análisis destaca el promedio del número días por año con temperaturas máximas mayores a 40 °C (días cálidos) y temperaturas mínimas menores a 5 °C (días fríos) para algunos municipios, lo que se indica en la Figura 17.

Figura 17. Promedio anual de días cálidos (> 40°C) y fríos (< 5°C)



Fuente: CONAGUA (2021).

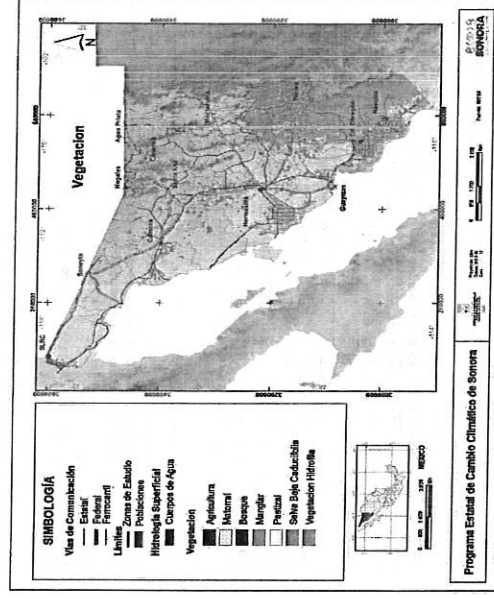
De acuerdo con los cálculos realizados, los municipios que han registrado más de 60 días al año con temperaturas máximas arriba de 40 °C son San Luis Río Colorado (78.75 días), Sonoyta – Plutarco Elías Calles (66.69 días), Altar (66.48 días), y la Costa de Hermosillo - Hermosillo (69.75 días). Por otro lado, resaltan 3 municipios con al menos 100 días fríos en promedio al año, los cuales son Imuris (118.10 días), Agua Prieta (121.24 días) y Yécora (193.06 días). De donde podemos observar que los días con temperaturas cálidas tienen una tendencia a incrementar en Sonora.

3.2.1.1.4. Vegetación en Sonora

La vegetación en Sonora está compuesta por "diferentes asociaciones vegetales" (SEMARNAT y CEDES, 2010). Los grupos de vegetación y su posible categoría de uso por la cobertura de suelo, más importantes son matorrales que cubren casi 49.93% de la superficie del estado pues su distribución espacial es en zonas áridas y semiáridas; la selva baja caducifolia con una superficie que alcanza 18.02%, mientras que los pastizales se localizan en 12.79%, la superficie de bosque cubre 10.64% y agricultura (de riego y de temporal) se ubica en 6.51% del área estatal, área sin vegetación aparente 0.89%, especial (utilidad de leña, tipo de vegetación mezquite según su nombre local) 0.51%, vegetación hidrófila 0.30% y desprovista de vegetación 0.01% (INEGI, 2005). La distribución espacial de los tipos de vegetación puede observarse en la Figura 18.

La vegetación en las planicies de Sonora responde rápidamente a la precipitación en la estación húmeda. Esta etapa se distingue por el inicio de las precipitaciones a raíz del fenómeno del NAMS en la región sonorense, el cual es crítico para el funcionamiento y sustento de los ecosistemas, así como, también para abastecer las fuentes de agua para uso doméstico y agrícola. La vegetación en la región de influencia del NAMS cambia significativamente una vez iniciadas las lluvias de verano, lo que modifica los flujos superficiales de radiación, calor y humedad.¹⁹

Figura 18. Sonora: Mapa de la vegetación del estado



Fuente: INEGI (2005).

¹⁹ Documento interno de trabajo del Dr. Carlos Lizárraga Calaya de la Universidad de Sonora.

Cuadro 6. Sistema Monzón Norteamericano. Breve descripción

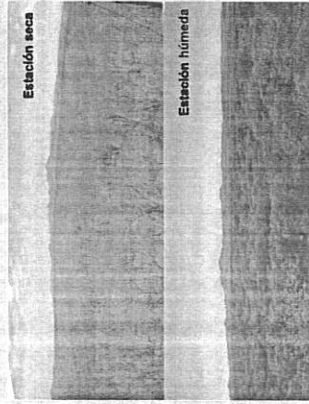
El clima en la temporada de verano en el Noroeste de México sufre alteraciones profundas de un año a otro por la presencia del Sistema del Monzón Norteamericano (Gutiérrez, 2011).

El Sistema del Monzón Norteamericano tiene como característica principal "el cambio abrupto en la climatología de la precipitación en el oeste de México entre los meses de junio y julio debido a que los vientos del suroeste llevan aire húmedo sobre las planicies costeras calientes y las laderas de la Sierra Madre Occidental, produciéndose lluvias abundantes por convección u orografía" (Lizárraga, Sabori, Rodríguez, et al., 2009).

El patrón climático del sistema del monzón puede resumirse como un sistema donde la precipitación de intensidad moderada ocurre un poco después del mediodía, frecuentemente en las partes altas de la ladera oeste de la Sierra Madre Occidental, más avanzada la tarde y entrada la noche, en las partes bajas, las precipitaciones son menos frecuentes, pero de mayor intensidad y por último, con menos frecuencia ocurren precipitaciones nocturnas o tempranas por las mañanas, producto de nubes poco profundas sobre las costas del Golfo de California.¹

En las siguientes imágenes se observa la modificación de la vegetación en las zonas de influencia del sistema (condiciones de la vegetación previo al monzón y después cuando el monzón está maduro).¹

Cambio vegetativo previo y durante el monzón: imagen comparativa



Fotos: Dr. Julio César Rodríguez, Universidad de Sonora.

1: Documento Interno de trabajo del Dr. Carlos Lizárraga Celaya de la Universidad de Sonora.

3.2.2. Evidencias del cambio climático, 1981- 2010

Al analizar los datos del periodo 1981-2010 contenidos en las bases de información del Servicio Meteorológico Nacional, se puede observar ligeras manifestaciones del cambio en el clima en la regularidad climatológica de los municipios de Sonora.²⁶ Al respecto, se encontraron cambios en el número de días cálidos con temperatura máxima mayor a 40 °C, días fríos con temperatura mínima menor a 5 °C y días con precipitación mayor de 1 mm.

Se realizó una interpolación basada en un modelo regresión lineal para cada conjunto de datos y se determinó la pendiente del ajuste para el periodo de referencia de 1981 al 2010, considerando que si la tendencia o la pendiente es positiva significa que el número de días cálidos en el municipio se incrementará, mientras si la pendiente es negativa, quiere decir que el número de días fríos en el municipio aumentará. En la Figura 19 se presentan los resultados de dicha interpolación.

En primera instancia, se analizan aquellos municipios (según la localización de las estaciones meteorológicas) en los cuales el número de días cálidos se está incrementando, es decir, en promedio cada año han incrementado los días cálidos, lo cual es un indicativo indirecto del incremento de la temperatura promedio global del planeta. Los hallazgos de los análisis realizados indican que aquellos municipios con un incremento en los días cálidos se muestran en el Cuadro 7.

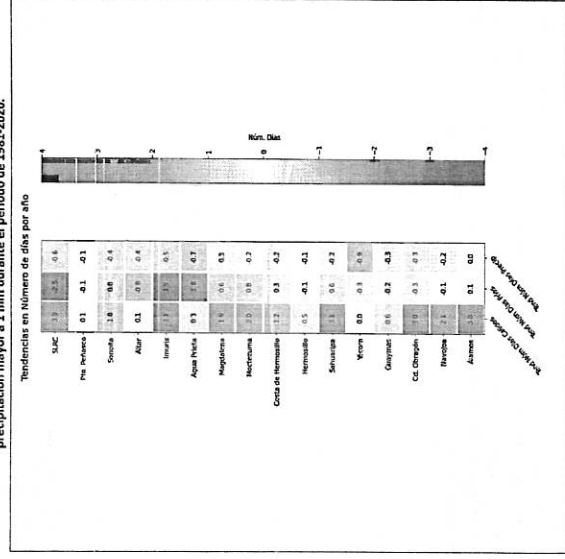
Cuadro 7. Municipios con tendencia a un incremento en días cálidos

Incremento de más de 3 días en días cálidos	Incremento de más de 2 y 3 días en días cálidos	Incremento de más de 1 y 2 días en días cálidos	No se observó cambio o tendencia significativa
San Luis Río Colorado Imuris Sahuaripa Cajeme Álamos	Moctezuma Navojoa	Plutarco Elías Calles Magdalena Hermosillo	Puerto Peñasco Altar Agua Prieta Yécora

Fuente: Elaboración propia a reporte interno de Dr. Carlos Lizárraga Celaya.

²⁶ La revisión sobre la evidencia de cambio climático mediante el análisis de las temperaturas fue realizado con la colaboración del Dr. Carlos Lizárraga Celaya de la Universidad de Sonora (Ruellas, 2021).

Figura 19. Tendencia en número de días por año para definir aquellos cálidos, fríos y días de precipitación mayor a 1 mm durante el periodo de 1981-2020.



Fuente: CONAGUA (2021).

En relación con las tendencias a la modificación de los días fríos, el único municipio donde se ha incrementado el número de días fríos es Imuris; en este municipio también se han incrementado el número de días cálidos, lo que puede indicar que el clima en esta región se está convirtiendo en más extremo.

Una menor o más seca humedad relativa puede explicarse por cambios en el uso de suelo o pérdida de vegetación en la zona, derivado de prácticas como el sobrepastoreo, praderas de buffel, entre otras; también se puede observar en la disminución del número de días con precipitación mayor de 1 mm.

El caso del municipio de San Luis Río Colorado ha perdido 2.5 días fríos al año, es decir la temperatura mínima ha estado aumentando y rebasa los 5 °C. Además, el municipio se encuentra experimentando un incremento de 3.9 días cálidos/año, donde su temperatura máxima rebasa los 40 °C.

El municipio de Agua Prieta también ha venido perdiendo 1.8 días fríos por año, lo que significa que sus temperaturas mínimas se están incrementando; lo cual es una señal del calentamiento global. En situación similar podemos afirmar que esto sucede en mayor o menor grado, en los municipios de Altar, Hermosillo, Guaymas, Cajeme y Navojoa.

En todos los municipios donde están aumentando el número de días cálidos, como el número de días fríos, al tiempo en que se están disminuyendo el número de días con precipitación mayor a 1 mm, es una expresión que su clima se está volviendo más extremo; siendo el factor humedad del aire juega un rol importante. Este tipo de clima es característico de una zona árida o desértico, o bien una región en proceso de desertificación o acidificación. En este escenario se encuentran con mayor probabilidad de afectación los municipios de Plutarco Elías Calles (Sonora), Imuris, Agua Prieta, Moctezuma, Hermosillo y Sahuaripa.

En un panorama general, los modelos de cambio climático predicen que las zonas húmedas se volverán más húmedas y las zonas áridas, más áridas. Se puede esperar una intensificación y prolongación de los periodos de sequía en las zonas áridas, previendo que el recurso hídrico será cada vez más escaso. Lo que generará una presión adicional a los sistemas de agua; ya severamente estresados, y que estos exacerbarán las vulnerabilidades existentes relacionadas con el suministro y calidad del agua. Lo que a su vez y en efecto cascada, este estrés adicional desencadenará desafíos para la infraestructura energética, la agricultura y la seguridad alimentaria en la región.

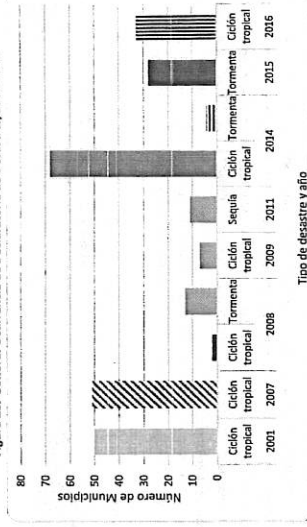
3.2.3. Eventos meteorológicos extremos en Sonora

Los modelos recientes del Panel Intergubernamental del Cambio Climático pronostican que los eventos extremos del clima como los huracanes de alta intensidad, las sequías prolongadas y las heladas severas se presentarán con mayor frecuencia en diversas regiones del mundo (Álvarez y Martínez-Yrizar, 2015).

Las diferencias en la vulnerabilidad y la exposición se derivan de factores distintos del clima (presencia de eventos intensos y extremos) y de desigualdades multidimensionales producidas a menudo por procesos de desarrollo no equitativos, que establecen condicionantes para la presencia de desastres, daños a la infraestructura, al patrimonio de la población y pérdidas de vidas humanas.

Los eventos meteorológicos reportados con declaratorias de desastre del 2000 al 2021, son las lluvias intensas, seguidas por los ciclones tropicales y las heladas (CENAPRED, 2021). De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2021), durante el periodo del 2000 al 2021 también se presentaron un total de 17 declaraciones de emergencia y desastre por bajas temperaturas en Sonora. El número de municipios afectados por la presencia de los fenómenos meteorológicos, se indica en la Figura 20, donde se observa que casi 100% del territorio sonorense ha sido afectado por algún fenómeno meteorológico extremo.

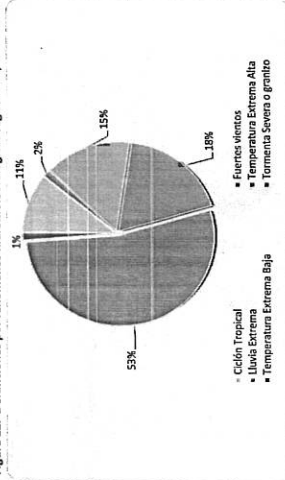
Figura 20. Sonora: Ocurrencia de Declaratoria de Desastres, 2001-2016



Fuente: INECC (2019).

Durante el periodo de 2000 al 2017, se observó que 27,185 viviendas en Sonora fueron afectadas por fenómenos hidrometeorológicos, en su mayoría por ciclones tropicales y lluvias intensas. Del mismo modo, se reportaron 189 defunciones vinculadas a estos fenómenos, de las cuales 53% estuvieron vinculadas a la presencia de temperaturas extremas bajas y temperatura extrema alta (CENAPRED, 2021).

Figura 21. Defunciones por fenómenos hidrometeorológicos registrados, 2000-2015



Fuente: CENAPRED (2017).

De acuerdo con el CENAPRED (2017), los vínculos existentes entre la cantidad de defunciones en el periodo de 2000 al 2017, relacionadas a la temperatura extrema baja, se deben en su mayor parte por la intoxicación por monóxido de carbono y/o otros gases; éstas derivadas por las malas prácticas generadas por la población para el calentamiento de espacios en las viviendas. Asimismo, a este fenómeno también está ligado a muertes por hipotermia y quemaduras.

Mientras que las defunciones vinculadas a la temperatura extrema alta en Sonora son derivadas en su gran mayoría de muertes por golpe de calor; de donde podemos destacar al municipio de Hermosillo, que durante el periodo del 2002 al 2010, fue la segunda ciudad de México con mayor número de fallecimientos por calor natural excesivo (Díaz, Castro y Aranda, 2014).

En 2018 en Sonora se registraron 9 declaratorias de emergencias y 3 de desastres, se calcula que más de un millón de personas fueron las afectadas en todos los municipios del estado, en un solo año se registraron más declaratorias pues en el periodo del 2015 al 2017 se registraron 11 declaratorias (BOE, 2019: 21).

Sonora sufrió la embestida del huracán Marty en septiembre de 2015 provocando inundaciones y daño en la infraestructura del Puerto de Guaymas pues en un lapso de dos horas el acumulado de las precipitaciones fue de 108 mm (BOE, 2019: 21).

Aun cuando no siempre es catalogada como desastre o emergencia, la sequía, es un fenómeno recurrente en Sonora. Como se mencionó anteriormente, el aumento de temperatura de la atmósfera por el cambio climático, inducido por las actividades antropogénicas, provocará que la humedad relativa del aire disminuya ocasionado aire seco y caliente. En términos generales, "una sequía se define como un déficit significativo en la disponibilidad de agua debido a lluvias menores que lo normal" (Bravo, Castellanos y Doode, 2010: 213). En el caso de la sequía meteorológica, se cataloga "como una situación caracterizada por la ausencia prolongada de lluvias en periodos que normalmente serían lluviosos, dicha sequía puede convertirse en sequía hidrológica cuando se abaten los escurrimientos superficiales, los embalses y los acuíferos" (idem).

En particular en Sonora, las sequías siempre han presentado retos para la gestión de recursos hídricos, la disminución de precipitaciones y aumento de temperaturas que impactan directamente a las presas de almacenamiento y cuerpos de agua en general; entre 1999 y 2012 se reportaron 6 casos de sequía prolongada atípica y de sequía severa, de los cuales, solamente los reportados durante el 2011 fueron declarados como desastre en los municipios de Arizpe, Bacoachi, Caborca, Cananea, Imuris, Magdalena, Nogales, Pitiquito, Santa Cruz, Santa Ana y Cucurpe; ésto con el fin de asegurar agua potable para su abastecimiento -Programa Estatal de Protección Civil 2015-2018 (BOE, 2019):²¹

Según el Programa Estatal de Protección Civil de Sonora (2019-2021), otro fenómeno meteorológico que se experimenta en el estado son las heladas y las nevadas; estos eventos son recurrentes en la región norte, noreste y oriente y son las zonas donde causan mayor afectación a la población y a las actividades económicas; mientras que las afectaciones son esporádicas en los valles agrícolas de las zonas costeras (BOE, 2019: 25).

²¹ Citado en reporte interno relacionado con las evidencias de cambio climático en Sonora realizado por el Dr. Carlos Lizárraga Calaya de la Universidad de Sonora.

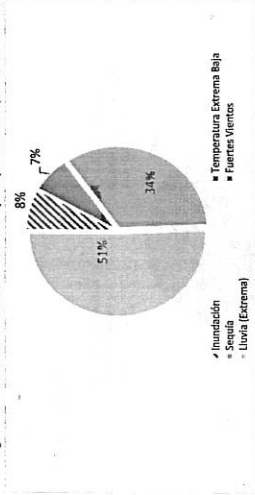
Los registros de la Coordinación Estatal de Protección Civil indican que las nevadas se presentan de 1 a 4 días por año; pero en la región sur de Nacoarari y Bacadéhuachi, así como una parte del municipio de Yécora, las nevadas ocurren por más de 4 días (BOE, 2019: 25).

Los impactos más comunes originados por las nevadas son los cortes al tránsito vehicular en las carreteras, principalmente en los tramos federales de Agua Prieta- Janos, e Imuris-Cananea, dónde el varamiento de automóviles y de personas en condiciones de bajas temperaturas es el mayor de los riesgos causados por este fenómeno (BOE, 2019: 25).

La inacción ante el cambio climático, conducirá a un aumento general de la severidad de las sequías, debido a los efectos combinados de la reducción de las precipitaciones y el incremento de la evapotranspiración. Lo que elevará de manera significativa los costos económicos del cambio climático en nuestra región y pondría en riesgo la seguridad alimentaria.

Los registros de CENAPRED (2017) indican que los costos derivados de la presencia de fenómenos como ciclones tropicales, inundaciones, sequías, temperaturas extremas y lluvias en Sonora alcanzaron los \$4,375.15 millones de pesos durante de 2000 al 2015, estos costos incluyen la cuantificación de los daños causados y la puesta en marcha de medidas de atención a la contingencia. En la Figura 22, se muestra la distribución de los costos causados por la presencia de eventos hidrometeorológicos.

Figura 22. Distribución de los costos totales por tipo de evento, 2000-2015*



*Excluyendo ciclones tropicales.

Fuente: CENAPRED, 2017

3.2.4. Escenarios de cambio climático en Sonora

Los escenarios de cambio climático²² son una representación del clima futuro (NECC, 2016; Vázquez, et. al., 2019) y que para su construcción se basan en un conjunto coherente de relaciones climatológicas y de previsiones de la evolución del comportamiento productivo y económico de la sociedad, y con frecuencia son utilizados para simular las consecuencias de los impactos generados por las modificaciones del clima (idem.).

Es importante aclarar que los escenarios climáticos no son pronósticos climáticos, ya que cada escenario es una alternativa sobre cómo se podría comportar el clima en el futuro, normalmente las escalas de tiempo de cambio climático son mayores a los 30 años y no son específicos para una categoría en particular dado que no es posible determinar con certeza las contribuciones antropogénicas de gases de efecto invernadero, entre otros temas (Vázquez, et. al., 2019).

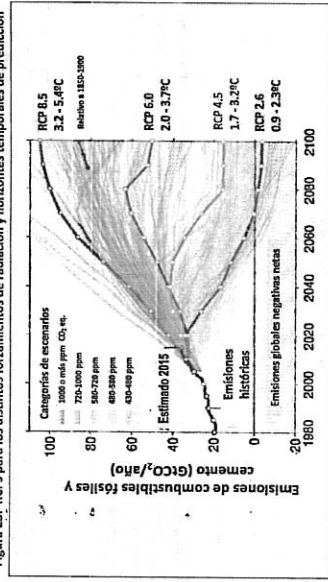
Para la realización de las predicciones climáticas de largo plazo se recurre a modelos climáticos acoplados que integra todos los componentes del sistema climático, para lo cual investigadores y académicos han realizado diferentes acercamientos para reducir la certidumbre en las proyecciones del clima en el futuro; actualmente, los modelos y los experimentos de predicción y simulación del clima han madurado a la quinta generación y han incluido "distintas variaciones a causa de sus forzamientos en el balance de la radiación del planeta, por presentarse diferentes tasas de emisiones de gases de efecto invernadero y sus concentraciones específicas, las cuales son conocidas como Trayectorias Representativas de Concentración o RCPs"²³ (siglas en inglés) (Vázquez, et. al., 2019).

Una Trayectoria de Concentración Representativa (RCPs) es una medida acumulativa de las emisiones de gases de efecto invernadero de todas las fuentes emisoras antropogénicas (IPCC, 2014). En términos generales, las RCPs son uno de los mecanismos aceptados para describir las proyecciones y repercusiones del cambio climático. En la Figura 23, se muestran los escenarios de aumento de la temperatura del planeta según una trayectoria modelada de concentración de emisiones.

²² La realización de los escenarios de cambio climático mediante el análisis de las temperaturas y precipitación según las trayectorias de referencia fue realizado con la colaboración del Dr. Carlos Lizárraga Celaya de la Universidad de Sonora (Huelas, 2021).

²³ La unidad de medida del RCPs es Watts por metro cuadrado y son consultados para representar una amplia gama de resultados climáticos, basados en una revisión de la literatura (IPCC, 2014).

Figura 23. RCPs para los distintos forzamientos de radiación y horizontes temporales de predicción



Fuente: Clark (2020).

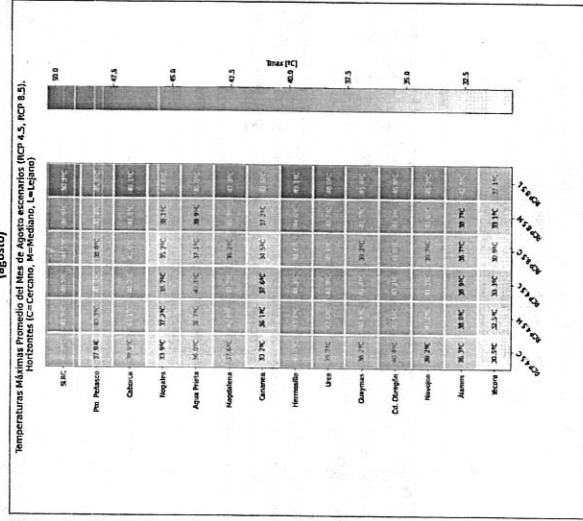
Las RCPs parten de un período histórico y tienen 3 escalas temporales, el futuro cercano, es decir, en un horizonte temporal de 2015 a 2039; el futuro lejano, estimado en un horizonte temporal de 2075 a 2099; el tercer escenario, corresponde al futuro medio, en un horizonte de 2045 a 2069, sin embargo, éste último ensamble no se realizó para en este documento.

Para la realización de los escenarios de cambio climático del PECCS se consultaron los escenarios publicados en el Atlas Climático del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, en particular se seleccionó el modelo GFDL-CM3 para extraer la información de los diferentes municipios del estado de Sonora.

En el Atlas Climático se encuentran 2 escenarios: a) el escenario deseable RCP 4.5, donde se planea una reducción de las emisiones de gases hasta alcanzar cero emisiones (tendencia estable), y b) el escenario catastrófico, RCP 8.5, donde no se realiza ningún plan para reducir las emisiones de gases tipo invernadero y muestra una tendencia creciente en la emisión de GtCEI a la atmósfera (situación "business as usual"). Adicionalmente, se consideran 3 horizontes temporales: 1) horizonte cercano 2015-2039, 2) horizonte medio 2045-2069 y 3) horizonte lejano 2075-2099.

En cualquiera de los escenarios, la temperatura máxima promedio se incrementa a consecuencia del calentamiento global. El incremento de las temperaturas máximas promedio no refleja las temperaturas máximas extremas mayores, producto de la propia variabilidad del clima. Es posible que los sectores de la población más vulnerables (niños y adultos mayores) sean afectados con mayor grado o los sectores de la población en las zonas de marginación social, si no cuentan con acceso a infraestructura adecuada para poder adaptarse. En la Figura 24, se presentan los escenarios de temperatura máxima para algunos municipios de Sonora, donde se observa un aumento de la misma durante el mes de agosto.

Figura 24. Sonora: Escenarios de temperatura máxima promedio en municipios seleccionados (agosto)

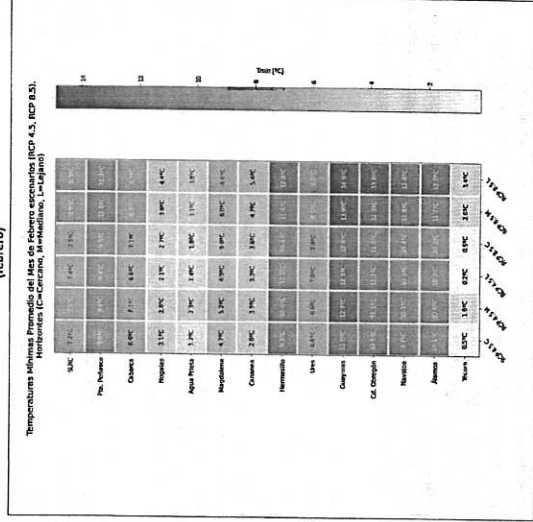


Fuente: Elaboración propia con datos UNAM (2021).

De forma similar se encuentran las temperaturas mínimas promedio en el mes de febrero, bajo los dos escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 en los 3 horizontes de tiempo. En este escenario, se puede observar que las temperaturas mínimas promedio también se incrementarán en cualquiera de los dos escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5.

El incremento de las temperaturas mínimas puede ser un problema para la vegetación y bajo rendimiento agrícola. La temporada de frío se acortará, por lo cual la temporada de calor se extenderá en los meses consiguientes. Los escenarios de temperatura mínima durante el mes de febrero en algunos municipios de Sonora, se señala en la Figura 25.

Figura 25. Sonora: Escenarios de temperatura mínima promedio en municipios seleccionados (febrero)

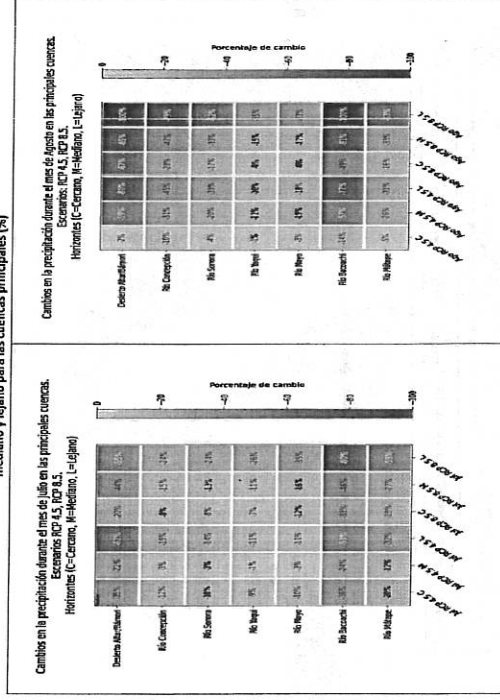


Fuente: Elaboración propia con datos UNAM (2021).

En relación a los escenarios de variación en la precipitación para Sonora con respecto al promedio del periodo de 1981-2000, se advierten impactos poco alentadores pues se observan porcentajes de disminución en el volumen de lluvia para los 3 horizontes de tiempo previstos y en los dos escenarios de trayectorias emisiones (RCP 4.5 y RCP 8.5).

Los resultados de la corrida en este modelo indican que los cambios son negativos, es decir, la precipitación disminuirá en todas las cuencas de Sonora. Las cuencas hidrográficas que podrían presentar mayores cambios son las del Desierto de Altar/Báimori, Río Concepción, Río Bacoachi y Río Matape, que abarcan las planicies y zonas desérticas de la Costa de Sonora. Por otro lado, las cuencas del Río Sonora, Río Yaqui y Río Mayo también se prevé que se experimentarán reducciones en el volumen de precipitación de una manera significativa. De esta manera, en los escenarios del RCP 8.5, en el tema de la precipitación no son muy alentadores en ninguno de los 3 horizontes considerados.

Figura 26. Sonora: Cambio en la precipitación en los meses de julio y agosto en escenarios con RCP 4.5 y 8.5 en horizontes cercano, mediano y lejano para las cuencas principales (%)



Fuente: Elaboración propia con datos UNAM (2021).

3.2.5. Sensibilidad climática para Sonora

Para conocer sobre la situación de la sensibilidad climática en Sonora, se recurre a los hallazgos publicados en el documento Vulnerabilidad y Adaptación a los Efectos del Cambio Climático en México (Monterroso, et. al., 2014). En este sentido, se entiende por sensibilidad a "el grado en que un sistema es afectado por la variabilidad climática debido a las características que lo definen" (Vázquez, et. al., 2019).

La sensibilidad climática denota que un sistema o región en particular cuenta con características o condiciones que lo colocan con potencial de ser afectado o perjudicado por factores climáticos que alteran su comportamiento en equilibrio (Monterroso, et. al., 2014). La construcción sobre el índice de sensibilidad climática se realizó tomando como unidad básica la división municipal de Sonora y se integró de 9 variables en 3 componentes principales: población, salud y sector productivo, después de una estandarización de los resultados, se realizó la clasificación de cada uno de los municipios según el índice de sensibilidad obtenido.²⁴

Se observa que los municipios de Sonora se encuentran clasificados con categorías "baja y muy baja" en el índice de sensibilidad climática (Monterroso, Fernández, Trejo, et. al., 2014). Ello significa que 45 municipios, donde radica 74% de la población en el estado tienen sensibilidad climática "baja" por afectación de algún disturbio hidrometeorológico en sus condiciones socioeconómicas y de salud.

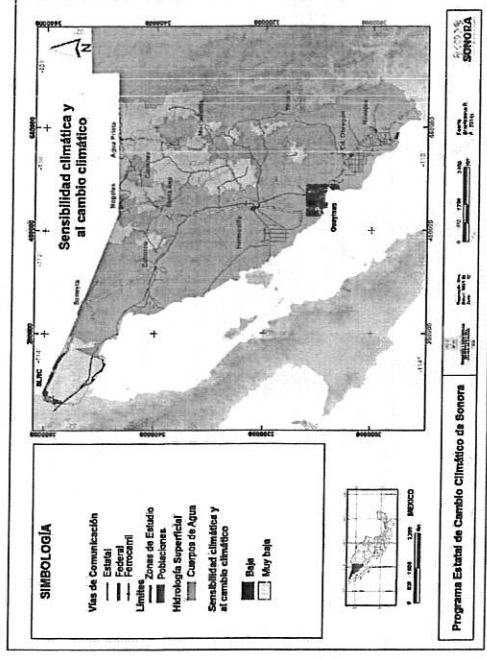
Los municipios con grado de sensibilidad climática "muy baja" son 27 y en estos se asienta 26% de la población total del estado y se localizan en su mayoría en el noreste de Sonora. En la Figura 27, se muestra la distribución geográfica de los índices de sensibilidad climática para Sonora.

Tomando en consideración estos resultados, es pertinente decir que las condiciones que caracterizan a la sensibilidad climática en Sonora deben de fortalecerse mediante la puesta en marcha de acciones orientadas para ello, lo cual implica la interacción de las autoridades gubernamentales, la sociedad civil y el sector productivo pues es preciso que las acciones climáticas sean concertadas e integradas a todos los niveles.

²⁴ Para la realización del índice de sensibilidad climática para México, las 5 categorías de clasificación son: muy alta, alta, media, baja y muy baja, para mayor información revisar a Monterroso, et. al., (2014).



Figura 27. Sonora: grado de sensibilidad climática



Fuente: Monterroso, Fernández, Trejo, et. al. (2014).



3.2.6. Capacidad adaptativa en Sonora

En relación a la evaluación del estado de la capacidad adaptativa a los impactos del cambio climático en Sonora, se recurre al estudio de Vulnerabilidad y Adaptación a los Efectos de Cambio Climático en México (Monterroso, et. al., 2014). La capacidad de adaptación es un pilar importante de la gestión pública enfocada a los mecanismos de prevención y de respuesta a los efectos del cambio climático.

La definición de capacidad adaptativa está referida a "las capacidades y recursos institucionales que permiten detonar procesos de adaptación para enfrentar una amenaza climática específica" (Vázquez, et. al., 2019). Es conveniente indicar que el análisis de la capacidad adaptativa debe incluir los instrumentos o esquemas de respuesta e involucramiento institucional por parte del sector oficial a las anomalías climáticas específicas, pues aunque exista normatividad y política pública amplia, a veces resulta deficiente si no existe un lazo con la situación real y con las poblaciones en lo local (Ruiz, et. al., 2021).

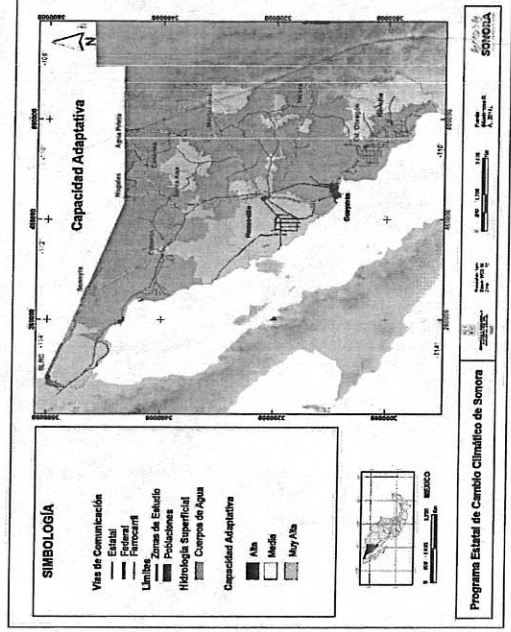
Para la evaluación de la capacidad adaptativa a nivel municipal se consideraron 16 variables organizadas en 4 dimensiones: capital humano, capital social, capital financiero y capital natural. Se ponderaron los resultados por municipio y se clasificaron en 5 categorías equitativas (muy baja, baja, media, alta y muy alta) (Monterroso, et. al., 2014: 26).

Según la revisión de los resultados obtenidos a nivel estatal, se muestra que la mayoría de los municipios, 55 de 72, tienen capacidad de adaptación "alta", lo que indica que tienen algún instrumento o reglamentación oficial en materia de prevención o de respuesta a los efectos del cambio climático, mientras que 12 municipios fueron clasificados como grado "medio", en referencia a la capacidad adaptativa donde se destacan Álamos y Rosarío (Monterroso et. al., 2014).

Idealmente, se detectó que 5 municipios fueron calificados con la categoría de "muy alta" (Monterroso, et. al., 2014). Lo anterior muestra que estos municipios cuentan con instrumentos desarrollados y particulares tanto de regulación, prevención y de respuesta ante la presencia de fenómenos de cambio climático; entre estos municipios se destacan Hermosillo y San Luis Río Colorado. La distribución geográfica de la clasificación de los municipios por su capacidad adaptativa se puede observar en la Figura 28.



Figura 28. Sonora: Capacidad Adaptativa



Fuente: Monterroso, Fernández, Trejo, et. al. (2014)



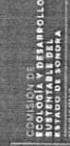
El análisis de vulnerabilidades deja claro que tanto el proceso de adaptación como el de mitigación al cambio climático constituyen un desafío y demandan un alto grado de compromiso de los sectores responsables: sociedad, gobierno, sector productivo, academia. La puesta en marcha de acciones para reducir la vulnerabilidad de la población y minimizar el riesgo de desastres o emergencias por la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos es imperante. Asimismo, son requisitos básicos para atender de manera puntual las metas y acciones que el programa estatal de acción ante el cambio climático suscribe y que se detallarán de forma puntual en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

METAS Y ACCIONES PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



85



85



4. METAS Y ACCIONES PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Presentación

El propósito del *Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora (PECCS)* es establecer e institucionalizar acciones conjuntas entre los diferentes sectores para enfrentar el cambio climático y sus consecuencias. Las acciones climáticas propuestas brindan la oportunidad de aumentar el bienestar y reducir tanto la vulnerabilidad social como la ambiental de la población del estado.

La integración y la implementación de las metas y las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático permitirán sentar las bases para la reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero de forma sistemática por los sectores involucrados, a la vez que se construyen escenarios de adaptación y resiliencia a nivel estatal y local.

Con base a lo anterior, los principios generales que orientaron el establecimiento de metas y acciones son los siguientes:

1. Acrecentar la capacidad de resiliencia mediante medidas de adaptación y el fortalecimiento de las capacidades institucionales.
2. Mitigar emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.
3. Fomentar acciones sectoriales y regionales por amenazas y factores de riesgo puntuales y la reducción de vulnerabilidad actual.

4.1. Metas de reducción de emisiones del estado de Sonora

Como se mencionó anteriormente y con base en la información contenida en la actualización del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Sonora de 2018, se reporta que el volumen de emisión de GYCEI alcanzó la cifra de 20.26 millones de toneladas métricas de CO₂e, cabe resaltar, que el sector energía y el sector transporte son los que más contribuyeron al volumen emitido, con 66.7% del total generado (CEDES, 2018).

Las metas de reducción de emisiones para Sonora se implantaron en 2018 (MOU CEDES y Under2, 2018), y están alineadas al compromiso general de adquirido por México como país, de mitigar 22% de las emisiones de GEI para 2030, según lo establecido en la *Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés)*.



87



Atendiendo lo anterior, el compromiso estatal es la reducción de 22% de emisiones de GEI y contaminantes climáticos de corta duración para 2030, lo que significa que un volumen de 4.45 MtMCO₂e se dejarán de liberar a la atmósfera.

Adicionalmente es importante mencionar que el estado de Sonora cuenta con convenios internacionales como el que se firmó en el 2018 con la Coalición Under 2, en el cual se adoptó la meta de reducir las emisiones en un rango de 80-95% para año el 2050, o bien limitarlas a 2 toneladas métricas de CO₂e per cápita (MOU CEDES y Under2, 2018).

4.2. Criterios metodológicos para la definición de acciones climáticas

Para el establecimiento de las metas y las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en Sonora, se llevó a cabo la ejecución de un proceso de consulta y participación de expertos, siguiendo el esquema propuesto por la Metodología de Priorización de Medidas de Adaptación frente al Cambio Climático (Zorrilla y Kuhlman, 2015) del *Proyecto Alianza Mexicana-Alemana en Cambio Climático*. Es importante notar que durante la aplicación del proceso, el procedimiento metodológico fue modificado para solventar situaciones de falta de información precisa y actualizada.

Esta metodología²⁴ incluye la revisión de un catálogo amplio²⁵ de medidas de adaptación y mitigación; de acuerdo a este método de acercamiento, las acciones climáticas sugeridas pueden clasificarse en blandas o habilitadoras, o bien duras o de intervención directa en el territorio; para que así cada medida en lo específico y en su implementación conjunta, tienen impactos diferenciados en la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático (Zorrilla y Kuhlman, 2015).

²⁴ La metodología de selección y priorización de las medidas seleccionadas por el equipo responsable de este reporte se aplicó durante el periodo comprendido entre 2017 al mes de octubre de 2021; se respalda en el análisis del contexto local, la disponibilidad de información requerida por el procedimiento metodológico, también por efficientar los recursos tanto, humanos como materiales, pero sobre todo por garantizar un proceso transparente en la selección y priorización de acciones climáticas por cada uno de los sectores considerados.

²⁵ El catálogo ampliado de medidas climáticas de adaptación y mitigación al cambio climático fue proporcionado directamente por el equipo especializado del Proyecto Alianza Mexicana-Alemana en Cambio Climático de la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GIZ) al equipo implementador de CEDES (Ruizías, 2021).



88



De este modo, la utilización del listado de medidas genéricas prevé que éstas pueden ser implementadas por los gobiernos subnacionales y locales según sus necesidades y el tipo de información disponible (Zorrilla y Kuhlman, 2015). Para el caso de Sonora, las medidas que se evaluaron fueron orientadas a 6 sectores principales, los cuales son: *energía (incluye sector transporte), industria, residuos y aguas residuales, uso de suelo y cambio en el uso de suelo, agrícola y transversal.*

El proceso de identificación y priorización de las acciones de mitigación y de adaptación al cambio climático a nivel estatal fue abordado mediante un proceso de consulta participativo de carácter cualitativo, mediante la organización de 3 talleres.²⁷ En este caso, se contó con la colaboración de un equipo implementador liderado por CEDES el cual dirigió el proceso de consulta con actores durante la realización de los talleres.

Se contó con la participación de diferentes actores conformados con expertos locales y regionales, que incluyen autoridades municipales y estatales, académicas e investigadores, empresarios y miembros de organizaciones de la sociedad civil (Anexo I). En este proceso también se consultaron a los integrantes de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del estado de Sonora. Del mismo modo, para garantizar la certeza de las decisiones y acuerdos alcanzados durante el proceso, se instauró un comité de seguimiento que integró los resultados de la consulta, las ideas y las aportaciones de los expertos y los compromisos adquiridos por el grupo de trabajo implementador. Este comité también tuvo la tarea de revisar los avances alcanzados en el proceso y la retroalimentación de datos.

Con la aplicación de la metodología de selección y priorización seleccionada, en primera instancia se catalogaron un total de 36 acciones, las cuales fueron adaptadas a las particularidades de Sonora, pero una vez que se realizó el proceso de consulta con actores, se sumaron 18 acciones más, con lo cual el primer listado de medidas de acción climática para Sonora quedó integrado por un total de 54 acciones priorizadas, distribuidas entre los 6 sectores considerados.

²⁷ Las fechas de los talleres de consulta fueron: 15 de diciembre de 2020, 5 de marzo y 28 de abril de 2021 (Ruelas, 2021). En el Anexo I, incluye la relación de organismos y dependencias gubernamentales que participaron en la consulta.



89



En octubre de 2021, las 54 medidas climáticas seleccionadas fueron revisadas de nuevo, por expertos en cada uno de los sectores prioritarios. El propósito de esta segunda iteración fue examinar las acciones bajo la lupa de su aplicabilidad e implementación real para el estado. En este sentido, se buscó delimitar la acción climática, en cuanto a alcance y al cumplimiento de competencias y atribuciones legalmente vinculantes a nivel estatal, según el sector responsable de su programación, presupuestación y ejecución.²⁸

Esta revisión fue útil también para eliminar las incongruencias y contradicciones que pudieran presentarse entre las mismas acciones climáticas. El resultado de esta segunda revisión indica que las acciones climáticas que se integraron en el PECC serán en total 47 distribuidas para los 6 sectores de interés.

4.3. Acciones climáticas por sector

En este apartado se describirán las medidas de acción climática que integran cada sector. Las acciones climáticas están enfocadas en dos direcciones de incidencia: 1) la reducción de emisiones de GyCEI por los sectores claves y, 2) el fortalecimiento de los arreglos institucionales locales para aumentar la capacidad adaptativa y resiliencia en el contexto de cambio climático.

Las acciones climáticas relacionadas con la reducción de emisiones de sectores clave se fomentan mediante el desarrollo de política pública vinculante, la actualización de regulaciones y reglamentos locales, la realización de diagnósticos y estudios específicos, y la formulación de nuevos instrumentos económicos a distintos niveles. Mientras que el fortalecimiento de la capacidad de adaptación se relaciona con temas de intervención estratégica en la materia como sensibilización, construcción de esquemas de coordinación de actores, campaña de difusión, etc., con enfoque localizado en zonas vulnerables.

En los siguientes apartados se presentan las metas y acciones climáticas prioritarias para cada sector en lo particular.

²⁸ En la segunda revisión de las acciones climáticas se consultaron a 5 especialistas de la administración pública de los 3 niveles de gobierno en el ámbito de los sectores prioritarios involucrados en el PECC (octubre de 2021).



90



4.3.1. Sector energía

El consumo energético de las actividades económicas de Sonora es 1.6 veces mayor al promedio nacional, lo que repercute directamente en que la aportación de GyCEI por el sector energía sea 1.4 veces más en comparación de la media nacional, aunado a esto, el estado es "energéticamente dependiente de los combustibles fósiles" (GGGI, 2017: 10). Todas estas estadísticas contribuyen a un incremento acumulativo de las emisiones y la generación de contaminantes. Según las estimaciones realizadas para la actualización del inventario estatal de emisiones (2018), el volumen bruto de emisión de GyCEI del sector es 13.52 MMtCO₂e (CEDES, 2018). Los subsectores que forman parte de esta actividad, en orden de producción GyCEI son: transporte vía fuentes móviles, la generación de energía eléctrica por uso de combustibles fósiles y eficiencia energética en entornos residencial y comercial.

La meta general de acción climática del sector energía es la descarbonización en el proceso de generación y uso de energía eléctrica y la interdependencia energética. Mientras que los objetivos climáticos son:

- Fortalecer estrategias de uso de las energías renovables.
- Promover esquemas de eficiencia energética en vivienda y edificaciones.
- Impulsar el diseño de un sistema regulatorio que incluya cuestiones normativas e incentivos económicos.

Así, una vez aplicado el proceso de selección y preponderancia de acciones climáticas para el sector energético, se obtuvieron 8 acciones relevantes enmarcadas en los enfoques de mitigación y adaptación. La descripción de la acción climática y el sector ejecutor de la misma, se muestran en el Cuadro 8.

4.3.2. Sector industria

La actividad industrial en Sonora se caracteriza por tener una estructura diversificada que ha aportado con arriba de 40% PIB estatal en promedio durante la última década (Gobierno del estado de Sonora, 2017). Sin embargo, las operaciones del sector industrial se caracterizan por el poco aprovechamiento de sus subproductos residuales y un consumo energético intensivo.



91



Asimismo, en comparación con otros estados, Sonora mostró ser una entidad con muy poco presupuesto oficial destinado a las áreas de investigación y desarrollo tecnológico, pues solo aporta un promedio de 0.2% (GGGI, 2017: 12-13); esto repercute en no incorporación de esquemas eficientes que minimicen la generación de GyCEI y la adopción de mecanismos de adaptación frente a los impactos del cambio climático.

La cuantificación del volumen de emisiones de GyCEI del sector se estimó en 1.460 MMtCO₂e que representan 7.3% del total de emisiones anuales (CEDES y UNISON, 2018); se contabilizaron como emisiones directas, la generación de energía o calor, las reacciones químicas y fugas de procesos o equipos industriales que suceden dentro de las instalaciones, y estimaciones indirectas aquellas generadas fuera del sitio de producción (ídem.).

La meta general de acción climática para el sector industria es: impulsar la reducción del consumo de energía y materiales, y de aprovechamiento de residuos, en un sector industrial innovador e inclusivo. Tomando en cuenta lo anterior, los objetivos climáticos:

- Reducir el consumo final de la energía del sector industrial
- Fomentar el aprovechamiento de los subproductos residuales
- Desarrollar capacidades técnico-científicas en el sector industrial



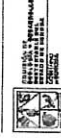
92



Cuadro 8. Sector energía: Resultados de la priorización de acciones climáticas

SUBSECTOR	SECTOR EJECUTOR	ACCIÓN CLIMÁTICA
Generación y uso de energía eléctrica	Sector industrial, comercial y residencial	Enfoque de Mitigación 1. Promover estrategias de uso de energías renovables para viviendas 2. Fomentar el uso y la generación de energías renovables mediante sistemas descentralizados tipo energía <i>off-grid</i> ; sistema independiente sin depender de uno o más servicios públicos. 3. Implementar esquemas de sistemas de eficiencia energética en los edificios del sector público. 4. Implementar un sistema de mejoramiento de rutas y ampliación del sistema de transporte público con enfoque de reducción de emisiones de GyCEI.
	Sector público	Enfoque de Mitigación 5. Implementar de esquemas para la movilidad intermodal en zonas estratégicas de las ciudades.
Transporte	Sector regulador del transporte	Enfoque de Adaptación 6. Diseñar mecanismos para el otorgamiento de incentivos fiscales estatales para la construcción de vivienda con ahorro de energía. 7. Promover apoyos económicos e incentivos y establecer los marcos regulatorios respectivos, para impulsar el empleo verde, acciones de eficiencia energética, modelos participativos de energía, autobastecimiento, entre otras acciones que ayuden a mitigar emisiones en el sector comercial e industrial. 8. Impulsar el impuesto sobre el carbono, definiendo sus lineamientos y regulaciones.
Medidas generales del sector energía	Sector de desarrollo urbano: nuevos desarrollos inmobiliarios e instalación de equipamiento urbano complementario Sector legislativo y fiscal	Enfoque de Adaptación 9. Promover programas de innovación, mediante el uso de tecnologías, productos y servicios relacionados con el crecimiento verde. 10. Fortalecer los vínculos universidad-industria para incrementar las capacidades en temas de investigación, desarrollo e implementación en la mejora de las cadenas de valor y procesos.

Fuente: Elaboración propia en base a la consulta de expertos.



93



En el Cuadro 9 se indican las 5 acciones climáticas resultantes del proceso de consulta de expertos en el sector industria, así como la priorización correspondiente.

SUBSECTOR	ACCIÓN CLIMÁTICA
Gestión integral de residuos de manejo especial	1. Desarrollar esquemas de aprovechamiento los residuos sólidos de manejo especial (subproductos residuales) en sistemas de valorización y reciclaje local. 2. Elaboración de diagnóstico integral para reducir la intensidad en el consumo de materiales en el sector gubernamental. 3. Promover el diseño de prácticas de reducción del consumo final de energía en las instalaciones industriales (ejemplos: campañas de educación ambiental, medición de huella de carbono, implementación de controles administrativos/ingeniería). 4. Impulsar programas de innovación, mediante el uso de tecnologías, productos y servicios relacionados con el crecimiento verde. 5. Fortalecer los vínculos universidad-industria para incrementar las capacidades en temas de investigación, desarrollo e implementación en la mejora de las cadenas de valor y procesos.
Desarrollo de capacidades técnico-científicas en el sector	Incrementar las capacidades en temas de investigación, desarrollo e implementación en la mejora de las cadenas de valor y procesos.

Fuente: Elaboración propia en base a la consulta de expertos.

4.3.3. Sector residuos sólidos y aguas residuales

En 2015 el volumen generado de residuos sólidos urbanos (RSU) alcanza la cifra de 1'064,340 toneladas en el estado (SEMARNAT, 2020), un incremento de 32% con relación a 2009. Mientras que el volumen de generación promedio *per capita* es de alrededor de 0.758 kg/día, incluyendo la generación de residuos de manejo especial (RME).²⁹

²⁹ El volumen fue estimado a partir de la actualización de los datos de población y vivienda de INEGI (2020).



94



Es importante señalar que la industria de reciclaje y valorización de subproductos de residuos no está desarrollada en Sonora, a pesar de contar con canales establecidos para el acopio y recolección de un alto volumen de residuos previamente separados.

Las emisiones de GyCEI del subsector de residuos sólidos se atribuyen en su mayoría a la inadecuada disposición final de los RSU en los rellenos sanitarios que son mal gestionados y/o con carencia de equipamiento de captura de gas metano, y en los basureros municipales no controlados. A lo anterior, se suma la quema de residuos en tiraderos a cielo abierto clandestinos.

Para el caso de aguas residuales, en Sonora existen 233 sistemas de tratamiento de agua negras, sin embargo, el 82% corresponde a lagunas de oxidación o estabilización con una remoción muy baja de contaminantes (CONAGUA, 2018). También se encontró que 12% de las localidades tratan las descargas con fosas sépticas y que solamente 6% de las instalaciones son mecanizadas al menos con tratamiento primario de remoción de sólidos y coliformes fecales (CEA, 2009: 13-14). Las plantas mecanizadas están instaladas en las ciudades de Hermosillo, Nogales, San Luis Río Colorado, Ciudad Obregón, San Pedro El Saucito, con un caudal de tratamiento de 6.46 m³/s (SEMARNAT y CONAGUA, 2018). La fuente de emisiones se debe a la carga orgánica contenida en las aguas negras o de drenaje; tanto de origen urbano como industrial, y por la utilización de sistemas de tratamiento rústicos y poco tecnificados para la remoción de contaminantes además de la acumulación de estas en lagunas de oxidación. En Sonora, la generación de GyCEI asociada al sector residuos se estima en 1.329 MtMCO₂ en promedio anual de emisión, siendo 6.5% del volumen total, según lo calculado en la actualización del inventario de emisiones respectivo (CEDES, 2018).

En el sector residuos y gestión de aguas residuales la meta de acción climática es promover el uso eficiente del agua y de materiales, en conjunto con la promoción de las prácticas de aprovechamiento integral de los recursos residuales. Bajo estas consideraciones, los objetivos de acción climática son:

- Promover mecanismos para el tratamiento adecuado y la reutilización de aguas residuales urbanas y mecanismos para su reutilización.
- Fomentar esquemas para la prevención en la generación y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.



95



Instrumentar un marco legal para limitar el uso de materiales y subproductos no degradable, así como mecanismos legales que fomenten la valorización, reuso u aprovechamiento de residuos en esquemas de economía circular local.

Las acciones climáticas resultantes de este sector y su respectiva priorización se muestran en el Cuadro 10.

4.3.4. Sector agropecuario

El sector agropecuario en Sonora tiene una aportación del 6% en el PIB estatal (GGG, 2017: 12). Es importante destacar que las actividades agropecuarias están vinculadas al sector exportador de México, en este sentido, el sector agrícola estatal contribuye con el 22% de la producción hortícola nacional destinada al mercado exterior, al igual que 65% de la producción ganadera, representados por la facturación de la venta de ganado en pie y en canal de especies porcinas y bovinas (CEDES, 2017).

La producción hortícola en Sonora ascendió a las 1'820,437 toneladas en 2015 por el cultivo y cosecha de más de veinte variedades distintas, entre ellas resalta la vid, espárrago, papa, sandía, calabacita, pepino y melón (CEDES, 2017). El estado de Sonora es la segunda entidad con mayor población ganadera porcícola del país con el 9% de participación, este sistema productivo cuenta con sistemas de producción tecnificados; concentrando 40% de la producción nacional junto con el estado de Jalisco, además, es el séptimo productor de carne a nivel nacional y cuenta con instalaciones productivas semi-tecnificadas de ganado bovino para la producción de leche (FIRCO, 2013). Pese a ser un sector importante tanto a nivel nacional como internacional, está "asociado a un consumo intensivo de recursos naturales para sus procesos productivos, y genera también cantidades significativas de residuos, como ejemplo, el sector agropecuario utiliza 87% del recurso y genera entre 1 a 1.5 millones de toneladas de desecho orgánico al año (GGG, 2017: 14).



96



Cuadro 10. Sector residuos y aguas residuales: Resultados de la priorización de acciones climáticas

SUBSECTOR	ACCIÓN CLIMÁTICA
Tratamiento de aguas residuales	1. Promover la instalación de nuevas tecnologías e infraestructura municipal para el tratamiento y reutilización de aguas residuales urbanas e industriales.
Gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial	2. Promover el desarrollo de reglamentación y regulación de la gestión integral de residuos sólidos y su disposición final a nivel municipal. 3. Crear un sistema de información estatal sobre la generación, disposición final y de valorización de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como proveedores de servicios relacionados. 4. Desarrollar un plan de difusión y concientización en materia de residuos sólidos dirigido a la ciudadanía para promover su participación en acciones de adaptación e impactos del cambio climático. 5. Adecuación del marco legal para desincentivar uso de materiales de un solo uso en productos comerciales. 6. Promover el sistema de registro de generadores de residuos de manejo especial. 7. Implementar programas de identificación y evaluación acerca de los sistemas de captura de biogás generado en los rellenos sanitarios y sitios de disposición final municipal. 8. Realizar el inventario de generación de sustratos orgánicos en Sonora para establecer esquemas de recirculación productiva. 9. Desarrollar un programa de aprovechamiento de los residuos agrícolas y excretas animales para la elaboración de mejoradores de suelo orgánicos 10. Fomentar la formulación de proyectos y estudios de evaluación para la generación de energía a partir de residuos orgánicos (<i>waste-to-energy</i>), acorde a las capacidades locales.
Gestión integral de residuos orgánicos de la industria de alimentos	

Fuente: Elaboración propia en base a la consulta de expertos.

Básicamente son dos tipos de residuos orgánicos generados por el sector agropecuario: variedades de estiércol y residuos agrícolas de hortalizas. Los residuos agrícolas se componen de 3 corrientes: mermas de cultivos (entre ellos el tazo) por no cumplir con estándares solicitados, ya sea durante la cosecha y la operación de empaque, adicionalmente se contabilizan las tarmas de madera que no son funcionales.

La contribución del sector agropecuario en la emisión de GYCEI es por el impacto de la fermentación entrérica de las variedades de estiércol (manejo inadecuado), el manejo de los suelos agrícolas, el uso de fertilizantes sintéticos y orgánicos, además de la quema a cielo abierto de los subproductos de los cultivos para la limpieza de los terrenos agrícolas.

La actualización del Inventario de emisiones de GYCEI señala que este sector en su conjunto genera el 8.5% del total de las emisiones generadas en Sonora, con un promedio anual de generación de 1.721 MMCO₂e (CEDES, 2018).

La meta general del sector agropecuario es: promover la implementación de medidas para eficientizar el aprovechamiento de los recursos, mientras se transita hacia sistemas agropecuarios bajos en carbono. Los objetivos de acción climática son:

- Impulsar prácticas agrícolas y ganaderas que promuevan la conservación de la tierra y agua
- Proveer al sector con tecnología eficiente relacionadas al uso energía.
- Promover las estrategias climáticamente inteligentes en las prácticas agropecuarias.

Después de la realización de la consulta con expertos, la lista resultante de acciones climáticas del sector agropecuario se señala en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Sector agropecuario: Resultados de la priorización de acciones climáticas

SUBSECTOR	ACCIÓN CLIMÁTICA
Reconversión productiva	1. Promover e incrementar el uso de energías renovables en el sector que pueden ser usadas en los sistemas de bombeo, operaciones productivas y transporte, como alternativa a las energías convencionales. 2. Desarrollar programas para Prácticas de Conservación de Suelo y Agua (CSA) y agroforestería para el secuestro y almacenamiento de carbono. 3. Identificar esquemas para aumentar el rendimiento por hectárea de las actividades productivas a través de procesos de producción y tecnologías más eficientes, modernas y de menor impacto ambiental. 4. Establecer líneas de investigación de medidas tecnológicas efectivas para contrarrestar los efectos por sequía y las problemáticas del recurso hídrico en Sonora.
Promover la implementación de sistemas agropecuarios bajos en carbono	5. Promover la introducción de prácticas de labranza de conservación y restauración de suelos en tierras agrícolas de riego, mediante el apoyo para la adquisición de maquinaria para labranza de conservación y prácticas sostenibles de temporal. 6. Implementación de estrategias de agricultura climáticamente inteligente tales como el uso de variedades de cultivo más eficaces y de monitoreo climático e hidrometeorológico. 7. Evaluar la incorporación de la adaptación ecosistémica en el ordenamiento ecológico territorial de Sonora, articulado con el sector USCUS, en temas de ganadería y uso del agua.

Fuente: Elaboración propia en base a la consulta de expertos.

4.3.5. Sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
El uso y aprovechamiento del suelo está articulado al funcionamiento de los ecosistemas y al desarrollo de los sectores productivos. La pérdida de la cobertura natural para uso productivo, sobre todo agrícola y ganadero se estimaron en un millón de hectáreas para 2010 (SEMARNAT y CEDES, 2010). Otros fenómenos que influyen en la pérdida productiva de suelo es la presencia de procesos de degradación³⁶ y erosión, que para 2012 se han estimado en 47'56,004.15 hectáreas (SEMARNAT, 2013). Lo que equivale a 26% del territorio estatal.

Este sector está estrechamente vinculado con el uso de recursos hídricos pues las actividades por las que se propone el cambio de uso de suelo son para uso agrícola, ganadero y urbano, teniendo como consecuencia un agravamiento de la problemática y escasez del agua y origen de conflictos socioambientales.

La versión más actualizada del inventario de emisiones (CEDES, 2018), reporta en el periodo 2003-2010 una absorción neta de -9.72237 MMCO₂e mientras que entre 2010 y 2016 se generó un total de 23.146 MMCO₂e de emisiones GYCEI, lo que representa 11% del total de emisiones de Sonora (CEDES, 2018).

La meta general de acción climática de este sector es promover y concertar el manejo adecuado de los suelos forestales e implantar mejoras en la gestión de áreas naturales protegidas de competencia de estatal. En este sentido, los objetivos primarios son:

- Fomentar y concertar la gestión del agua, el cuidado de las superficies forestales y el manejo de suelos destinados al sector ganadero.
- Mejorar gestión de las áreas naturales protegidas de competencia estatal mediante la implementación de acciones orientadas a la conservación de la biodiversidad vinculada cambio climático.

La priorización resultante de las acciones climáticas a realizarse dentro de este sector se indica en el Cuadro 12.

³⁶ Se entiende por degradación del suelo a procesos antropogénicos que provocan la disminución de la capacidad de soporte de las actividades humanas actuales o futuras por la alteración de su productividad biológica o biodiversidad (SEMARNAT, 2013:125).

Cuadro 12. Sector USUCCS: Resultados de la priorización de acciones climáticas

SUBSECTOR	ACCIÓN CLIMÁTICA
Gestión eficiente del agua	1. Promover y concertar la gestión del agua a nivel de cuencas hidrográficas para mantener la resiliencia de los ecosistemas y asegurar a largo plazo el abastecimiento del agua.
Implementar medidas de adaptación o mitigación orientadas a la conservación de la biodiversidad	2. Consolidar los programas de manejo en las áreas naturales protegidas de competencia estatal. 3. Realización de estudios previos justificativos para nuevas áreas naturales protegidas basadas en los términos de referencia con enfoque de cambio climático. 4. Desarrollar un programa de protección de barreras naturales frente a la presencia de eventos extremos meteorológicos.
Conservación y manejo sustentable de los recursos forestales	5. Promover actividades sustentables con visión ecosistémica terrestre y costera y de valor agregado en ámbitos de competencia estatal.
Promover la implementación de sistemas agropecuarios bajos en carbono	6. Identificar los sistemas agropecuarios bajos en carbono para su posterior fomento e implementación en el sector ganadero.

Fuente: Elaboración propia en base a la consulta de expertos.

4.3.6. Sector transversal

En este apartado se muestran las acciones climáticas transversales relacionadas principalmente con minimizar los efectos negativos del cambio climático a la población, la pérdida o daños a la infraestructura pública y de las actividades productivas, al tiempo que se promueve un incremento en la capacidad de adaptación de las personas y de las instituciones involucradas. En este sentido, se impulsa el establecimiento de estrategias políticas de largo aliento que incidan en el patrón de desarrollo urbano de las ciudades y en los mecanismos de creación y fortalecimiento de la capacidad institucional de respuesta a nivel estatal y municipal a través de coordinación y el involucramiento de todos los actores.

De acuerdo a los diagnósticos existentes para el estado de Sonora, una las problemáticas de desarrollo urbano y económico están relacionadas a la concentración de la población en la ciudad capital Hermosillo y en 6 de las cabeceras municipales (INEGI, 2020). Por ejemplo, en la región metropolitana de Hermosillo se estima que vive 27% de la población total del estado (SIDUR, 2016: 17).³¹

El proceso de urbanización de las ciudades se ha caracterizado por una dispersión periférica de la población y alta demanda del recurso de suelo, principalmente en Hermosillo, Nogales, Ciudad Obregón, San Luis Río Colorado, Guaymas y Puerto Peñasco (CEDES, 2016). Ello provoca un alza en la demanda en la prestación de servicios públicos municipales, un mayor volumen de residuos, menores superficies permeables y falta de espacios verdes para esparcimiento, lo que ha provocado serios problemas en la movilidad urbana y exposición a emisiones contaminantes (GSGI, 2017: 16).

La afectación previa por la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos en Sonora, ha sido diferenciada. Esto implica que existen zonas afectadas en condiciones de pobreza y marginación, sobre todo aquellas comunidades rurales de las regiones oeste y el sur del estado, situación que aunada al aprovechamiento irregular de los recursos naturales y la actual degradación de suelos y de los ecosistemas, incrementan la vulnerabilidad de esta población ante la ocurrencia de eventos climáticos extremos. Desafortunadamente, no se conoce con certeza si los protocolos de respuesta implementados han sido los adecuados y sí, se ha adoptado algún tipo de medidas de adaptación que evite futuras afectaciones.

Bajo el panorama presentado con anterioridad, la meta general de este sector es: fortalecer el marco regulatorio para un desarrollo urbano sustentable y establecer políticas de acción climática que incrementen la capacidad de adaptación de los asentamientos humanos para mejorar su resiliencia de forma integral. Los objetivos de acción climática transversales son:

- Fortalecer la capacidad institucional de respuesta mediante la mejora regulatoria y el involucramiento de actores clave.

³¹ En términos generales, que se compone de la mancha urbana de la ciudad capital más 76 localidades, de las cuales resaltan las comunidades urbanas del poblado Miguel Alemán y la comunidad pesquera y turística de Bahía Kino (IMPLAN Hermosillo, 2016).

- Consolidar un modelo de desarrollo urbano sustentable, bajo en emisiones y resiliente al cambio climático en las principales ciudades de Sonora.
- Identificar los rezagos estructurales integrales en zonas de atención prioritaria y con afectaciones previas derivadas de la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

Las acciones prioritarias resultantes que promoverán la transversalización de las medidas climáticas se presentan el Cuadro 13.

Cuadro 13. Sector transversal: Resultados de la priorización de acciones climáticas

SUBSECTOR	ACCIÓN CLIMÁTICA
Adaptación de los asentamientos humanos al cambio climático	1. Fortalecer los esquemas de implementación de los planes de contingencia y de respuesta a nivel estatal y municipal, ante la presencia de eventos climatológicos e hidrometeorológicos extremos. 2. Establecer un programa de mejoras de los sistemas de alerta temprana estatales y los mecanismos de coordinación intergubernamental que ayuden a prevenir riesgos ante eventos climatológicos e hidrometeorológicos extremos 3. Identificar las necesidades de infraestructura hidráulica de las ciudades con capacidad y resistencia ante eventos climatológicos e hidrometeorológicos extremos.
Fortalecer la resiliencia de la infraestructura rural y urbana	4. Identificar las obras de infraestructura básica requeridas y de construcción de capacidades en zonas de atención prioritaria en municipios en condiciones de pobreza extrema y rezago social, con afectaciones previas por la presencia de eventos climatológicos extremos.
Fortalecer el marco regulatorio y políticas para la acción climática	5. Elaborar un programa de asistencia técnica y regulatoria a municipios durante el proceso de desarrollo de planes de adaptación y mitigación para el cambio climático. 6. Diseñar esquemas de mejora regulatoria de los marcos normativos de desarrollo urbano en el tema de infraestructura verde a nivel municipal y estatal.
Promover esquemas de reforzamiento de la infraestructura urbana como medida de protección ante los impactos del cambio climático	7. Crear el sistema estatal de cambio climático para mantener el registro, medición y seguimiento de la acción climática estatal y municipal. 8. Promover la transparencia, seguimiento y difusión de manera constante y coherente de la acción climática para mantener su cumplimiento y mejora continua. 9. Impulsar esquemas de transversalización del tema de género en la política y acciones climáticas, así como en la implementación de proyectos de reducción de emisiones.
Promoción de la salud	10. Identificar mecanismos de regulación del uso de suelo de las ciudades y mantener regulaciones para la incorporación de estrategias de crecimiento verde que incluyan la incorporación de áreas verdes, implementación de infraestructura verde, fomento de la vegetación nativa para fortalecer múltiples servicios ecosistémicos.
	11. Desarrollar un programa de capacitación y difusión sobre las consecuencias del cambio climático y la ocurrencia de los eventos climáticos extremos que puedan afectar la salud de la población, dirigido a sectores y grupos prioritarios.

Fuente: Elaboración propia en base a la consulta de expertos.



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO SONORA

En concordancia a las metas y acciones descritas, es preciso convenir una secuencia estratégica de transversalidad que contemple y permita delinear cuidadosamente las actividades y despliegue de acciones, a fin de atender y cumplir los objetivos y acciones contempladas en el Programa Estatal de Cambio Climático (PECC3). En este sentido, a continuación se presentan las propuestas concernientes a la construcción y transversalización de la agenda climática para el estado de Sonora, desde la cual se advierten aspectos referidos a su planeación e implementación de manera sectorizada, ante los distintos escenarios de interacción.

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN Y TRANSVERSALIZACIÓN DE LA AGENDA CLIMÁTICA EN SONORA



105

PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO SONORA

COMISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE DEL ESTADO DE SONORA



SONORA GOBIERNO DEL ESTADO



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO SONORA

5. CONSTRUCCIÓN Y TRANSVERSALIZACIÓN DE LA AGENDA CLIMÁTICA EN SONORA

Presentación

Las manifestaciones del cambio climático en Sonora han sido constantes, pero al mismo tiempo, esporádicas e inesperadas, impactando tanto ambientes urbanos como rurales y afectando las vidas humanas, patrimonio, infraestructura y, también, los medios de vida y productivos de la sociedad sonorense. Afrontar las consecuencias del cambio climático requiere de esquemas de gestión que se adapten a las condiciones locales y que fortalezcan la coordinación y cooperación entre las distintas dependencias gubernamentales y diversas instituciones dentro de sus ámbitos de sus acciones y atribuciones.

Desde el planteamiento del Programa Especial de Cambio Climático (PECC3), 2021-2024, la armonización de diversos esquemas de gestión en los temas de mitigación y adaptación generará beneficios directos en la arena económica, social y ambiental. Al transversalizar los problemas y acciones climáticas, en primera instancia, se posibilita interrelacionar las causas y los efectos entre los diversos sectores y en segundo término, construir respuestas de solución en un escenario de desarrollo sustentable (DOF, 2021).

La Agenda de Acción Climática de Sonora incluye medidas para la reducción de emisiones, es decir de mitigación en 7 sectores clave, además de incorporar estrategias transversales en el tema de adaptación en 6 sectores. Cabe subrayar que dentro de la esfera estatal, la formulación de la agenda climática involucra la participación comprometida de las dependencias estatales y de su labor directa según las facultades y atribuciones que le otorga el marco normativo y administrativo vigente. Puede decirse que lo establecido en las legislaciones sectoriales actuales en lo particular es suficiente para planear e implementar cualquier tipo de acción climática.

En los siguientes apartados se exponen las medidas de mitigación y adaptación para Sonora que integraran la política pública de cambio climático. Es importante resaltar que en algunos sectores la adopción de las medidas de adaptación sentará las bases o los cimientos para que en el mediano plazo (de 3 a 5 años) se plantee la postulación de nuevas medidas de mitigación específicas con miras en aumentar la contribución en reducción de emisiones en Sonora.



107

PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO SONORA



108

SONORA GOBIERNO DEL ESTADO

5.1. Planeación de metas y acciones de mitigación sectoriales

Bajo el escenario de mitigación o de reducción de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI), la integración de la agenda climática propone realizar intervenciones en 7 sectores principales con lo que se pretende lograr la meta integral de un volumen de emisión de 15.881 MtMCO2e para 2030, que corresponde a una reducción del 22% del volumen total emitido con referencia al 2015. La meta de reducción se estableció en cumplimiento a los compromisos adquiridos por México a nivel internacional y la ratificación del Acuerdo de París, así como los objetivos de mitigación plasmados en el Artículo 102 de la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012) y el Artículo 19 de la Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora (BOE, 2017). En el Cuadro 14, se muestra el escenario de reducción de emisiones para el período del 2022 al 2030 para cada uno de los sectores involucrados.

Cuadro 14. Escenario de reducción anual de emisiones de GyCEI por sector, 2022-2030

Sector	Energía	Transporte- Fuentes Móviles	Gestión de Residuos	Agro-pecuario	Tratamiento de Agua Residuales	Desarrollo Urbano
Reducción de Emisiones (%)	31%	32%	7.5%	8.5%	10%	11%

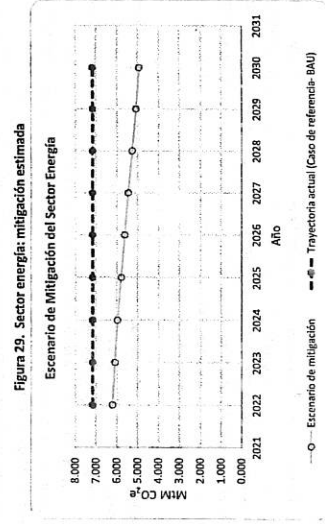
Fuente: Elaboración propia.

Los esfuerzos de mitigación se enfocan en 2 sectores esenciales: el sector energía y transporte, pues éstos han sido los principales contribuyentes en el volumen de emisiones en el estado desde el inicio de las primeras cuantificaciones en 2005. Del mismo modo, se establecen metas de reducción para los sectores de residuos, tratamiento de agua residuales, agropecuario y desarrollo urbano (se incluye en el sector transversal).

Del mismo modo, se considera el escenario "seguimiento de la trayectoria actual (business as usual)" para cada sector. Este escenario se construyó a partir de la línea base de 2005 y se calculó la tasa anual de crecimiento del volumen de emisiones generado por cada uno de los sectores según la actualización del inventario de 2015. Además, se incluye una comparación de este escenario de "ausencia de acciones climáticas o sin la implementación de alguna medida de reducción de emisiones" con el escenario de mitigación por sector.

5.1.1. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector energía
 En esta sección se presentan las medidas de acción climática vinculadas al sector energético que potencialmente pudieran contribuir a la reducción de emisiones; las acciones están enmarcadas en dos subsectores principales: generación y uso de energía eléctrica de fuentes renovables en actividades productivas y residenciales, y en la implementación de esquemas de eficiencia energética en edificios o inmuebles del sector público.

Con la aplicación de estas medidas se pretende reducir 31% del volumen total promedio emitido en Sonora, y por lo que este sector estaría emitiendo un total de 4,923 MtMCO₂e para 2030. En la trayectoria del comportamiento de las emisiones de GyCEI con ausencia de acciones climáticas se consideró que durante el lapso de 2022 a 2030, el volumen de emisiones fue constante al volumen de 2015 debido a que no fue posible calcular la tasa anual de crecimiento pues los inventarios de GyCEI (2010 y 2018) no se cuantificaron los mismos rubros. La trayectoria de reducción de emisiones en estos dos escenarios se muestra en la Figura 29.



Fuente: Elaboración propia



Las medidas de reducción de emisiones consideradas en el sector energía se indican en el Cuadro 15, así como su costo estimado y el tiempo de ejecución programado. El organismo implementador de este eje será la Comisión de Energía del Estado de Sonora, sin embargo para su promoción y ejecución deberá establecer mecanismos de colaboración con los sectores involucrados tanto del ámbito privado como público.

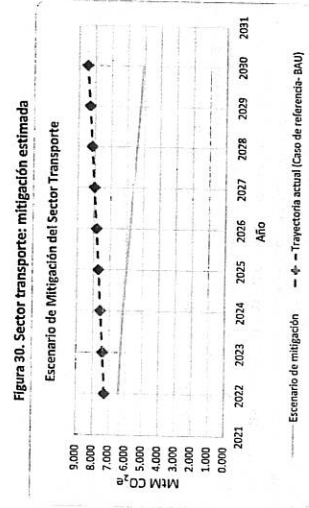
Cuadro 15. Sector energía: medidas de mitigación

Subsector	Sector ejecutor	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M. N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Generación y uso de energía eléctrica	Sector industrial, comercial y residencial	1. Promover estrategias de uso de energías renovables para viviendas. 2. Fomentar el uso y la generación de energías renovables mediante sistemas descentralizados tipo energía <i>off-grid</i> : sistema independiente sin depender de uno o más servicios públicos. 3. Implementar esquemas de sistemas de eficiencia energética en los edificios del sector público.	Comisión de Energía del Estado de Sonora	\$1,000,000	1 a 3
Eficiencia energética	Sector público	3. Implementar esquemas de sistemas de eficiencia energética en los edificios del sector público.	Comisión de Energía del Estado de Sonora	\$10,000,000	2 a 3

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector transporte

En Sonora, el transporte terrestre fue responsable de generar 6.36 MtMCO₂e, en promedio en 2015, por el consumo de combustibles por fuentes móviles de transportación (CEDES, 2018). Según las proyecciones de reducción de emisiones, se espera que para 2030 el sector emita un volumen de 5.082 MtMCO₂e con una pauta de disminución de 32% anual (Figura 30).



Fuente: Elaboración propia

Las medidas de mitigación del sector transporte consisten en promover el mejoramiento de rutas de circulación del transporte público en las zonas urbanas del estado, que incluya la intermodalidad con miras de reducir los congestiones. El organismo implementador de estas estrategias climáticas es la Dirección General de Transporte de la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Gobierno del Estado de Sonora. En el Cuadro 16, se enlistan las dos medidas referidas en este sector.



Cuadro 16. Sector transporte: medidas de mitigación

Subsector	Sector ejecutor	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M. N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Transporte	Sector regulador del transporte	1. Implementar un sistema de mejoramiento de rutas y ampliación del sistema de transporte público con enfoque de reducción de emisiones de GyCEL. 2. Implementar esquemas para la movilidad intermodal en zonas estratégicas de las Ciudades.	SIDUR - Dirección General de Transporte	\$7,000,000	1 a 3
			SIDUR - Dirección General de Transporte	\$10,000,000	2 a 3

Fuente: Elaboración propia.

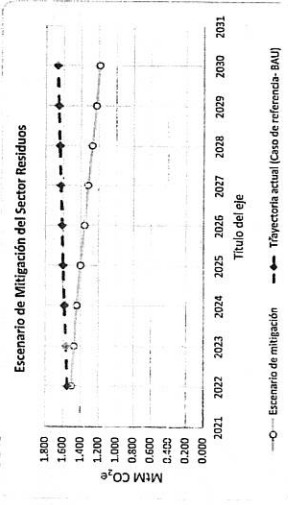
5.1.3. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector residuos y aguas residuales

El potencial de reducción de emisiones en los sectores de residuos y aguas residuales radica en ordenar y establecer esquemas tecnológicos eficientes en la gestión de estos rubros. Con la puesta en marcha de las líneas de acción climática se plantea reducir 17.5% del volumen anual de las emisiones en Sonora.

Tomando como base que el promedio anual de las emisiones a la atmósfera atribuidas al sector residuos alcanzó la cifra de 1.329 MtMCO₂e para 2015, lo que representa 6.5% del total de las emisiones de GyCEI que se generan en Sonora (CEDES, 2018), se estima que la reducción de las emisiones en este sector sea a razón de 7.5% anual con lo que se espera que para 2030, el volumen anual de emisión alcance la cifra de 1.191 MtMCO₂e. En la Figura 31, se muestra la ruta de mitigación de este sector desde 2022 a 2030.



Figura 31. Sector residuos sólidos: mitigación estimada



Fuente: Elaboración propia.

Es importante aclarar que en la actualización del inventario de emisiones de 2015 no se cuantificaron las correspondientes al sector de tratamiento y manejo de las aguas residuales ni de origen urbano, ni las generadas por las actividades productivas. En 2005, el volumen estimado de GYCEI para el manejo de aguas residuales urbanas fue de 0.60 MMTCO₂e (COCEF, 2010). Sin embargo, bajo estas consideraciones se propone un escenario de mitigación ambicioso para este sector que busca reducir de 10% del total de las emisiones para el estado, lo que equivale a 1.588 MMTCO₂e que involucra el tratamiento exigido por la normatividad hídrica y la reutilización de 60% de las aguas residuales urbanas e industriales.

En general, se proponen 3 medidas de mitigación en este sector: 1) tratamiento de aguas residuales, promovida ésta a partir de la instalación de tecnologías eficientes para el saneamiento y la reutilización de las aguas tratadas en zonas prioritarias tanto urbanas como industriales; 2) gestión integral de residuos sólidos urbanos, las cuales desincentivan a la población general en el consumo de materiales no reciclables o de un solo uso sobre todo de origen comercial, y 3) manejo especial de residuos sólidos urbanos, gestionado específicamente a la producción de biogás en los sitios de disposición final de dichos residuos y de las actividades

agroindustriales mediante la caracterización y esquemas de valorización del gas metano generado en estas instalaciones.

Las medidas de disminución de emisiones en estos subsectores, así como las entidades responsables de su ejecución se indican en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Sector residuos y de aguas residuales: medidas de mitigación

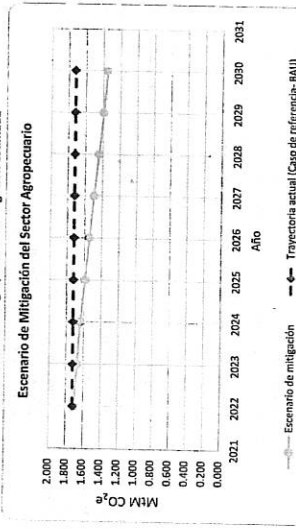
Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M. N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Tratamiento de aguas residuales	1. Promover la instalación de nuevas tecnologías e infraestructura municipal para el tratamiento y reutilización de aguas residuales urbanas e industriales.	Comisión Estatal del Agua - Gobiernos Municipales	\$12,000,000	1 a 3
Gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.	2. Adecuación del marco legal para desincentivar uso de materiales de un solo uso en productos comerciales. 3. Implementar programas de identificación y evaluación acerca de los sistemas de captura del biogás generado en los rellenos sanitarios y sitios de disposición final municipal.	Gobiernos municipales - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Gobiernos municipales	\$2,500,000 \$4,000,000	1 a 2 1 a 3

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el cuadro anterior, las entidades gubernamentales encargadas de diseñar y coordinar la implementación de estas medidas. En el sector de saneamiento y reutilización de las aguas residuales son la Comisión Estatal del Agua en coordinación con los organismos operadores de los ayuntamientos; mientras que en el subsector de residuos, los organismos responsables serían la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora y las direcciones de servicios públicos municipales de los gobiernos municipales.

5.1.4. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector agropecuario
Los resultados de la actualización del inventario indican que el sector agropecuario es el responsable por 8.5% del total de las emisiones de GYCEI, ya que en promedio genera 1.721 MMTCO₂e al año (CEDES, 2018). El escenario de minimización de emisiones contempla que la razón de decremento sea 8.5% anual del total del volumen emitido, con lo que se proyecta que para 2030 se generen 1.350 MMTCO₂e por parte de este sector. La trayectoria de mitigación durante el período de 2022 al 2030 se muestra en la Figura 32.

Figura 32. Sector agropecuario: mitigación estimada



Fuente: Elaboración propia.

Las medidas de reducción de emisiones cuantificadas en este sector son tres. El organismo responsable para su ejecución es la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura (SAGARHPA). Las acciones climáticas están relacionadas con promover labores agrícolas bajas en carbono, el uso de energías renovables en aquellas las operaciones intensas en el uso de energía en las zonas agrícolas y ganaderas, así como poner en práctica patrones de conservación de los recursos de suelo y agua para crear áreas cultivadas que pudieran funcionar como sumideros de carbono. La descripción de las medidas se indica en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Sector agropecuario: medidas de mitigación

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M. N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Reconversión Productiva	1. Promover el uso de energías renovables en el sector que pueden ser usadas en los sistemas de bombeo, operaciones productivas y transporte, como alternativa a las energías convencionales. 2. Desarrollar programas para Prácticas de Conservación de Suelo y Agua (CSA) y agroforestería para el secuestro y almacenamiento de carbono. 3. Implementación de estrategias de agricultura climáticamente inteligente tales como el uso de variedades de cultivo más eficientes y de monitoreo climático e hidrometeorológico.	Secretaría de Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura - Sector privado - Uniones agrícolas.	\$16,000,000 \$5,000,000 \$3,850,000	1 a 3 1 a 2 1 a 3

Fuente: Elaboración propia.

5.1.5. Implementación de estrategias de reducción de emisiones en el sector transversal
Las acciones climáticas del sector transversal se insertan en dos subsectores principales. El primer subsector de implementación está dentro de la esfera del fortalecimiento del marco regulatorio y de políticas climáticas. El objetivo diseñar un sistema transversal e integral de estrategias que atiendan diversas tareas relacionadas con el entendimiento de la generación de las emisiones de GYCEI (fuente, localización, origen y volumen), esquemas de reducción viable de las emisiones en Sonora y el comportamiento y aprovechamiento de los sumideros de carbono en Sonora.

El sistema incluye la creación de indicadores, registro, aspectos de monitoreo y verificación de las principales fuentes de generación de emisiones en las prácticas de sociedad y en las actividades productivas de competencia estatal.

Esta tarea es una atribución de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora y no considera una cuota de reducción o absorción de carbono *per se*, sin embargo el sistema de registro, monitoreo y verificación de las diversas acciones climáticas es indispensable para la correcta y congruente toma de decisiones en este campo. En el Cuadro 19, se muestran las medidas de reducción de emisiones que integran el sector transversal.

Cuadro 19. Sector transversal: medidas de mitigación

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M. N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Fortalecer el marco regulatorio y políticas para la acción climática	1. Crear el sistema estatal de cambio climático para mantener el registro, medición y seguimiento de las emisiones de GyCEI y acción climática estatal y municipal.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Gobiernos Municipales	\$8,750,000	1 a 3
	2. Promover la transparencia, seguimiento y difusión de manera constante y coherente de la acción climática para mantener su cumplimiento y mejora continua.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Centro de Desarrollo Municipal	\$4,500,000	1 a 3
Promover esquemas de fortalecimiento de la infraestructura urbana como medida de protección ante los impactos del cambio climático	3. Identificar mecanismos de regulación del uso de suelo de las ciudades y mantener regulaciones para la incorporación de estrategias de crecimiento verde que incluyan la incorporación de áreas verdes, implementación de infraestructura verde, fomento de la vegetación nativa para fortalecer múltiples servicios ecosistémicos.	Gobiernos municipales	\$12,500,000	1 a 3

Fuente: Elaboración propia.

La segunda medida de mitigación en el sector transversal es Integral. Consiste en fomentar distintos esquemas locales de reforzamiento de la infraestructura urbana, tanto para reducir emisiones y con ello propiciar el bienestar de la población, así como medida de protección ante los impactos del cambio climático. En este sentido, esta acción climática está conformada por un abanico de opciones que su aplicación adecuada depende de las necesidades locales de las ciudades sonorense; se debe de considerar que 87% de la población en Sonora es urbana (INEGI, 2020), y requiere mecanismos específicos para minimizar la vulnerabilidad de las consecuencias de cambio climático, con la aplicación de las acciones climáticas, la meta de reducción de emisiones de GyCEI, es 11% del volumen total anual, con miras de lograr que para 2030, este sector emita alrededor de 1.747 MtMCO_e.²²

En esta medida también se consideran la ejecución de patrones de desarrollo urbano ordenado o la regulación del suelo que impida la expansión irregular e ineficiente de las ciudades. Del mismo modo, se contempla la instalación de infraestructura verde para el aprovechamiento de la precipitación y control de las inundaciones, la conservación de áreas verdes en parques y jardines, la selección de opciones viables de sucesión vegetal en el entorno urbano con el fin de producir y mantener los servicios ecosistémicos requeridos y por último, la eficiencia energética del sistema de alumbrado público.

A continuación, se exponen las medidas de adaptación que complementan las acciones climáticas contenidas en este programa.

²² Es importante remarcar que el sector desarrollo urbano de las ciudades no fue cuantificado en el inventario de emisiones a la atmósfera de 2010, ni en la actualización del mismo en 2018.

5.2. Planeación de metas y acciones de adaptación sectoriales

El interés de impulsar acciones de adaptación en Sonora se desprende del hecho de minimizar los impactos y las implicaciones socioeconómicas del cambio climático en el territorio (reducción de daños por desastres naturales y emergencias), al tiempo que se fomenta la instrumentación de mecanismos de gobernanza transversales para coadyuvar la reducción de emisiones de GyCEI. Del mismo modo, la postulación de las 33 medidas de adaptación para el estado está en concordancia al establecido en los objetivos de adaptación del Artículo 101 de la *Ley General de Cambio Climático* (DOF, 2012) y en los Artículos 17 y 18 de la *Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora* (BOE, 2017).

Con el fin de lograr la adecuada transversalización de las acciones climáticas a nivel estatal, un reto importante es la construcción de esquemas de colaboración entre diversas dependencias gubernamentales y de éstas son el sector privado y las universidades, debido a que el PECCS involucra a 17 organismos gubernamentales tanto estatal como municipal y al menos cinco agrupaciones de la sociedad civil que incluye cámaras empresariales y asociaciones de usuarios y productores. En los siguientes apartados se describen las medidas climáticas por sector iniciando por el sector energía.

5.2.1. Estrategias de adaptación en el sector energía

En el caso del sector energético las medidas de adaptación son tres y están encaminadas a la eficiencia energética y al diseño de estímulos e incentivos para promover el ahorro de energía y la fijación del impuesto al carbono. La primera de las estrategias está dirigida al sector inmobiliario para el desarrollo y construcción de vivienda con materiales y equipamiento que involucre el ahorro de energía. El listado de medidas se muestra en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Sector energía: medidas de adaptación

Sector ejecutor	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Sector de desarrollo urbano: nuevos desarrollos inmobiliarios.	1. Diseñar mecanismos para el otorgamiento de incentivos fiscales estatales para la construcción de vivienda con ahorro de energía.	Secretaría de Hacienda - Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura - Comisión de Vivienda del Estado de Sonora	\$4,500,000.00	1 a 4
Sector legislativo y fiscal	2. Promover apoyos económicos e incentivos, y establecer los marcos regulatorios, para impulsar el empleo verde, acciones de eficiencia energética, modelos participativos de energía, autoabastecimiento, entre otras acciones que ayuden a mitigar emisiones en el sector comercial e industrial.	Secretaría de Hacienda - Secretaría de Economía - Comisión de Energía del Estado de Sonora	\$10,000,000.00	1 a 4
	3. Impulsar el impuesto sobre el carbono, definiendo sus lineamientos y regulaciones.	Secretaría de Hacienda - Comisión de Ecología y Desarrollo del Estado de Sonora	Del 5 al 20% considerando la reducción o incremento de carbono del sector	1 a 3

Fuente: Elaboración propia.

Respecto al establecimiento del *Impuesto al Carbono en Sonora*, primeramente debe de identificarse en qué sector debiera ser aplicado para garantizar su efectividad, ya sea como medida para promover el ahorro de energía o en aspectos relacionados al autoabastecimiento en actividades comerciales e industriales, o bien articularlo directamente al sector transporte carga por el alto volumen de emisiones de GyCEI que genera en el estado.

Cualquiera que sea el caso, el impuesto al carbono debe diseñarse tomando en cuenta la transición hacia "la neutralidad" de las actividades productivas de la entidad y de desarrollo urbano de las ciudades para que realmente funcione como política pública de adaptación al cambio climático. El tiempo de desarrollo de esta estrategia de estima de uno a tres años dependiendo de los recursos presupuestarios disponibles.

5.2.2. Estrategias de adaptación en el sector industria

Las acciones climáticas en el sector industrial están enmarcadas en la gestión integral de residuos de manejo especial (RME) y al desarrollo de capacidades técnicas dentro del sector, a través de cinco estrategias principales. Particularmente, en este sector la colaboración entre las entidades públicas y las privadas es crucial, sobre todo la interrelación que pudiera formarse entre las universidades tecnológicas y los sectores industriales pues dependiendo del éxito de la colaboración se marcará el rumbo hacia la reducción de emisiones de GyCEI en este campo.

Igualmente, es posible que con la ejecución de las medidas propuestas se sientan las bases para promover el aprovechamiento y el reciclaje de los RME con valor energético y económico potencial en esquemas de economía circular en el entorno local, ya que actualmente son escasos en Sonora.

Al elaborar un diagnóstico sobre la intensidad en el uso de recursos y materiales dentro de las instalaciones industriales, se busca encontrar opciones de reducción de emisiones de GyCEI, ya sea mediante el procedimiento de adquisiciones "verdes" de insumos y/o materiales, o bien promoviendo prácticas de eficiencia energética en operaciones pertinentes. El presupuesto considerado en esta medida es un capital semilla que promoverá el involucramiento de las ramas industriales en la realización de estos estudios. En el Cuadro 21 se describen las acciones climáticas y las dependencias estatales responsables de su promoción y en su caso, ejecución.

Cuadro 21. Sector industria: medidas de adaptación

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Desarrollo de capacidades técnicas - Identificas en el sector	1. Desarrollar esquemas locales de aprovechamiento de los residuos sólidos de manejo especial (subproductos residuales) en sistemas de valorización y reciclaje local.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Sector privado - Cámaras empresariales	\$2,000,000.00	1 a 2
	2. Elaboración de diagnóstico integral para reducir la intensidad en el consumo de materiales en el sector.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Secretaría de Hacienda	\$1,500,000.00	1 a 2
	3. Promover el diseño de prácticas de reducción del consumo final de energía en las instalaciones industriales (ejemplos: campañas de educación ambiental, medición de huella de carbono, implementación de controles administrativos/ingeniería).	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Universidades Tecnológicas	\$1,700,000.00	1 a 3
	4. Impulsar programas de innovación, mediante el uso de tecnologías, productos y servicios relacionados con el crecimiento verde.	Secretaría de Economía - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$5,000,000.00	1 a 3
	5. Fortalecer los vínculos universidad-industria para incrementar las capacidades en temas de investigación, desarrollo e implementación para mejorar las cadenas de valor y procesos.	Secretaría de Educación y Cultura - Secretaría de Economía	\$4,000,000.00	1 a 2

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Estrategias de adaptación en el sector de gestión de residuos

El conjunto de estrategias climáticas de adaptación relacionadas con la gestión de residuos está compuesto por siete medidas relacionadas con el manejo integral de residuos sólidos urbanos a nivel municipal (prácticas de valorización y disposición final adecuada) y la creación de sistema de información estatal que considere tanto los de origen urbano como de fuentes comerciales e industriales.

Otro aspecto importante en las acciones climáticas en este sector es la gestión de residuos orgánicos de la industria alimenticia debido a sus efectos potenciales de calentamiento global y por ende en la reducción de emisiones de GyCEI. En este sentido, se propone realizar un inventario de sustratos orgánicos en Sonora con el propósito de orientar la circulación de los residuos para su aprovechamiento en otras actividades productivas, así como el evaluar la factibilidad de generación de energía o calor vía la producción de biogás a partir de la fracción orgánica de estos subproductos tomando en cuenta el conocimiento y las condiciones locales tanto a nivel técnico como financiero.

La CEDES y los gobiernos municipales son los organismos gubernamentales que por sus atribuciones coordinarán la realización de estas acciones, es preciso considerar que las zonas urbanas y las regiones costeras son prioritarias en este caso, por lo que la implementación de esta medida es necesaria para la reducción de emisiones en los sitios de disposición de residuos y la prevención de desastres en las ciudades costeras. El listado completo de las acciones climáticas en este sector se señala en el Cuadro 22.

5.2.4. Estrategias de adaptación en el sector agropecuario

Los escenarios de adaptación del sector agropecuario comprenden la realización de cuatro acciones lideradas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura (SAGARHPA). Las acciones buscan crear una tendencia de reducción de la vulnerabilidad en el sector agropecuario mediante la identificación de los mecanismos adecuados para la reconversión productiva de las operaciones agrícolas y ganaderas orientados a procesos de bajo impacto ambiental y baja generación de carbono, además de prevenir los efectos negativos sobre el ciclo hidrológico de la región.

Cuadro 22. Sector residuos: medidas de adaptación

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Gestión Integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial	1. Promover el desarrollo de la legislación y regulación de la gestión integral de residuos sólidos y su disposición final a nivel municipal	Gobiernos Municipales - Centro Estatal de Desarrollo Municipal - Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$9,500,000	1 a 4
	2. Crear un sistema de información estatal sobre la generación, disposición final y de valoración de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como proveedores de servicios relacionados.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$3,000,000	1 a 3
	3. Desarrollar un plan de difusión y concientización en materia de residuos sólidos dirigido a la ciudadanía para promover su participación en acciones de adaptación e impactos de cambio climático.	Gobiernos municipales - Unidad Municipal de Protección Civil - Unidad Estatal de Protección Civil	\$5,500,000	1 a 2
	4. Promover el sistema de registro de generadores de residuos de manejo especial.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$2,000,000	1 a 3
	5. Realizar el inventario de generación de sustratos orgánicos en Sonora para establecer esquemas de recirculación productiva.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$1,000,000	1 a 2
	6. Desarrollar un programa de aprovechamiento de los residuos agrícolas y excretas animales para la elaboración de mejores de suelo orgánicos	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Sector privado - Uniones agrícolas y ganaderas	\$6,000,000	1 a 3
	7. Fomentar la formulación de proyectos y estudios de evaluación para la generación de energía a partir de residuos orgánicos (waste-to-energy), acorde a las capacidades locales.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado - Gobiernos municipales - Sector privado - Uniones agrícolas y ganaderas	\$1,500,000	1 a 3

Fuente: Elaboración propia.

La promoción de la implementación de sistemas agropecuarios bajos en carbono por medio de las prácticas de labranza adecuadas, es otra de las acciones climáticas que se proponen. Esta medida puede complementarse con la articulación de acciones de adaptación ecosistémica para el aprovechamiento del suelo agrícola y ganadero según su vocación natural. En el Cuadro 23, se muestra los costos y los tiempos estimados para la ejecución de cada una de las medidas.

Cuadro 23. Sector agropecuario: medidas de adaptación

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.M.)	Tiempo de ejecución (Años)
Reconversión productiva	1. Identificar esquemas para aumentar el rendimiento por hectárea de las actividades productivas a través de procesos de producción y tecnologías más eficientes, modernas y de menor impacto ambiental. 2. Establecer líneas de investigación de medidas tecnológicas efectivas para contrarrestar los efectos por sequía y las problemáticas del recurso hídrico en Sonora.	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura	\$5,000,000	1 a 4
Promover la implementación de sistemas agropecuarios bajos en carbono	3. Promover la introducción de prácticas de labranza de conservación y restauración de suelos en tierras agrícolas de riego, mediante el apoyo para la adquisición de maquinaria para labranza de conservación y prácticas sostenibles de temporal.	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura	\$5,000,000	1 a 3
Articular la adaptación ecosistémica a las acciones agropecuarias propuestas en el sector USCUS	4. Evaluar la incorporación de la adaptación ecosistémica en el ordenamiento ecológico territorial de Sonora, articulado con el sector USCUS, en temas de ganadería y uso del agua.	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura - Comisión Estatal del Agua - Universidades Locales	\$7,750,000	1 a 4
Articular la adaptación ecosistémica a las acciones agropecuarias propuestas en el sector USCUS	5. Promover actividades agropecuarias bajas en carbono para su posterior fomento e implementación en el sector ganadero.	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura	\$5,500,000	1 a 2

Fuente: Elaboración propia.

5.2.5. Estrategias de adaptación en el sector de uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura

Dentro de las seis estrategias climáticas de adaptación consideradas en este sector resaltan la gestión eficiente del agua, la implementación de medidas en temas de conservación de los recursos naturales, la biodiversidad, los recursos forestales y la promoción de sistemas agropecuarios bajos o neutros en carbono. Por la naturaleza de estas acciones los organismos gubernamentales responsables son: CEDES, SAGARHPA, la Coordinación Estatal de Protección Civil y la Comisión Estatal del Agua. En el Cuadro 24, se presentan las seis medidas climáticas correspondientes a este sector.

En relación a las prácticas de adaptación en las *Áreas Naturales Protegidas (ANP)* de competencia estatal, se propone la consolidación de los planes de manejo de forma vinculante. Al menos dos ANP's estatales, no cuentan con este programa que oriente sobre el aprovechamiento regulado de los recursos de las mismas.

Siguiendo en este enfoque, es necesario la actualización de los diagnósticos ambientales para la realización de estudios previos justificativos para nuevas áreas naturales protegidas con enfoque de cambio climático que protejan los sumideros de carbono naturales (recursos forestales), la restauración de zonas costeras degradadas con miras de utilizarse como barreras de protección ante la presencia de eventos meteorológicos extremos y la protección de zonas de captación de agua.

Cuadro 24. Sector USCUS: medidas de adaptación

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.M.)	Tiempo de ejecución (Años)
Gestión eficiente del agua	1. Promover y conectar la gestión del agua a nivel de cuencas hidrográficas para mantener la resiliencia de los ecosistemas y asegurar a largo plazo el abastecimiento del agua.	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura - Comisión Estatal del Agua	\$8,000,000.00	1 a 4
Implementar medidas de adaptación orientadas a la conservación de la biodiversidad	2. Consolidar los programas de manejo en las áreas naturales protegidas de competencia estatal. 3. Realización de estudios previos justificativos para nuevas áreas naturales protegidas basadas en los términos de referencia con enfoque de cambio climático. 4. Desarrollar un programa de protección de barreras naturales frente a la presencia de eventos extremos meteorológicos.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$2,000,000.00 \$6,000,000.00	1 a 2 1 a 3
Conservación y manejo sustentable de los recursos forestales	5. Promover actividades agropecuarias bajas en carbono para su posterior fomento e implementación en el sector ganadero.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Coordinación Estatal de Protección Civil	\$4,000,000.00	1 a 2
Promover la implementación de sistemas agropecuarios bajos en carbono	6. Identificar los sistemas agropecuarios bajos en carbono para su posterior fomento e implementación en el sector ganadero.	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$7,000,000.00	1 a 4
		Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura	\$500,000.00	1 a 2

Fuente: Elaboración propia.

5.2.6. Estrategias de adaptación en el sector transversal
Las medidas climáticas del sector transversal son 8 y son abordadas desde un enfoque multistitucional. De forma general, involucran aspectos de protección civil a la población y de la infraestructura instalada, así como el fortalecimiento del marco legal en los temas de desarrollo urbano, género y cambio climático y de cuidado a la salud en situaciones de cambios extremos de temperatura.

La adaptación de los asentamientos humanos al fenómeno del cambio climático es imprescindible en Sonora. Por tanto, se requiere fortalecer los mecanismos de funcionamiento de los sistemas de alerta temprana a nivel municipal y en la zona costera a nivel de comunidad, asimismo de los planes de contingencia y de respuesta ante los riesgos por la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos. En caso de no instrumentar estas medidas se corre el riesgo de aumentar la vulnerabilidad de la población y del riesgo de pérdida de los bienes de subsistencia y de patrimonio.

Otra acción de adaptación necesaria es el mejoramiento del marco regulatorio y de las políticas climáticas, dentro de las cuales se incluye el desarrollo de los planes de adaptación y mitigación al cambio climático a nivel municipal que consideren el incremento de la resiliencia de la infraestructura rural y urbana, como parte del proceso de construcción de la capacidad de adaptación. En este sentido, se promueve que las iniciativas de adaptación al cambio climático en el estado estén articuladas a instrumentos legales complejos, robustos y pertinentes que contribuyan en términos generales a reducir el grado de vulnerabilidad de la población sonorense. El contenido de la agenda climática transversal con enfoque de adaptación se resume en el Cuadro 25.



Cuadro 25. Medidas de adaptación en el sector transversal

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (Años)
Adaptación de los asentamientos humanos al cambio climático	1. Fortalecer los esquemas de implementación de los planes de contingencia y de respuesta a nivel Municipal y Municipal, ante la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos. 2. Establecer un programa de mejoras de los sistemas de alerta temprana estatales y los mecanismos de coordinación intergubernamental Municipal de Protección Municipal de Protección Civil. 3. Identificar las necesidades de infraestructura hidráulica de las ciudades con capacidad y resistencia ante eventos hidrometeorológicos extremos. 4. Identificar las obras de infraestructura básica requeridas y de construcción de capacidades en zonas de atención prioritaria en municipios en condiciones de pobreza extrema y rezago social, con afectaciones previas por la presencia de eventos climatológicos extremos.	Coordinación Estatal de Protección Civil - Unidades Municipales de Protección Civil Coordinación Estatal de Protección Civil - Unidades Municipales de Protección Civil Gobiernos Municipales - Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano Gobiernos Municipales - Secretaría de Desarrollo Social	\$5,500,000 \$7,500,000 \$3,500,000 \$4,750,000	1 a 4 1 a 3 1 a 3 1 a 3
Fortalecer la resiliencia de la infraestructura rural y urbana	5. Bajar un programa de asistencia técnica y regular a municipios durante el proceso de desarrollo de planes de adaptación y mitigación para el cambio climático. 6. Diseñar esquemas de mejora regulatoria de los marcos normativos de desarrollo urbano en el tema de infraestructura verde a nivel municipal y estatal.	Centro de desarrollo Municipal - Comisión de Ecología y Desarrollo Sostenible del Estado de Sonora Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano - Gobiernos Municipales	\$5,250,000 \$3,000,000	1 a 3 1 a 3
Promoción de la salud	7. Impulsar esquemas de transversalización del tema de género en la política y acciones climáticas, así como en la implementación de proyectos de reducción de emisiones. 8. Desarrollar un programa de capacitación y difusión sobre las consecuencias del cambio climático y la ocurrencia de los eventos climáticos extremos que pueden afectar la salud de la población, dirigido a sectores y grupos prioritarios.	Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano - Comisión de Ecología y Desarrollo Sostenible del Estado de Sonora - Instituto Sonorense de las Mujeres Secretaría de Salud - Coordinación Estatal de Protección Civil	\$5,500,000 \$10,000,000	1 a 3 1 a 3

Fuente: Elaboración propia.



129



REFERENCIAS CITADAS

Álvarez-Yépez, J., y Martínez-Yrizar, A. (2015). *Huracanes, sequías y heladas: eventos climáticos extremos en México*. Recuperado de: <http://web.ecologia.unam.mx/ojs3.0/index.php/ojs-historico/numeros-anteriores/165-eventos-climaticos-extremos-en-ecosistemas?mole=component%2Fprinte%26page=> (Revisado 19 de octubre, 2021)

Andraae, M. O. y P. Merlet. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 15 (4), 955-966.

Boletín Oficial del Estado (BOE) (2019). *Programa Estatal de Protección Civil 2019-2021*. Gobierno del Estado de Sonora. Número 31, Sección II. Hermosillo, Sonora, 14 de octubre.

Boletín Oficial del Estado (BOE) (2017). *Ley de Cambio Climático del Estado de Sonora*. Gobierno del Estado de Sonora. Número 43, Sección VII. Hermosillo, Sonora, 27 de noviembre.

Bravo, Luis Carlos, Castellanos Villegas, Alejandro y Doode, Olga Shoko. (2010). *Seguía agropecuaria y vulnerabilidad en el centro oriente de Sonora: Un caso de estudio enfocado a la actividad ganadera de producción y exportación de becerros. Estudios Sociales*, 18 (35), Enero-Junio, 210-241.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2021). *Atlas Nacional de Riesgos*. Recuperado de: <http://www.atlasonlineidenfuegos.gob.mx/apps/Declaratorias/#> [16 de noviembre de 2021].

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2017). *El costo de los desastres y su impacto social*. México.

Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) (2010). *Emissiones de gases de efecto invernadero en Sonora y proyecciones*. Ciudad Juárez, Chihuahua.

Comisión Estatal del Agua (CEA) (2009). *Diagnóstico de saneamiento en el estado de Sonora*. Gobierno del Estado de Sonora. Hermosillo.



131



132



REFERENCIAS CITADAS

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) y Coalition Under 2 (2018). *Memorandum de Entendimiento*. En prensa.

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) y Universidad de Sonora (UNISON) (2018). *Reporte interno del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector Industrial del Estado de Sonora*. En prensa.

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) y Universidad Estatal Invernadero (UESI) (2018). *Reporte Interno del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del Estado de Sonora. Sector: Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUS)*. Series 2003-2010, 2010-2016. En prensa.

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) (2018). *Actualización del Inventario de Emisiones de Gases y Compuesto de Efecto Invernadero de Sonora*. En prensa.

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) (2017). *Diagnóstico para proyectos de Biogestión anserobía en el estado de Sonora. Octubre*. En prensa.

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) (2016). *Monografía sobre desarrollo urbano en Sonora*. Septiembre. En prensa.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2021). *Servicio Meteorológico Nacional. Bases de datos de Sonora 1981-2010*. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/> (Revisado 18 de noviembre de 2021)

Craik, Neil (2020). *RCP 8.5: Business-as-usual or a worst-case scenario?*. University of Waterloo. Recuperado de: <http://redgreenandblue.org/2020/02/05/rcp-85-business-as-usual/rcp-8-5-neil-craik-university-of-waterloo/> (Revisado 12 de noviembre de 2021).

Diario Oficial de la Federación (DOF) (2021). *Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024*. Noviembre 8. Edición Vespertina.



131



132





Diario Oficial de la Federación (DOF) (2012). *Ley General de Cambio Climático*. Última reforma publicada. Noviembre 6 de 2020.

Díaz, Rolando, Castro, Ana Lucía, y Aranda, Patricia (2014). Mortalidad por calor natural excesivo en el noroeste de México: Condicionantes sociales asociados a esta causa de muerte. *Frontiera norte*, 26 (62). Julio-Diciembre, 155-177.

Gobierno del Estado de Arizona, Gobierno del Estado de Sonora, Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, Departamento de Calidad Ambiental de Arizona, Comisión Arizona-México, Comisión Estatal del Agua, Arizona Game and Fish, Banco de Desarrollo de América del Norte y North American Research Partnership (2017). *Plan Estratégico Ambiental Arizona-Sonora, 2017-2021*. Diciembre, 23 pp. Recuperado de:

<https://archivos.ceaes.abn.mx/resources/OX1C.89cae80b4cf1b967985e54cd448862fab.pdf> (Revisado 25 de noviembre de 2021).

Gobierno del Estado de Sonora (2017). *Diagnóstico Sonora*. Jefatura de la Oficina del Ejecutivo. Hermosillo, Sonora. 36 pp.

Instituto Global de Crecimiento Verde (GGGI) (2017). *Estrategia de Crecimiento Verde para el Estado de Sonora*. Borrador para discusión. Seúl.

Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo (IMPLAN Hermosillo) (2016). *Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo, Sonora 2016*. Hermosillo. Recuperado de: <http://www.implanhermosillo.gob.mx/metro/pdf/Programa%20Metropolitano%20SIN%20EDITAR.pdf> (revisado 15 de septiembre de 2019).

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2019). *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático de México*. Primera edición (libro electrónico). México. Recuperado de: https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/paise/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf (revisado 14 de septiembre de 2021).



133



Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2018). *Acciones de Mitigación Propuestas hacia 2030*. Resumen informativo. Ciudad de México.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2016). *Vulnerabilidad al cambio climático*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-80125> (revisado 13 de septiembre de 2021).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2020). *Censo General de Población y Vivienda 2020*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/cgp/2020/default.html> (revisado 13 de octubre de 2021).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2005). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación*. Escala 1:250 000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2000a). *Carta de Climas*. Escala 1:1 000 000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2000b). *Síntesis de Información Geográfica del Estado de Sonora. Descripción Integral de la Geografía Física del Estado de Sonora*. Publicación única. 100 pp.

Lizárraga Celaya, Carlos; Sabori Jesús; Rodríguez Julio C.; Sait-Hernández, Juan A. y Watts, Christopher (2009). Técnicas del Sistema Monzón Norteamericano en México, en *Manejo Comparado de Cuencas Hidrológicas: Incertidumbre climática, vulnerabilidad ecológica y conflicto social*. José L. González-Barrios e Ignacio Sánchez-Cohen (Compiladores) SMCS-CONACYT-RETAC, INIFAP (Editores). México, pp. 7-22.

Martínez-Yriar, A., Felger R. S. y Búrquez A. (2009). Los ecosistemas terrestres de Sonora: un diverso capital natural, en F. Molina-Freaner y T. Van-Dender (editores). *Diversidad biológica del estado de Sonora*. UNAM, México, pp. 129-156.



134



Monterroso R., A.; Fernández E., A.; Trejo V., R. I.; Conde A., A. C.; Escandón C., J.; Villers R., L y Gay G., C. (2014). *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera*. Programa de Investigación en Cambio Climático Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://atlasclimatico.unam.mx/vya> (revisado 29 de octubre de 2021).

Naciones Unidas (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Versión en español. 25 pp.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas*. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Naciones Unidas. Ginebra.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2007). *Cambio climático 2007. Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas y resumen técnico*. Primera Publicación. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2006). *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas. Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html> (revisado 03 de octubre de 2021).

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Instituto Global de Estrategias Ambientales. Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas. Japón. 590 pp.

Ruelas Fimbres, Rocio (25 de octubre de 2021). Jefa de Cambio Climático de la Dirección General de Cambio Climático y Cultura Ambiental (CEDES). 2016- 2018. *Entrevista sobre la actualización del inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de Sonora (2015)*. Hermosillo.



135



Ruíz Luna, Arturo; Martínez-Peralta, Claudia; Eichler, Patricia P.; Teixeira, Leonardo R.; Acosta Morel, Monterrat; Hernández Guzmán, R.; Iwama, Allan Y. (2021). Comparing vulnerability and institutional capacities in three Latin American coastal localities in response to extreme rainfall events. *Coastal Conservation*, (25): 22.

Sánchez-Rodríguez, R. (2013). El cambio climático y las áreas urbanas de América Latina: a manera de introducción, en Sánchez, R. (ed.). *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*. Santiago de Chile, Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe y el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global.

Secretaría de Energía (SENER) (2015). *Inventario Nacional de Energías Renovables (INERF)*. México: Secretaría de Energía.

Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano (SIDUR) (2016). *Programa Sectorial de Infraestructura y Desarrollo Urbano Sustentable 2016-2021*. Hermosillo: SIDUR.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2020). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. Primera edición. Mayo.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2018). *Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Primera Edición.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2013). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012. México.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) (2010). *Formulación del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Sonora*. Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos. Septiembre. Hermosillo.



136





Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2018). *Estadísticas del Agua en México. Edición 2018*. Recuperado de: https://sma.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf (revisado 21 de septiembre de 2021).

Tempus Analítica A. C. (2019). *Preliminary Deep Carbonization Analysis for the State of Sonora, and Project Outline for the Development of a full long-term Decarbonization Strategy*. Reporte final para el Estado de Sonora, realizado en colaboración con Evolved Energy Research Pathways Platform y WRI México. Septiembre.

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2021). *Atlas Climático Digital México*. Recuperado de: <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/servepaps> (revisado 26 de octubre de 2021).

Vázquez Aguirre, Jorge Luis, Cervantes Pérez, Juan, Villa Fallán, Citlali; Quiroz Aparicio, Carlos; Guillén Cadena, Martín de Jesús; Sánchez Martínez, Óscar; Arellano Palacios, Josué; Ybañez Hernández, Sayli S.; García Rosas, Ruth y López Badillo, Carlos (2019). *Diagnóstico de vulnerabilidad presente y futura a los impactos de cambio climático de los tres subsectores de producción agroalimentaria en dos regiones de la República Mexicana*. Informe final. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Proyecto Alianza Mexicana-Alemana de Cambio Climático.

Zorrilla, Mara y Kuhlman, Andrea (2015). *Metadología de Priorización de Medidas de Adaptación al Cambio Climático. Guía de uso y difusión*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Proyecto Alianza Mexicana-Alemana de Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.



137



ANEXOS



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA

ANEXOS

Anexo I. Talleres de consulta pública

Entre las actividades de la consulta pública para la integración del *Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora (PECCS)* destacan 3 talleres donde participaron representantes de la academia, gobierno -estatal y municipal, y sociedad civil. En estos se delinearon las generalidades, así como las metas y acciones climáticas para los enfoques de mitigación y adaptación. Las temáticas abordadas, fechas de realización y participantes en cada uno de ellos se describen a continuación:

- Primer Taller:**
Fecha: 15 de diciembre, 2020.
Nombre: Taller de Expertos para la Construcción del *Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora*.
- Segundo Taller:**
Fecha: 5 de marzo, 2021
Nombre: Taller para la Acción Municipal para la Construcción del *Programa Estatal de Cambio Climático de Sonora*.
- Tercer Taller:**
Fecha: 28 de abril, 2021
Nombre: Taller para la Construcción del *Programa Estatal de Cambio Climático* con el Comité Intersecretarial de Cambio Climático.

Relación de participantes en la consulta pública (talleres)

A continuación se enlistan el nombre de las organizaciones, instituciones y dependencias de los tres niveles de gobierno que tuvieron participación en los talleres de consulta.

Instituciones de Educación y de Investigación

- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR)
- Colegio de Bachilleres del Estado de Sonora (COBACH)
- El Colegio de Sonora (COLSON)
- Instituto Tecnológico de Hermosillo (ITH)



139



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA

- Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)
- Universidad de Sonora (UNISON)
- Universidad Estatal de Sonora (UES)

Organizaciones Civiles y del Sector Privado

- Caminantes del Desierto, A.C.
- Clúster Energía del Estado de Sonora, A.C.
- Comité de Energía de la Comisión Sonora-Arizona
- Cultura Verde A.C.
- Inspirando Acción para un Mundo Mejor (IAMM)
- Naturalla, A.C.
- Reduce Tu Huella, A.C.
- Sky Island Alliance
- Cáffeno
- Gen, Promotora Ambiental
- Mollmes S.A. de C.V.
- Promotora Ambiental S.A.B. de C.V.
- Rancho El 17

Dependencias del Gobierno Estatal Participantes

- Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES)
- Comisión de Vivienda del Estado de Sonora (COVES)
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica del Estado de Sonora
- Grupo Impulsor, Gobierno del Estado de Sonora (IAES)
- Instituto Sonorense de las Mujeres (ISM)
- Procuraduría Ambiental del Estado de Sonora (PROAES)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hídricos, Pesca y Acuicultura (SAGARHPA)
- Secretaría de Desarrollo Social del Estado de Sonora (SEDESSON)
- Secretaría de Educación y Cultura (SEC)
- Secretaría de Economía (SE)
- Secretaría de Salud



140



Dependencias del Gobierno Federal Participantes

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)

Anexo II. Estrategias de mitigación contenidas en el PECCS

Sector Energía

Subsector	Sector ejecutor	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (años)		
					Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)
Generación y uso de energía eléctrica	Sector industrial, comercial y residencial	1. Promover estrategias de uso de energías renovables para viviendas	Comisión de Energía del Estado de Sonora	\$1,000,000.00	\$500,000.00	\$300,000.00	\$200,000.00
		2. Fomentar el uso y la generación de energías renovables mediante sistemas descentralizados tipo energía off-grid; sistema independiente sin depender de uno o más servicios públicos.					
Eficiencia energética	Sector público	3. Implementar esquemas de sistemas de eficiencia energética en los edificios del sector público.	Comisión de Energía del Estado de Sonora	\$1,000,000.00	\$500,000.00	\$300,000.00	\$200,000.00
		TOTAL: \$12,000,000.00					

Gobiernos Municipales Participantes

- Agua Prieta
- Bacanora
- Benjamín Hill
- Guaymas
- Caborca
- Hermosillo, - IMPLAN, Municipio de Hermosillo
- Navojoa
- Puerto Peñasco
- San Luis Río Colorado
- San Javier
- Santa Cruz
- Suaqui Grande

Sector transporte

Sector ejecutor	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (Años)		
				Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)
Sector regulador del transporte	1. Implementar un sistema de mejoramiento de rutas y ampliación del sistema de transporte público con enfoque de reducción de emisiones de CO ₂ E.	SIDUR - Dirección General de Transporte	\$7,000,000.00	\$4,000,000.00	\$2,000,000.00	\$1,000,000.00
TOTAL			\$9,000,000.00	\$5,000,000.00	\$3,000,000.00	\$1,000,000.00

Sector residuos y tratamiento de aguas residuales

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (Años)		
				Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)
Tratamiento de agua residuales	1. Promover la instalación de nuevas tecnologías e infraestructura municipal para el tratamiento y neutralización de aguas residuales urbanas e industriales.	Comisión Estatal del Agua - Gobiernos Municipales	\$12,000,000	\$6,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000
Gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.	3. Implementar programas de identificación y evaluación acerca de los sistemas de captación de biogás generado en los rellenos sanitarios y sitios de disposición final municipal.	Gobiernos municipales - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$2,500,000	\$1,500,000	\$500,000	\$500,000

Producción	Recursos Hídricos, Pesca y Acuicultura	\$5,000,000	\$9,000,000	\$1,000,000	\$1,000,000	\$1,000,000
Promover la implementación de sistemas agrícolas eficientes en bajas emisiones de carbono	2. Desarrollar programas para Prácticas de Conservación de Suelo y Agua (CSA) y agroecología para el sector y almacenamiento de carbono. 3. Implementación de estrategias de agricultura climáticamente inteligente tales como el uso de variedades de cultivos más eficientes y de monitoreo climático e hidrometeorológico.	\$3,850,000	\$1,850,000	\$1,000,000	\$1,000,000	\$1,000,000
TOTAL		\$24,850,000	\$18,850,000	\$3,000,000	\$3,000,000	\$3,000,000



\$ (C) 464 (P) 9

145



146

Regularización y políticas para la acción climática	2. Promover la transparencia, seguimiento y difusión de manera constante y coherente de la acción climática para mantener su cumplimiento y mejora continua.	\$4,500,000	\$1,000,000	\$1,000,000	\$1,000,000	\$1,000,000
Promover esquemas de referenciamiento de la infraestructura urbana como medida de protección ante los impactos del cambio climático	3. Identificar mecanismos de regulación del uso de suelo de las ciudades y mantener regulaciones para la incorporación de estrategias de crecimiento verde que incluyan la incorporación de áreas verdes, implementación de infraestructura verde, fomento de la vegetación nativa para fortalecer múltiples servicios ecosistémicos.	\$12,500,000	\$5,000,000	\$4,500,000	\$4,500,000	\$4,500,000
TOTAL		\$17,000,000	\$6,000,000	\$5,500,000	\$5,500,000	\$5,500,000

\$ (C) 464 (P) 9



Anexo III. Estrategias de adaptación contenidas en el PECCS

Sector Energía

Subsector	Sector ejecutor	Acción climática	Dependencias estables responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (Años)					
					Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)			
Medidas generales del sector energía	Sector de desarrollo urbano; nuevos desarrollos inmobiliarios Sector legislativo y Fiscal	1. Diseñar mecanismos para el otorgamiento de bonos fiscales estatales para la implementación de viviendas con ahorro de energía, agua y tratamiento de aguas residuales. 2. Promover apoyo económico e innovativo y establecer los mercados regulados, para impulsar, acercar de eficiencia energética, modelos participativos de energía y autoabastecimiento, entre otras acciones que ayuden a mitigar emisiones en el sector comercial e industrial. 3. Impulsar el impuesto sobre el carbono, definiendo sus lineamientos y regulaciones.	Secretaría de Hábitat - Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura - Comisión de Vivienda del Estado de Sonora Secretaría de Hábitat - Secretaría de Economía - Comisión de Energía del Estado de Sonora	\$4,500,000.00	\$2,500,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00			
								\$1,000,000.00	\$3,000,000.00	\$2,000,000.00
								\$65.510%	2 Años	2 Años
TOTAL				\$4,500,000.00	\$7,500,000.00	\$4,000,000.00	\$3,000,000.00			



\$ (C) 464 (P) 9

147



\$ (C) 464 (P) 9

148



Sector Industria

Subsector	Acción climática	Dependencias estables responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (Años)					
				Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)			
Gestión integral de manejo ambiental	1. Desarrollar esquemas locales de aprovechamiento de los residuos sólidos de riesgo especial (plásticos resistentes) en sistemas de valoración y reciclaje local. 2. Evaluación de diagnóstico integral para reducir la intensidad en el consumo de materiales en el sector. 3. Promover el diseño de prácticas de reducción del consumo final de energía en las instalaciones industriales (ejemplos: campañas de educación ambiental, inspección de huella de carbono, implementación de controles administrativos/operativos).	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Sector privado - Empresas empresariales Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Secretaría de Hábitat Secretaría de Economía - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Universidades Tecnológicas. Secretaría de Economía - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$2,000,000.00	\$1,000,000.00	\$900,000.00	\$100,000.00			
							\$1,500,000.00	\$900,000.00	\$100,000.00
							\$700,000.00	\$700,000.00	\$100,000.00
Desarrollo de capacidades identificadas en el sector	4. Impulsar programas de innovación, mediante el uso de tecnologías, productos y servicios relacionados con el crecimiento verde. 5. Fortalecer los vínculos universidad-industria para incrementar las capacidades en temas de investigación, desarrollo e implementación para mejorar las cadenas de valor y procesos.	Secretaría de Economía - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Secretaría de Educación y Cultura - Secretaría de Economía - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Universidades Tecnológicas.	\$6,000,000.00	\$4,000,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00			
							\$4,000,000.00	\$2,000,000.00	\$1,000,000.00
							\$1,000,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00
TOTAL				\$12,500,000.00	\$6,600,000.00	\$5,400,000.00	\$2,700,000.00		





PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA

Sector residuos sólidos

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (años)		
				Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)
Gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.	1. Promover el desarrollo de reglamentación y legislación de gestión integral de residuos sólidos y su disposición final a nivel municipal. 2. Crear un sistema de información estatal sobre la generación, disposición final y de disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como promotor de acciones relacionadas. 3. Desarrollar un plan de difusión y concientización en materia de residuos sólidos dirigidos a la ciudadanía para promover su participación en acciones de adaptación e impactos de cambio climático. 4. Promover el sistema de registro de generación de residuos de manejo especial. 5. Realizar el inventario de generación de residuos orgánicos en Sonora para establecer esquemas de recolección y disposición. 6. Desarrollar un programa de implementación de los residuos orgánicos y veredas animales para la elaboración de alimentos. 7. Promover la formación de proyectos y estudios de evaluación para la generación de energía a partir de residuos orgánicos (waste-to-energy), acorde a las capacidades locales.	Gobiernos Municipales - Comisaría Estatal de Infraestructura y Desarrollo Urbano - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Gobiernos municipales - Unidad Municipal de Protección Civil - Unidad Estatal de Protección Civil Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Sector privado - Unidades agrícolas y ganaderas	\$9,500,000	\$4,500,000	\$2,500,000	\$2,500,000
			\$3,000,000	\$1,000,000	\$1,000,000	
			\$5,500,000	\$2,500,000	\$1,500,000	
			\$2,000,000	\$1,000,000	\$500,000	
			\$1,000,000	\$500,000	\$500,000	
			\$6,000,000	\$3,000,000	\$1,500,000	
			\$1,500,000	\$1,000,000	\$250,000	
TOTAL	\$33,500,000	\$13,500,000	\$7,500,000	\$7,500,000		



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA

Sector uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (años)		
				Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)
Gestión eficiente del agua	1. Promover y conciliar la gestión del agua a nivel de cuencas hidrográficas para mantener la resiliencia de los ecosistemas y asegurar a largo plazo el abastecimiento del agua. 2. Consolidar los programas de manejo en las áreas naturales protegidas de competencia estatal. 3. Realización de estudios previos justificativos para nuevas áreas naturales protegidas basados en los términos de referencia con enfoque de cambio climático. 4. Desarrollar un programa de protección de barreras naturales frente a la presencia de eventos extremos meteorológicos. 5. Promover estimativas sustentables con visión ecosistémica forestal y costera y de valor agregado en ámbitos de competencia estatal. 6. Identificar los sistemas agropecuarios bajos en carbono para su posterior fomento e implementación en el sector ganadero.	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura - Comisión Estatal del Agua Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora - Coordinación Estatal de Protección Civil Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$6,000,000.00	\$4,000,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00
			\$2,000,000.00	\$1,000,000.00	\$500,000.00	
			\$6,000,000.00	\$3,000,000.00	\$2,000,000.00	
			\$1,000,000.00	\$500,000.00	\$250,000.00	
			\$1,000,000.00	\$500,000.00	\$250,000.00	
			\$7,000,000.00	\$3,000,000.00	\$1,000,000.00	
TOTAL	\$24,500,000.00	\$11,700,000.00	\$6,850,000.00	\$5,850,000.00		



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA

Sector agropecuario

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (años)		
				Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)
Recomendación productiva	1. Identificar esquemas para aumentar el rendimiento por hectárea de las actividades productivas a través de procesos de producción y tecnologías más eficientes, modernas y de menor impacto ambiental. 2. Establecer líneas de investigación de medidas tecnológicas efectivas para contrarrestar los efectos por sequías y las problemáticas del recurso hídrico en Sonora. 3. Promover la introducción de prácticas de labranza de conservación y restauración de suelos en tierras agrícolas de riego, mediante el apoyo para la adquisición de maquinaria para labranza de conservación y prácticas sustentables de temporal. 4. Evaluar la incorporación de la adaptación ecosistémica en el ordenamiento ecológico territorial de Sonora, articulando con el sector USCOSS, en temas de ganadería y uso del agua.	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura - Comisión Estatal del Agua - Universidades Locales Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora	\$5,000,000	\$3,000,000	\$1,000,000	\$1,000,000
			\$2,000,000	\$1,500,000	\$1,500,000	
			\$7,750,000	\$3,500,000	\$2,000,000	
			\$3,000,000	\$2,000,000	\$1,000,000	
TOTAL	\$23,250,000	\$10,500,000	\$6,750,000	\$6,000,000		



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA

Sector transversal

Subsector	Acción climática	Dependencias estatales responsables	Costo estimado (M.N.)	Tiempo de ejecución (años)		
				Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)
Adaptación de los asentamientos humanos al cambio climático	1. Fortalecer los esquemas de implementación de los planes de contingencia y de respuesta a nivel estatal y municipal, ante la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos. 2. Establecer un programa de migración de los sistemas de alerta temprana estatales y los mecanismos de coordinación intergubernamental que ayuden a prevenir riesgos ante eventos hidrometeorológicos extremos. 3. Identificar las necesidades de infraestructura hídrica de las ciudades con capacidad y resistencia ante eventos hidrometeorológicos extremos. 4. Identificar las obras de infraestructura hídrica requeridas y de construcción de capacidades en zonas de atención prioritaria en municipios en condiciones de pobreza extrema y riesgo social, con afectaciones previas por la presencia de eventos hidrometeorológicos extremos.	Coordinación Estatal de Protección Civil - Unidades Municipales de Protección Civil Coordinación Estatal de Protección Civil - Unidades Municipales de Protección Civil Gobiernos Municipales - Secretarías de Infraestructura y Desarrollo Urbano Gobiernos Municipales - Secretarías de Desarrollo Social	\$5,500,000	\$2,500,000	\$1,500,000	\$1,500,000
			\$7,500,000	\$3,000,000	\$2,000,000	
			\$3,500,000	\$2,000,000	\$1,000,000	
			\$1,500,000	\$1,000,000	\$1,000,000	
TOTAL	\$17,500,000	\$8,500,000	\$5,500,000	\$5,500,000		



PROGRAMA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DE SONORA



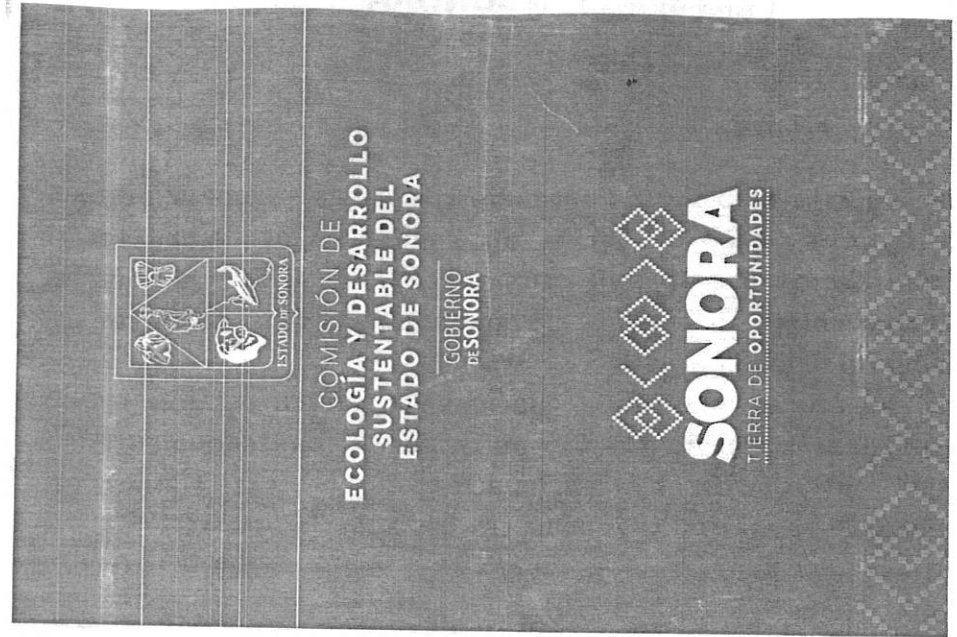
Sector transversal (continuación)

Subsector	Acción climática	Dependencia estatales responsables	Costo estimado (M.M.)	Tiempo de ejecución (Años)		
				Corto plazo (1 año)	Mediano plazo (2 años)	Largo plazo (3 a 6 años)
Fortalecer el marco regulatorio y políticas para la acción climática	5. Elaborar un programa de asistencia técnica y regulatoria a municipios alarcas el proceso de desarrollo de planes de adaptación y mitigación para el cambio climático. 6. Diseñar esquemas de mejora regulatoria de los marcos normativos de desarrollo urbano en el tema de infraestructura verde a nivel municipal y estatal. 7. Impulsar esquemas de transversalización del tema de ahorro en la política y acciones climáticas, así como en la implementación de proyectos de reducción de emisiones.	Centro de Desarrollo Municipal - Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano - Gobiernos Municipales	\$5,250,000	\$1,500,000	\$1,750,000	\$1,000,000
Promoción de la salud	8. Desarrollar un programa de capacitación y difusión sobre las consecuencias del cambio climático y la ocurrencia de los eventos climáticos extremos que puedan afectar la salud de la población, dirigido a sectores y grupos prioritarios.	Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora - Mujeres Sonorenses de las Mujeres Secretaría de Salud - Coordinación Estatal de Protección Civil	\$3,000,000 \$5,500,000	\$1,500,000 \$3,000,000	\$1,000,000 \$1,500,000	\$500,000 \$1,000,000
TOTAL			\$8,750,000	\$4,500,000	\$5,250,000	\$2,000,000



153

153





BOLETÍN OFICIAL Y
**ARCHIVO DEL
ESTADO**

**GOBIERNO
DE SONORA**

EL BOLETÍN OFICIAL SE PUBLICARÁ LOS LUNES Y JUEVES DE CADA SEMANA. EN CASO DE QUE EL DÍA EN QUE HA DE EFECTUARSE LA PUBLICACIÓN DEL BOLETÍN OFICIAL SEA INHÁBIL, SE PUBLICARÁ EL DÍA INMEDIATO ANTERIOR O POSTERIOR. (ARTÍCULO 6° DE LA LEY DEL BOLETÍN OFICIAL).

EL BOLETÍN OFICIAL SOLO PUBLICARÁ DOCUMENTOS CON FIRMAS AUTÓGRAFAS, PREVIO EL PAGO DE LA CUOTA CORRESPONDIENTE, SIN QUE SEA OBLIGATORIA LA PUBLICACIÓN DE LAS FIRMAS DEL DOCUMENTO (ARTÍCULO 9° DE LA LEY DEL BOLETÍN OFICIAL).

La autenticidad de éste documento se puede verificar en
<https://boletinoficial.sonora.gob.mx/boletin/publicaciones/validacion.html> CÓDIGO: 2022CCIX4611I-09062022-AC49A6FC9



GARMENDIA 157 SUR, COL. CENTRO TELS: 6622 174596, 6622 170556 Y 6622 131286
WWW.BOLETINOFICIAL.SONORA.GOB.MX