



PECC

**PROGRAMA ESTATAL DE
CAMBIO CLIMÁTICO
CHIHUAHUA 2019**

LISTA DE FIGURAS

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1. Orografía del estado de Chihuahua. | 23 | Figura 19. Efecto de las medidas de eficiencia energética en los sectores económicos industrial, comercial y residencial. | 68 |
| Figura 2. Fisiografía del estado de Chihuahua. | 23 | Figura 20. Comparativo del escenario base de emisiones de gases de efecto invernadero en CO ₂ e con el escenario en el que se aplican medidas de eficiencia energética exclusivamente. | 69 |
| Figura 3. Tipos de clima en el estado de Chihuahua. | 24 | Figura 21. Comparación del escenario base con el escenario de mitigación que consiste en actualizar la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013. Nota [2]: Con estimaciones elaboradas en este trabajo. | 74 |
| Figura 4. Distribución de Temperatura en el estado de Chihuahua. | 24 | Figura 22. Clima en el estado de Chihuahua. | 85 |
| Figura 5. Situación de la sequía en México, años 2014 a 2018. | 26 | Figura 23. Precipitación extrema acumulada del estado de Chihuahua en el mes de julio (1902 – 2015). | 86 |
| Figura 6. Regiones áridas y semiáridas de México. | 29 | Figura 24. Temperatura máxima extrema absoluta del estado de Chihuahua (1902 – 2015). | 87 |
| Figura 7. Población y tasa de crecimiento promedio anual en el estado de Chihuahua, 1990 a 2015. | 32 | Figura 25. Exposición climática y al cambio climático del estado de Chihuahua. | 88 |
| Figura 8. Estructura de la población para los años 2000, 2010 y 2015 del estado de Chihuahua. | 32 | Figura 26. Sensibilidad climática y al cambio climático del estado de Chihuahua. | 89 |
| Figura 9. Contribución de los sectores de la economía chihuahuense al PIB nacional con respecto al total nacional (% a 2014 en valores corrientes). | 34 | Figura 27. Vulnerabilidad al cambio climático del Estado de Chihuahua. | 90 |
| Figura 10. Desglose de los sectores económicos principales de Chihuahua en el PIB local y promedio nacional en 2014 (%). | 35 | Figura 28. Vulnerabilidad al cambio climático a nivel municipal del estado de Chihuahua. | 91 |
| Figura 11. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. | 44 | Figura A1.1. Categorías, subcategorías, fuentes y sub-fuentes de emisión de GEI asociadas al Sector [1] Energía en el estado de Chihuahua | 123 |
| Figura 12. Comparación entre estimaciones y proyecciones realizadas en 2010 y las estimaciones actualizadas. | 47 | Figura A1.2. Categorías y subcategorías de emisión de GEI asociadas al sector procesos industriales y uso de productos en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua. | 141 |
| Figura 13. Línea base de emisiones estatales de gases de efecto invernadero. | 49 | Figura A1.3. Resultados por permanencia y cambios de uso de suelo para la categoría [3B] Tierra en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 155 |
| Figura 14. Metodología de cálculo para la extrapolación de las emisiones de las [3A1a] y [3A2a]. | 59 | | |
| Figura 15. Metodología de cálculo para la proyección del número de cabezas de ganado. | 60 | | |
| Figura 16. Contribución de los principales sectores a la línea base | 63 | | |
| Figura 17. Efecto de las medidas de mitigación a la ampliación de la capacidad de generación eléctrica del estado de Chihuahua. | 65 | | |
| Figura 18. Reducción absoluta de la demanda de energía eléctrica por sector económico, respecto al escenario base, debida a la implementación de proyectos de eficiencia energética. | 67 | | |

LISTA DE CUADROS

| | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Cuadro 1. Superficie estatal por región y cuenca hidrológica (porcentaje) | 27 | Cuadro 18. Ajuste de las eficiencias térmicas por tecnología. | 56 | Cuadro A1.6. Poderes caloríficos asociados a los combustibles utilizados para la producción de electricidad en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en TJ/m ³ . | 125 | Cuadro A1.19. Poderes caloríficos asociados a los combustibles utilizados en la aviación civil, auto-transporte y ferrocarriles en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en TJ/m ³ . | 132 |
| Cuadro 2. Sitios Ramsar en el estado de Chihuahua (datos al 31 de diciembre de 2016). | 28 | Cuadro 19. Cálculo del factor de emisión consolidado para diferentes combustibles. | 57 | Cuadro A1.7. Factores de emisión por tipo de GEI asociados a la quema de combustible para la producción de electricidad en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en t/m ³ . | 126 | Cuadro A1.20. Factores de emisión por tipo de GEI asociados a la quema de combustible en los sistemas de transporte en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en t/m ³ . | 133 |
| Cuadro 3. Normatividad aplicable a la biodiversidad. | 31 | Cuadro 20. Cálculo de emisiones que serían generadas con el aumento programado de capacidad de generación eléctrica en el estado de Chihuahua sin considerar medidas de mitigación. | 58 | Cuadro A1.8. Emisiones de la subcategoría [1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 127 | Cuadro A1.21. Emisiones de GEI asociadas a las fuentes [1A4a] Residencial y [1A4b] Comercial e Institucional en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 134 |
| Cuadro 4. Indicadores de pobreza a nivel de país y para el estado de Chihuahua. | 33 | Cuadro 21. Cálculo de emisiones que serían generadas con el aumento programado de capacidad de generación eléctrica en el estado de Chihuahua considerando medidas de mitigación. | 64 | Cuadro A1.9. Demanda interna de gas natural en el estado de Chihuahua, sectores industrial y autogeneración de electricidad en el periodo 2013-2017 en m ³ . | 127 | Cuadro A1.22. Consumo de gas LP a nivel residencial, comercial e institucional en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en m ³ . | 134 |
| Cuadro 5. Población económicamente activa (PEA) y no activa del estado de Chihuahua. | 36 | Cuadro 22. Metas de eficiencia energética | 66 | Cuadro A1.10. Demanda interna de diésel por los sectores industrial y autogeneración de electricidad en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en m ³ . | 128 | Cuadro A1.23. Consumo de gas natural a nivel residencial, comercial e institucional en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en m ³ . | 1355 |
| Cuadro 6. Emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua asociadas al periodo 2013-2017 en GgCO ₂ e. | 41 | Cuadro 23. Metas de reducción estatal por implementación de medidas de eficiencia energética. | 69 | Cuadro A1.11. Estimación del consumo de combustible en la industria de la manufactura y de la construcción en el Estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 en m ³ . | 128 | Cuadro A1.24. Proporción que representa el consumo nacional de diésel a nivel comercial, respecto de la demanda total nacional en el periodo 2013-2017 en %. | 135 |
| Cuadro 7. Emisiones de la subcategoría [1A3] Transporte en GgCO ₂ e. | 44 | Cuadro 24. Acciones de competencia estatal y municipal para lograr las metas de reducción de la demanda eléctrica por implementación de medidas de eficiencia energética | 70 | Cuadro A1.12. Estimación del consumo de coque de petróleo en la industria de la manufactura y de la construcción en el Estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 en toneladas. | 129 | Cuadro A1.25. Consumo de diésel estimado a nivel comercial en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en m ³ . | 136 |
| Cuadro 8. Emisiones de las principales fuentes de gases de efecto invernadero en el estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 en GgCO ₂ e. | 45 | Cuadro 25. Ventas de autos nuevos en el estado de Chihuahua. | 73 | Cuadro A1.13. Poderes caloríficos asociados a los combustibles utilizados en la industria de la manufactura y de la construcción en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en TJ/m ³ . | 129 | Cuadro A1.26. Proporción que representa el consumo de leña en el estado de Chihuahua, respecto al consumo nacional en PJ. | 137 |
| Cuadro 9. Principales emisores de gases de efecto invernadero en el estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 en %. | 46 | Cuadro 26. Pasos y resultados del cálculo de las emisiones de transporte para el escenario en el que se toma en cuenta la entrada en vigor de la propuesta de modificación a la NOM-163-SEMAR-NAT-ENER-SCFI-2013. | 75 | Cuadro A1.14. Factores de emisión por tipo de GEI asociados a la quema de combustible en la industria de la manufactura y de la construcción en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en t/m ³ . | 130 | Cuadro A1.27. Consumo de leña estimado a nivel residencial en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en PJ. | 137 |
| Cuadro 10. Coeficientes de correlación entre emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua y dos variables macroeconómicas por sector productivo. | 48 | Cuadro A1.1. Fuentes de emisión en el estado de Chihuahua y el tipo de gases de efecto invernadero que emiten. | 120 | Cuadro A1.15. Emisiones de la subcategoría [1A3] Transporte en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 131 | Cuadro A1.28. Poderes caloríficos asociados a los combustibles utilizados a nivel residencial, comercial e institucional en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en TJ/m ³ . | 137 |
| Cuadro 11. Resumen superficie de cambio entre las series V y VI de usos de suelo y vegetación del INEGI. | 50 | Cuadro A1.2. Emisiones del sector energía en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 123 | Cuadro A1.16. Demanda interna de gasolinas en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en m ³ . | 131 | Cuadro A1.29. Factores de emisión por tipo de GEI asociados a la quema de combustible a nivel residencial, comercial e institucional en el estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 en t/m ³ , y para la leña en t/PJ. | 138 |
| Cuadro 12. Datos para la regresión lineal múltiple entre emisiones de Autotransporte. | 51 | Cuadro A1.3. Emisiones de la fuente [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 124 | Cuadro A1.17. Demanda interna de diésel para las fuentes autotransporte y ferrocarril en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en m ³ . | 132 | Cuadro A1.30. Emisiones de GEI asociadas a la fuente [1B2b] Gas natural (transporte y distribución) en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 139 |
| Cuadro 13. Resultados del análisis de regresión múltiple. | 51 | Cuadro A1.4. Centrales de generación en operación en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua. | 124 | Cuadro A1.18. Demanda interna de turbosina para la aviación civil en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017 en m ³ . | 132 | Cuadro A1.31. Volumen de gas natural transportado en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en MMm ³ . | 140 |
| Cuadro 14. Programa indicativo para el retiro de centrales eléctricas 2018-2032 en Chihuahua. | 52 | Cuadro A1.5. Datos de actividad para la producción de electricidad en el estado de Chihuahua, para el periodo 2013-2017 en m ³ . | 125 | | | | |
| Cuadro 15. Programa indicativo para la instalación de centrales eléctricas 2018-2032 en Chihuahua. | 53 | | | | | | |
| Cuadro 16. Datos de producción de las plantas de generación de electricidad que usan combustibles fósiles existentes en Chihuahua al 2017. | 54 | | | | | | |
| Cuadro 17. Eficiencia térmica correspondientes a las diferentes tecnologías de generación eléctrica en México. | 55 | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro A1.32. Longitud de la red de ductos de distribución en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en km. | 140 | Cuadro A1.47. Emisiones de la subcategoría [3A2] por especie y por tipo de GEI en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 150 | Cuadro A1.61. Emisiones generadas por la categoría [4A] Eliminación de residuos sólidos urbanos en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 168 | Cuadro A1.73. Datos de actividad utilizados en la estimación de emisiones de la subcategoría [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales en el estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 en m ³ /año. | 180 |
| Cuadro A1.33. Factores de emisión asociados al transporte y distribución de gas natural en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua. | 140 | Cuadro A1.48. Emisiones netas de la categoría [3B] Tierra en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 154 | Cuadro A1.62. Viviendas particulares habitadas y ocupantes y su distribución porcentual según forma de desechar la basura para cada entidad federativa. | 170 | | |
| Cuadro A1.34. Emisiones de GEI asociadas al sector [2] Procesos industriales y uso de productos en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 142 | Cuadro A1.49. Niveles metodológicos utilizados para el inventario de gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua para la categoría [3B] Tierra. | 156 | Cuadro A1.63. Porcentaje de residuos que llegan a los rellenos sanitarios en el estado de Chihuahua. | 170 | | |
| Cuadro A1.35. Emisiones de GEI asociadas a la subcategoría [2A1] Producción de cemento en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 142 | Cuadro A1.50. Resumen de la superficie de cambio entre la serie V y VI de usos de suelo y vegetación del INEGI. | 157 | Cuadro A1.64. Emisiones generadas por la categoría [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 172 | | |
| Cuadro A1.36. Producción nacional de cemento en el periodo 2013-2017 en toneladas. | 143 | Cuadro A1.51. Sistema de clasificación de tierras utilizado para el cálculo de las emisiones de los gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua. | 158 | Cuadro A1.65. Datos de actividad utilizados para el cálculo de las emisiones provenientes de la categoría [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos en el estado de Chihuahua, año 2012. | 173 | | |
| Cuadro A1.37. Producción de cemento inferida en el periodo 2013-2017 para el estado de Chihuahua en toneladas. | 143 | Cuadro A1.52. Emisiones de la categoría [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO ₂ de la tierra en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 160 | Cuadro A1.66. Factores de emisión de CH ₄ y N ₂ O utilizados para el cálculo de las emisiones de la categoría [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos en el estado de Chihuahua, periodo 2013-2017. | 173 | | |
| Cuadro A1.38. Producción de Clinker inferida en el periodo 2013-2017 para el estado de Chihuahua en toneladas. | 143 | Cuadro A1.53. Emisiones de la subcategoría [3C1] Emisiones de gases de efecto invernadero por quemado de biomasa en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 161 | Cuadro A1.67. Emisiones generadas por la categoría [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 174 | | |
| Cuadro A1.39. Emisiones de GEI asociadas a la subcategoría [2C5] Producción de plomo en el periodo 2013-2017 para el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 144 | Cuadro A1.54. Emisiones de la subcategoría [3C2] Encalado en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 162 | Cuadro A1.68. Información de la empresa prestadora de servicios de incineración de residuos peligrosos industriales identificada en el estado de Chihuahua. | 175 | | |
| Cuadro A1.40. Producción de plomo en el periodo 2013-2017 para el estado de Chihuahua en toneladas. | 144 | Cuadro A1.55. Emisiones de la subcategoría [3C3] Fabricación de urea en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 163 | Cuadro A1.69. Datos por defecto para los factores de emisión de CO ₂ para la incineración de residuos peligrosos y quema de residuos a cielo abierto. | 175 | | |
| Cuadro A1.41. Emisiones de GEI asociadas a la subcategoría [2C6] Producción de zinc en el periodo 2013-2017 para el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 145 | Cuadro A1.56. Emisiones de la subcategoría [3C4] Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 164 | Cuadro A1.70. Valores por defecto para contenidos de materia seca, total de carbono y fracción de carbono fósil para varios componentes de los residuos sólidos municipales. | 177 | | |
| Cuadro A1.42. Producción de zinc en el periodo 2013-2017 para el estado de Chihuahua en toneladas. | 145 | Cuadro A1.57. Emisiones de la subcategoría [3C5] Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 165 | Cuadro A1.71. Emisiones generadas por la categoría [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 178 | | |
| Cuadro A1.43. Emisiones del sector AFOLU en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 146 | Cuadro A1.58. Emisiones de la subcategoría [3C6] Emisiones indirectas de N ₂ O de la gestión de estiércol en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 167 | Cuadro A1.72. Emisiones por tipo de gas de efecto invernadero en categoría [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 178 | | |
| Cuadro A1.44. Emisiones de la categoría [3A] Ganado en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 148 | Cuadro A1.59. Emisiones en el sector [4] Residuos en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 167 | | | | |
| Cuadro A1.45. Emisiones por tipo de gas de la categoría [3A] Ganado en el periodo 2013 al 2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 148 | Cuadro A1.60. Emisiones por tipo de gas de efecto invernadero en el sector [4] Residuos en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 168 | | | | |
| Cuadro A1.46. Emisiones de la subcategoría [3A1] Fermentación entérica en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua en GgCO ₂ e. | 149 | | | | | | |

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

| | | | |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|
| AFOLU | Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, por sus siglas en inglés | IPCC | Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, por sus siglas en inglés |
| ANP | Áreas Naturales Protegidas | LGCC | Ley General de Cambio Climático |
| ASAC | Agricultura Sostenible Adaptada al Clima | MRV | Monitoreo, Reporte y Verificación |
| CANACEM | Cámara Nacional del Cemento | PACE | Programa de Acción para la Conservación de Especies |
| CCA | Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM | PCG | Potencial de Calentamiento Global |
| CDB | Convenio sobre Diversidad Biológica | PIB | Producto Interno Bruto |
| CIMAV | Centro de Investigación en Materiales Avanzados | PEA | Población Económicamente Activa |
| CMNUCC | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático | PECC | Programa Estatal de Cambio Climático |
| CND | Contribución Nacionalmente Determinada | PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| COCEF | Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza | PROCER | Programa de Conservación de Especies en Riesgo |
| CONABIO | Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad | PRODESEN | Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional |
| CONAFOR | Comisión Nacional Forestal | SADER | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural |
| CONAGUA | Comisión Nacional del Agua | SEMARNAT | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales |
| CONANP | Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas | SENER | Secretaría de Energía |
| ECUSBIOECH | Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Chihuahua | SDF | Sitios de Disposición Final |
| ENCC | Estrategia Nacional de Cambio Climático | SGM | Servicio Geológico Mexicano |
| FOD | Modelo de Decaimiento o Descomposición de Primer Orden, por sus siglas en inglés | SIAP | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero | SIE | Sistema de Información Energética |
| GyCEI | Gases y Compuestos de Efecto Invernadero | TMCA | Tasa Media de Crecimiento Anual |
| IMP | Instituto Mexicano del Petróleo | UMA | Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre |
| INECC | Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático | UNAM | Universidad Autónoma de México |
| INFyS | Inventario Nacional Forestal y de Suelos | | |
| LARCI | Iniciativa Climática Regional de América Latina (ahora Iniciativa Climática de México) | | |
| IEEGEI Chihuahua | Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del estado de Chihuahua | | |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística y Geografía | | |
| INEGYCEI | Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero | | |

UNIDADES

| | | | |
|---------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|
| bpe | Barril de petróleo equivalente | m² | Metro cuadrado |
| g | Gramo | m³ | Metro cúbico |
| Gg | Gigagramo = 109 gramos | mb | Miles de barriles |
| GgCO₂e | Gigagramos de dióxido de carbono equivalente | mbd | Mies de barriles diarios |
| GWh | Gigawatt hora | mbp | Miles de barriles de petróleo |
| °C | Grado Celsius o centígrado | Mg | Megagramo = 106 |
| hab. | Habitante | Mg/GWh | Megagramos por gigawatts hora |
| hab/km² | Habitante por kilómetro cuadrado | MJ | Megajoule |
| ha | Hectárea = 104 m ² | mm | Milímetros |
| hm³ | Hectómetro cúbico | MMm³ | Millones de metros cúbicos |
| h | Hora | MMpcd | Millones de pies cúbicos diarios |
| J | Joule | msnm | Metros sobre el nivel del mar |
| kg | Kilogramos | MtCO₂e | Millón de toneladas de dióxido de carbono equivalente |
| kg/hab/día | Kilogramo por habitante por día | Mt | Millones de toneladas |
| kJ | Kilojoule | MW | Megawatt |
| km | Kilómetro | MWh | Megawatt hora |
| km² | Kilómetro cuadrado | Pj | Petajoules |
| km/h | Kilómetro por hora | t | Tonelada (1000 t = 1 Gg) |
| km/l | Kilómetro por litro | tCO₂/hab | Toneladas de CO ₂ por habitante |
| kWh | Kilowatt hora | tCO₂e | Toneladas de CO ₂ equivalente |
| kWh/hab | Kilowatt hora por habitante | TJ | Terajoule |
| l | Litro | t/hab | Tonelada por habitante |
| m | Metro | W | Watt |
| | | Wh | Watt hora (1Wh = 3600J) |

ESPECIES QUÍMICAS

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| C | Carbono |
| CO₂ | Dióxido de carbono |
| CO₂e | Dióxido de carbono equivalente |
| CH₄ | Metano |
| N | Nitrógeno |
| NH₃ | Amoníaco |
| N₂O | Óxido nitroso |
| NO_x | Óxidos de nitrógeno |
| P | Fósforo |

PREFIJOS

| | |
|----------|-------------------------|
| k | kilo = 10 ³ |
| M | Mega = 10 ⁶ |
| G | Giga = 10 ⁹ |
| T | Tera = 10 ¹² |
| P | Peta = 10 ¹⁵ |
| E | Exa = 10 ¹⁸ |

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL¹

| | |
|-----------------------|-----|
| CO₂ | 1 |
| CH₄ | 28 |
| N₂O | 265 |

¹ Valores a 100 años. Quinto Informe de Evaluación del IPCC.



**RESUMEN
EJECUTIVO**



01

RESUMEN EJECUTIVO

² IPCC (2018). Global Warming of 1.5°C.
<https://www.ipcc.ch/sr15/>



Fuente: Jaime Álvarez

México es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) desde 1994. Desde entonces ha sido un miembro muy activo de la Convención y un ejemplo para muchos países. Por ejemplo, hasta la fecha ha presentado seis Comunicaciones Nacionales, fue el segundo país en tener una ley de cambio climático, y el primer país en vías de desarrollo en presentar su Contribución Nacionalmente Determinada (CND) como parte del compromiso para el Acuerdo de París ante la CMNUCC, donde se comprometió a reducir en un 22% los gases de efecto invernadero (GEI) y en un 51 % el carbono negro (meta no condicionada). Sin embargo, se considera que la participación de los estados y municipios es fundamental para poder alcanzar el compromiso adquirido por nuestro país en la COP 21 en París, Francia (2015) y apoyar que el aumento de la temperatura sea menor a los 2°C. Además, y derivado del reciente informe del IPCC, Global Warming of 1.5°C², donde menciona que aún si se cumplieran todas las metas comprometidas en el Acuerdo de París, a través de las CND, el incremento de temperatura sería alrededor de 3°C a finales de siglo, con consecuencias desastrosas para la vida en el planeta. Por lo anterior, hay un clamor mundial para que sean más ambiciosas las metas comprometidas y por ello, es esencial que los gobiernos subnacionales se comprometan con acciones eficaces y contundentes en materia de mitigación y adaptación.

En este sentido, la importancia de que el estado de Chihuahua cuente con un Programa Estatal de Cambio Climático (PECC), es un paso muy importante para establecer medidas en mitigación y adaptación que apoye a la política nacional en la materia y se pueda identificar medidas adicionales a las ya comprometidas que permita al país comprometer metas más ambiciosas ante la CMNUCC.

El programa presenta una actualización del inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero que arroja que las emisiones brutas, es decir sin considerar las absorciones de la categoría de 3[B] Tierra en 2017, ascendieron a 31,008.66 Gg de CO₂e. Las emisiones netas, para el mismo año, fueron 18,266.98 Gg de CO₂e, reflejando la absorción de CO₂ que simboliza la captación del carbono asociado a las permanencias en el uso de suelo, y refleja la dinámica de los bosques como sumidero de carbono en la región.

En 2017, el Sector Energía representó el 54.39% de las emisiones estatales, totalizando 16,866.4 Gg de CO₂e, siendo las fuentes de emisión más significativas, la subcategoría [1A3] Transporte, con una aportación del 22.94% (7,114.31 Gg de CO₂e) de las emisiones estatales para ese año, seguido de [1A1] Industrias de la Energía, con una aportación del 19.76% a nivel estatal, (6,128.96 Gg de CO₂e); el Sector 3: Agricultura y Silvicultura y otros Usos de la Tierra fue el segundo sector que más contribuyó a las emisiones de GEI en el estado para ese mismo año, con el 38.28%, seguido del Sector Residuos con el 4.52% y del Sector Procesos Industriales, aportando el 2.80%. Dentro del Sector 3 es importante distinguir que la categoría [3A] Ganado contribuyó con el 31.6% de las contribuciones estatales, pero la [3B] Tierra es catalogada como el sumidero de los gases de efecto invernadero.

Para elaborar los escenarios de mitigación, primero se determinaron las categorías principales de fuentes de emisión. Se encontró que 9 categorías cubren el 90% de las emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua. De estas 9, la mayor fuente de emisión fue la categoría [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor, seguida de [1A3b] Autotransporte, seguida de las emisiones generadas por el ganado bovino, ya sea por fermentación entérica [3A1a] o por gestión de estiércol [3A2a]. La línea base se obtuvo utilizando las proyecciones de los datos de actividad de las 9 categorías principales y proyectando la tendencia del resto de las categorías conjuntamente. La proyección a 2032 da como resultado un incremento de las emisiones para la línea base de casi el 60% con respecto a las emisiones de 2017.

Para el sector transporte, se generó el escenario de mitigación por actualización de la norma NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013. La observancia de la actualización de esta norma incluye en parte la introducción de nuevas tecnologías como son los autos híbridos y eléctricos. El programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional toma en cuenta el aumento en el consumo eléctrico del sector transporte por la introducción de este tipo de vehículos. El escenario resulta en una reducción de aproximadamente 1000 Gg CO₂e con respecto al escenario base.

Finalmente, para el sector ganadero, se hace la recomendación de implementar la ganadería sustentable en base al pastoreo racional para mitigar las emisiones del ganado bovino, no reduciéndolas sino promoviendo la restauración de la biomasa de los pastizales como contrapeso.

Para cumplir con los escenarios de mitigación propuestos, se plantean acciones específicas, que por su propia naturaleza deberían resultar en ahorros de energía y por lo tanto ser costo-efectivas.

Los escenarios de mitigación se realizaron para el sector eléctrico considerando que el programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional ya contempla escenarios de mitigación en línea con la ley de transición energética, la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, y la hoja de ruta en materia de eficiencia energética, entre otros. Entre los sectores que más demandan energía eléctrica se encontraron al industrial, residencial, y comercial. Asimismo, se definieron explícitamente las metas estatales de mitigación de emisiones por implementación de medidas de eficiencia energética.

Para el análisis de adaptación/vulnerabilidad se utilizaron herramientas desarrolladas por el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la Universidad Autónoma de México (UNAM). Los resultados arrojan que la exposición promedio del estado se puede clasificar en una magnitud Media, aunque los municipios de Juárez, Madera, Chihuahua, Guadalupe y Calvo, Guachochi, Batopilas, Urique y Maguarichi, presentan una Alta exposición. Sobre el parámetro de sensibilidad climática, arrojó que la sensibilidad promedio de la entidad se ubica en una magnitud de Muy Baja a Baja, aunque se distingue al municipio de Guachochi con una sensibilidad Alta, y a Carichí, Balleza, Guadalupe y Calvo, Morelos, Urique, Batopilas, Guazapares, Chínipas, Uruachi y Maguarichi con una sensibilidad Media. De manera específica, y en función de la exposición y sensibilidad analizadas, de acuerdo con los resultados obtenidos por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, los puntos vulnerables en el estado de Chihuahua se encuentran en los grupos desatendidos como los hogares con jefatura femenina, las comunidades indígenas y la alta población en pobreza alimentaria.

Los resultados de vulnerabilidad al cambio climático también ubican al estado en una vulnerabilidad Media, destacando al municipio de Batopilas como el único que presenta una vulnerabilidad al cambio climático Alta. De manera resumida, de los 67 municipios que integran el estado de Chihuahua, el 79.10% poseen una vulnerabilidad de Muy Baja a Baja, mientras el 19.40% presenta una vulnerabilidad Media y sólo el 1.49% una vulnerabilidad Alta.

Las medidas de adaptación identificadas se enfocan al tema de biodiversidad, al sector agrícola, hídrico, ganadero y forestal.

CONTEXTO



1.1 CONTEXTO

³ SEMARNAT-INECC (2018b). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Apoyado por GEF y PNUD.

⁴ Gobierno del estado de Chihuahua (2016). Programa Estatal de Cambio Climático: Identificación de Políticas de Mitigación. Con la colaboración de COCEF, CIMAV, Frontera 2012.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164901/1ra._Etapa_PECC_Chih._Reporte_final__presentado__marzo_2015.pdf



Fuente: Keith Hardy

El Programa Estatal de Cambio Climático del estado de Chihuahua es una herramienta de planeación e integración que contempla una serie de actividades que involucra la participación de los diferentes actores de la sociedad, y del propio gobierno, para identificar acciones que ayuden a establecer las estrategias más adecuadas para contribuir en la mitigación de las emisiones de los gases de efecto invernadero, así como en la adaptación de los efectos del cambio climático, y reducir la vulnerabilidad a los mismos.

Este programa tiene un sustento normativo en la Ley de Cambio Climático del Estado de Chihuahua (Periódico Oficial del Estado No. 50, el 22 de junio de 2013), donde se establece que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno de Chihuahua lo debe elaborar, con la participación y aprobación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Chihuahua (Art. 28). Además, en el Art. 29 se establecen los elementos mínimos que debe contener, y que debe de alinearse con la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC).

Adicionalmente, el programa debe seguir los lineamientos establecidos en el documento *Elementos Mínimos para la Elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas*, elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). En este documento, se establece que se debe elaborar el inventario de gases de efecto invernadero, en base a las Directrices del IPCC 2006. Aunado a esto, el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) es considerado, desde 2014, como información de interés nacional, y por lo tanto, es obligatorio no solo para la federación, sino también para los estados y municipios.³

Por otro lado, es importante mencionar que existen ediciones previas de este programa. La primera⁴ fue elaborada en conjunto, por el Gobierno del Estado, la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), con fondos del Programa Ambiental México-Estados Unidos: Frontera 2012 y el Centro de Investigación en Materiales



Avanzados (CIMAV). Esta edición se orientó a la identificación de políticas de mitigación a partir del primer inventario desarrollado de gases de efecto invernadero (2010)⁵. La segunda edición fue realizada también por COCEF, en conjunto con el Colegio de la Frontera Norte y la Iniciativa Climática Regional de América Latina (LARCI), ahora Iniciativa Climática de México (ICM). La principal meta por alcanzar con este programa, era ser el primer estado en desarrollar un modelo macroeconómico de simulación dinámica con las características socioeconómicas y ambientales locales.

En esta tercera edición se está incluyendo la variable de adaptación, la cual es contemplada en la Ley de Cambio Climático del Estado de Chihuahua, donde se especifica la formulación, regulación e instrumentación de las acciones en materia de adaptación, en conjunto con las de mitigación.

1.1.2 OBJETIVOS DEL PROGRAMA

Los objetivos del Programa son los siguientes:

- 1) Actualizar el Programa.
- 2) Actualizar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del estado.
- 3) Desarrollar una metodología para analizar la vulnerabilidad al cambio climático.

1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD FEDERATIVA

El estado de Chihuahua está ubicado en la región noroeste del país, su capital es Chihuahua y cuenta con 67 municipios⁷, de los cuales Ciudad Juárez y Chihuahua son los más poblados. Con 247,412.5 km² de superficie es el estado más extenso del país, con una densidad de población de 14.4 hab/km² y datos a 2015, indican que lo habitan 3,556,574 personas, lo que representa el 3% de la población nacional⁸.

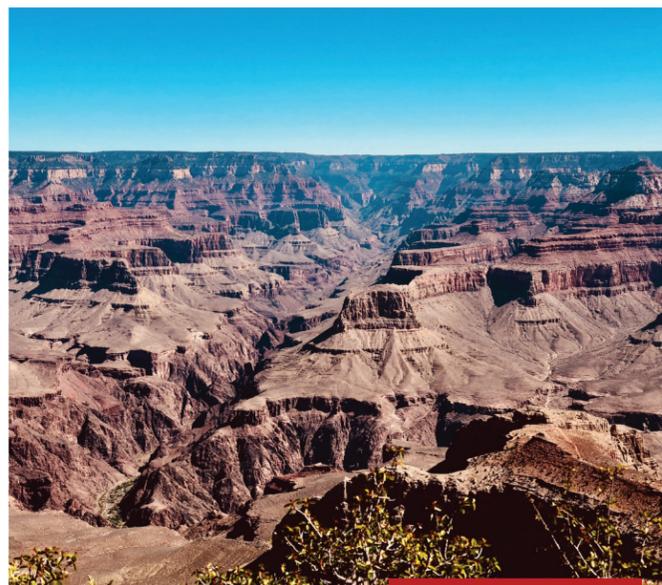
Las principales regiones naturales presentes en el estado son áridas y templadas; la superficie forestal de Chihuahua está conformada mayoritariamente por vegetación de zonas áridas y bosque, mientras que los tipos de climas presentes son seco, templado y cálido, con un intervalo de temperatura entre los 8°C y 26°C y la precipitación anual oscila entre los 200 a 1200 mm⁹.

1.1.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

El estado de Chihuahua se localiza al norte del país entre los meridianos 103°18'24" y 109°04'30" de longitud oeste y entre las latitudes 31°47'04" y 25°33'32" norte¹⁰.

LÍMITE Y SUPERFICIE

El estado de Chihuahua cuenta con una superficie de 247,412.5 km², que corresponde al 12.6% de la superficie del país¹¹. Chihuahua colinda al norte con Texas y Nuevo México, territorio de los Estados Unidos de Norteamérica; al este con Coahuila y Durango; al sur con Durango y al oeste con Sinaloa y Sonora. Es el estado con mayor línea fronteriza con el país vecino del norte con 760 km² de un total de 3,125 km² (12).



Fuente: Daniel Vargas

El municipio más extenso es Ahumada, ocupando el 6.8% de la superficie del estado, mientras que el menos extenso es Santa Bárbara con el 0.17%^{13,14}.

OROGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

Chihuahua cuenta con 4 elevaciones arriba de los 3000 msnm: Cerro Mohinora (3286 msnm), Cerro las Iglesias (3100 msnm), Cerro Gasachi (3081 msnm) y el Cordón los Tres Picachos (3044). La Figura 1 muestra las principales elevaciones presentes en el estado¹⁵.

El estado de Chihuahua está dividido en dos mitades por dos grandes provincias fisiográficas: la Sierra Madre Occidental al este y al oeste, la de Sierras y Llanuras del Norte, ocupando el 43.5% y el 56.5% del territorio chihuahuense, respectivamente¹⁶. La provincia de la Sierra Madre Occidental ha sido descrita como una altiplanicie de rocas volcánicas, angostas depresiones entre serranías, mesas y mesetas. En esta provincia se presenta cordones montañosos de relieve moderado y separados por valles de fondo plano; también se cuenta con barrancas imponentes como las del Cobre, Batopilas, Sinforosa y Urique; así como llanuras intermontañas largas y amplias que tienen un carácter transicional con la Provincia de Sierras y Llanuras del Norte¹⁷.

La Provincia de Sierras y Llanuras del Norte es una prolongación de la Provincia Basin and Range del suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica. El relieve característico son

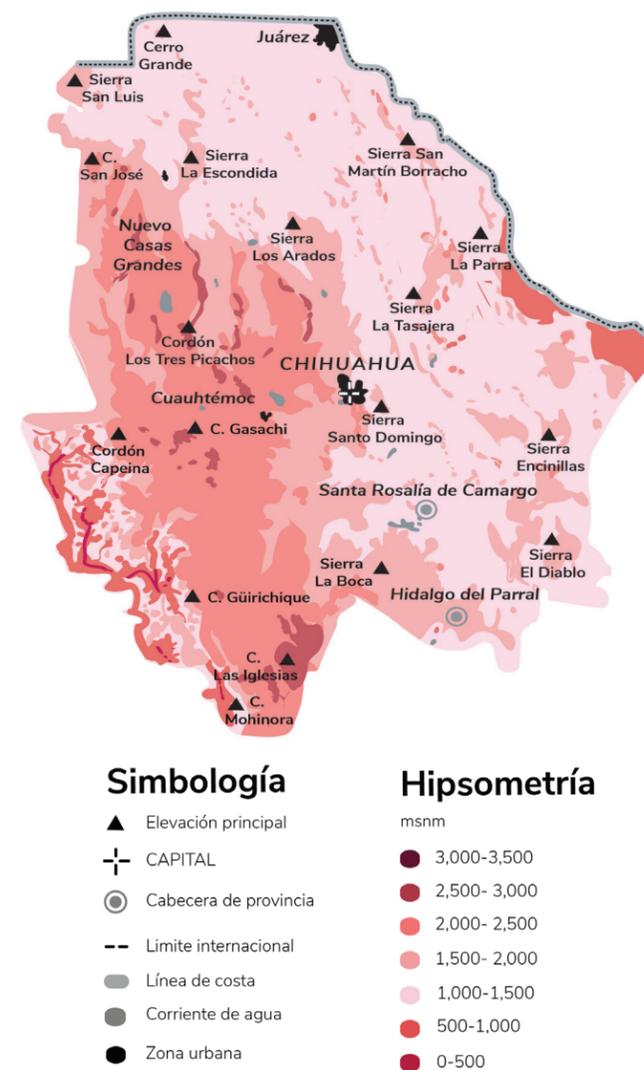


Figura 1.

Fuente: INEGI (2017a). Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua, pp. 38-39.

llanuras áridas y uniformes que presentan un cambio gradual de su declive hacia el oriente y las cuencas internas denominadas bolsones¹⁸.

La localización de las provincias y subprovincias fisiográficas en el estado de Chihuahua se muestra en la Figura 2.

CLIMA

Aproximadamente el 40% del territorio del estado presenta un clima muy seco, principalmente en la provincia fisiográfica de Sierras y Llanuras del Norte. Alrededor del 33% del clima seco y semisecho se localiza en parte este de la provincia de la Sierra Madre Oriental, mientras que la región templada húmeda (24%) es común en la parte central-oeste de la misma. Chihuahua tiene un clima cálido subhúmedo de cerca del 3% de su territorio, en la región suroeste de la Sierra Madre Oriental que colinda con los estados de Sonora y Sinaloa (ver Figura 3)¹⁹.



Figura 2.

⁵ Gobierno del estado de Chihuahua (2010). Emisiones de gases de efecto invernadero en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025. Con la colaboración de COCEF y el Center for Climate Strategies. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164902/2010_chi_inventario.pdf.

⁶ Gobierno del estado de Chihuahua (2016). Programa Estatal de Cambio Climático: Cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI. Con la colaboración de COCEF, Colegio de la Frontera Norte y LARCI. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164904/Reporte_Final_2da_Etapa_PECC-CHIH_abril_2016.pdf

⁷ INEGI (2017a). Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua, pp. 18-19.

⁸ INEGI (2015a). Panorama sociodemográfico de México, p. 24.

⁹ INEGI (2017b). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa, pp. 43, 45-46.

¹⁰ INEGI (2017a). Op. Cit., p.18.

¹¹ INEGI (2015a). Op. Cit., p. 24.

¹² INAFED (a) Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México.

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM08chihuahua/index.html>. Consultado 20 de diciembre de 2018.

¹³ INAFED(b): <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM08chihuahua/municipios/08001a.html>; y

<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM08chihuahua/municipios/08060a.html>. Consultado 20 de diciembre de 2018.

¹⁴ INEGI (2017c). Conociendo Chihuahua. Séptima Edición.

¹⁵ INEGI (2017a). Op. Cit. pp. 19 y 38.

¹⁶ INEGI (2017a). Op. Cit. pp. 20 y 21.

¹⁷ INAFED(a). Nota 11

¹⁸ Idem.

¹⁹ INEGI (2017a). Op. Cit., pp. 22 y 43.

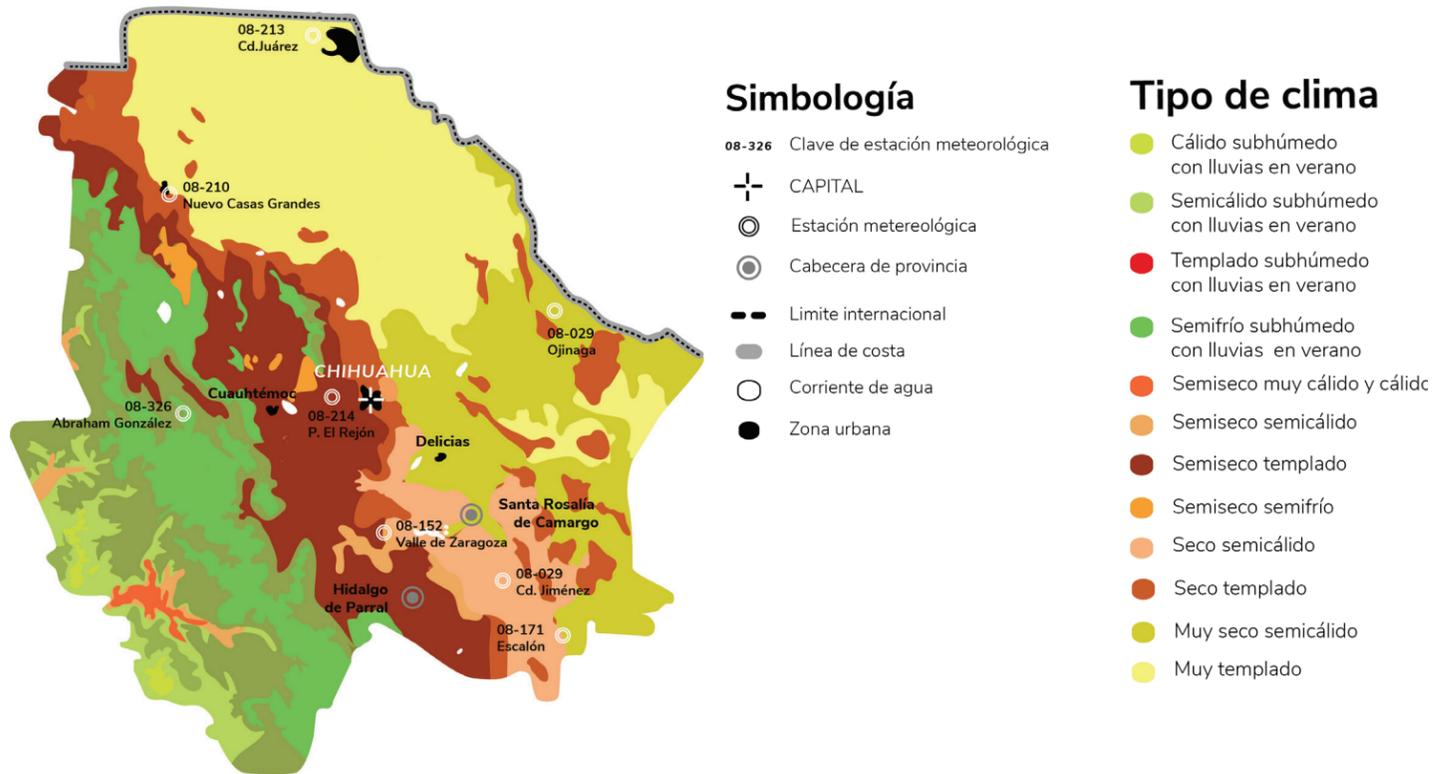


Figura 3.



Fuente: Redcharlie

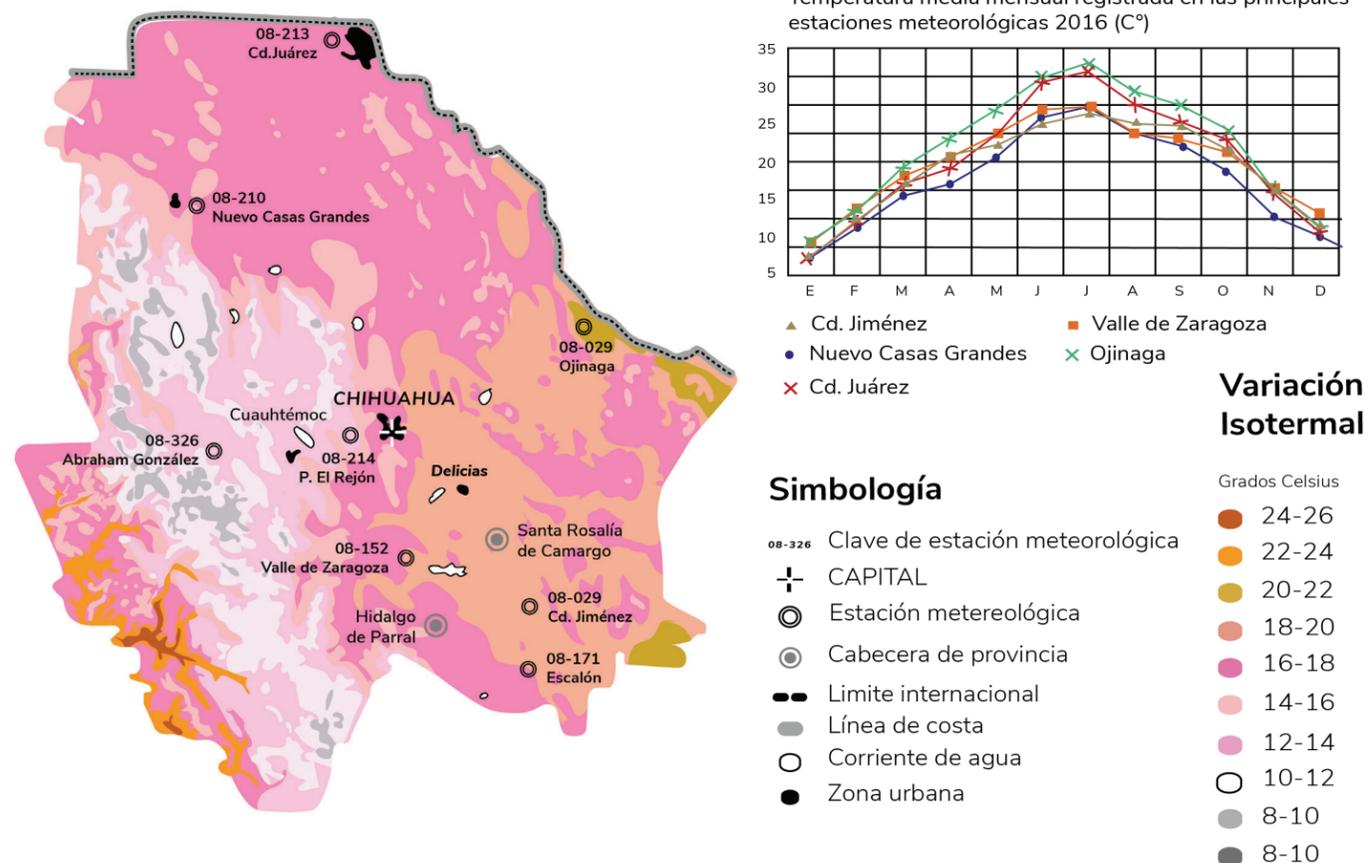


Figura 4.

Fuente: INEGI (2017a). Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua, pp. 43-44.

La temperatura media anual en Chihuahua es de 17°C, mientras que la más alta es mayor de 30°C, presentándose entre los meses de junio y agosto y la más baja, generalmente se registra en el mes de enero, como se muestra en la Figura 4.

Las lluvias no son muy abundantes y se presentan principalmente en verano, oscilando la precipitación anual entre los 200 a 1200 mm²⁰.

EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

Esta sección describe algunos de los fenómenos hidrometeorológicos que se consideran posibles efectos del cambio climático que han afectado a Chihuahua, aunque por su ubicación geográfica, el estado en general no se ve afectado por ciclones directamente sí pueden incrementarse las lluvias como pasó en 2013 a consecuencia del huracán Manuel (ver sección 1.3 para más detalles). Otros fenómenos que si le pegan directamente son las sequías e incendios forestales.

SEQUIAS

Información sobre sequías en Chihuahua y del país en general, fueron obtenidas en el Monitor de Sequía de la Comisión Na-

cional del Agua (CONAGUA)²¹, en el cual se pudo conseguir datos desde 2014 al presente. La Figura 5 muestra la situación en el tema, a través de estos años, encontrándose que en el 2017 fue el periodo con mayor área afectada por este fenómeno, con un 25% en Chihuahua. El 2015 fue el año de menos afectaciones en el estado, con solo 0.9%. En la sección 1.3 se puede ver información anterior al 2014, donde se identificó que, en 2013, Chihuahua padeció el peor periodo de sequía de los últimos 150 años.

INCENDIOS FORESTALES

Chihuahua ha sufrido a lo largo de los años diversos incendios, identificando que para el 2016, fue el quinto estado con mayor superficie afectada con 13,418 ha por 702 incendios, cantidad mayor a la del 2015 que solo se vio afectada 1,974 ha por 252 incendios²².

RECURSOS HÍDRICOS

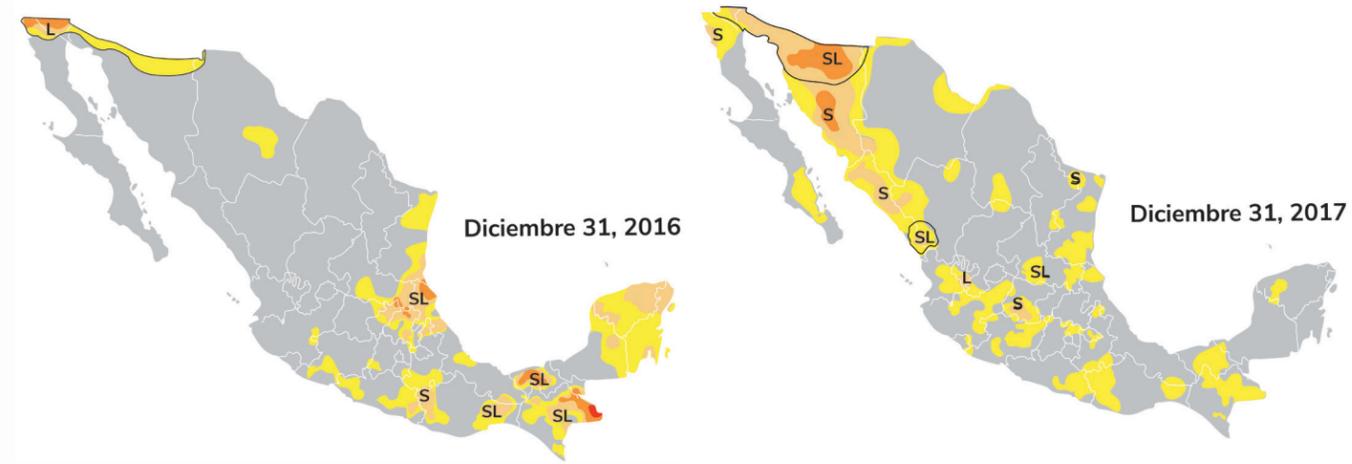
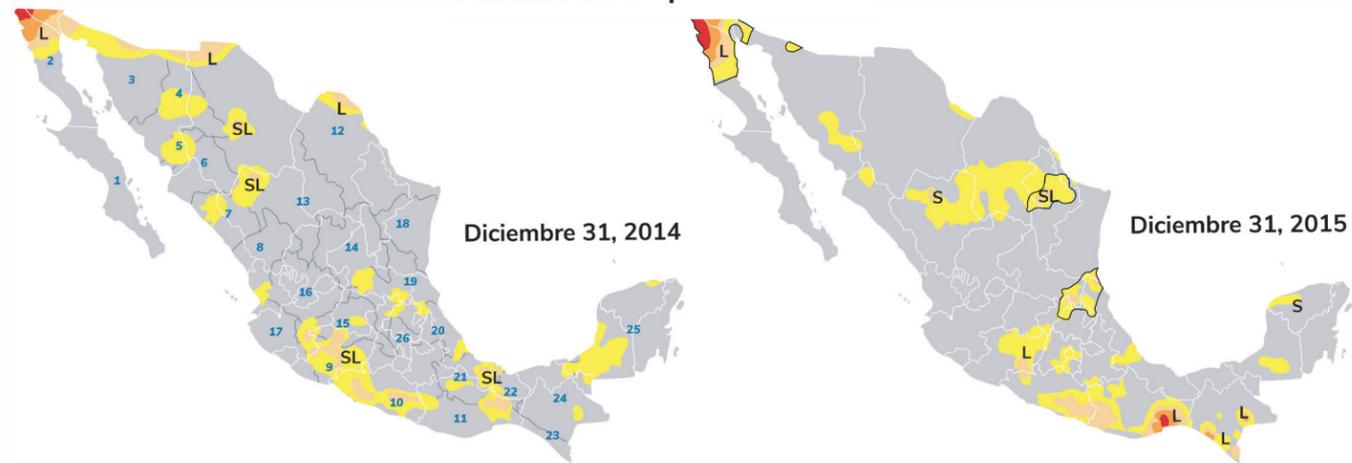
Como se mencionó en secciones anteriores, la precipitación media total es alrededor de 700 mm anuales, de la cual se alimentan los recursos hídricos del estado de Chihuahua.

²⁰ INEGI (2017b). Op. Cit., p. 46.

²¹ CONAGUA (2018a). Monitor de Sequía en México: <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>, consultado 22 de diciembre de 2018.

²² INEGI (2017b). Op. cit. pp. 56-57.

Monitor de Sequía en México



| Año | Porcentaje de área (%) | | | | | |
|------|------------------------|-------|------|----|----|----|
| | Sin afectaciones | D0 | D1 | D2 | D3 | D4 |
| 2014 | 84.7 | 11.25 | 4.05 | - | - | - |
| 2015 | 99.1 | 0.9 | - | - | - | - |
| 2016 | 89.7 | 10.3 | - | - | - | - |
| 2017 | 75.0 | 23.1 | 1.90 | - | - | - |
| 2018 | 94.1 | 5.9 | - | - | - | - |

Intensidad de la sequía :

- D0 Anormalmente seco
- D1 Sequía - Moderada
- D2 Sequía - Severa
- D3 Sequía - Extrema
- D4 Sequía - Excepcional

Tipos de Impacto de la sequía :

- Delimita impactos dominantes
- S** = Corto periodo, típicamente < 6 meses (p.ej. agricultura, pastizales)
- L** = Largo periodo, típicamente >6 meses (p.ej. hidrología, ecología)

Figura 5.

Fuente: CONAGUA. Monitor de sequía en México: <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico> (consultado 21 de diciembre de 2018).

Además, las corrientes que drenan al interior del estado, más las presas, lagunas y aguas subterráneas integran el potencial hídrico de la entidad. El parteaguas continental discurre a lo largo de la Sierra Tarahumara, dividiendo la superficie del estado en tres vertientes: Vertiente del Golfo de California, Vertiente del Golfo de México y Vertiente Interna. A la primera le contribuyen los ríos Yaqui, Mayo, Fuerte y Sinaloa, pero poco es aprovechado en el estado, a excepción las aguas del río Papigochi (nacimiento del riego Yaqui) que se utilizan en riego. La segunda vertiente se conforma por ríos y arroyos de curso extenso y poco volumen que alimentan al río Bravo, siendo el río Conchos el más importante. La Vertiente Interna se alimenta de los ríos Casas Grandes, Santa María y del Carmen, pero desembocan en lagunas de escaso almacenamiento, por dos causas filtraciones y rápida evaporación²³.

El estado de Chihuahua cuenta con 21 cuencas hidrológicas que pertenecen a 5 regiones hidrológicas²⁴, como se detalla en el Cuadro 1. En lo que se refiere a las aguas subterráneas, Chihuahua cuenta con 61 acuíferos, de los cuales 15 están sobreexplotados y 2 presentan salinización²⁵.

El agua renovable con la que contaba el estado de Chihuahua al 2016, era 12005 hm³/año, y per cápita 3205 m³/hab/año²⁶.

ECOSISTEMAS

Hay tres tipos principales de ecosistemas terrestres en el estado: bosques, pastizales y matorrales, aunque en menor cantidad existen pequeñas zonas cubiertas de selvas, dunas, chaparrales y mezquites²⁷.

Cuadro 1.

| Región hidrológica | Cuenca | % de la superficie estatal |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| RH09 Sonora Sur | R. Mayo | 2.12 |
| | R. Yaqui | 7.69 |
| RH10 Sinaloa | R. Culiacán | 0.38 |
| | R. Sinaloa | 1.74 |
| | R. Fuerte | 10.34 |
| | R. Bravo-Ojinaga | 2.95 |
| RH24 Bravo-Conchos | R. Bravo-Cd. Juárez | 2.87 |
| | R. Conchos-Ojinaga | 3.54 |
| | R. Conchos-P. El Granero | 4.86 |
| | R. Conchos-Presa de la Boquilla | 7.69 |
| | R. Florido | 4.27 |
| | R. San Pedro | 4.92 |
| RH34 Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes) | A. El Carrizo y otras | 8.90 |
| | R. Del Carmen | 7.91 |
| | R. Santa María | 7.07 |
| | R. Casas Grandes | 10.35 |
| RH-35 Mapimí | L. Bustillos y de los Mexicanos | 1.6 |
| | L del Guaje-Lipanes | 2.08 |
| | Polvorillos-Marqués | 2.00 |
| | El Llano-L. del Milagro | 4.09 |
| | A. La India-L. Palomas | 2.47 |

Fuente: INEGI (2017a). Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2017.

²³INAFED (a). Nota 11

²⁴INEGI (2017a). Op. cit. pp.29-31.

²⁵CONAGUA (2018b). Sistema Nacional de Información del Agua. <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=acuíferos&n=estatal>, consultado 21 de diciembre de 2018.

²⁶CONAGUA (2017). Estadísticas del agua en México. Edición 2017.

²⁷CONABIO (2014). La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. p. 51.

Los matorrales cubren aproximadamente el 47% del estado, y se localizan principalmente en las zonas áridas y semiáridas en las regiones fisiográficas de la Sierra Madre Occidental y en específico en la Sierra Tarahumara, las Sierras, Lomeríos y Valles Centrales. Los tipos más comunes encontrados son: matorral desértico micrófilo, desértico rosetófilo, submontano y tropical²⁸.

Los bosques presentes en Chihuahua son principalmente del tipo templado, cubriendo un poco más de la cuarta parte de la superficie del estado y están conformados por coníferas y latifoliadas, localizándose principalmente en la Sierra Madre Occidental. Sí hay presencia de bosque tropical, pero solo ocupa un 2% de la superficie del estado. Este tipo de bosque se caracteriza por árboles que pierden sus hojas en la temporada de sequía y su presencia se ubica en los fondos de las barrancas de la Sierra Madre Occidental, cuyo clima es cálido y semicálido²⁹.



Fuente: adrian

El pastizal cubre casi una quinta parte del territorio estatal (18.5%) y se localiza en las regiones del Altiplano y Sierras de Oriente y la Sierra Tarahumara, las Sierras, Lomeríos y Valles Centrales. Se ha identificado tres tipos de pastizales: natural, halófito y el inducido. El primero es seriamente amenazado por el cambio de uso de suelo, el segundo se caracteriza por tener un alto contenido de sales y el tercero es utilizado en potreros y pastoreo para el ganado³⁰.

El ecosistema acuático de la entidad se compone de dos grandes sistemas: el lótico, que está conformado por corrientes de agua como son los ríos y arroyos y el léntico, que lo forman las lagunas, lagos y humedales, que son aguas tranquilas. Ambos tipos ejercen funciones hidrológicas importantes, por ejemplo, los ríos son la recarga de acuíferos, el suministro de agua de irrigación y las descargas de excedentes durante las épocas de lluvia intensa, así como también la vegetación que crece en las orillas filtra escorrentías, propicia infiltración y recarga acuíferos y provee hábitat a la fauna silvestre. Por lo anterior, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) considera la Cuenca del Río Conchos y la Cuenca alta del río Santa María prioritarias³¹. Por otro lado, los humedales (sistema léntico) presentan una importancia alta por la gran biodiversidad que contienen y por su productividad, además que también actúan como filtradores de nutrientes y contaminantes, como zonas contra inundaciones y recarga de acuíferos.

En el Cuadro 2, se muestran los 5 sitios RAMSAR³² con los que cuenta el estado y que abarcan a humedales de importancia internacional. Entre ellos destaca la Laguna de Babícora, la cual está considerada dentro de los 28 humedales de mayor relevancia en México, principalmente por la gran cantidad de aves acuáticas migratorias y neotropicales que la frecuentan. Aproximadamente 4 millones de aves la usan en invierno y más de 5 millones la utilizan durante el periodo de migración, sobresaliendo la población más grande de gansos registrada en el Altiplano Mexicano y la mayor población de grullas grises invernantes en México³³.

Cuadro 2.

| Fecha de designación | Denominación |
|----------------------|------------------------------------|
| 2/2/2012 | Río San Pedro-Vado de Meoqui |
| 2/2/2008 | Laguna de Babícora |
| 10/30/2013 | Manantiales Geotermales de Julimes |
| 30/10/13 | Humedales de Guachochi |
| 10/30/2013 | Laguna La Juanota |

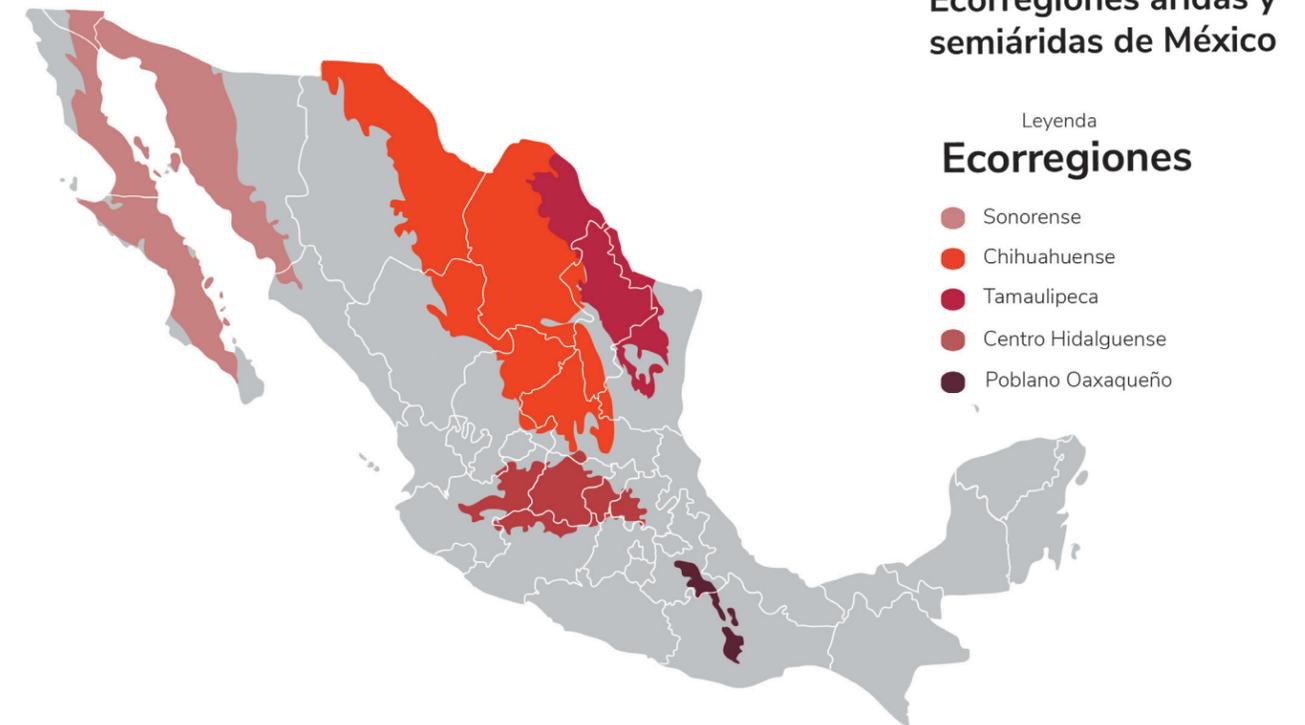
Fuente: INEGI (2017a). Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua.

local), valores (recursos biológicos, pesquerías y suministro de agua) y atributos (refugio de diversidad biológica, patrimonio cultural y usos tradicionales). Estos sitios se han venido determinando y registrando en México a partir del 4 de noviembre de 1986 derivado de la Convención celebrada en 1971 en la ciudad de Ramsar, Irán. Cabe señalar que estos humedales pueden o no estar incluidos dentro de las denominadas áreas naturales protegidas.
³³CONABIO (2014). Op. cit., p. 473.

REGIONES ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

De las dos regiones áridas que existen en México, una es la Chihuahuense, la cual comprende una superficie compartida entre Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas, como se puede ver en la Figura 6. En esta región se identifican plantas que resisten la poca disposición de agua y la salinidad del suelo como las biznagas, los nopales, las yucas, los magueyes, el sotol, los pastos nativos, los mezquites, principalmente.

Los ecosistemas presentes en esta área están conformados por matorral desértico y semidesértico y pastizal. Es posible observar especies animales como el bisonte americano, el perrito llanero, la zorra del desierto, el coyote, el gato montés y el puma. De las tres regiones semiáridas, Tamaulipeca, Centro-Hidalguense y Poblano-Oaxaqueñas, ninguna abarca el estado de Chihuahua^{34,35}.



Ecorregiones áridas y semiáridas de México

Leyenda

Ecorregiones

- Sonorense
- Chihuahuense
- Tamaulipeca
- Centro Hidalguense
- Poblano Oaxaqueño

Figura 6.

Fuente: SEMARNAT-INECC (2018a). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Apoyado por PNUD y GEF.

BIODIVERSIDAD

El estado de Chihuahua cuenta con algunas de las regiones más biodiversas del mundo, como lo es la Sierra Madre Occidental y el Desierto Chihuahuense. Por ejemplo, la primera región es identificada por la gran diversidad de flora, aves, mamíferos, reptiles, insectos y peces. De las especies de flora se destacan los pinos, principalmente especies de encinos, mientras que en la fauna destacan especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo, como el bisonte, el perrito de la pradera, la cotorra serrana occidental, la guacamaya verde, el búho moteado, el águila real, el oso negro, el jaguar, el pájaro carpintero y diversas especies de víboras de cascabel³⁶.

Ejemplos de la flora y fauna dominante en el Desierto Chihuahuense se describen en la sección anterior: Regiones áridas y semiáridas.

CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DEL CAPITAL NATURAL

Como en casi cualquier lugar del mundo, el cambio de uso de suelo forestal para realizar actividades agrícolas y ganaderas constituye la amenaza más importante para el capital natural del estado de Chihuahua, generando extensas superficies de pastizales³⁷. Se reporta, que de estos pastizales, una tercera

²⁸Ibid., p. 21.

²⁹Ibid., p. 53.

³⁰Ibid., p. 21.

³¹Ibid., p. 472.

³²Los sitios Ramsar se refieren a humedales de importancia internacional, considerados como ecosistemas fundamentales en la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, con importantes funciones (regulación recarga de acuíferos y estabilización del clima

³⁴SEMARNAT-INECC (2018a). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Apoyado por PNUD y GEF.

³⁵CONABIO (2014). Op. cit., p. 206.

³⁶Ibid., p. 205.

³⁷Ibid., p. 223.



Fuente: Alejandro Cartagena MX

parte se clasifica ya como sin vegetación, mientras que tres cuartas partes del bosque cerrado se han degradado a la categoría de bosque abierto. Por otro lado, se ha identificado que la Sierra Madre Occidental ha perdido más del 11% de su cobertura vegetal en un periodo de 20 años. Otro factor que afecta a la biodiversidad y es consecuencia de las actividades de ganadería, es el sobrepastoreo, ya que altera los ciclos biogeoquímicos, provoca pérdida de suelo y vegetación, reportándose hasta un 80% en algunas partes del estado. También la introducción de especies exóticas tiene un efecto en los ecosistemas, así como el tráfico de especies como la de los cactus nativos o endémicos del Desierto de Chihuahua. Otro problema que se ha identificado es la electrocución de aves como el águila real, el halcón cola roja y el aguililla real, principalmente.

Por lo tanto, los retos para conservar la biodiversidad del estado de Chihuahua son muchos, sin embargo, hay mucho trabajo o programas vigentes que se han implementado y que hay que seguir fortaleciendo para contrarrestar las amenazas ya mencionadas, los cuales se enuncian a continuación:

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (ANP)

Chihuahua tiene 11 ANP³⁸ que suman el total de 1,593,351 ha, lo que representa el 6.4% del estado. Más del 50% de esa superficie cubre bosques de pino y encino, y el 25% y 16% abarcan áreas de matorral xerófilo y pastizales, respectivamente³⁹.

UNIDADES DE MANEJO PARA

LA CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE (UMA)

El aprovechamiento cinegético en el estado es una actividad importante, ya que se cuenta con 520 UMA, además de hasta 40 clubes de caza. Se han identificado 19 especies de aves y mamíferos que son del interés de los clientes de estas unida-

des de manejo, sin embargo, hay que reforzar el manejo adecuado de éstas para que realmente apoyen la conservación de los ecosistemas⁴⁰.

CERTIFICACIONES DE MANEJO

De acuerdo con datos de CONABIO, Chihuahua es el segundo estado con la mayor superficie de bosques certificados, con un total de 196,919 ha⁴¹.

OTROS PROGRAMAS

Ha habido una gran cantidad de programas de conservación, ya sea manejado por la federación, el propio gobierno estatal o particulares. Ejemplo de ellos son: El Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER), a través del Programa de Acción para la Conservación de Especies (PACE), donde se asignó presupuesto para la conservación y recuperación de 30 especies en riesgo a nivel nacional durante el periodo 2006-2012. Entre las especies consideradas, se incluyeron al águila real, jaguar, lobo mexicano, berrendo, cotorras serranas, oso negro, perrito llanero y bisonte que son especies distribuidas o con distribución histórica en Chihuahua.

El Programa de Empleo Temporal es otra herramienta utilizada para la conservación mediante el pago de los servicios prestados por las familias que habitan dentro de las Áreas naturales Protegidas, así como también la proveeduría de materiales y equipo para la restauración y mantenimiento del ecosistema. El Programa de Conservación de Maíz Criollo y sus Variedades Silvestres es un ejemplo de este programa.

NORMATIVIDAD

Además de los programas o instrumentos mencionados en los párrafos anteriores, hay una serie de compromisos internacionales, así como leyes a nivel federal y estatal relacionado a la biodiversidad. En el Cuadro 3 se resumen la normatividad aplicable al estado de Chihuahua.

Cuadro 3.

| INTERNACIONAL | NACIONAL | ESTATAL |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Convención entre México y Estados Unidos para la protección de aves migratorias y de mamíferos cinegéticos (1937). | Ley Federal sobre Sanidad Vegetal (1974) | Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente del Estado de Chihuahua (2005) |
| Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de especies acuáticas (RAMSAR) (1971). | Ley General del Equilibrio y Protección al Ambiente (LGEEPA) (1988) | Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable (2004) |
| Convención sobre la Conservación de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) (1973). | Ley de Aguas Nacionales (1992) | Ley de Bienestar Animal (2010) |
| Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CITES) (1983) | Ley Federal de Variedades Vegetales (1996) | |
| Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) (1989) | Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (1997) | |
| Acuerdo de cooperación ambiental entre México y Canadá (1990) | Ley General de Vida Silvestre (2000) | |
| Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) (1992) | Ley de Energía para el Campo (2002) | |
| Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) | Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2003) | |
| Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (1993) | Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (2005) | |
| Comité Trilateral Méx-Can-EUA de Vida Silvestre para la Conservación y Manejo de Vida Silvestre y Ecosistemas (1996) | Nueva Ley Federal sobre Sanidad Animal (2007) | |
| Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (2004) | Ley de Desarrollo Rural Sustentable (2001 y reformada en 2007) | |
| | Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (2007) | |

Fuente: 1) CONABIO (2014). La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 2) Actualización propia.

1.1.3.2 SITUACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA

CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

En 2015, Chihuahua tenía 3,556,574 habitantes, lo que correspondía el 3% de la población nacional estimada para ese año. El 50.7% de la población chihuahuense eran mujeres, lo que indica que existían 97 hombres por cada 100 mujeres. Con respecto a la población indígena, se estimó que para ese mismo año el total era de 90,173^{42,43}.

⁴²Cálculo basado en la condición de hablante de lengua indígena y se tomó como base la población de 3 años y más, ya que a partir de esa edad los niños son capaces de comunicarse verbalmente. También hay datos basados en la pertenencia indígena, independiente de si habla o no una lengua indígena y en base a esto, se ha estimado que hay

401,200 personas que se reconocen a sí mismas como indígenas, valor que representa el 11.3% de la población del estado. ⁴³INEGI (2015b). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015: Chihuahua. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. p. 45.

³⁸Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del estado de Chihuahua. http://www.chihuahua.gob.mx/sedue/areas_protegidas_chih. Consultado 22 de diciembre de 2018.

³⁹CONABIO (2014). Op. cit., p. 101. ⁴⁰Ibid., p. 165. ⁴¹Ibid., p. 185.

Al revisar la tasa de crecimiento promedio anual de la población, se observa una disminución pasando de 2.3% en el periodo de 1990 al 2000 a 1.1% del 2000 al 2010 y 1% del 2010 al 2015, como se puede observar en la Figura 7⁴⁴.

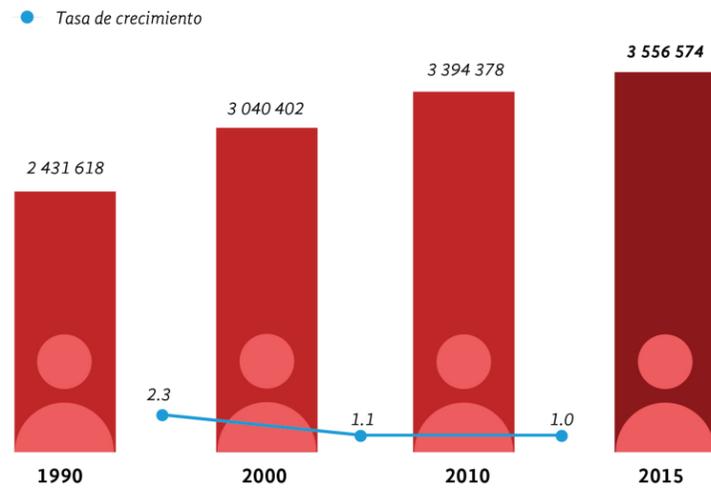


Figura 7.

Fuente: INEGI (2015b). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015: Chihuahua. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

En la Figura 8 se muestra la estructura por edades de la población del estado de Chihuahua para los años 2000, 2010 y 2015. En ésta se puede observar que tanto la población de 65 años y más, como la de 15 a 64 años han ido en aumento, mientras un ligero descenso se observa en el rango de edad entre 0 y 14 años. También se indica en la figura, la evolución de la edad mediana de la población, la cual registra un aumento de 4 años en 2015 con respecto al año 2000, al pasar de 23 años a 27 años, respectivamente⁴⁵.

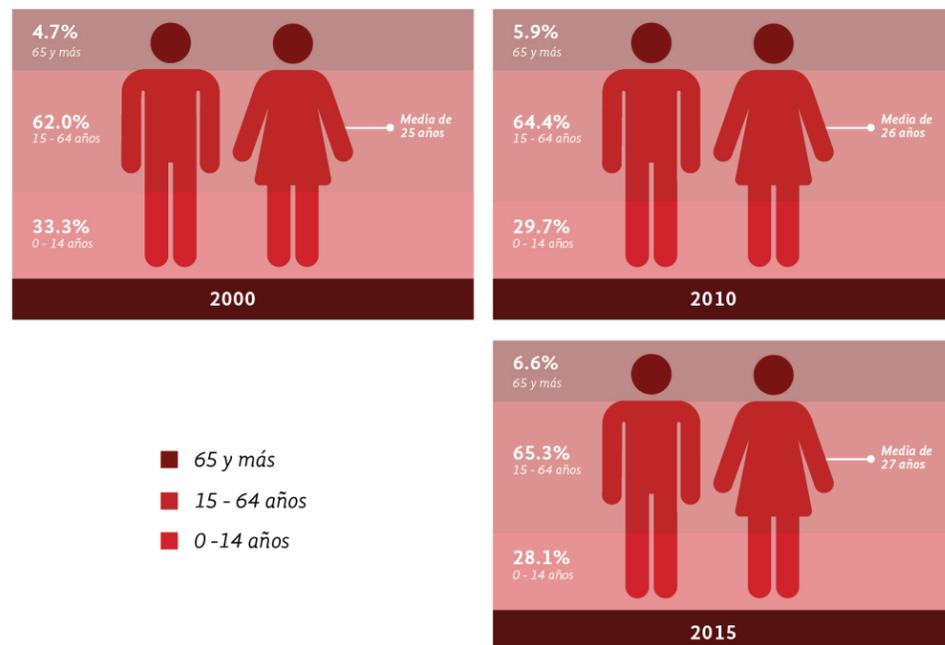


Figura 8.

Fuente: INEGI (2015b). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015: Chihuahua. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

Otro parámetro importante es el porcentaje de analfabetismo, como indicador de condiciones básicas de bienestar de la población. En Chihuahua, la tasa de analfabetismo de la población de 15 años y más disminuyó de 4.8 a 2.6% entre 2000 y 2015⁴⁶, valor muy por debajo de la media nacional⁴⁷. Por lo que se puede deducir que las acciones implementadas para erradicar el analfabetismo en la población del estado han funcionado. En este mismo sentido, el promedio de escolaridad de la población chihuahuense de 15 años y más tuvo un incremento, pasando de 7.7 años en 2000 a 9.4 años en 2015, lo que equivale a tener estudios hasta tercero de secundaria⁴⁸.

DISTRIBUCIÓN Y DENSIDAD DE POBLACIÓN

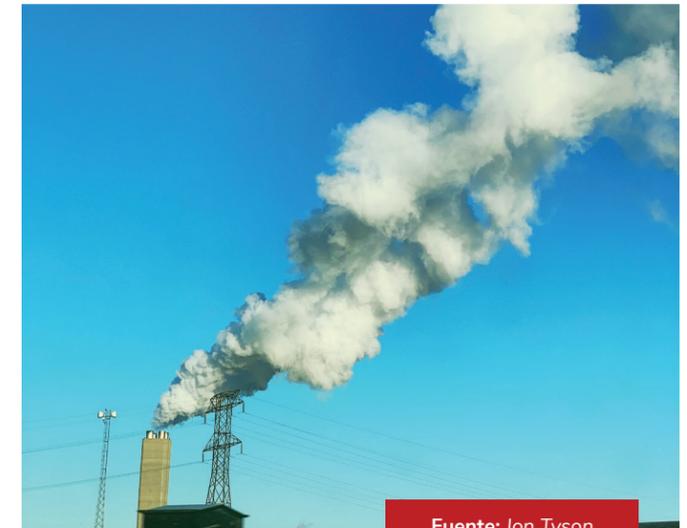
El estado de Chihuahua se ha vuelto más urbano, ya que para el 2015 el 79.7% de la población residía en localidades de 15,000 o más habitantes, mientras que solo el 13.9% lo hacía en localidades de menos de 2,500 habitantes, mientras que el porcentaje para el año 2000 era de 75.4% y de 17.5%, respectivamente⁴⁹.

La superficie de la entidad es de 247,412.5 km² (12.6% del territorio nacional), lo que da una densidad de población de 14.4 hab/km², siendo Cd. Juárez y Chihuahua los municipios con mayor población, concentrando entre ambos casi el 64% de los habitantes del estado⁵⁰.

Para 2015, había 27% más hogares registrados comparados con 2005, pasando de 813,273 a 1,033,216, contando el 95.8% con agua entubada y el 96.4% con energía eléctrica⁵¹.

EMISIONES PER CÁPITA

De acuerdo a los resultados presentados en la sección 2.2.1, las emisiones de gases de efecto invernadero de 2015 fueron, sin considerar las absorciones de la categoría [3B] Tierra, 29,879,730 tCO₂e, mientras que las emisiones netas fueron 17,138,040 tCO₂e. Esto nos da una emisión per cápita bruta de 8.40 t/hab y neta de 4.82 t/hab. Sin embargo, en la Sexta Comunicación Nacional y el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 presentadas por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología



Fuente: Jon Tyson

y Cambio Climático (INECC) en este año, las emisiones per cápita que reportan solo toman en cuenta la categoría [1A] Actividades de quema del combustible del sector [1] Energía, dando un valor nacional de 3.61 tCO₂/hab en 2015. Bajo estas condiciones, se calculó el valor per cápita para el estado, dando un valor de 4.73 tCO₂/hab para el mismo año, valor superior a la media nacional^{52,53}.

POBREZA Y DESIGUALDAD

La pobreza en México es un factor a considerar dentro de cualquier programa o política a desarrollar, ya que, sumando el porcentaje de pobreza extrema y pobreza, el dato nos indica que para 2016 un poco más de la mitad de población vive en esas condiciones: 51.2%. En Chihuahua, el dato es menor, aunque prácticamente es un tercio de la población que tiene esta condición: 33.8% (año 2016).

En el Cuadro 4, se muestra un comparativo de los datos de pobreza extrema, pobreza, pobreza moderada y población no pobre y no vulnerable entre los años 2014 y 2016, donde se nota una disminución en esos índices.

Cuadro 4.

| Año | País/Estado | Pobreza extrema (%) | Pobreza (%) | Pobreza moderada (%) | Población no pobre y no vulnerable (%) |
|------|----------------|---------------------|-------------|----------------------|----------------------------------------|
| 2014 | Total Nacional | 9.5 | 46.2 | 36.6 | 20.5 |
| | Chihuahua | 5.4 | 34.4 | 28.9 | 27.8 |
| 2016 | Total Nacional | 7.6 | 43.6 | 35.9 | 22.6 |
| | Chihuahua | 3.2 | 30.6 | 27.4 | 30.9 |

Fuente: INEGI (2017b). Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa, pp. 109-110.

⁴⁶Ibid., p. 26.

⁴⁷SEMARNAT-INECC (2018a). Op. cit., p. 43.

⁴⁸INEGI (2015b). Op. cit., p. 29.

⁴⁹Ibid., p. 4.

⁵⁰Ibid., p. 3.

⁵¹INEGI (2017b). Op. cit., pp. 112-113.

⁵²SEMARNAT-INECC (2018a). Op. cit., p. 46.

⁵³SEMARNAT-INECC (2018b). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Apoyado por GEF y PNUD.

⁴⁴Ibid., p. 1
⁴⁵Ibid., p. 5.



Fuente: Jezael Melgoza

1.1.3.3 SITUACIÓN ECONÓMICA

ESTRUCTURA Y CRECIMIENTO DE LA ECONOMÍA

La Figura 9 muestra la contribución al Producto Interno Bruto (PIB) local con respecto al nacional, de los grandes sectores que conformaron la economía estatal en 2014 en valores corrientes. Tanto el sector primario como el secundario están por arriba del promedio nacional, mientras que terciario es menor que el promedio del país.

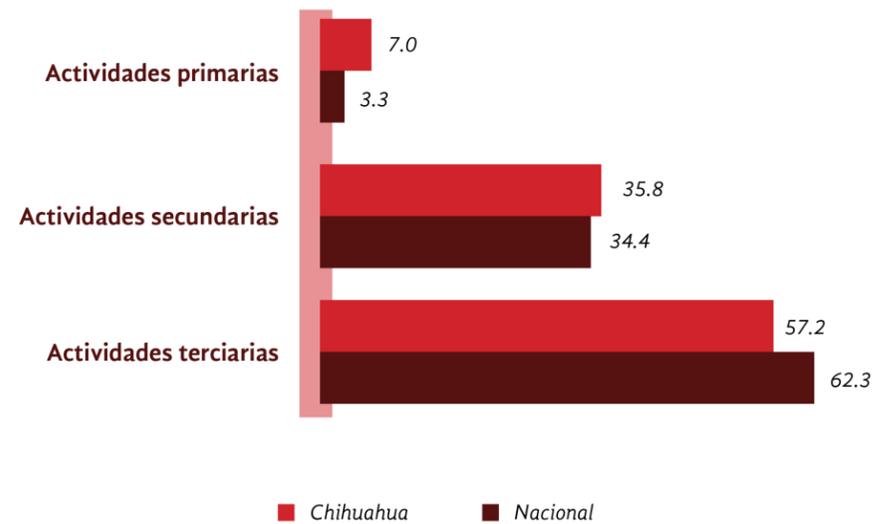


Figura 9.

Fuente: INEGI (2015b). Estructura económica de Chihuahua, en síntesis.

La actividad económica de la entidad se desarrolla en 20 sectores^{54,55} principalmente, aunque para fines prácticos el sector 43 Comercio al por mayor y el 46 Comercio al por menor se consolida en uno solo. En 2014, se destaca el sector Industrias

manufactureras con la participación más alta en el PIB estatal, con 21.7%, arriba del promedio nacional de 17.7%, seguido de los sectores Comercio y Servicios inmobiliarios, con 15.5% y 13.7%, respectivamente.

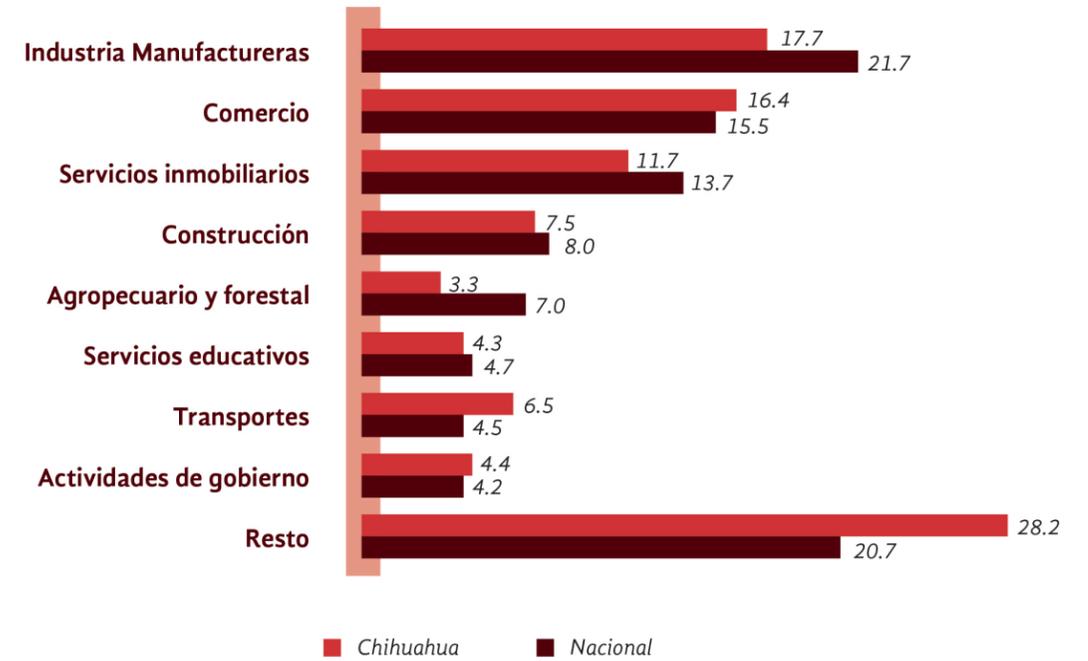


Figura 10.

Fuente: INEGI (2015b). Estructura económica de Chihuahua, en síntesis.



Fuente: Alex Kotliarskyi

⁵⁴La clasificación usada es la del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN 2007).

⁵⁵INEGI (2015b). Estructura económica de Chihuahua, en síntesis. p.1.

Este último también se encuentra arriba del promedio total del país (ver Figura 10). Dentro de sector Industrias manufactureras, la rama de actividad más importante en Chihuahua es la fabricación de partes de vehículos⁵⁶.

Para 2014, Chihuahua ocupó el lugar 13 a nivel nacional, con un Producto Interno Bruto (PIB) de 461,766 millones de pesos corrientes correspondiendo al 2.84% del total y tuvo un crecimiento entre 2003 y 2014 de 0.15%⁵⁷.

EMPLEO

El Cuadro 5 muestra la población económicamente activa (PEA) y no activa del estado de Chihuahua en el primer semestre de 2017. La población económicamente activa fue para ese primer semestre de prácticamente el 60%, participando los hombres con el 63% y las mujeres con el 37% del PEA⁵⁸.

Cuadro 5.

| Intervalo (año 2017) | Sexo | Total | Población económicamente activa | | Población no económicamente activa | |
|----------------------|---------|-----------|---------------------------------|------------|------------------------------------|---------------|
| | | | Ocupada | Desocupada | Disponibile | No disponible |
| Enero a marzo | Total | 2,755,218 | 1,589,819 | 50,233 | 132,875 | 982,291 |
| | Hombres | 1,334,091 | 1,001,253 | 32,711 | 43,409 | 256,718 |
| | Mujeres | 1,421,127 | 588,566 | 17,522 | 89,466 | 725,573 |
| Abril a junio | Total | 2,760,809 | 1,617,998 | 45,172 | 157,891 | 939,748 |
| | Hombres | 1,342,224 | 1,004,228 | 28,883 | 47,533 | 261,580 |
| | Mujeres | 1,418,585 | 613,770 | 16,289 | 110,358 | 678,168 |

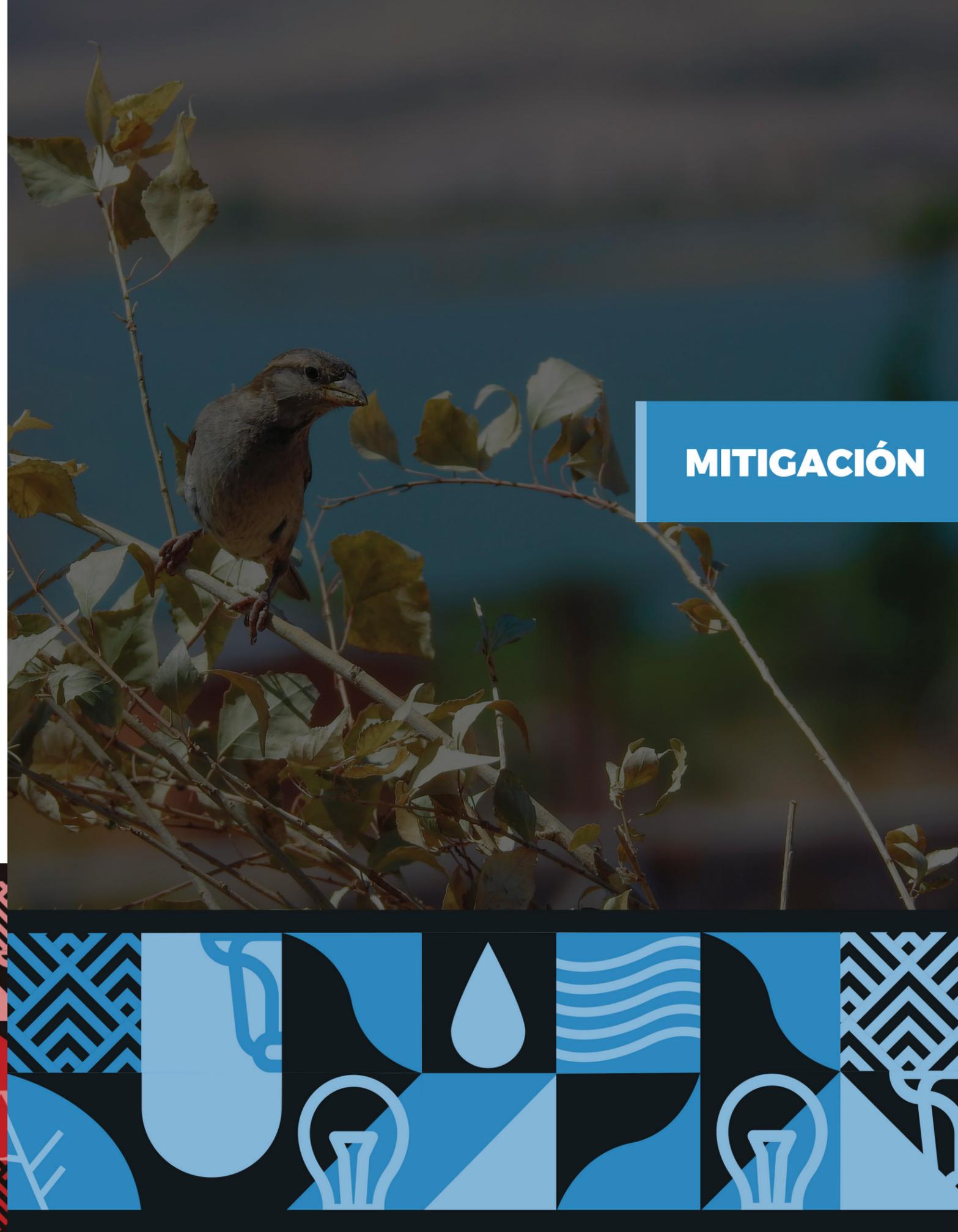
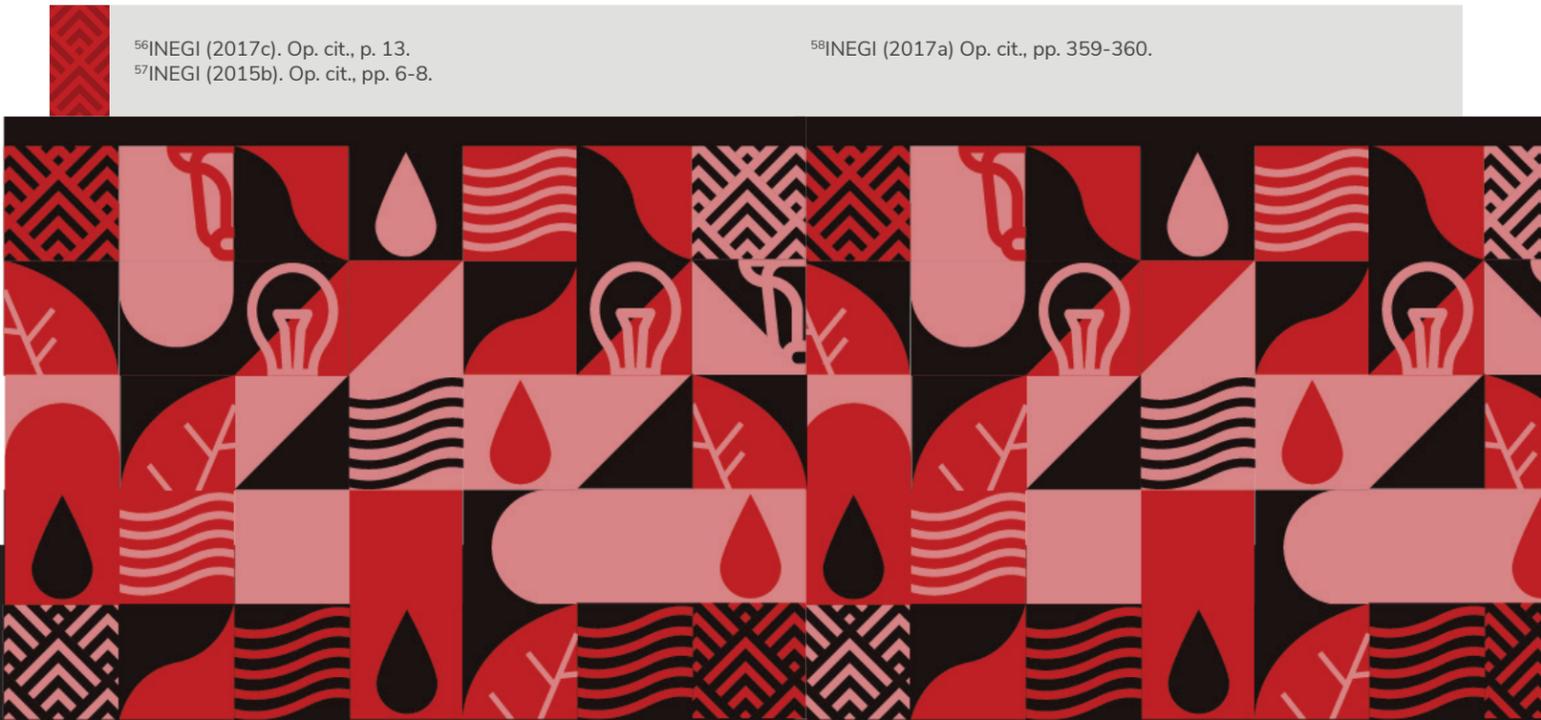
Fuente: INEGI (2017a). Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua , pp.359-360.

⁵⁶INEGI (2017c). Op. cit., p. 13.

⁵⁷INEGI (2015b). Op. cit., pp. 6-8.

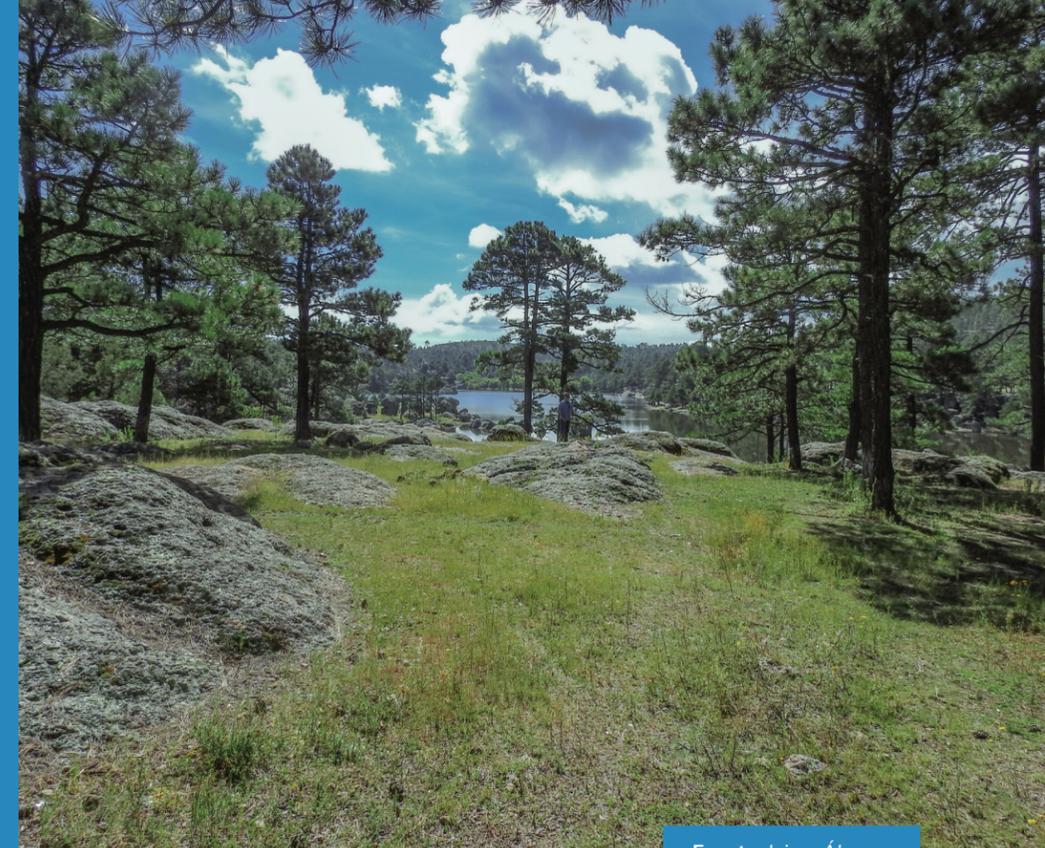
⁵⁸INEGI (2017a) Op. cit., pp. 359-360.

MITIGACIÓN



1.2 MITIGACIÓN

⁵⁹ El potencial de calentamiento es con lo que un gas o compuesto de efecto invernadero determinado contribuye al calentamiento global y de acuerdo a la definición del IPCC, se calcula en base a la relación entre el forzamiento radiativo de un kg de gas de efecto invernadero emitido a la atmósfera y el de un kg de CO₂ a través de un periodo de tiempo (p. Ej. 100 años).



Fuente: Jaime Álvarez

Esta sección se centra en varios aspectos importantes que servirán de base para la generación de las acciones de mitigación, así como también de políticas públicas en materia de cambio climático que deberá desarrollar e implementar el gobierno estatal. Uno de ellos, es el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, el cual es un instrumento de gestión indispensable para la toma de decisiones. Derivado de esto, se analizarán escenarios de mitigación y se propondrán acciones de mitigación de las emisiones que sean costo-efectivas.

1.2.1 INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (IEEGEI)

La cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero, representa, en el marco de atención al cambio climático de cualquier país, entidad, institución u organización, el elemento base sobre el cual se despliega el análisis de las alternativas existentes para conducir una estrategia de mitigación del cambio climático. Por lo anterior, resulta un elemento clave en el desarrollo de política pública en la materia.

En este sentido, un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional y estatal, puede definirse como la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero generadas en un año y región determinada, consolidadas de manera sectorial en función de las actividades y fuentes identificadas como emisoras de dichos gases, resultado del aprovechamiento de energía de procedencia fósil, la producción industrial, el transporte, la fabricación de combustibles, la dinámica forestal de la región, las actividades agropecuarias y el tratamiento de residuos, entre otras.

Las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) son reportadas en unidades de CO₂ equivalente (CO₂e), las cuales se obtienen al multiplicar la cantidad de emisiones de cada gas o compuesto estimado por su valor de Potencial de Calentamiento Global (PCG)⁵⁹, con la finalidad de compararlas entre sí y medir la contribución de cada fuente al total de emisiones del inventario. En el inventario estatal de Chihuahua se reportan las emisiones con el PCG a 100 años considerado en el Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).



1.2.1.1 AÑO BASE DEL INVENTARIO Y PERIODO DE EMISIONES ESTIMADO

En el caso del estado de Chihuahua, y como parte de la elaboración del presente Programa Estatal de Cambio Climático, la actualización de las emisiones estatales comprenderá el periodo de actividades 2013-2017. Lo anterior, a fin de generar una base homologada respecto al punto de partida (año 2013), considerado en la Contribución Nacionalmente Determinada de México (CND), en el que se asume una meta de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero hacia el año 2030, como parte del compromiso que nuestro país ha adquirido en el contexto de las negociaciones internacionales sobre cambio climático y más recientemente, sobre los términos del Acuerdo de París, compromiso global del cual, México es signatario.

Por otra parte, el corte a 2017, obedece al análisis sobre disponibilidad y calidad de la información que se realizó al momento de diseñar el inventario, determinando que este año es el que posee la mejor y más actualizada información.

1.2.1.2 ALCANCE DEL INVENTARIO, METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y RESULTADOS OBTENIDOS

El alcance del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del estado de Chihuahua (en adelante referido simplemente como IEEGYCEI Chihuahua), se determinó con base en el principio de generar consistencia con el enfoque de reporte y consolidación de emisiones aplicado en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 (INEGYCEI 1990-2015) elaborado por el INECC, publicado en el año 2018, y fue, a partir de dicha premisa, que se realizó un análisis de las categorías, fuentes, sub-fuentes y actividades emisoras de gases de efecto invernadero existentes en el estado de Chihuahua para el periodo de reporte establecido.

En términos de la metodología para la estimación de emisiones de GEI utilizada, y manteniendo el principio de consistencia con el enfoque del inventario nacional, se determinó aplicar la metodología documentada en las Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero⁶⁰, la cual considera 4 sectores: 1) energía, 2) procesos industriales y uso de productos, 3) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y 4) residuos.

Las emisiones brutas totales del estado de Chihuahua para el año 2017, ascendieron a 31,008.66 GgCO₂e (ver Cuadro 6), de las cuales, el Sector [1] Energía representó el 54.39% de las emisiones estatales, totalizando 16,866.40 GgCO₂e, siendo las fuentes de emisión más significativas, la subcategoría [1A3] Transporte, con una aportación del 22.94% (7,114.31 GgCO₂e) de las emisiones estatales para ese año, seguido de

[1A1] Industrias de la energía, con una aportación del 19.76% a nivel estatal, (6,128.96 GgCO₂e); la [1A2] Industria de la manufactura y de la construcción, cuyas emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles totalizaron 2,147.04 GgCO₂e, que representa el 6.92% de las emisiones del estado, y las fuentes [1A4a y 1A4b] Residencial y Comercial e institucional, respectivamente, con una aportación al inventario estatal del 4.76%, equivalente a 1,476.08 GgCO₂e para el año referido.

Por su parte, en el Sector [2] Procesos industriales, y uso de productos se cuantifican las emisiones correspondientes a la liberación de CO₂ derivada de actividades distintas a la combustión fósil (reacciones químicas). En 2017, este sector emitió la cantidad de 869.54 GgCO₂e, aportando el 2.80% de las emisiones a nivel estatal, procedentes de actividades como la producción de cemento, plomo y zinc.

Asimismo, las emisiones derivadas del sector [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, específicamente las derivadas de la categoría [3A] Ganado, totalizaron 9,218.22 GgCO₂e en 2017, representando el 29.73% de las emisiones estatales, siendo las emisiones derivadas de la fermentación entérica, las que aportan el 13.16% de las emisiones estatales con 4,079.86 GgCO₂e, mientras las emisiones derivadas de la gestión del estiércol registraron la cantidad de 5,138.36 GgCO₂e, representando así, el 16.57% de las emisiones totales de Chihuahua.

En lo que respecta a las emisiones procedentes de la categoría [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra, totalizaron 2,652.66 GgCO₂e, representando el 8.55% de las emisiones de la entidad. La principal actividad que aportó emisiones en este sector, fueron las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados, con 1,573.17 GgCO₂e, con una aportación a las emisiones estatales del 5.07%.

Las emisiones correspondientes al sector [4] Residuos registraron 1,401.85 GgCO₂e, lo que representa el 4.52% de las emisiones del estado, siendo la principal fuente de emisiones en este sector, el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales con el 2.59% de las emisiones estatales (803.47 GgCO₂e), mientras que la eliminación de residuos sólidos registró una aportación del 1.82% respecto de las emisiones estatales.

Finalmente, las emisiones netas estatales reportadas, que ascienden a 18,266.98 GgCO₂e, reflejan la absorción de CO₂ que simboliza la captación del carbono asociado a las permanencias en el uso de suelo, y refleja la dinámica de los bosques como sumidero de carbono en la región.

La metodología utilizada para la estimación de los gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua se detalla en el Anexo 1.

Cuadro 6.

| SECTOR/CATEGORÍA/SUBCATEGORÍA/FUENTE DE EMISIÓN | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| EMISIONES BRUTAS ESTATALES (Gg de CO₂e): NO INCLUYE 3B TIERRA | 29,717.49 | 29,893.68 | 29,879.73 | 30,652.02 | 31,008.66 |
| EMISIONES NETAS ESTATALES (GgCO₂e) | 16,975.80 | 17,151.99 | 17,138.04 | 17,910.33 | 18,266.98 |
| [1] Energía | 17,727.12 | 17,731.08 | 17,514.15 | 16,880.34 | 16,866.40 |
| [1A] Actividades de quema del combustible | 17,484.64 | 17,365.20 | 16,829.77 | 16,880.34 | 16,866.40 |
| [1A1] Industrias de la energía | 7,456.00 | 7,571.13 | 6,802.51 | 6,138.44 | 6,128.96 |
| [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor | 7,456.00 | 7,571.13 | 6,802.51 | 6,138.44 | 6,128.96 |
| [1A2] Industrias manufactura y de la construcción | 1,830.10 | 1,814.48 | 1,435.03 | 1,993.28 | 2,147.04 |
| [1A3] Transporte | 6,630.93 | 6,585.70 | 7,073.36 | 7,242.24 | 7,114.31 |
| [1A3a] Aviación civil | 122.41 | 131.24 | 140.06 | 148.88 | 157.70 |
| [1A3b] Autotransporte | 6,429.38 | 6,364.91 | 6,824.50 | 6,985.50 | 6,862.81 |
| [1A3c] Ferrocarriles | 79.14 | 89.55 | 108.80 | 107.86 | 93.80 |
| [1A4] Otros sectores | 1,567.61 | 1,393.89 | 1,518.88 | 1,506.38 | 1,476.08 |
| [1A4a] y [1A4b] Residencial/Comercial/Institucional | 1,567.61 | 1,393.89 | 1,518.88 | 1,506.38 | 1,476.08 |
| [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles | 242.48 | 365.88 | 684.38 | 0.00 | 0.00 |
| [1B2] Petróleo y gas natural | 242.48 | 365.88 | 684.38 | 0.00 | 0.00 |
| [1B2b] Gas natural (Transporte y Distribución) | 242.48 | 365.88 | 684.38 | 0.00 | 0.00 |
| [2] Procesos industriales | 808.32 | 832.25 | 845.35 | 886.90 | 869.54 |
| [2A] Industria de los minerales | 564.00 | 596.36 | 645.50 | 661.20 | 677.90 |
| [2A1] Producción de cemento | 564.00 | 596.36 | 645.50 | 661.20 | 677.90 |
| [2C] Industria de los metales | 244.32 | 235.90 | 199.85 | 225.70 | 191.64 |
| [2C5] Producción de plomo | 29.55 | 28.88 | 19.51 | 22.20 | 18.77 |
| [2C6] Producción de zinc | 214.77 | 207.02 | 180.34 | 203.50 | 172.87 |
| [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra | -2,849.99 | -2,734.54 | -2,574.04 | -1,231.84 | -870.81 |
| [3A] Ganado | 7,516.72 | 7,583.29 | 7,907.59 | 8,910.08 | 9,218.22 |
| [3A1] Fermentación entérica | 3,359.71 | 3,435.88 | 3,599.29 | 3,979.85 | 4,079.86 |
| [3A1a] Bovino | 3,237.02 | 3,315.91 | 3,479.14 | 3,860.52 | 3,960.13 |
| [3A1c] Ovinos | 25.93 | 26.62 | 26.03 | 26.00 | 26.26 |
| [3A1d] Caprino | 21.50 | 21.55 | 21.33 | 21.22 | 20.98 |
| [3A1f] Caballos | 32.83 | 32.19 | 32.51 | 32.35 | 32.43 |
| [3A1g] Mulas y asnos | 34.11 | 33.39 | 33.75 | 33.55 | 33.65 |
| [3A1h] Porcinos | 8.32 | 6.23 | 6.53 | 6.20 | 6.42 |

⁶⁰ IPCC (2006). Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

Cuadro 6. (CONT.)

| SECTOR/CATEGORÍA/SUBCATEGORÍA/FUENTE DE EMISIÓN | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| EMISIONES BRUTAS ESTATALES (Gg de CO ₂ e): NO INCLUYE 3B TIERRA | 29,717.49 | 29,893.68 | 29,879.73 | 30,652.02 | 31,008.66 |
| EMISIONES NETAS ESTATALES (GgCO ₂ e) | 16,975.80 | 17,151.99 | 17,138.04 | 17,910.33 | 18,266.98 |
| [3A2] Gestión del estiércol | 4,157.01 | 4,147.41 | 4,308.31 | 4,930.23 | 5,138.36 |
| [3A1a] Bovino | 3,600.34 | 3,684.27 | 3,817.64 | 4,423.69 | 4,605.36 |
| [3A1c] Ovinos | 31.66 | 33.06 | 34.22 | 34.34 | 34.75 |
| [3A1d] Caprino | 29.55 | 30.87 | 32.38 | 32.53 | 32.76 |
| [3A1f] Caballos | 27.84 | 28.70 | 30.24 | 30.32 | 30.13 |
| [3A1g] Mulas y asnos | 89.27 | 87.26 | 96.47 | 95.91 | 96.19 |
| [3A1h] Porcinos | 376.38 | 280.90 | 294.62 | 310.82 | 336.77 |
| [3A2i] aves de corral | 1.96 | 2.35 | 2.74 | 2.61 | 2.39 |
| [3B] Tierra | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 |
| [3B1] Tierra forestales | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 |
| [3B1a] Tierras forestales que permanecen como tal | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 |
| [3B1b] Tierras convertidas a tierras forestales | -137.33 | -137.33 | -137.33 | -137.33 | -137.33 |
| [3B2] Tierra de cultivo | 967.19 | 967.19 | 967.19 | 967.19 | 967.19 |
| [3B2a] Tierras de cultivo que permanecen como tal | -201.48 | -201.48 | -201.48 | -201.48 | -201.48 |
| [3B2b] Tierras convertidas a tierras de cultivo | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 |
| [3B3] Praderas | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 |
| [3B3a] Praderas que permanecen como tal | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 |
| [3B3b] Tierras convertidas en praderas | 631.55 | 631.55 | 631.55 | 631.55 | 631.55 |
| [3B4] Humedales | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 |
| [3B4b] Tierras convertidas en humedales | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 |
| [3B5] Asentamientos | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 |
| [3B5b] Tierras convertidas en asentamientos | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 |
| [3B6] Otras tierras | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 |
| [3B6b] Tierras convertidas en otras tierras | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 |
| [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra | 2,374.98 | 2,423.86 | 2,260.06 | 2,599.76 | 2,652.66 |
| [3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa | 149.55 | 132.06 | 90.43 | 110.63 | 216.59 |
| [3C1a] Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales | 35.20 | 32.08 | 1.17 | 14.81 | 56.36 |
| [3C1b] Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo | 91.40 | 89.60 | 87.50 | 85.60 | 83.65 |
| [3C1c] Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas | 22.95 | 10.38 | 1.76 | 10.22 | 76.59 |

Cuadro 6. (CONT.)

| SECTOR/CATEGORÍA/SUBCATEGORÍA/FUENTE DE EMISIÓN | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| EMISIONES BRUTAS ESTATALES (Gg de CO ₂ e): NO INCLUYE 3B TIERRA | 29,717.49 | 29,893.68 | 29,879.73 | 30,652.02 | 31,008.66 |
| EMISIONES NETAS ESTATALES (GgCO ₂ e) | 16,975.80 | 17,151.99 | 17,138.04 | 17,910.33 | 18,266.98 |
| [3C2] Encalado | 2.11 | 2.16 | 2.13 | 2.22 | 2.26 |
| [3C3] Aplicación de urea | 69.21 | 75.27 | 60.12 | 74.19 | 64.31 |
| [3C4] Emisiones directas de los N₂O de los suelos gestionados | 1,468.58 | 1,510.82 | 1,429.25 | 1,618.94 | 1,573.17 |
| [3C5] Emisiones indirectas de los N₂O de los suelos gestionados | 447.90 | 462.93 | 425.64 | 459.73 | 429.35 |
| [3C6] Emisiones indirectas de los N₂O de la gestión del estiércol | 237.63 | 240.63 | 252.49 | 334.06 | 366.97 |
| [4] Residuos | 1,290.36 | 1,323.19 | 1,352.58 | 1,374.93 | 1,401.85 |
| [4A] Eliminación de residuos sólidos | 459.15 | 483.83 | 509.74 | 536.38 | 564.42 |
| [4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios) | 371.59 | 394.76 | 419.33 | 444.47 | 471.42 |
| [4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos | 87.56 | 89.07 | 90.41 | 91.91 | 93.00 |
| [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos | 0.14 | 0.21 | 0.27 | 0.34 | 0.40 |
| [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos | 31.15 | 31.73 | 32.33 | 32.94 | 33.56 |
| [4C1] Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| [4C2] Quema a cielo abierto de residuos sólidos | 31.10 | 31.68 | 32.28 | 32.89 | 33.51 |
| [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales | 799.92 | 807.41 | 810.24 | 805.27 | 803.47 |
| [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | 741.77 | 748.67 | 750.90 | 745.33 | 742.93 |
| [4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | 58.14 | 58.74 | 59.34 | 59.94 | 60.54 |
| EMISIONES BRUTAS ESTATALES (Gg de CO ₂ e): NO INCLUYE 3B TIERRA | 29,717.49 | 29,893.68 | 29,879.73 | 30,652.02 | 31,008.66 |
| EMISIONES NETAS ESTATALES (GgCO ₂ e) | 16,975.80 | 17,151.99 | 17,138.04 | 17,910.33 | 18,266.98 |

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2 PRINCIPALES FUENTES DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En la Figura 11 se muestran los resultados del inventario de gases de efecto invernadero que se ha actualizado para este trabajo. El sector [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra se ha desglosado por la importante absorción del sector tierra, que ocasiona que el sector [3] aparezca como negativo.

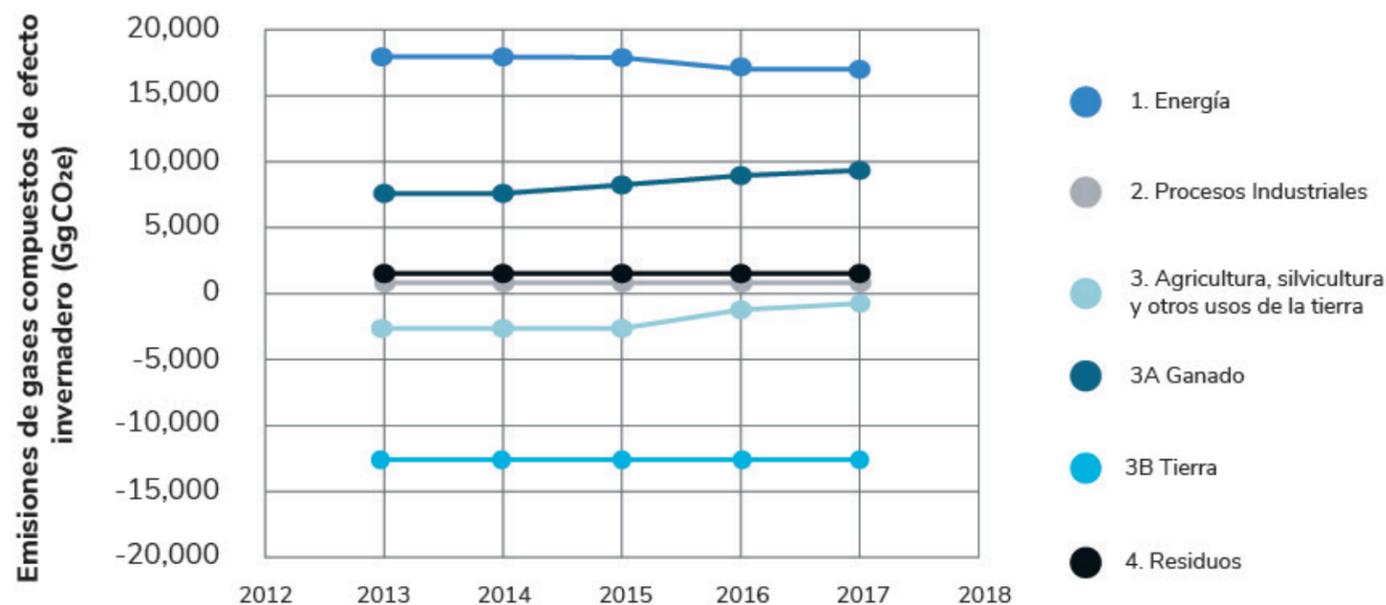


Figura 11.

Fuente: Elaboración propia.

Se pueden destacar al sector [1] Energía y la categoría [3A] Ganado como fuentes de emisión más importantes; y [3B] Tierra como sumidero de los gases de efecto invernadero. El sector [2] Procesos industriales y el de residuos contribuyen casi en la misma magnitud, pero muy por debajo de energía y ganado.

En el sector de energía, una de las principales fuentes emisoras de gases de efecto invernadero son las centrales termoeléctricas que se agrupan en la fuente [1A1a], y cuya actividad principal es la producción de electricidad y calor. En el período del 2013 al 2017, las emisiones de gases de efecto invernadero del sector [1] Energía presentan una variación media anual de -1.2%, lo cual se debe principalmente a la disminución de las emisiones de la industria de generación eléctrica. La razón entre las emisiones (en GgCO₂e) y la cantidad correspondien-

te de energía generada (GWh) para el estado de Chihuahua ha disminuido de 0.538 en 2013 a 0.382 en 2016, volviendo a aumentar a 0.425 en 2017. Un aumento de esta razón significa que se generan más emisiones por unidad de producción, pero no se cuenta con más información para saber a qué se debe este comportamiento.

Otra de las categorías que más contribuye es la de transporte, específicamente la fuente [1A3b] Autotransporte. Debido a la falta de información, no es posible desglosar más el uso de combustible para esta fuente, sin embargo, se estima que el 67% de estas emisiones se deben al consumo de gasolina, mientras que el 30% al consumo de diésel (ver Cuadro 7). El consumo de gasolina se asocia a automóviles y transporte de carga ligera, mientras que el diésel se asocia más a tracto camiones y en menor medida a transporte ferroviario.

Cuadro 7.

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Gasolina | 4,428 | 4,426 | 4,703 | 4,881 | 4,796 |
| Diésel - Autotransporte | 2,001 | 1,939 | 2,122 | 2,105 | 2,067 |
| Diésel - Ferroviario | 79 | 90 | 109 | 108 | 94 |
| Turbosina | 122 | 131 | 140 | 149 | 158 |
| Total | 6,631 | 6,586 | 7,073 | 7,242 | 7,114 |

Fuente: Elaboración propia.

La subcategoría [3A] Ganado es la otra fuente importante en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero. Dentro de esta subcategoría, alrededor del 92% de las emisiones generadas se deben al ganado bovino, ya sea por [3A1a] Fermentación entérica o por [3A2a] Gestión de estiércol. Las emisiones del ganado presentan un crecimiento del 5.3% en el período de 2013 a 2017, con un crecimiento muy pronunciado del 2015 al 2016, lo cual se puede atribuir a un fuerte incremento que tuvo lugar del 2015 al 2016 en el número de cabezas de bovinos dedicados a la producción de carne. En el período de 2013 a 2017, hubo un mayor número de cabezas de ganado para la producción de carne que para la de leche, en una razón de aproximadamente 7 a 1.

En mucho menor medida, la subcategoría [1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción y las fuentes [1A4a] y [1A4b] Residencial y Comercial e institucional y residencial, respectivamente son generadoras de emisiones de importancia, pero solo contribuyen con aproximadamente el 6% y 5% respectivamente. No se cuenta con suficiente información para saber cuánto corresponde a la industria de la construcción y cuánto a la industria de la manufactura. Tampoco para hacer el desglose entre los sectores residencial, comercial e institucional.

Un análisis más detallado revela que son nueve tipos de fuente los que conjuntamente contribuyen con el 90% o más de las emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua (ver Cuadros 8 y 9). Por otra parte, existe un sumidero importante para la remoción de dichos gases, que principalmente está constituido por tierras forestales que permanecen como tal.



Fuente: Severin D.

Cuadro 8.

| Subcategoría/fuente | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor | 7,456 | 7,571 | 6,803 | 6,138 | 6,129 |
| [1A3b] Autotransporte | 6,429 | 6,365 | 6,824 | 6,986 | 6,863 |
| [3A2a] Bovino (gestión del estiércol) | 3,600 | 3,684 | 3,818 | 4,424 | 4,605 |
| [3A1a] Bovino (fermentación entérica) | 3,237 | 3,316 | 3,479 | 3,861 | 3,960 |
| [1A2] Industrias manufactura y de la construcción | 1,830 | 1,814 | 1,435 | 1,993 | 2,147 |
| [3C4] Emisiones directas de los N ₂ O de los suelos gestionados | 1,469 | 1,511 | 1,429 | 1,619 | 1,573 |
| [1A4a] y [1A4b] Residencial/Comercial/Institucional | 1,568 | 1,394 | 1,519 | 1,506 | 1,476 |
| [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | 742 | 749 | 751 | 745 | 743 |
| [2A1] Producción de cemento | 564 | 596 | 645 | 661 | 678 |
| Resto de las fuentes (sin incluir la categoría [3B] Tierra) | 2,823 | 2,893 | 3,176 | 2,719 | 2,834 |
| Emisiones brutas estatales (no incluye [3B] Tierra) | 29,717 | 29,894 | 29,880 | 30,652 | 31,009 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9.

| Subcategoría/fuente | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor | 25.1% | 25.3% | 22.8% | 20.0% | 19.8% |
| [1A3b] Autotransporte | 21.6% | 21.3% | 22.8% | 22.8% | 22.1% |
| [3A2a] Bovino (gestión del estiércol) | 12.1% | 12.3% | 12.8% | 14.4% | 14.9% |
| [3A1a] Bovino (fermentación entérica) | 10.9% | 11.1% | 11.6% | 12.6% | 12.8% |
| [1A2] Industrias manufactura y de la construcción | 6.2% | 6.1% | 4.8% | 6.5% | 6.9% |
| [3C4] Emisiones directas de los N ₂ O de los suelos gestionados | 4.9% | 5.1% | 4.8% | 5.3% | 5.1% |
| [1A4a] y [1A4b] Residencial/Comercial/Institucional | 5.3% | 4.7% | 5.1% | 4.9% | 4.8% |
| [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | 2.5% | 2.5% | 2.5% | 2.4% | 2.4% |
| [2A1] Producción de cemento | 1.9% | 2.0% | 2.2% | 2.2% | 2.2% |
| Contribución de estas fuentes | 91% | 90% | 89% | 91% | 91% |

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3 LÍNEA BASE DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

1.2.3.1 ANÁLISIS DE ESTUDIOS PREVIOS

Debido a la falta de información oficial disponible públicamente, no fue posible evaluar el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero desde 1990, por lo que la línea base se desarrolló con el inventario actualmente disponible y las variables macroeconómicas que se encontraron.

El documento “Emisiones de gases de efecto invernadero en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025”, elaborado por la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) en el 2010, presenta el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero que se estimó hasta el 2005, así como las proyecciones hacia el 2025. Las proyecciones que se realizaron en dicho trabajo se basaron en una compilación de proyecciones oficiales del gobierno y alternativamente en la extrapolación de tendencias históricas sobre la producción de energía, el consumo de combustible y otras actividades generadoras de gases de efecto invernadero en Chihuahua. La Figura 12 muestra una comparación de los resultados obtenidos en dicho trabajo y los obtenidos para este proyecto utilizando la metodología del IPCC 2006 e información oficial y actualizada.

Para el caso de las industrias de la energía se observa coincidencia entre las proyecciones y las estimaciones actualizadas solo hasta el año 2014, para años subsiguientes la tendencia es notablemente diferente. En el caso de las fuentes residencial, comercial e institucional no se observa ni en valor ni en coincidencia. Para la subcategoría [1A3] Transporte, se observa la misma tendencia del inventario previo y el actual, con las proyecciones siendo ligeramente sobrestimadas. En el caso de las emisiones de transporte y distribución de gas natural, hay coincidencias en valor hasta 2013, pero debido a la introducción de nuevos gasoductos las proyecciones quedan muy subestimadas en comparación con las estimaciones más actualizadas. En el caso de procesos industriales, debido al cambio de metodología, las proyecciones no coinciden ni en valor ni en tendencia. La tendencia de las emisiones generadas por el manejo de residuos parece coincidir en valor y tendencia entre las proyecciones y las estimaciones actualizadas, especialmente a partir del 2017. Las emisiones correspondientes a ganadería estimadas para este trabajo con la metodología del IPCC 2006 y con datos muy desagregados, no coinciden ni en valor ni en tendencia con el inventario previo ni con las proyecciones. En el sector correspondiente a las emisiones de silvicultura y uso de la tierra las absorciones del inventario previo están ligeramente subestimadas.

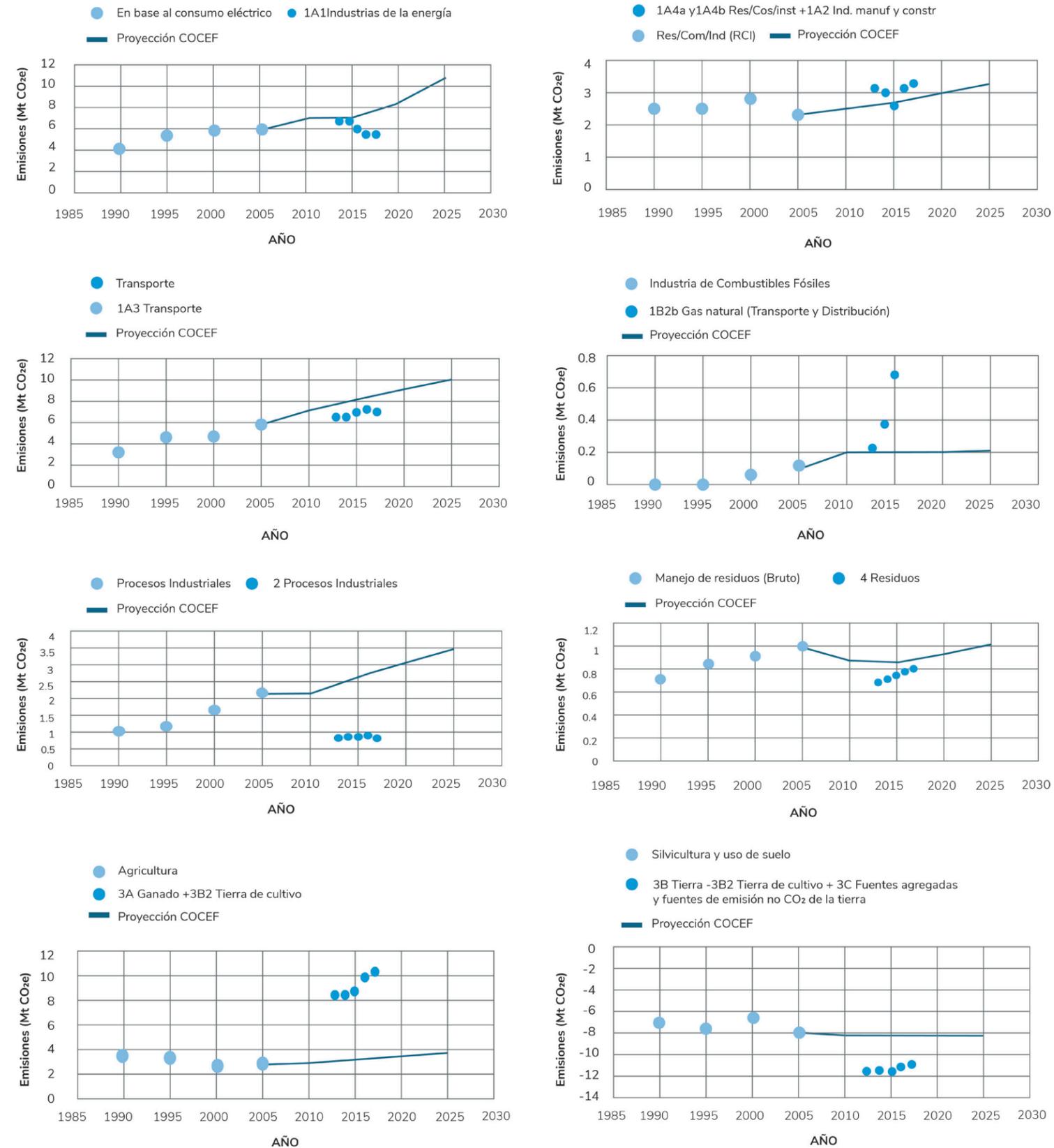


Figura 12. Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior muestra que la línea base no puede ser definida con las proyecciones realizadas anteriormente por la COCEF en el 2010, como se hizo en las dos versiones anteriores del programa estatal de cambio climático de Chihuahua.

1.2.3.2 CORRELACIÓN CON VARIABLES MACROECONÓMICAS

Otra forma de definir la línea base es buscando alguna correlación con variables macroeconómicas. En el Cuadro 10 se muestra que salvo para el caso de autotransporte, no existe correlación de las emisiones con el producto interno bruto

estatal del sector correspondiente. Por otra parte, la correlación de las emisiones con la población económicamente activa es desconcertante ya que sectores como el ganadero o la producción de cemento muestran una inusualmente alta correlación, mientras que sectores como el de la industria de manufactura y de la construcción o el tratamiento de aguas residuales domésticas muestran coeficientes de correlación inusualmente bajos.

Cuadro 10.

| Subcategoría/fuente | Factor de correlación (R²) | |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| | Con el producto interno bruto de Chihuahua por sector | Con la población económicamente activa del estado de Chihuahua |
| [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor | 0.14 | 0.87 |
| [1A3b] Autotransporte | 0.72 | 0.72 |
| [3A2a] Bovino (gestión del estiércol) | 0.20 | 0.90 |
| [3A1a] Bovino (fermentación entérica) | 0.24 | 0.94 |
| [1A2] Industrias manufactura y de la construcción | 0.19 | 0.23 |
| [3C4] Emisiones directas de los N ₂ O de los suelos gestionados | | 0.42 |
| [1A4a] y [1A4b] Residencial/Comercial/Institucional | 0.00 | 0.03 |
| [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | | 0.00 |
| [2A1] Producción de cemento | 0.16 | 0.96 |

Fuente: Elaboración propia con datos de: Instituto de información estadística y geográfica. Producto interno bruto, comparativo por entidad federativa, 2003-2017, IIEG. <https://www.iiég.gob.mx/general.php?id=2&idg=184> consultado el 1/2/2019. Consejo Nacional de Población. Indicadores Demográficos 1950 - 2015. Columna POM_MIT_AÑO http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Datos_Abiertos/Proyecciones2018/ind_dem_proyecciones.csv consultado el 1/02/2019. Consejo Nacional de Población. Proyecciones de la población económicamente activa de México y de las entidades federativas, 2005 - 2050. 15/01/2008. Inventario estatal de emisiones de Chihuahua desarrollado en este trabajo.

1.2.3.3 LÍNEA BASE ESTATAL

Dado que no se pudo encontrar consistencia de las correlaciones entre emisiones y variables macroeconómicas, la línea base se tuvo que obtener de la tendencia presentada ya sea por los datos de actividad o por las emisiones de las diferentes categorías de fuentes. La Figura 13 muestra la proyección de las emisiones estatales (línea base) y se compara con la línea base nacional presentada en la 6ª comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas para el cambio climático.

Para obtener la línea base del estado de Chihuahua, las emisiones de las 9 principales categorías de fuentes emisoras (ver Cuadros 8 y 9) se proyectaron al 2032. Las emisiones de las fuentes restantes, que contribuyen colectivamente con el 10% al total de emisiones de gases de efecto invernadero del

estado de Chihuahua, se proyectaron en conjunto al 2032. Finalmente, las proyecciones de las emisiones de las diferentes fuentes se suman para obtener la línea base. El procedimiento para hacer estas proyecciones se explica a continuación.

Para obtener la línea base del estado de Chihuahua, las emisiones de las 9 principales fuentes emisoras (ver Cuadros 8 y 9) se proyectaron al 2032. Las emisiones de las fuentes restantes, que contribuyen colectivamente con el 10% al total de emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua, se proyectaron en conjunto al 2032. Finalmente, las proyecciones de las emisiones de las diferentes fuentes se suman para obtener la línea base. El procedimiento para hacer estas proyecciones se explica a continuación.

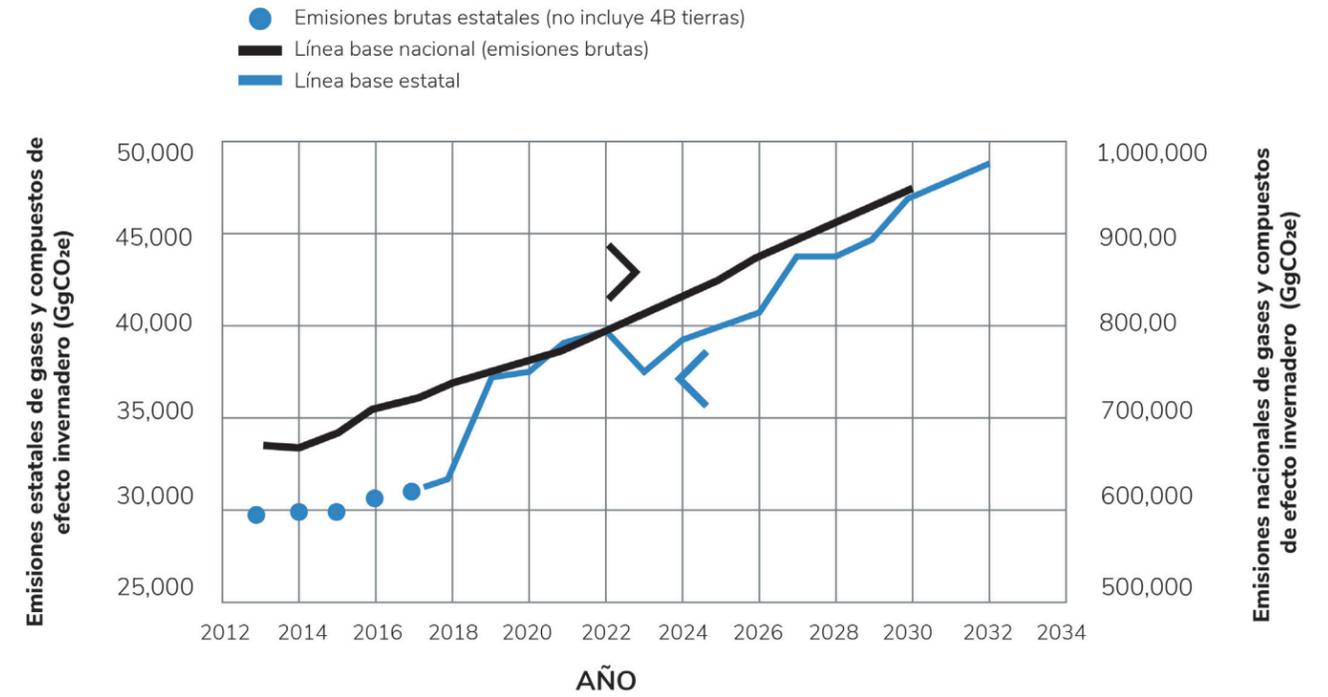


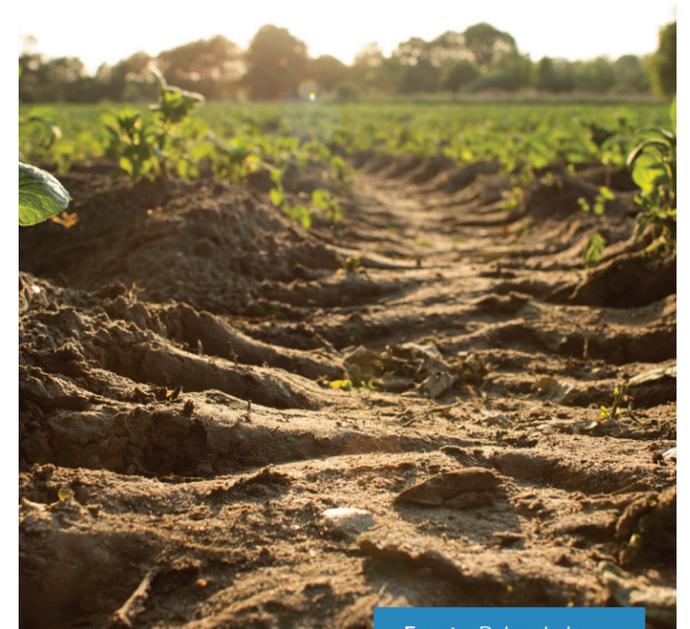
Figura 13.

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3.4 INFLUENCIA DE LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS EN LA LÍNEA BASE

1.2.3.4.1 [3B] TIERRA

Cabe mencionar que ambas líneas base mostradas en la Figura 13, la estatal y la nacional, no consideran las absorciones de gases de efecto invernadero que ocurren en los sumideros considerados en la categoría [2B] Tierra. Se estima que la variación de la cubierta forestal de la entidad no varía significativamente. El Cuadro 11 muestra la matriz de cambio de uso de suelo del periodo que corresponde a este análisis, de 2011 a 2014. Esta matriz se obtiene mediante comparación de las series V y VI, que son las últimas series de usos de suelo y vegetación que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ha publicado.



Fuente: Dylan de Jonge

Cuadro 11.

| Superficie anual de cambio (Serie Va - Serie VI) | | | |
|--------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Clave Subcategoría | Cambio de | a | Superficie (ha) |
| 01. FL - FL | Tierras forestales | Tierras forestales | 7,555,177 |
| 02. FL - FLd | Tierras forestales | Tierras forestales degradadas | 6,642 |
| 03. FLd - FL | Tierras forestales degradadas | Tierras forestales | 7,480 |
| 04. FL - GL | Tierras forestales | Pastizales | 19,026 |
| 05. FL - CL | Tierras forestales | Tierras agrícolas | 18,096 |
| 06. FL - SL | Tierras forestales | Asentamientos humanos | 222 |
| 07. FL - OL | Tierras forestales | Otro tipo de suelo | 861 |
| 08. FL - WL | Tierras forestales | Humedales | 44 |
| 09. CONVL - FL | Tierras convertidas de otro tipo | Tierras forestales | 28,651 |
| 10. GL - GL | Pastizales | Pastizales | 14,539,943 |
| 11. GL - CL | Pastizales | Tierras agrícolas | 56,090 |
| 12. GL - SL | Pastizales | Asentamientos humanos | 1,530 |
| 13. GL - OL | Pastizales | Otro tipo de suelo | 1,167 |
| 14. GL - WL | Pastizales | Humedales | 284 |
| 15. CONVL - GL | Tierras convertidas de otro tipo | Pastizales | 12,766 |
| 16. CLPne - CLPne | Tierras agrícolas perenes | Tierras agrícolas perenes | 26,166 |
| 17. NO APLICA | | | 2,352,129 |

Fuente: Anexo 1: Inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua desarrollado en este trabajo. Tabla A1.50.

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| Nota: Los mismos prefijos significa permanencia y diferentes prefijos significa deforestación (FL) o pérdida (otros) | | |
| FL = tierras forestales | GL = pradera | CL = tierras agrícolas |
| FLd - FL = recuperación de tierras forestales | WL = tierra de humedales | |
| FL - FLd = tierras forestales degradadas | S = asentamientos humanos | |
| CONVL = tierras convertidas | OL = otras tierras | |

Este cuadro indica que la tierra forestal (FL) que permanece como tierra forestal es de 7.5 millones de hectáreas. Los cambios 2 y 3 son opuestos de modo que mientras se degradan 6,642 ha (FL – FLd), 7,480 ha de bosques degradados pasan a ser tierras forestales (FLd – FL) otra vez. Esto implica una recuperación neta de tierras forestales. Lo mismo ocurre con los cambios del 4 al 8 que representan pérdida de tierras forestales, mientras que el cambio 9 representa el cambio de tierras que en un momento dado se convirtieron a otro tipo de suelo y que ahora se convierten en tierras forestales. El

efecto neto es tener una pérdida neta de 2,920 ha de tierras forestales por año. Esto que parece una enorme cantidad de tierra (equivalente a 5,840 de canchas de futbol) en términos relativos representa el 0.039% de las tierras forestales de Chihuahua. Por lo tanto, si no se toma ninguna acción, en 10 años se perderá, a esa tasa, el 0.39% de las tierras boscosas. Si las absorciones son de 11,016 GgCO₂e, en 10 años serán de 11,012 GgCO₂e. Por lo tanto, para efectos de la línea base, las absorciones se comportan como constantes.

1.2.3.4.2 [1A3b] AUTOTRANSPORTE

Las emisiones de la fuente [1A3b] Autotransporte se proyectaron hacia 2032 utilizando una regresión múltiple entre las emisiones, el producto interno bruto y la población total del estado en el período 2013 a 2017, con un nivel de significancia de 5%. Los datos de entrada al modelo de regresión se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12.

| Año | Producto interno bruto [1] (millones de pesos de 2013) | Población [2] (habitantes) | Emisiones 1A3b Autotransporte [3] (Gg CO ₂ e) |
|------|--------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|
| 2013 | 476,290 | 3,561,704 | 6,429 |
| 2014 | 486,858 | 3,590,344 | 6,365 |
| 2015 | 515,188 | 3,616,481 | 6,824 |
| 2016 | 540,519 | 3,649,416 | 6,986 |
| 2017 | 556,563 | 3,689,398 | 6,863 |

[1] Instituto nacional de estadística y geografía. Sistema de cuentas nacionales de México. Producto interno bruto por entidad federativa. Año base 2013. Serie de 2003 a 2017. PIB de las entidades federativas por actividad económica / Chihuahua. Cuadro completo. <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/> (descargado el 2/2/2019) PIB por Entidad Federativa (PIBE). Base 2013. Tabulados Serie Anual. Por selección de variables Tabulados Completos. Archivo: PIBE_Entidad_Chih_53_8.xlsx Total a valores constantes (fila 9)

[2] Consejo Nacional de Población. Indicadores demográficos 1950 - 2015. Columna POM_MIT_AÑO. consultado el 1/02/2019. http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Datos_Abiertos/Proyecciones2018/ind_dem_proyecciones.csv

[3] Inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero de Chihuahua, este trabajo.

Los resultados del modelo de regresión se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13.

| Resultados del análisis de regresión múltiple | |
|-----------------------------------------------|---------------|
| Parámetro | Coefficientes |
| Constante | 44095.538 |
| PIB | 0.028 |
| Población | -0.014 |
| Significancia F | 1.7% |
| R ² ajustado | 0.965 |
| Error relativo estándar | 0.77% |

Fuente: Elaboración propia.

La referencia [2] del cuadro 12 cuenta con proyecciones al 2030, por lo que se extrapolaron las poblaciones de 2031 y 2032. El producto interno bruto del estado (referencia [1] del Cuadro 12) tuvo que ser proyectado mediante una regresión lineal obtenida del 2010 al 2017, que resultó en la siguiente correlación:

$$PIB = 20421.9573(\text{año}) - 40634634.7$$

Finalmente, las emisiones de gases de efecto invernadero de la fuente [1A3b] Autotransporte se obtuvieron con la siguiente fórmula derivada de la regresión lineal múltiple:

$$E_{1A3b} = 44,095.5 + 0.0278614(PIB) - 0.0142906(Población)$$

Donde el PIB está en millones de pesos a valor constante (año base 2013) y la población en número de habitantes.

1.2.3.4.3 [1A1a]

ACTIVIDAD PRINCIPAL PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD Y CALOR

Para el sector [1] Energía, cuya actividad principal es la producción de electricidad, se utilizó la programación de adición y retiro de plantas que usan combustibles fósiles, que se obtu-

vo del programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional, 2018-2032. Los Cuadros 14 y 15 muestran la programación para el retiro y la instalación de centrales eléctricas en dicho periodo, respectivamente.

Para estimar las emisiones que se dejarán de emitir por el retiro de plantas o unidades de generación o que se emitirán por nuevas instalaciones es necesario estimar la generación eléctrica, para lo cual deben conocerse dos parámetros: el factor de planta y la eficiencia. Para las plantas existentes en Chihuahua, el factor de planta se calculó con datos del programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018-2032 (ver el Cuadro 16). El factor de planta, f, se calculó con la siguiente fórmula:

$$f = \frac{1000G}{24(365)C}$$

Donde G es la generación en GWh y C es la capacidad en MW.

Cuadro 14.

| Num. | Central / Unidad [1] | Tecnología [1] | Año de retiro [1] | Capacidad [1] (MW) | Combustible [2] | Factor de planta | Generación (GWh) | Eficiencia | Emisiones (Mg CO ₂ e) |
|------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------|----------------------------------|
| 1219 | Francisco Villa U4 | Termoeléctrica convencional | 2023 | 150 | Combustóleo ligero | 0.178 | 233.5 | 0.235 | 285,065 |
| 1219 | Francisco Villa U5 | Termoeléctrica convencional | 2023 | 150 | Combustóleo ligero | 0.178 | 233.5 | 0.235 | 285,065 |
| 1218 | Industrial Juárez | Turbogás | 2023 | 18 | Diésel | 0.029 | 4.6 | 0.335 | 3,595 |
| 1218 | Parque U2 | Turbogás | 2023 | 18 | Diésel | 0.029 | 4.6 | 0.335 | 3,595 |
| 1218 | Parque U3 | Turbogás | 2023 | 13 | Diésel | 0.029 | 3.3 | 0.335 | 2,596 |
| 1218 | Parque U4 | Turbogás | 2023 | 28 | Diésel | 0.029 | 7.1 | 0.335 | 5,592 |
| 1248 | Samalayuca U1 | Termoeléctrica convencional | 2023 | 158 | Gas natural | 0.969 | 1,341.5 | 0.263 | 1,061,547 |
| 1248 | Samalayuca U2 | Termoeléctrica convencional | 2023 | 158 | Gas natural | 0.969 | 1,341.5 | 0.263 | 1,061,547 |
| 1248 | Samalayuca II_PQ1 | Ciclo combinado | 2028 | 174 | Gas natural | 0.969 | 1,477.3 | 0.508 | 605,234 |
| 1248 | Samalayuca II_PQ2 | Ciclo combinado | 2028 | 174 | Gas natural | 0.969 | 1,477.3 | 0.508 | 605,234 |
| 1248 | Samalayuca II_PQ3 | Ciclo combinado | 2028 | 174 | Gas natural | 0.969 | 1,477.3 | 0.508 | 605,234 |

Fuente: Elaboración propia con datos de: [1] Programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018 – 2032. Secretaría de Energía. Tabla 4.5.4, p 241-245. [2] Comisión reguladora de energía. www.cre.gob.mx/documento/1814.xlsx consultado el 16 de enero de 2019

Cuadro 15.

| Proyecto [1] | Tecnología [1] | Año [1] | Capacidad [1] (MW) | Combustible | Factor de planta [2] | Generación (GWh) | Eficiencia | Emisiones (Mg CO ₂ e) |
|--------------|--------------------|---------|--------------------|-------------|----------------------|------------------|------------|----------------------------------|
| CS 004 | Solar | 2018 | 30 | | | | | |
| CS 005 | Solar | 2018 | 30 | | | | | |
| CCC 008 | Ciclo combinado | 2019 | 907 | Gas natural | 0.97 | 7,706.960 | 0.508 | 3,157,389 |
| CS 036 | Solar | 2019 | 150 | | | | | |
| CS 037 | Solar | 2019 | 148 | | | | | |
| CS 039 | Solar | 2019 | 80 | | | | | |
| CS 023 | Solar | 2019 | 30 | | | | | |
| CS 027 | Solar | 2019 | 30 | | | | | |
| CCI 003 | Combustión interna | 2021 | 111 | Gas natural | 0.73 | 707.625 | 0.419 | 351,478 |
| CS 057 | Solar | 2021 | 150 | | | | | |
| CBIO 014 | Bioenergía | 2022 | 3 | | | | | |
| CBIO 019 | Bioenergía | 2023 | 30 | | | | | |
| CH 028 | Hidroeléctrica | 2024 | 6 | | | | | |
| CH 016 | Hidroeléctrica | 2024 | 4 | | | | | |
| CS 069 | Solar | 2024 | 300 | | | | | |
| CCC 030 | Ciclo combinado | 2027 | 450 | Gas natural | 0.97 | 3,823.740 | 0.508 | 1,566,511 |
| CS 076 | Solar | 2027 | 100 | | | | | |
| CS 077 | Solar | 2027 | 96 | | | | | |
| CS 078 | Solar | 2028 | 350 | | | | | |
| CH 044 | Hidroeléctrica | 2030 | 352 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia con datos de: [1] Programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018 – 2032. Secretaría de Energía. Tabla 4.5.1, p 217-233. [2] Se eligió el mayor factor de planta por tecnología del Cuadro 7, suponiendo que estas nuevas plantas operarán con gas natural.

Cuadro 16.

| Nombre [1] | Capacidad Total [1] (MW) | Generación Bruta [1] (GWh) | Tipo [2] | Combustible [2] | Factor de Planta |
|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| Samalayuca II | 522 | 4,432 | Ciclo combinado | Gas Natural | 0.97 |
| KST Electric Power Company, Norte II | 433 | 3,277 | Ciclo combinado | Gas Natural | 0.86 |
| Chihuahua II (El Encino) | 619 | 3,274 | Ciclo combinado | Gas Natural | 0.60 |
| Energía Chihuahua, Transalta Chihuahua | 259 | 2,084 | Ciclo combinado | Gas Natural | 0.92 |
| Samalayuca | 316 | 757 | Termoeléctrica convencional | Gas Natural | 0.27 |
| Energía Chihuahua | 50 | 78 | Ciclo combinado | Gas Natural | 0.18 |
| B-Energy Industries | 8 | 51 | Combustión interna | Gas Natural | 0.73 |
| Auma | 2 | 0 | Combustión interna | Gas Natural | - |
| Compañía Minera Dolores, Área de Procesos | 11 | 32 | Combustión interna | Diésel | 0.33 |
| Parque | 59 | 15 | Turbogás | Diésel | 0.03 |
| Coeur Mexicana | 22 | 6 | Combustión interna | Diésel | 0.03 |
| Industrial Juárez | 18 | 6 | Turbogás | Diésel | 0.04 |
| Minera Real de Ángeles, Unidad El Concheño | 24 | 4 | Combustión interna | Diésel | 0.02 |
| Compañía Minera Dolores, Área de Campamento | 1 | 2 | Combustión interna | Diésel | 0.23 |
| Agnico Eagle México | 15 | 1 | Combustión interna | Diésel | 0.01 |
| Agnico Eagle México, Proyecto Mascota | 4 | 1 | Combustión interna | Diésel | 0.03 |
| Minas de la Alta Pimería | 9 | 0 | Combustión interna | Diésel | - |
| Minera Bismark | 3 | 0 | Combustión interna | Diésel | - |
| Agropecuaria La Norteña | 2 | 0 | Combustión interna | Diésel | - |
| Teléfonos de México, Central Copérnico | 1 | 0 | Combustión interna | Diésel | - |
| Francisco Villa | 300 | 467 | Termoeléctrica convencional | Combustóleo | 0.18 |
| Generadora Pondercel | 65 | 204 | Termoeléctrica convencional | Carbón | 0.36 |

[1] PRODESEN 2018 - 2032, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/331770/PRODES-EN-2018-2032-definitiva.pdf> consultado el 16 de enero de 2019. Tabla 2.2.9. pp 142 - 144 para ciclo combinado; Tabla 2.2.10. pp 145 - 146 para termoeléctricas convencionales; Tabla 2.2.12 p 148 - 150 para turbogás; Tabla 2.2.13. p 151 - 156 para combustión interna.

[2] Comisión reguladora de energía. www.cre.gob.mx/documento/1814.xlsx consultado el 16 de enero de 2019.

En el Cuadro 17 se muestran intervalos de eficiencia térmica correspondientes a las diferentes tecnologías de generación eléctrica en México.

Cuadro 17.

| EFICIENCIA TÉRMICA | | | |
|-----------------------------|---------------|----------|----------------------|
| Tecnología | Intervalo (%) | Promedio | Ajustada Gas Natural |
| Carboeléctrica | 30 - 40 | 35.0% | |
| Ciclo combinado | 40 - 51 | 45.5% | 50.8% |
| Combustión Interna | 30 - 45 | 37.5% | 41.9% |
| Nucleoeléctrica | 35 | 35.0% | |
| Termoeléctrica convencional | 17 - 30 | 23.5% | 26.3% |
| Turbogás | 22 - 45 | 33.5% | |

Fuente: Elaborado por la SENER. Valores calculados con base en información de las centrales eléctricas en operación (2013-2015).

Tomado de: PRODESEN 2018 - 2032, Tabla 4.2.2. p 196

Con el valor promedio indicado en el Cuadro 17, se calculó el consumo aproximado de gas natural que sería requerido para generar la cantidad de electricidad mostrada en el Cuadro 18. La suma de estos consumos debería coincidir con el valor de 2,734 millones de metros cúbicos, reportado en el sistema de información energética como demanda interna de gas natural por estado (para Chihuahua), valor que fue usado para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero del estado en este trabajo. Como ambos valores no coincidieron, las eficien-

cias se ajustaron mediante un factor de corrección de 1.1171 (que se obtiene de dividir el total del consumo aproximado entre el valor objetivo de 2,734 millones de metros cúbicos). En el Cuadro 18 se muestran los resultados obtenidos, incluyendo el nuevo consumo estimado y las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por consumo de gas natural en la generación de electricidad. Tanto el consumo estimado como las emisiones son prácticamente iguales a los valores tomados como referencia.



Fuente: Gandosh Ganbaatar

Cuadro 18.

| Nombre | Tipo | Combustible | Generación Bruta [1] (GWh) | Eficiencia promedio [2] | Consumo aproximado (m³) | Eficiencia ajustada | Consumo estimado (m³) | Emisiones de gases de efecto invernadero (Mg CO ₂ e) |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Samalayuca II | Ciclo combinado | Gas Natural | 4,432 | 45.5% | 922,799,306 | 50.8% | 826,054,083 | 1,814,673 |
| KST Electric Power Company, Norte II | Ciclo combinado | Gas Natural | 3,277 | 45.5% | 682,313,476 | 50.8% | 610,780,512 | 1,341,760 |
| Chihuahua II (El Encino) | Ciclo combinado | Gas Natural | 3,274 | 45.5% | 681,688,837 | 50.8% | 610,221,360 | 1,340,532 |
| Energía Chihuahua, Transalta Chihuahua | Ciclo combinado | Gas Natural | 2,084 | 45.5% | 433,915,558 | 50.8% | 388,424,348 | 853,289 |
| Energía Chihuahua | Ciclo combinado | Gas Natural | 78 | 45.5% | 16,240,602 | 50.8% | 14,537,955 | 31,937 |
| B-Energy Industries | Combustión interna | Gas Natural | 51 | 37.5% | 12,884,211 | 41.9% | 11,533,445 | 25,337 |
| Samalayuca | Termoeléctrica convencional | Gas Natural | 757 | 23.5% | 305,173,572 | 26.3% | 273,179,524 | 600,120 |
| Total | | | 13,953 | | 3,055,015,562 | | 2,734,731,227 | 6,007,648 |
| Inventario del estado de chihuahua [3] | | | | | | | 2,734,731,227 | 6,008,930 |
| Diferencia con respecto al inventario del estado de chihuahua | | | | | | | 0.00% | -0.02% |

[1] PRODESEN 2018 - 2032, <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/331770/PRODESEN-2018-2032-definitiva.pdf> consultado el 16 de enero de 2019. Tabla 2.2.9. pp 142 - 144 para ciclo combinado; Tabla 2.2.10. pp 145 - 146 para termoeléctricas convencionales; Tabla 2.2.12 p 148 - 150 para turbogás; Tabla 2.2.13. p 151 - 156 para combustión interna.

[2] Ver Cuadro 8.

[3] Para el 2017, ver Tabla 8, celda: H72; hoja: SECTOR 1A1a; libro: Sector1A1a_GenEnerElec_Ch13-17_15Feb19.xls para las emisiones y hoja: Datos de actividad; celda: G35, para el consumo en m³

Cabe mencionar que el consumo estimado de gas natural (Q) se obtuvo utilizando la siguiente fórmula.

$$Q[m^3] = \frac{G[GWh]3600 \left[\frac{s}{h}\right] 1000 \left[\frac{MJ}{GJ}\right]}{\eta H \left[\frac{MJ}{m^3}\right]}$$

Donde G es la generación eléctrica, η es la eficiencia térmica, H es el poder calorífico del gas natural y ρ la densidad del gas natural.

El poder calorífico del gas natural (38 MJ/m³) fue el promedio de los valores encontrados en el balance nacional de energía de 2013 a 2017. Por otra parte, las emisiones de gases de efecto invernadero que se muestran en la última

columna del Cuadro 18 se estimaron usando un factor de emisión consolidado F_{GEI} , es decir que incluye las emisiones de CO₂, N₂O y CH₄. Las fórmulas son:

$$E_{GEI} = F_{GEI} \frac{G}{\eta}$$

Donde G es la generación eléctrica en GWh y

$$F_{GEI} = F_{CO2} + F_{CH4}P_{CH4} + F_{N2O}P_{N2O}$$

F_X es el factor de emisión del gas X (CO₂, N₂O o CH₄), en Mg/GWh, y P_X es el potencial de calentamiento global del gas X (ver el Cuadro 19).

Cuadro 19.

| Sector | Tipo | Combustible | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | F _{GEI} ^[A] | |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------------------------|-------|
| | | | kg/PJ | | | Mg/GWh | |
| 1A1 | Combustión Estacionaria | Carbón Bituminoso | 96,100,000 | 1000 | 1500 | 96,525,500 | 347.5 |
| | | Combustóleo ligero | 79,450,290 | 3000 | 600 | 79,693,290 | 286.9 |
| | | Diésel | 72,850,770 | 3000 | 600 | 73,093,770 | 263.1 |
| | | Gas Natural | 57,755,930 | 1000 | 100 | 57,810,430 | 208.1 |
| Potencial de calentamiento global: | | | 1 | 28 | 265 | | |

Para el carbón bituminoso el factor de emisión utilizado para CO₂ fue tomado del Cuadro 2.2, volumen 2 de las directrices IPCC 2006.

Para el combustóleo, diésel y gas natural el factor de emisión para CO₂ fue tomado del informe técnico INECC/A1-008/2014, diciembre 2014, "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México" realizado por el IMP.

Para CH₄ y N₂O los factores de emisión se tomaron de las directrices del IPCC de 2006, volumen 2, capítulo 2, Cuadro 2.2, p. 2.16.

[A] F_{GEI} es el factor de emisión consolidado, que incluye CO₂, CH₄ y N₂O

Fuente: Inventario nacional de gases y compuestos de efecto invernadero, 2015 - INECC, salvo el F_{GEI} que fue calculado en este trabajo.

De acuerdo a los datos del PRODESEN se infiere que será necesario aumentar la capacidad de generación eléctrica en el estado de Chihuahua. El PRODESEN ya incluye algunas medidas de mitigación, pero para resaltar el impacto de dichas medidas, la línea base se obtuvo suponiendo que toda la generación aumentada hasta el 2032 habría sido realizada con termoeléctricas a gas natural. En el Cuadro 20 se muestran los resultados de la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero que se generarían por la nueva capacidad de generación programada, bajo los supuestos mencionados.

Cuadro 20.

| Año [1] | Capacidad [1] (MW) | Combustible | Factor de planta [2] | Generación (GWh) | Eficiencia | Emisiones (Mg CO ₂ e) |
|---------|--------------------|-------------|----------------------|------------------|------------|----------------------------------|
| 2018 | 30 | Gas natural | 0.97 | 254.916 | 0.508 | 104,434 |
| 2018 | 30 | Gas natural | 0.97 | 254.916 | 0.508 | 104,434 |
| 2019 | 907 | Gas natural | 0.97 | 7,706.960 | 0.508 | 3,157,389 |
| 2019 | 150 | Gas natural | 0.97 | 1,274.580 | 0.508 | 522,170 |
| 2019 | 148 | Gas natural | 0.97 | 1,257.586 | 0.508 | 515,208 |
| 2019 | 80 | Gas natural | 0.97 | 679.776 | 0.508 | 278,491 |
| 2019 | 30 | Gas natural | 0.97 | 254.916 | 0.508 | 104,434 |
| 2019 | 30 | Gas natural | 0.97 | 254.916 | 0.508 | 104,434 |
| 2021 | 111 | Gas natural | 0.728 | 707.625 | 0.419 | 351,478 |
| 2021 | 150 | Gas natural | 0.97 | 1,274.580 | 0.508 | 522,170 |
| 2022 | 3 | Gas natural | 0.97 | 25.492 | 0.508 | 10,443 |
| 2023 | 30 | Gas natural | 0.97 | 254.916 | 0.508 | 104,434 |
| 2024 | 6 | Gas natural | 0.97 | 50.983 | 0.508 | 20,887 |
| 2024 | 4 | Gas natural | 0.97 | 33.989 | 0.508 | 13,925 |
| 2024 | 300 | Gas natural | 0.97 | 2,549.160 | 0.508 | 1,044,340 |
| 2027 | 450 | Gas natural | 0.97 | 3,823.740 | 0.508 | 1,566,511 |
| 2027 | 100 | Gas natural | 0.97 | 849.720 | 0.508 | 348,113 |
| 2027 | 96 | Gas natural | 0.97 | 815.731 | 0.508 | 334,189 |
| 2028 | 350 | Gas natural | 0.97 | 2,974.020 | 0.508 | 1,218,397 |
| 2030 | 352 | Gas natural | 0.97 | 2,991.014 | 0.508 | 1,225,359 |

Fuente: Elaboración propia con datos de: [1] Programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018 – 2032. Secretaría de Energía. Tabla 4.5.1, p 217-233. [2] Se eligió el mayor factor de planta por tecnología del Cuadro 7, suponiendo que estas nuevas plantas operarán con gas natural.

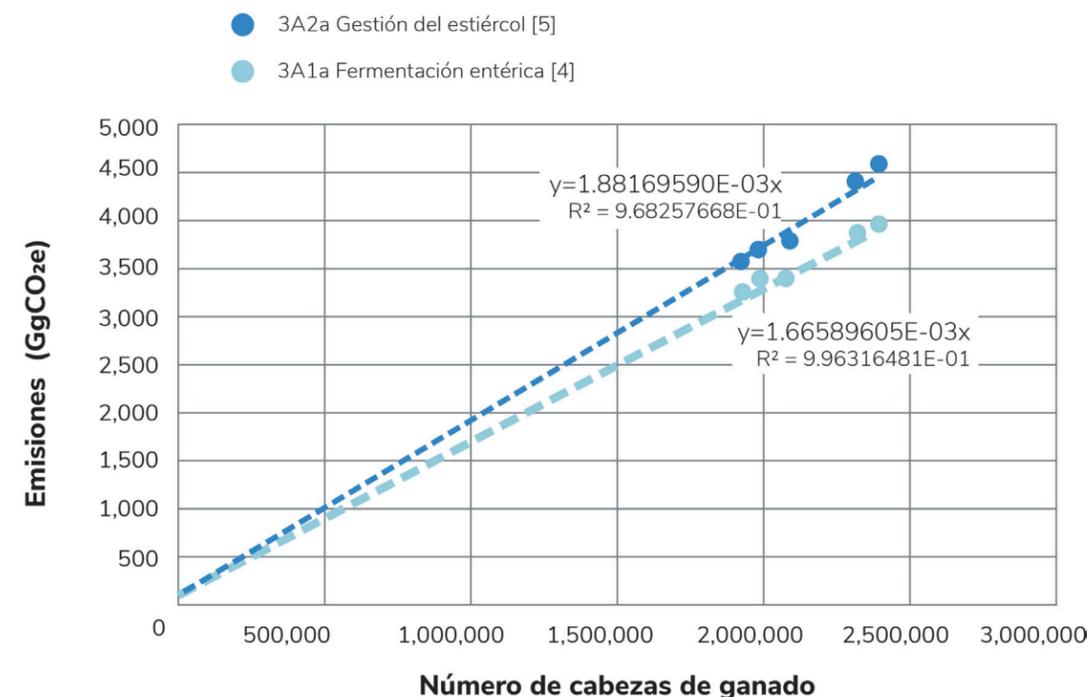
1.2.3.4.4 [3A1A] BOVINO (FERMENTACIÓN ENTÉRICA) Y [3A2A] BOVINOS (GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL)

En la Figura 14 se muestra el análisis para obtener la función de crecimiento de las emisiones de las fuentes [3A1a] y [3A2a] en términos del crecimiento de la población de ganado bovino. Los datos de la población de ganado del 2013 al 2017 se ajustaron para obtener una tasa anual de crecimiento. Esta tasa se supone constante durante todo el periodo de 2013 a 2032 para obtener la proyección de crecimiento de la población de ganado como se explica a continuación.

| Año | Población Ganadera Oficial (Número de cabezas) | | | Emisiones (Gg CO ₂ e) | |
|------|------------------------------------------------|-----------------------|-----------|----------------------------------|--------------------------------|
| | Bovinos Carne [1] [2] | Bovinos Leche [1] [3] | Total | 3A1a Fermentación entérica [4] | 3A2a Gestión del estiércol [5] |
| 2008 | 1,540,992 | 245,917 | 1,786,909 | | |
| 2009 | 1,660,698 | 248,604 | 1,909,302 | | |
| 2010 | 1,639,326 | 249,365 | 1,888,691 | | |
| 2011 | 1,642,019 | 245,601 | 1,887,620 | | |
| 2012 | 1,601,467 | 258,538 | 1,860,005 | | |
| 2013 | 1,676,947 | 258,069 | 1,935,016 | 3,237 | 3,600 |
| 2014 | 1,708,423 | 269,940 | 1,978,363 | 3,316 | 3,684 |
| 2015 | 1,804,348 | 276,202 | 2,080,550 | 3,479 | 3,818 |
| 2016 | 2,054,634 | 275,285 | 2,329,919 | 3,861 | 4,424 |
| 2017 | 2,103,645 | 284,766 | 2,388,411 | 3,960 | 4,605 |

Fuentes:

- [1] <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es>
- [2] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412563/Bovino_carne_2017.pdf
- [3] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412564/Bovino_leche_2017.pdf
- [4] Este trabajo. Inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero - Fermentación entérica - 3A1a Bovino.
- [5] Este trabajo. Inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero - Gestión del estiércol - 3A2a Bovino.



Simplificación para la proyección de las estimaciones del sector ganadero

3A1a Fermentación entérica: $E_{3A1a} = 1.66589605E-03 * p_{total}$ (Gg CO₂e)

3A2a Gestión del estiércol: $E_{3A2a} = 1.88169590E-03 * p_{total}$ (Gg CO₂e)

E_{3Aia} Emisiones totales de la categoría 3A por fermentación entérica (i=1) o gestión del estiércol (i=2)

p_{total} Población total de cabezas de ganado: bovino carne más bovino leche (en número de cabezas)

Figura 14.

Teniendo los datos de población, p , en cierto periodo de tiempo, τ , del año y_i al año y_f , se hace un ajuste que represente suficientemente bien su tendencia. El ajuste más simple es el lineal, obteniendo una ecuación de regresión lineal del tipo

$$p = my + b$$

Donde los parámetros m y b se obtienen del ajuste de regresión lineal. La tasa de crecimiento anual se deriva con la siguiente fórmula, utilizando los parámetros de la ecuación de regresión lineal:

$$r = e^{\frac{\ln(z)}{\tau}} - 1$$

Donde

$$z = 1 + \frac{m\tau}{my_i + b}$$

$$\tau = y_f - y_i$$

Finalmente, la proyección de la población para años posteriores al año y_i se obtienen con la siguiente fórmula:

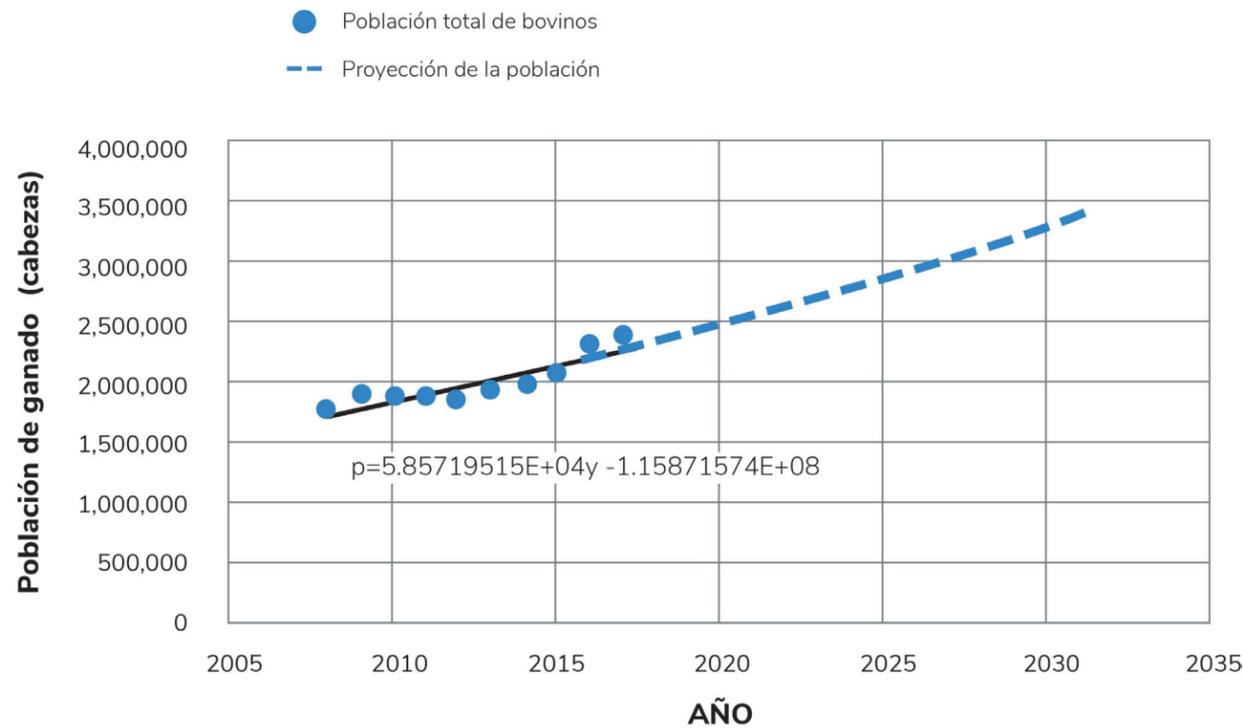
$$p_y = (1 + r)^{y - y_i}(my_i + b)$$

Equivalentemente,

$$p_y = (1 + r)p_{y-1}$$

Siempre que $y - 1 \geq y_i$; $p_{y_i} = my_i + b$.

En la Figura 15 se muestran los resultados de la proyección de cabezas de ganado bovino al año 2032, para leche y para carne en conjunto, ajustando datos disponibles de población de ganado del 2008 al 2017. La tasa de crecimiento anual resultante fue de 2.98%.



Resultados de la regresión línea de los datos disponibles

| | |
|-------|-----------------|
| y_i | 2008 |
| y_f | 2017 |
| m | 5.85719515E+04 |
| b | -1.15871574E+08 |
| z | 1.30280095 |
| r | 2.8% |

Figura 15.



Fuente: The Milon

1.2.3.4.5

[1A2] INDUSTRIAS MANUFACTURA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

Para estimar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la subcategoría [1A2] Industrias de manufactura y de la construcción se utilizaron proyecciones de diferentes fuentes de información para los datos de actividad correspondientes a esta categoría, que están representados por la demanda interna de gas natural, diésel y combustóleo para el sector industrial y autogeneración de electricidad, y por la demanda interna de coque de petróleo del estado de Chihuahua.

Para el gas natural, se obtuvo información del sistema de información energética, pero solo se encontraron datos disponibles hasta el 2017 de la demanda interna total de gas natural de los sectores industrial y autogeneración de electricidad a nivel estatal y nacional. Por este motivo se tuvo que realizar el siguiente procedimiento. Del documento *Prospectiva de gas natural 2018-2032* (Secretaría de Energía) se obtuvo la demanda nacional de combustibles del sector industrial de 2007 a 2017. Al substrair la demanda nacional de combustibles del sector industrial de la demanda interna de gas natural de los sectores industrial y autogeneración de electricidad obtenida del sistema de información energética, se obtuvo una estimación de la demanda nacional de gas natural para autogeneración de electricidad, que se proyectó al 2032 siguiendo la tendencia que presentó de 2013 a 2016 (el valor de 2017 parecía fuera de esta tendencia por lo que no se consideró).

Por otra parte, del documento *Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2018-2032* publicado por la Secretaría de Energía, se obtuvo el consumo nacional de combustibles en el sector industrial, 2018-2032. Sumando estos valores a los de la demanda nacional de gas natural para autogeneración de electricidad se obtuvo la demanda interna total de gas natural de los sectores industrial y autogeneración de electricidad a nivel nacional hasta el 2032.

Utilizando los datos de la demanda interna de gas natural por estado, sectores industrial y autogeneración de electricidad obtenidos del sistema de información energética se obtuvo un

valor de prorrateo mediante el ajuste lineal de los valores estatales y nacionales de 2007 a 2017. Este valor (0.022614) se utilizó para prorratear la demanda interna total de gas natural de los sectores industrial y autogeneración de electricidad a nivel nacional para obtener la del estado de Chihuahua.

En el caso del consumo de diésel en el sector industrial, 2018-2032, los datos se tomaron de la *Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2018-2032* publicada por la Secretaría de Energía. De acuerdo con dicho documento, la demanda de diésel para el sector autogeneración de electricidad disminuirá en 58% al 2032. Como los datos del sistema de información energética para la demanda de diésel para el sector autogeneración de electricidad correspondientes al periodo 2013 a 2018 fluctúan fuertemente, se tomó el promedio de esos valores, y a partir de ahí se hizo una proyección lineal de manera que al 2032 la disminución de la demanda fuera del 58%. La suma de la demanda de diésel para el sector industrial y para el sector autogeneración de electricidad se utilizó para estimar las emisiones generadas por el uso de este combustible en dicho sector.

Para el caso del combustóleo en el sector industrial, la *Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2018-2032* de la Secretaría de Energía indica que a partir del 2020 este combustible dejará de utilizarse en este sector. Solo el dato del 2019 se consideró como la mitad del valor para 2018.

Los datos para la demanda interna de coque de petróleo por estado, 2014-2030, se obtuvieron del sistema de información energética. Para el 2031 y 2032 se usó el mismo valor que para 2030 dada la baja variabilidad a lo largo de los años previos.

1.2.3.4.6

[3C4] EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE LOS SUELOS GESTIONADOS

La proyección de las emisiones de la subcategoría [3C4] Emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados se realizó siguiendo la metodología para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero utilizada en este trabajo para la actualización del inventario estatal. En esta actualización,

el nitrógeno incorporado en los suelos se toma como dato de actividad, y se integra por tres contribuciones originadas de los fertilizantes sintéticos nitrogenados (F_{SN}), del estiércol depositado en pasturas y praderas por animales en pastoreo (F_{PRP}) y por los residuos agrícolas reincorporados al suelo en tierras de cultivo (F_{CR}).

La fracción de nitrógeno proveniente de los fertilizantes sintéticos nitrogenados se estimó prorrateando esta cantidad de nivel nacional a nivel estatal. El factor de prorrateo se calculó mediante un promedio móvil de los 5 años previos del cociente de la superficie cultivada fertilizada de Chihuahua y la nacional. Esto se hizo así para suavizar la gran variabilidad observada en el período de 2013 a 2017. La superficie cultivada fertilizada a nivel nacional se consideró como el 68% de la superficie sembrada a nivel nacional. El porcentaje referido se obtuvo en base al promedio de los datos disponibles de dichas superficies para el período de 2013 a 2017. La superficie cultivada fertilizada del estado de Chihuahua se obtuvo como una fracción de la superficie cultivada fertilizada nacional, el 6.7%. Este porcentaje es el promedio del cociente de la superficie cultivada fertilizada de Chihuahua y la nacional para el período de 2013 a 2017. La cantidad de fertilizantes sintéticos nitrogenados a nivel nacional fue proyectada hasta el 2032 usando una regresión lineal de la serie temporal del consumo anual de fertilizante en México que se tomó de la base de datos de nutrición de plantas de la Asociación Internacional de Fertilizantes para el período 2013 a 2017.

La fracción de nitrógeno proveniente del estiércol depositado en pasturas y praderas por animales en pastoreo fue integrada por contribuciones de dos grupos: 1) Bovinos, aves y porcinos y 2) Ovinos y otros animales. Ambas contribuciones fueron proyectadas al 2032 utilizando la tasa media de crecimiento anual de cada una de estas fracciones en el período de 2013 a 2017 (obtenidas para la actualización del inventario estatal de emisiones de gases de efecto invernadero en este trabajo).

La fracción de nitrógeno incorporado por residuos de cultivos fue proyectada al 2032 mediante una ecuación obtenida por regresión lineal entre la superficie cosechada del estado de Chihuahua y la fracción de nitrógeno incorporado por residuos de cultivos para el período de 2013 a 2017. Para esta regresión se consideró que el rendimiento de cada cultivo (toneladas cosechadas por hectárea) fue el mismo para los cinco años (2013 a 2017) con el fin de reducir la variabilidad y mejorar el coeficiente de correlación al eliminar la dispersión de esta variable de la cual no se puede determinar cuál será su valor futuro. En otras palabras, se asume que el rendimiento a futuro es el del 2017. Por otra parte, la superficie de cultivos que reincorporan nitrógeno fue considerada como la superficie cosechada y fue proyectada al 2032 como una fracción de la superficie cultivada fertilizada del estado de Chihuahua, el 77%. Este porcentaje corresponde al del año 2017 para el cual si se cuenta con datos oficiales (reales). En este caso no se promediaron los porcentajes correspondientes a los años en el período de 2013 a 2017 porque presentan una variación monótona decreciente muy pronunciada para la cual el promedio no sería representativa y una extrapolación lineal

resultaría en valores excesivamente bajos fuera de la realidad. La proyección de la superficie cultivada fertilizada del estado de Chihuahua se explicó en el párrafo concerniente a la fracción de nitrógeno proveniente de los fertilizantes sintéticos nitrogenados.

1.2.3.4.7

[1A4A] Y [1A4B] RESIDENCIAL/COMERCIAL/INSTITUCIONAL

La estimación de las emisiones de las fuentes residencial y comercial e institucional se basa en los consumos de gas natural, gas LP, diésel y leña, por lo que la proyección de las emisiones tuvo como base la proyección de estos combustibles en dichos sectores. La proyección del consumo de gas LP en el estado de Chihuahua se tomó de la Prospectiva de gas L. P. 2018-2032 publicada por la Secretaría de Energía y se mantuvo la misma suposición realizada para la actualización del inventario de que el 62.5% del consumo total fue para el sector residencial y un 14.1% para el sector servicios.

El consumo de gas natural del estado de Chihuahua se obtuvo de la Prospectiva de gas natural 2018-2032 publicada por la Secretaría de Energía. Para determinar la fracción de dicho consumo correspondiente a los sectores residencial, servicios y autotransporte se hizo una regresión lineal de dicha fracción en función del tiempo para el período de 2007 a 2017 con datos del sistema de información energética. Asimismo, la contribución del sector autotransporte se determinó con otra regresión similar y el resultado se substrajo para obtener solamente el consumo de los sectores residencial y de servicios (sin autotransporte).



Fuente: Breno Assis

El consumo de diésel en estos sectores se considera nulo a partir del año 2017.

La proyección del consumo de leña a nivel nacional para los sectores residencial y de servicios se obtuvo de la Prospectiva de gas L. P. 2018-2032 publicada por la Secretaría de Energía. Se considera que solo el 1.84% del consumo nacional corresponde a Chihuahua.

1.2.3.4.8 OTRAS CATEGORÍAS

La proyección de las emisiones de otras categorías se realizó mediante extrapolación con la regresión lineal de las emisiones en función del tiempo para los años 2013 a 2017. Las subcategorías [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas

residuales domésticas, y [2A1] Producción de cemento se extrapolaron independientemente, y el resto de las categorías se extrapolaron conjuntamente.

1.2.3.5 CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES PRINCIPALES

La contribución de las nueve fuentes principales se muestra en la Figura 16.

Cabe recalcar que estas proyecciones son las contribuciones a la línea base que se muestra en la Figura 13, y se han realizado bajo la suposición de que no se han implementado acciones de mitigación.

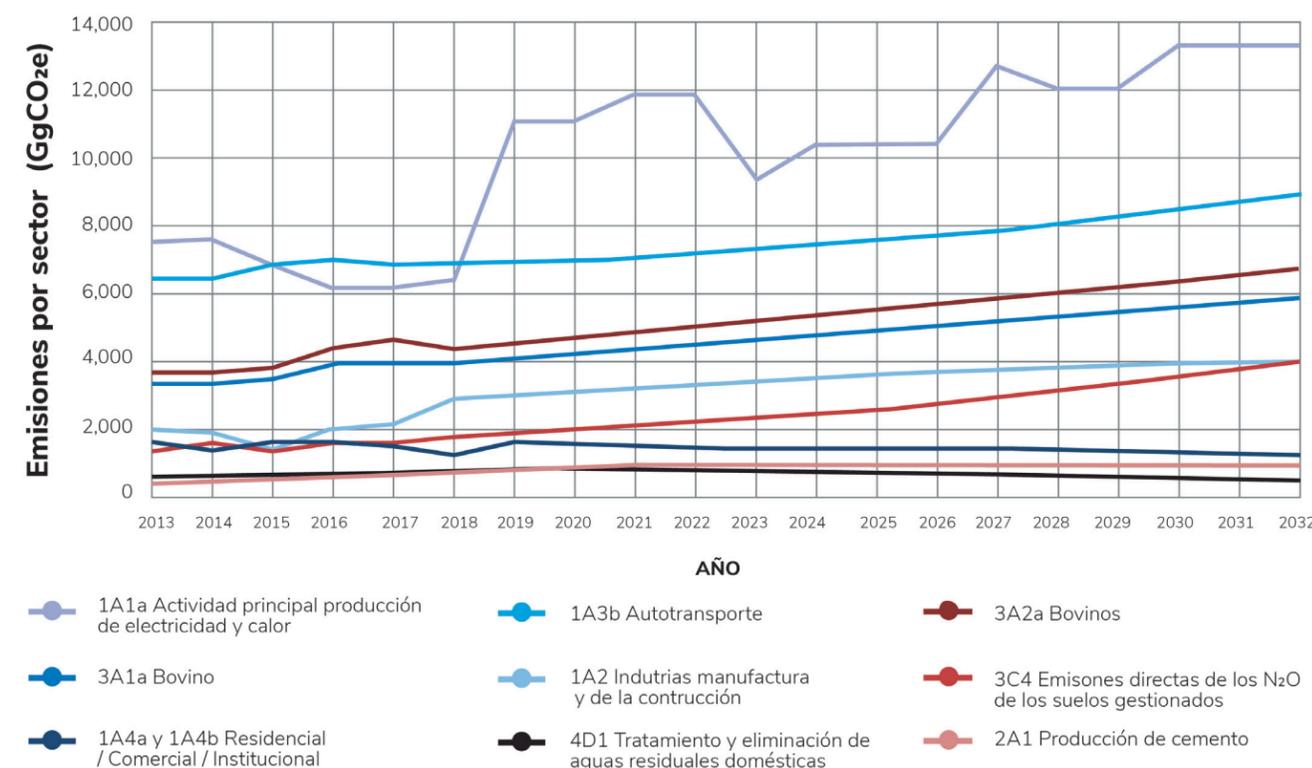


Figura 16.

De este desglose de contribuciones es claro que para tener una reducción significativa de emisiones hay que concentrar esfuerzos en las fuentes principales de emisión, lo que no significa que no deban hacerse esfuerzos en otros rubros.

- 1A1a Actividad principal producción de electricidad y calor
- 1A3b Autotransporte
- 3A2a Bovinos (gestión de estiércol)
- 3A1a Bovino (fermentación entérica)

Las cuatro principales fuentes de emisión que al 2017 contribuyen con el 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero en Chihuahua son:

Para estas fuentes se analizan algunos escenarios de mitigación.

1.2.3.6 ESCENARIOS DE MITIGACIÓN

1.2.3.6.1

[1A1A] ACTIVIDAD PRINCIPAL PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD Y CALOR
 En esta sección se considera el escenario más factible de mitigación para la fuente [1A1a]. Es el escenario en el que se cumple con la programación para el retiro y adición de capacidad de generación del programa de desarrollo del

sistema eléctrico nacional 2018-2032. En este escenario se tiene contemplado que parte de la capacidad de generación de electricidad se realice mediante energías renovables. En el Cuadro 21 se muestra la distribución de la nueva capacidad en términos de la tecnología programada.

Cuadro 21.

| Tecnología [1] | Año [1] | Capacidad [1] (MW) | Combustible | Factor de planta [2] | Generación (GWh) | Eficiencia | Emisiones (Mg CO ₂ e) |
|--------------------|---------|--------------------|-------------|----------------------|------------------|------------|----------------------------------|
| Solar | 2018 | 30 | | | | | |
| Solar | 2018 | 30 | | | | | |
| Ciclo combinado | 2019 | 907 | Gas natural | 0.97 | 7,706.960 | 0.508 | 3,157,389 |
| Solar | 2019 | 150 | | | | | |
| Solar | 2019 | 148 | | | | | |
| Solar | 2019 | 80 | | | | | |
| Solar | 2019 | 30 | | | | | |
| Solar | 2019 | 30 | | | | | |
| Combustión interna | 2021 | 111 | Gas natural | 0.73 | 707.625 | 0.419 | 351,478 |
| Solar | 2021 | 150 | | | | | |
| Bioenergía | 2022 | 3 | | | | | |
| Bioenergía | 2023 | 30 | | | | | |
| Hidroeléctrica | 2024 | 6 | | | | | |
| Hidroeléctrica | 2024 | 4 | | | | | |
| Solar | 2024 | 300 | | | | | |
| Ciclo combinado | 2027 | 450 | Gas natural | 0.97 | 3,823.740 | 0.508 | 1,566,511 |
| Solar | 2027 | 100 | | | | | |
| Solar | 2027 | 96 | | | | | |
| Solar | 2028 | 350 | | | | | |
| Hidroeléctrica | 2030 | 352 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia con datos de: [1] Programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018 – 2032. Secretaría de Energía. Cuadro 4.5.1, p 217-233. [2] Se eligió el mayor factor de planta por tecnología del Cuadro 7, suponiendo que estas nuevas plantas operarán con gas natural.

En la Figura 17 se muestra el efecto de la aplicación de tecnologías de energía renovable a la matriz de generación eléctrica del estado de Chihuahua.

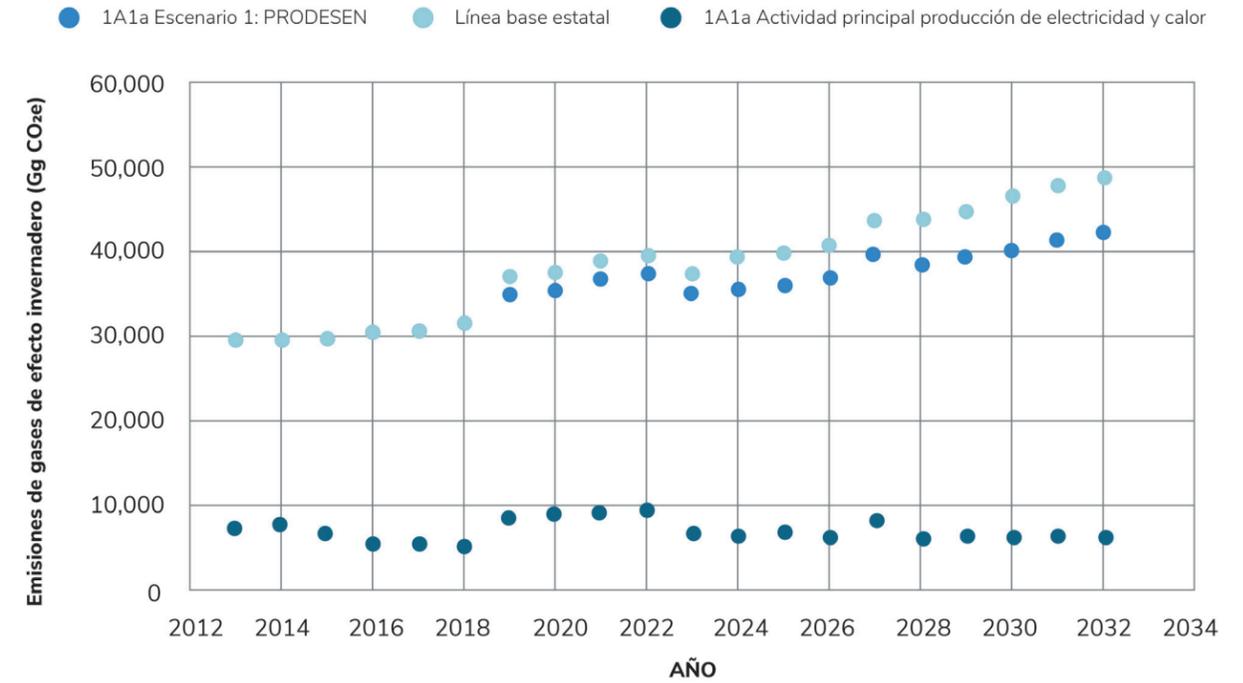


Figura 17.

El efecto de la aplicación de las medidas de mitigación de este escenario es mantener prácticamente constante el nivel de emisiones originadas por la adición de capacidad de generación de electricidad desde el año base (2017) hasta el 2032. Este resultado se debe a que las plantas de generación que operan actualmente seguirán operando y en consecuencia sus emisiones seguirán siendo liberadas a la atmósfera. El programa de retiro de centrales eléctricas del programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional no está enfocado a reducir emisiones sino más bien a satisfacer criterios como los siguientes⁶¹:

- Entrada en operación en la fecha programada de las centrales que sustituirán a las candidatas a retiro
- Entrada en operación en la fecha programada de las líneas y subestaciones
- Preservación de la confiabilidad del sistema eléctrico nacional
- Reducción de fallas prolongadas
- Garantía del suministro de combustibles
- El crecimiento pronosticado de la demanda de energía eléctrica

Sólo centrales de la Comisión Federal de Electricidad se han contemplado en el programa de retiro. El gobierno del estado tiene poca influencia sobre las decisiones que se toman en la Comisión Federal de Electricidad, siendo esta empresa de competencia federal, por lo que no es factible llevar a cabo proyectos de mitigación en las centrales que actualmente generan la mayor parte de las emisiones de la fuente [1A1a],

como la de Samalayuca II; KST Electric Power Company, Norte II; Chihuahua II (El Encino) y Energía Chihuahua, Transalta Chihuahua, que conforman casi el 90% de las emisiones de la subcategoría [1A1]. Proyectos de captura de carbono son excesivamente caros y no están completamente probados, a pesar de que actualmente hay mucha investigación y desarrollo en este campo. Por otra parte, debe mencionarse que la generación de electricidad mediante sistemas fotovoltaicos, eólicos e incluso algunos sistemas hidroeléctricos son sistemas intermitentes de generación que no podrían por sí mismos proveer de la energía requerida por la entidad en todo momento, por ello, la generación mixta, que incluye combustibles fósiles sigue siendo la alternativa más viable.

Como política de mitigación, el estado debe asegurarse de realizar los acuerdos, gestiones y todo lo que sea necesario para que se cumpla con el programa de adición y retiro de centrales eléctricas que están contempladas en el programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018-2032, de manera que las emisiones de la fuente [1A1a] no aumenten en dicho periodo. El estado en sí no tiene que realizar las inversiones para la instalación de las centrales de generación, pero sí debe sentar las bases para que se genere una libre competencia para los generadores, así como promover la instalación de más centrales de generación eléctrica con energías renovables, la generación de biogás y otras formas de almacenamiento de energía. Es una oportunidad para el estado para la promoción de empresas locales que generen empleo, beneficios sociales y riqueza en general.

⁶¹Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2032. Secretaría de Energía. p 77

Una de las formas más rentables de reducir el consumo energético, sea eléctrico o por consumo de combustibles, es la administración adecuada de la energía, lo que se conoce como gestión de la energía. La gestión de la energía permite implementar proyectos de mejora en la eficiencia energética de manera sistemática y mantener una reducción continua del uso de la energía sin afectar la productividad. La comisión nacional para el uso eficiente de la energía ha estado promoviendo tanto la implementación de sistemas de gestión de la energía como el desarrollo de proyectos de eficiencia energética. Uno de los instrumentos de gestión de la ley de transición energética es el programa nacional para el aprovechamiento

sustentable de la energía, en el cual se establece una estrategia para cumplir con las metas de eficiencia energética, en virtud de lo cual, la comisión nacional para el uso eficiente de la energía desarrolló una hoja de ruta con dicho objetivo.

En la hoja de ruta en materia de eficiencia energética se establecen actores clave, entre los cuales se encuentran gobiernos estatales, tiempos de ejecución y recursos necesarios para implementar una serie de acciones de política pública con el fin de alcanzar las metas nacionales, mismas que se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22.

| 2016 – 2030 | 2031 – 2050 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Tasa anual promedio de 1.9% de reducción de la intensidad de consumo final de energía | Tasa anual promedio de 3.7% de reducción de la intensidad de consumo final de energía |

Fuente: Secretaría de Energía y Comisión nacional para el uso eficiente de la energía (2017). Hoja de ruta en materia de eficiencia energética, p. 18.

Vale la pena comentar algo sobre la forma de redacción de las metas de eficiencia energética que se muestran en el Cuadro 22. El nivel de eficiencia energética frecuentemente se evalúa mediante indicadores del progreso de la productividad energética que permitan comparabilidad tanto en el tiempo como entre unidades similares de actividad. El índice de intensidad energética, citado en el Cuadro 22, es uno de tales indicadores, utilizado para evaluar el nivel de eficiencia energética. El índice de intensidad energética se define como:

$$IIE = \frac{CE}{PIB}$$

donde: CE es el consumo de energía del año; y PIB el producto interno bruto del año a precios constantes.

Bajo ciertas circunstancias, este índice puede usarse para monitorear la cantidad de energía requerida para producir una unidad de valor económico. El hecho de que este índice disminuya no necesariamente significa que se está utilizando más eficientemente la energía. Podría significar un cambio de una actividad altamente intensiva en el uso de energía a otra menos intensiva, lo cual no significa necesariamente que la energía se utilice eficientemente. Podrían ser dos actividades que generan productos necesarios para el desarrollo de la sociedad, pero para uno simplemente se utiliza más energía.

Si las actividades y productos que integran el producto interno bruto no cambian (aunque sí pueda cambiar la forma en la

que se desarrollan) el índice de intensidad energética reflejará el grado de dependencia de la economía con respecto al consumo de energía.

El programa nacional para el aprovechamiento sustentable de la energía 2014-2018 plantea seis objetivos estratégicos para lograr el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades de la cadena energética. Estos seis objetivos están directamente relacionados con acciones de eficiencia energética:

Objetivo 1. Diseñar y desarrollar programas y acciones que propicien el uso óptimo de energía en procesos y actividades de la cadena energética nacional

Objetivo 2. Fortalecer la regulación de la eficiencia energética para aparatos y sistemas consumidores de energía fabricados y/o comercializados en el país

Objetivo 3. Fortalecer los sistemas e instancias de gobernanza de la eficiencia energética a nivel federal, estatal y municipal e integrando instituciones públicas, privadas, académicas y sociales

Objetivo 4. Fomentar el desarrollo de capacidades técnicas y tecnológicas vinculadas al aprovechamiento sustentable de la energía

Objetivo 5. Contribuir en la formación y difusión de la cultura del ahorro de energía entre la población

Objetivo 6. Promover la investigación y desarrollo tecnológico en eficiencia energética

Sin embargo, algunos objetivos incluyen actividades que salen del alcance de la eficiencia energética como la transición hacia fuentes de energía renovable.

De acuerdo con la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de diciembre de 2016, la implementación de proyectos de eficiencia energética tendrán un impacto mucho mayor en el sector industrial y en menor medida en el sector residencial que en cualquiera de los otros sectores (Figura 18).

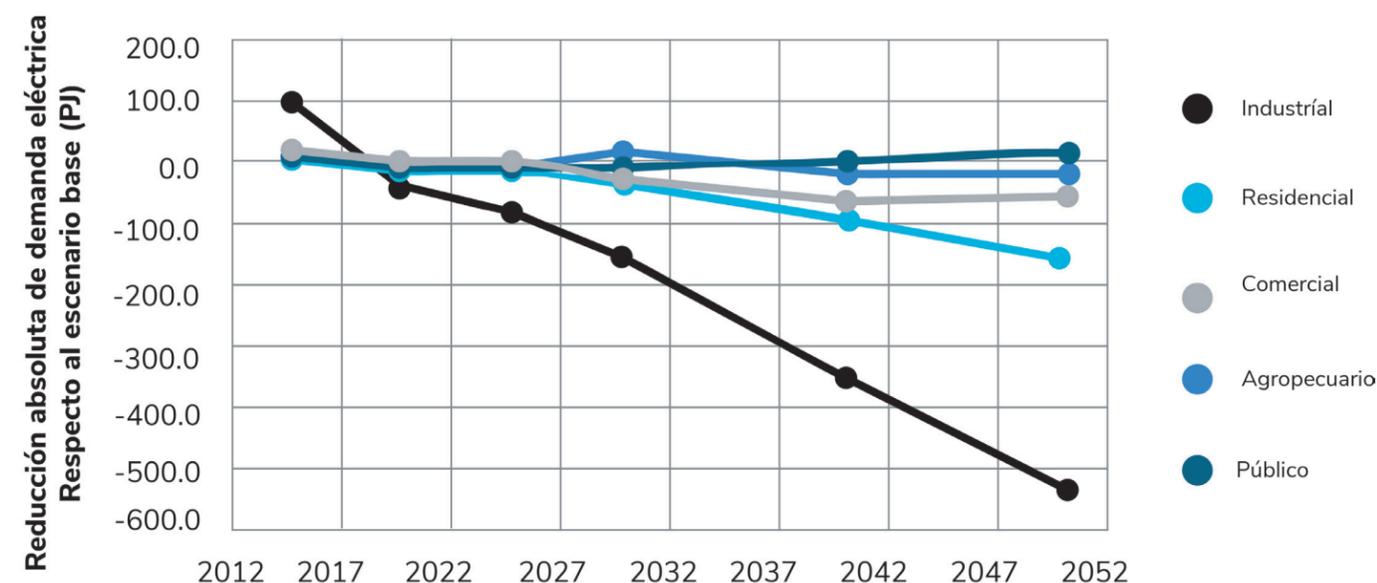


Figura 18.

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de la Figura 35, p 90, de la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios. Diario oficial de la federación. 2 de diciembre de 2016.

En la Figura 18 se observa que se espera que desde el año 2018, los proyectos de eficiencia energética en el sector industrial detengan el crecimiento de la demanda eléctrica de este sector y reviertan la tendencia para que a pesar de un supuesto crecimiento anual medio de la actividad económica de 3.3% para el periodo 2016-2050, la demanda se reduzca en poco más del 45% respecto al escenario base, lo que equivale a casi 530 PJ, con lo que se lograría que la demanda de electricidad del sector industrial permanezca casi constante a niveles de 2019 hasta el 2050.

El otro sector que vale la pena considerar por la magnitud absoluta de la reducción proyectada de su demanda eléctrica es el sector residencial, especialmente si se considera agrupado al sector comercial, como frecuentemente se hace. Estos sectores conjuntamente tienen un potencial de reducción al 2050 de hasta el 55% respecto al escenario base, con una reducción absoluta de cerca de 200 PJ. Desde otro punto de

vista, esto representaría una reducción de hasta el 40% de la demanda eléctrica con respecto a los niveles del 2015, pero este cambio sólo se vería reflejado a partir de 2030 con un 10% para ese año.

Para la ganadería y el sector público no se observa una tendencia definitiva de reducción o aumento en el periodo de 2015 a 2050, además de que la variación de demanda eléctrica proyectada al 2050 es relativamente pequeña comparada con los sectores industrial, residencial y comercial, por lo que la prioridad de los sectores ganadería público resulta ser secundaria. Esto no significa que no se recomiende llevar a cabo proyectos de eficiencia energética en estos sectores. De hecho, dejar que la demanda de electricidad siga la tendencia proyectada en la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios del 2 de diciembre de 2016, resultaría en una imagen desastrosa para el sector público, ya que mientras la autoridad exige la reducción de la

demanda de los otros sectores, su demanda crece, pasando de 23 PJ en 2015 a 50 PJ en 2050 para el escenario base (aumento de más del 100%), y a 61 PJ en el escenario con medidas de eficiencia energética (aumento de más del 165%).

En la Figura 19 se muestra el efecto de la aplicación de medidas de eficiencia energética a los sectores económicos industrial, comercial y residencial. Como se ha mencionado, estos son los tres sectores que mayor influencia tendrán en

la reducción absoluta de la demanda eléctrica a nivel nacional por la implementación de las medidas de eficiencia energética. El efecto es el de mantener los niveles de 2020 hasta el 2050. Sin embargo, esta gráfica no refleja el efecto antagónico que trae consigo la introducción de medidas de mitigación en el sector transporte. Específicamente, la introducción de vehículos eléctricos generará un aumento considerable en la demanda eléctrica, lo cual prácticamente contrarrestará la reducción mostrada en la Figura 19.

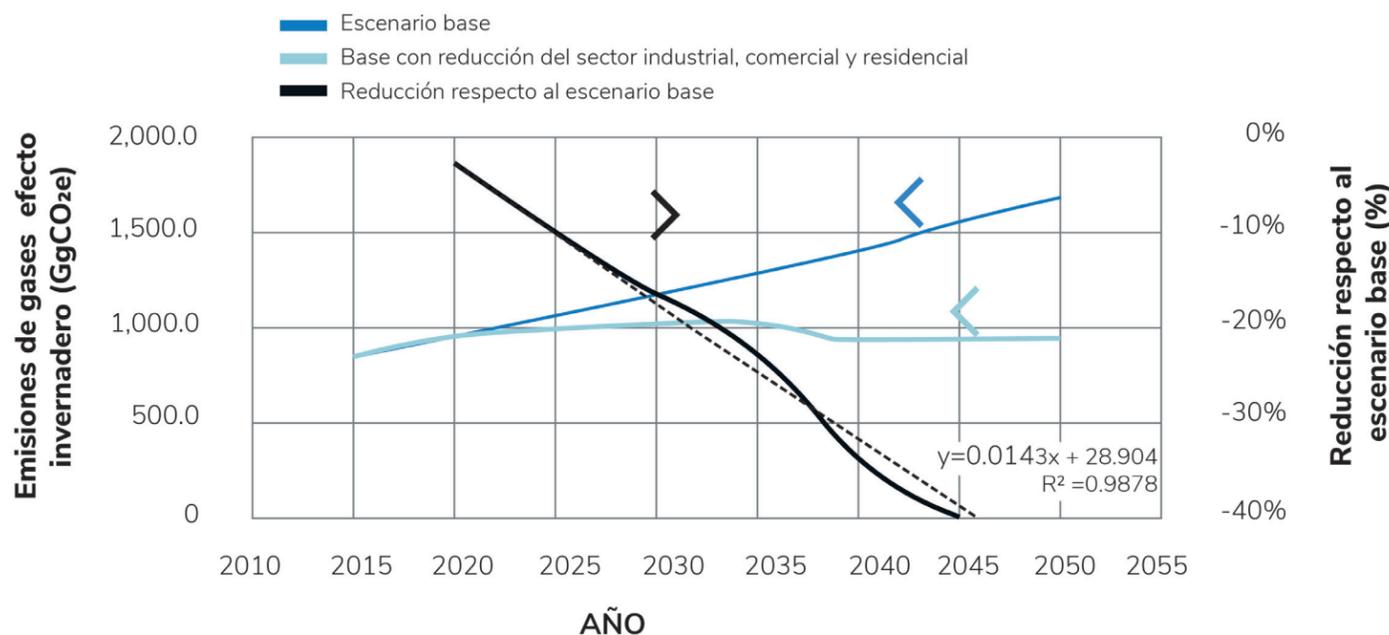


Figura 19.

Fuente: Elaboración propia con información de la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios. Diario oficial de la federación. 2 de diciembre de 2016

Aunque en el resumen metodológico que se presenta en el programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018-2032 no se indica explícitamente el tratamiento de las metas de eficiencia energética, sí se establece que este programa está alineado con los otros instrumentos de política pública en materia energética, y en particular con la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios 2014-2018, al programa especial para el aprovechamiento sustentable de la energía 2014-2018 y al programa especial de la transición energética 2017-2018. En estos instrumentos de política energética se establecen objetivos para establecer metas y una hoja de ruta para la implementación de las metas de eficiencia energética que se han considerado en el programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional⁶².

La implicación al programa estatal de cambio climático de Chihuahua es que se deben generar las condiciones para que tanto el sector industrial, y en menor medida los sectores residencial y comercial implementen y mantengan proyectos de eficiencia energética que por lo menos ayuden a mantener los niveles actuales de demanda eléctrica. Aplicando la misma tasa anual de reducción por año que para el caso nacional, se puede obtener una meta estatal de reducción de demanda eléctrica por proyectos de eficiencia energética (ver Cuadro 23), de la cual se puede derivar el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero en equivalentes de CO₂ (ver Figura 20), considerando solamente las reducciones y no el incremento en el transporte, como se discutió previamente.

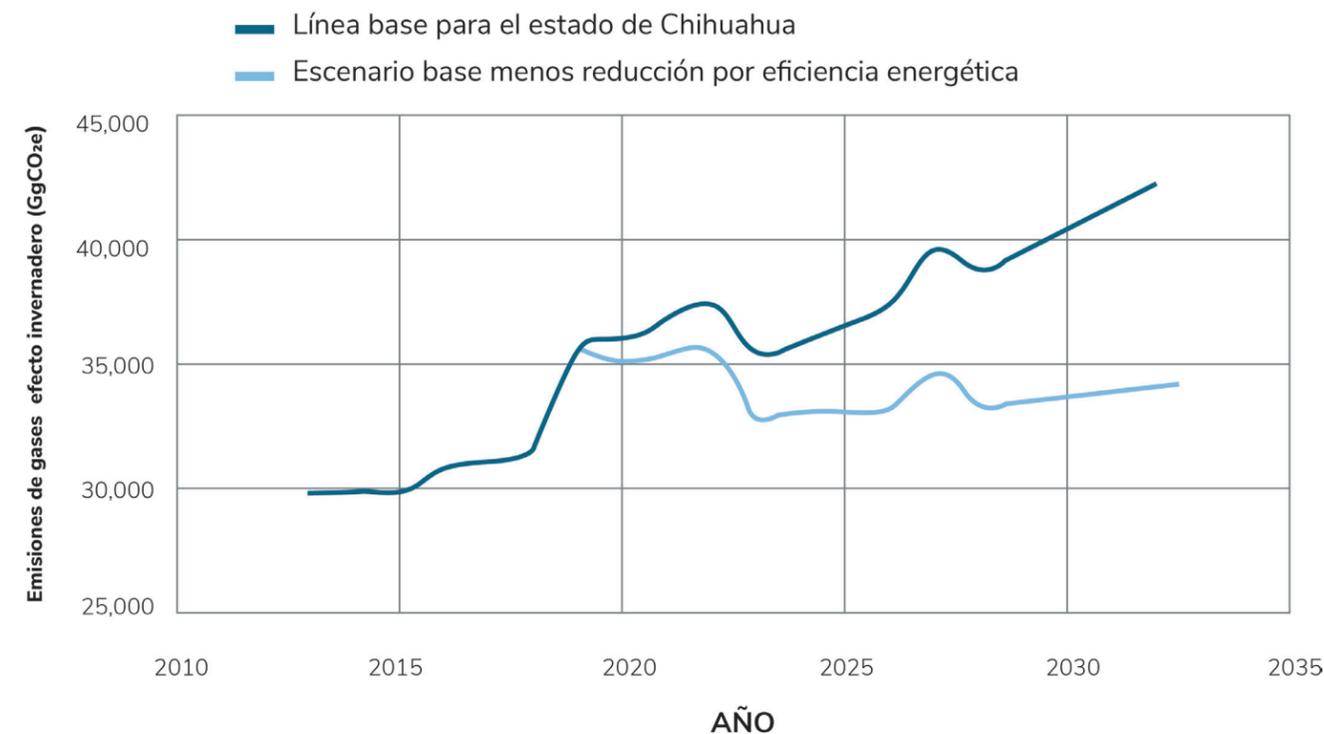


Figura 20.

Fuente: elaboración propia con información de la estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios. Diario oficial de la federación. 2 de diciembre de 2016.

Cuadro 23.

| Año | Energía eléctrica ahorrada (MWh) |
|------|----------------------------------|
| 2020 | -1,812 |
| 2021 | -2,921 |
| 2022 | -4,045 |
| 2023 | -4,836 |
| 2024 | -5,955 |
| 2025 | -7,118 |
| 2026 | -8,334 |
| 2027 | -10,013 |
| 2028 | -10,871 |
| 2029 | -12,245 |
| 2030 | -13,694 |
| 2031 | -15,220 |
| 2032 | -16,811 |

Para lograr las metas de reducción de la demanda eléctrica por la implementación de medidas de eficiencia energética se puede seguir la hoja de ruta que la comisión nacional para el uso eficiente de la energía publicó en 2017 y debe revisar periódicamente. En esta hoja de ruta se identifica una serie de políticas, regulaciones y acciones, así como actores, periodos de ejecución y recursos necesarios para lograr alcanzar las metas de eficiencia energética nacionales. A los estados y municipios les corresponden ciertas acciones que desde su ámbito de competencia pueden ejercer, como se muestra en el Cuadro 24, donde se han resumido las acciones, divididas en cinco sectores y en cinco ejes rectores.

Se debe mencionar que los costos asociados a la implementación de medidas de eficiencia energética son siempre negativos, lo cual significa que para que un proyecto de eficiencia energética sea aprobado, se debe garantizar que el tiempo de recuperación de la inversión es menor a 3 años y que se generarán ahorros reales por un periodo mucho más largo, resultando en aumento de utilidades y producción.

Fuente: Elaboración propia

⁶² Ver Tabla 1.1.1 Alineación del programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional del documento "programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018 - 2032". SENER.

Cuadro 24.

| Ejes rectoros | Sectores | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| | Edificaciones | Rol | Industria | Rol | Transporte | Rol | Servicios municipales | Rol | Agroindustria | Rol |
| Regulaciones y política pública | Integrar y aplicar códigos de eficiencia energética en reglamentos de construcción locales (estatales y municipales). | FSP; I | Fortalecer la política fiscal con criterios de eficiencia energética y uso de energías limpias. | FSP | Fortalecer la regulación del tránsito vehicular con base en rendimiento de combustibles. | D; C; FSP; I; AM; E | Actualizar normas técnicas relacionadas con el diseño y operación de servicios municipales con TIC integradas, asociadas al concepto de ciudades inteligentes. | FSP; AM; FSP; I; AM | Fortalecer un marco de políticas coordinadas, estables y de largo plazo, para la mejora de la eficiencia energética en la agroindustria. | C; FSP; FSP; I |
| | Mantener, actualizar y fortalecer las NOM de eficiencia energética y sus sistemas de evaluación de la conformidad. | FSP; I | Simplificar la regulación para explotar potenciales de cogeneración y de energías limpias. | FSP | Promover el uso de vehículos híbridos, eléctricos y con tecnologías eficientes. | FSP; E | | | Fortalecer un marco de políticas coordinadas, estables y de largo plazo, para la mejora de la eficiencia energética en la agroindustria. | C; FSP; FSP; I |
| | Establecer registros públicos de edificaciones que permitan caracterizar y monitorear su desempeño energético. | FSP; I | Desarrollar programas de incentivos, acreditaciones y reconocimientos para promover los Sistemas de Gestión de Energía. | FSP | Promover programas obligatorios de sustitución del parque vehicular del transporte público por vehículos de alto rendimiento energético, incluyendo vehículos eléctricos. | D; FSP; I; AM; E | | | Desarrollar normas técnicas aplicables a equipos y sistemas utilizados en la agricultura. | C; FSP; I; FSP |
| | Implementar encuestas nacionales y regionales sobre características, equipamiento y patrones de consumo energético en edificaciones. | FSP; FSP | Fortalecer y ampliar los programas de promoción para eficiencia energética y uso de energías limpias en MiPyMEs. | FSP | Desarrollar normas técnicas para los sistemas de recarga eléctrica vehicular. | AM | | | Promover programas de tecnificación para ahorro energético en riego y bombeo de agua. | C; FSP; FSP |
| | Establecer mecanismos de contratos de desempeño energético para edificios existentes en la Administración Pública. | I | | I | Desarrollar políticas y normatividad para el mejoramiento y aprovechamiento de la infraestructura para las diversas modalidades de transporte, buscando su integración con el acceso a nuevas tecnologías. | D; C; FSP; I; E | | | | |
| | Establecer obligaciones y mecanismos de información sobre el desempeño energético de las edificaciones. | FSP; I | | FSP; I | Fortalecer la política de movilidad multimodal. | D; C; FSP; I; AM | | | | |
| | Incluir criterios de desempeño energético en los procesos públicos de adquisiciones. | I | | I | | | | | | |

Cuadro 24. (CONT.)

| Ejes rectoros | Sectores | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| | Edificaciones | Rol | Industria | Rol | Transporte | Rol | Servicios municipales | Rol | Agroindustria | Rol |
| Instituciones | Fortalecer las capacidades estatales y municipales para la integración y el cumplimiento de elementos de eficiencia energética en sus reglamentos de construcción y de manejo de programas de eficiencia energética en edificios. | FSP; I; FSP; I | | | Establecer un programa nacional de fortalecimiento de instituciones municipales encargadas de la movilidad urbana. | D; C; FSP; D; FSP | Fortalecer sistemas de información para la administración de servicios municipales. | D; C; FSP; D; FSP; I | Fortalecer el cumplimiento de normas y regulaciones técnicas aplicables al bombeo de agua. | C; FSP; FSP |
| | | | | Fortalecer los esquemas de coordinación subnacional para facilitar la interconectividad del transporte público. | D; C; FSP; I | Fortalecer programas de asistencia técnica para la mejora de los servicios municipales. | D; C; FSP; I | | | |
| | | | | Diseñar e implementar programas de fortalecimiento de capacidades de diseño y gestión de acciones de reordenamiento urbano en los gobiernos subnacionales. | D; FSP; D; FSP; I | Promover la colaboración entre ayuntamientos y organismos operadores municipales para la promoción de mejores prácticas en el diseño y operación de servicios públicos municipales. | D; C; FSP; I; FSP; I | | | |
| | | | | | | Promover la participación municipal en el mercado eléctrico mayorista. | FSP; I | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Capacidades técnicas | Establecer programas y/o instituciones para profesionalizar a los administradores energéticos de edificios. | FSP; FSP | | | Desarrollar programas de formación y capacitación de especialistas en la planeación, desarrollo y operación de sistemas de movilidad multimodal. | D; FSP; I | Diseñar programas para el desarrollo de capacidades en materia de energía en funcionarios responsables de los servicios municipales. | C; FSP; I; FSP; I | Desarrollar programas de capacitación de eficiencia energética y aprovechamiento de energías limpias en la agroindustria. | C; FSP; FSP |
| | | | | | Desarrollar programas de formación de especialistas en la planeación, desarrollo y operación de planes y programas de reordenamiento urbano. | FSP; AM; E | Desarrollar programas de formación y capacitación de técnicos en instalación, operación y mantenimiento de equipos y sistemas asociados a servicios municipales. | C; FSP; I | | |

Cuadro 24. (CONT.)

| Ejes rectores | Sectores | | | | | | | | | |
|----------------------------------------|---------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| | Edificaciones | Rol | Industria | Rol | Transporte | Rol | Servicios municipales | Rol | Agroindustria | Rol |
| Mercados y financiamiento | | | Establecer programas para la adopción de tecnología que mejora la eficiencia energética y reduce el impacto ambiental, y la implementación de SGE en industrias. | FSP FSP | Establecer programas de renovación del parque vehicular. | D; C; FSP; I; E | Fortalecer programas de financiamiento para la mejora de los servicios municipales en materia de energía. | C; FSP; I | Fortalecer programas de financiamiento para la adopción de tecnología que mejora la eficiencia energética y reduzca el impacto ambiental de equipos y sistemas utilizados en la agroindustria. | C; FSP FSP |
| | | | Desarrollar mecanismos de mercado para impulsar la eficiencia energética. | FSP FSP | Promover desarrollo de infraestructura para las diversas modalidades de movilidad. | D; C; FSP; I; E | Promover esquemas de contratos de desempeño en eficiencia energética municipal. | C; FSP I | | |
| | | | | | Desarrollar infraestructura de movilidad y programas de reordenamiento urbano. | D; C; FSP; I; E | Desarrollar mecanismos de mercado para impulsar la eficiencia energética municipal y las energías limpias. | C; FSP I | | |
| Investigación, desarrollo e innovación | | | Desarrollar y fortalecer capacidades de investigación, adopción y asimilación tecnológica asociadas a materiales, equipos, sistemas y procesos de carácter industrial orientados a las necesidades de la industria nacional. | FSP FSP | Desarrollar un mapa de ruta para la sustitución gradual del uso de combustibles fósiles por tecnologías limpias en ciudades. | D; C; FSP; I; E | Desarrollar y fortalecer capacidades de investigación, desarrollo, adopción y asimilación tecnológica asociadas a TIC en servicios municipales. | C; FSP I | Desarrollar y fortalecer capacidades de investigación, desarrollo y adopción y asimilación tecnológica asociadas a materiales, equipos, sistemas y procesos de carácter industrial orientados a las necesidades de la agroindustria. | FSP |
| | | | | | Fortalecer la capacidad de centros de investigación para apoyar el desarrollo, innovación, seguimiento y evaluación de tecnologías y modelos de movilidad urbana. | C; FSP | | | | |
| | | | | | Fortalecer la capacidad de los centros académicos y de investigación para el desarrollo, seguimiento y evaluación de programas de reordenamiento urbano. | FSP | | | | |

Se indica si el rol corresponde al gobierno del estado (E:) o al del municipio (M:). Para el sector transporte el rol corresponde a ambos gobiernos. D: Diseño; C: Coordinación; FSP: Facilitación, soporte y promoción; I: Implementación; AM: Actor de mercado; E: Evaluación.

Fuente: Elaboración propia con información de la hoja de ruta en materia de eficiencia energética publicada por la comisión nacional para el uso eficiente de la energía, 2017.

1.2.3.6.2 TRANSPORTE

Una de las medidas que se ha considerado para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional es la actualización de la norma oficial mexicana NOM-163-SE-MARNAT-ENER-SCFI-2013, lo cual, si llega a ocurrir, será una restricción normativa impactará positivamente a todos las entidades federativas. En esta norma se especifica, actualmente, un rendimiento de 14.6 km/L para vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3 857 kg. La actualización a la norma propone que el rendimiento se mejore con cada año modelo de vehículos hasta 22 km/L en 2025. Aunque esto parece excesivo para los autos de combustión interna a diésel o gasolina, los autos híbridos que pueden operar con un motor eléctrico además del de gasolina y tener recu-

peración de energía en el frenado, fácilmente podrían alcanzar estos rendimientos. De hecho, el rendimiento especificado en las normas americanas sobre las que se basa la modificación de la NOM-163-SE-MARNAT-ENER-SCFI-2013 especifica un rendimiento promedio para el fabricante (corporativo), lo que significa que puede vender autos que no cumplan con ese rendimiento (como los de combustión interna) siempre que compense vendiendo autos que superen dicho rendimiento (como los eléctricos o híbridos) de manera que el promedio cumpla el requerimiento. De esta manera, la introducción de la modificación de la NOM-163-SE-MARNAT-ENER-SCFI-2013 incluye ya un componente de otra de las medidas de mitigación que consiste en acelerar la penetración de tecnologías limpias y eficientes en autotransporte.

Cuadro 25.

| Año | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| No. de vehículos | 18,071 | 22,746 | 27,845 | 28,898 | 28,300 | 37,202 |

Fuente: Ilustración 15 del Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Chihuahua, Visión 2040. Quinta Actualización.

El efecto de la introducción de esta nueva normatividad sobre las emisiones del sector transporte se estimó de la siguiente forma. La estimación de las emisiones del sector transporte se realizó en función del número total de vehículos del estado y de la población del estado. Se hicieron proyecciones suponiendo que el rendimiento de combustible fue el mismo para los años para los que se extrapoló siguiendo la tendencia de datos reales. En términos del rendimiento de combustible, las emisiones se pueden calcular de manera muy simple con la siguiente fórmula:

$$E_{b,i} = \frac{N_{b,i} F_E K_{RV}}{R_b}$$

Donde:

N_i es el número total de vehículos en el estado de Chihuahua al año i (vehículos)

F_E es el factor de emisión de equivalentes de CO_2 por litro de combustible ($GgCO_2e/l$)

K_{RV} son los kilómetros recorridos por vehículo en promedio ($km/vehículo$)

R_b es el rendimiento de combustible (km/l) del escenario base

Con esta fórmula se ha extraído y hecha explícita la relación entre las emisiones y el rendimiento de combustible, independientemente de otros factores que influyan sobre el factor de emisión.

Si en el año m , se integran N_m vehículos nuevos a la flota vehicular del estado, entonces el número de vehículos de año modelo anterior a m es:

$$N_{b,m} - N_m$$

Suponiendo que la nueva norma empieza a aplicar en el año m , las emisiones generadas por los vehículos de año modelo anteriores al año m es:

$$E_{b,m}^a = \frac{(N_{b,m} - N_m) F_E K_{RV}}{R_b}$$

Donde:

$E_{b,m}^a$ son las emisiones de todos los vehículos anteriores al año m , con el rendimiento del escenario base.

Las emisiones generadas por los vehículos nuevos del año modelo m, con el rendimiento dado por la nueva normatividad será:

$$E_{n,m} = \frac{N_m F_E K_{RV}}{R_m}$$

Donde:

$E_{n,m}$ son las emisiones de los vehículos nuevos del año modelo m, con el rendimiento de combustible R_m correspondiente a ese año establecido por la nueva normatividad. Se ha supuesto que se mantiene el factor de emisión y el promedio de recorrido por vehículo, para sólo analizar el efecto de la nueva normatividad.

Al año siguiente a m se integran nuevos vehículos, pero los vehículos de año modelo m se supone que siguen teniendo el mismo rendimiento y emisiones que al año m. Generalizando para cualquier año n posterior al año m de entrada en vigor de la nueva normatividad se obtiene la siguiente fórmula:

$$E_{n,m} = \frac{(N_{b,n} - \sum_{i=m}^n N_i) E_{b,n}}{N_{b,n}} + \frac{(\sum_{i=m}^n \frac{N_i}{R_i}) E_{b,n} R_b}{N_{b,n}}$$

Donde:

$E_{n,m}$ son las emisiones de equivalentes de CO₂ del año n, posterior al año m de entrada en vigor de la nueva normatividad (n ≥ m).

$N_{b,n}$ es el número total de vehículos del estado de Chihuahua en el año n

N_i es el número de vehículos nuevos que se integran a la flota vehicular del estado de Chihuahua en el año i

$E_{b,n}$ son las emisiones del escenario base correspondientes al año n

R_i es el rendimiento de combustible para el año i bajo la nueva normatividad

R_b es el rendimiento de combustible del año previo a la entrada en vigor de la nueva normatividad

De acuerdo con información del International Council on Clean Transportation⁶³, la normatividad para el promedio corporativo del rendimiento de combustible no tiene ningún costo, pero eso es en Estados Unidos, donde los precios de los automóviles, ajustados por inflación, no tuvieron cambio de 1997 a 2016 y, sin embargo, el rendimiento pasó de 8.5 a 13.6 km/l. De esto se infiere que la mejora continua del rendimiento de combustible no aumenta el precio de los vehículos. Cabe aclarar que la normatividad propuesta incluye un intervalo finito de tiempo en el entendido de que antes de que concluya dicho periodo se harán revisiones y se podrá extender el intervalo. En este caso el intervalo contemplado fue de 2018 a 2025, por lo que para años posteriores a 2025 se toma el rendimiento de combustible de 2025.

El Cuadro 26 muestra los pasos y resultados del cálculo de las emisiones de transporte para el escenario en el que se toma en cuenta la entrada en vigor de la propuesta de modificación a la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013. En la Figura 21 se muestra gráficamente la comparación entre el escenario base y el escenario de mitigación.

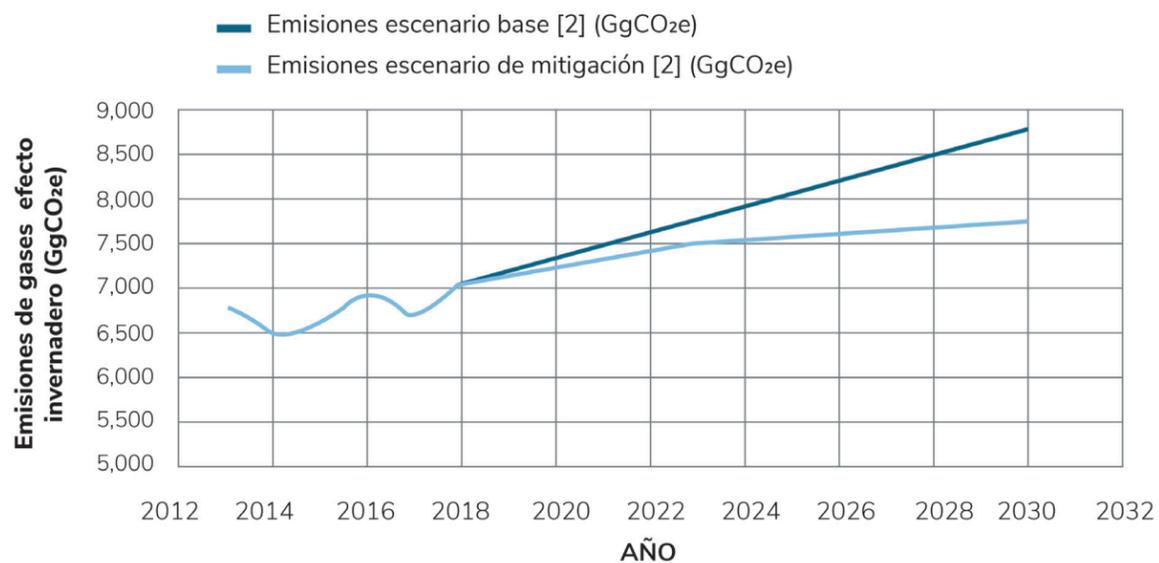


Figura 21.

Cuadro 26.

| Año | Población a mitad del año en Chihuahua [1] | No. de vehículos [2] | Emisiones escenario base [2] (Gg CO ₂ e) | Número de autos nuevos, N [3] | Acumulado autos nuevos | Rendimiento, R [4] (km/L) | Razón N/R | Acumulado N/R | Emisiones escenario de mitigación [2] (Gg CO ₂ e) |
|------|--------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------|---------------|--------------------------------------------------------------|
| 2013 | 3,561,704 | 1,565,409 | 6,791 | 28,898 | | | | | 6,791 |
| 2014 | 3,590,344 | 1,424,601 | 6,467 | 28,300 | | | | | 6,467 |
| 2015 | 3,616,481 | 1,487,207 | 6,611 | 37,202 | | | | | 6,611 |
| 2016 | 3,649,416 | 1,630,738 | 6,941 | 48,314 | | 14.60 | | | 6,941 |
| 2017 | 3,689,398 | 1,536,013 | 6,724 | 47,353 | | 14.60 | | | 6,724 |
| 2018 | 3,727,984 | 1,701,359 | 7,104 | 51,642 | 51,642 | 16.16 | 3,197 | 3,197 | 7,083 |
| 2019 | 3,765,325 | 1,760,589 | 7,240 | 55,931 | 107,574 | 16.75 | 3,339 | 6,536 | 7,190 |
| 2020 | 3,801,487 | 1,820,092 | 7,377 | 60,221 | 167,794 | 17.39 | 3,463 | 9,999 | 7,289 |
| 2021 | 3,836,506 | 1,879,844 | 7,514 | 64,510 | 232,304 | 18.15 | 3,554 | 13,552 | 7,377 |
| 2022 | 3,870,381 | 1,939,808 | 7,652 | 68,799 | 301,103 | 19.00 | 3,620 | 17,173 | 7,454 |
| 2023 | 3,903,129 | 1,999,954 | 7,791 | 73,088 | 374,191 | 19.90 | 3,673 | 20,846 | 7,519 |
| 2024 | 3,934,782 | 2,060,260 | 7,929 | 77,377 | 451,568 | 20.83 | 3,714 | 24,560 | 7,571 |
| 2025 | 3,965,283 | 2,120,660 | 8,068 | 81,666 | 533,234 | 21.81 | 3,744 | 28,305 | 7,612 |
| 2026 | 3,994,658 | 2,181,128 | 8,207 | 85,955 | 619,190 | 21.81 | 3,941 | 32,246 | 7,649 |
| 2027 | 4,022,902 | 2,241,624 | 8,346 | 90,245 | 709,434 | 21.81 | 4,138 | 36,384 | 7,683 |
| 2028 | 4,050,006 | 2,302,105 | 8,486 | 94,534 | 803,968 | 21.81 | 4,334 | 40,718 | 7,713 |
| 2029 | 4,075,987 | 2,362,543 | 8,625 | 98,823 | 902,791 | 21.81 | 4,531 | 45,249 | 7,741 |
| 2030 | 4,100,797 | 2,422,871 | 8,763 | 103,112 | 1,005,903 | 21.81 | 4,728 | 49,977 | 7,764 |

Fuentes:

[1] Consejo Nacional de Población. Indicadores Demográficos 1950 - 2015. Columna POM_MIT_AÑO. http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Datos_Abiertos/Proyecciones2018/ind_dem_proyecciones.csv consultado el 1/02/2019.

[2] Estimación realizada en este trabajo

[3] De 2013 a 2016 ver cuadro X, de 2017 en adelante estimación realizada en este trabajo

[4] El dato para 2016 se tomó de: "Costos de las contribuciones nacionalmente determinadas de México" hecho público por el INECC y la SEMARNAT (2018). El dato para 2017 se tomó igual al de 2016 toda vez que no se ha modificado la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013. Los datos de 2018 a 2025 se tomaron de los equivalentes ponderados para los promedios corporativos del rendimiento de combustible de: Code of Federal Regulations: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - 40 CFR Parts 85, 86, and 600. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION - National Highway Traffic Safety Administration 49 CFR Parts 523, 531, 533, 536, and 537. - 2017 and Later Model Year Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions and Corporate Average Fuel Economy Standards. Final rule. p. 62641 Table I-3.

⁶³ US passenger vehicle CAFE and GHG regulations: The basics. <https://www.theicct.org/cards/stack/us-passenger-vehicle-cafe-and-ghg-regulations-basics>. Consultado el 8/4/2019.

Otras medidas que pueden aplicarse en el sector transporte, cuyo costo es mínimo o despreciable, consiste en promover la homologación y modificación de los reglamentos de tránsito para disminuir los ciclos de frenado y aceleración debido a la presencia de obstáculos como son baches, topes, embotellamientos e incluso las calles sin pavimentar.

Los topes han sido una medida paliativa para asegurar que los vehículos no excedan cierto límite de velocidad, debido a la incapacidad de las autoridades para aplicar de manera efectiva el reglamento de tránsito debido a la cultura de corrupción que prevalece en el país. El desorden vehicular es un aspecto similar. En el reglamento de tránsito debería establecerse el procedimiento para incorporarse a o desincorporarse de las diferentes vías mediante la designación de carriles exclusivos para ese fin. Asimismo, la pavimentación de las vialidades debería estar normada para asegurar que no se presenten baches, discontinuidades en la vialidad, coladeras sobre la zona de rodamiento o cualquier otra anomalía. La aplicación implacable de un reglamento de tránsito que tenga como uno de sus objetivos agilizar el tránsito puede ser una medida de bajo costo que resultaría en la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, al reducir el tiempo de tránsito y reducir los ciclos de aceleración y frenado.

Medidas de alto costo, pero con muchos más beneficios que el de simplemente cumplir con las metas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero tienen que ver con la aplicación de los planes de ordenamiento territorial y distribución geográfica de la riqueza. En lugar de seguir densificando las ciudades, lo cual acarrea problemas de tránsito, demanda excesiva de recursos y un alto estrés entre la población, sería más conveniente promover el desarrollo de núcleos rurales y pequeñas localidades para convertirlos en centros de desarrollo de actividades de baja intensidad energética (bajo consumo energético y alto producto interno bruto). Estos centros que actualmente parecen olvidados son proclives al desarrollo de actividades ilícitas y tienen poca esperanza de prosperidad. El desarrollo de estos núcleos poblacionales reducirá la carga de tránsito en las grandes ciudades ayudando a resolver el problema de transporte, y por ende reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero.

La electrificación del sistema de transporte colectivo también ayudará a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Sistemas de transporte colectivo (metro), o trolebuses son opciones altamente rentables y cuya viabilidad ha sido demostrada. El costo de un autobús eléctrico de baterías es de casi 1 millón de dólares (aproximadamente 20 millones de pesos) y en caso de necesitar nuevas baterías el costo de un módulo es de más de la mitad de ese monto, mientras un trolebús hecho en el país con tecnología de punta que puede recorrer 20 kilómetros sin estar conectado cuesta sólo 550 mil pesos⁶⁴. Los trolebuses por su diseño son más propensos a circular en orden que los autobuses o microbuses que

frecuentemente ignoran el reglamento de tránsito, exceden límites de velocidad, hacen paradas en cualquier sitio entorpeciendo la circulación y como consecuencia aumentando de forma indirecta la emisión de gases de efecto invernadero.



Fuente: Andy Kelly

1.2.3.6.3 GANADERÍA

La ganadería contribuye de manera importante a las emisiones de gases de efecto invernadero a través de dos procesos: la fermentación entérica y por el manejo de estiércol. Se han ideado varias medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del ganado bovino, sin embargo, como se concluye en un reporte⁶⁵ publicado en 2017 por la sociedad de innovación agrícola europea (Agricultural European Innovation Partnership), dichas medidas presentan un reto en cuanto a la razón costo – efectividad. Un extracto de estas conclusiones se presente a continuación:

La gestión de granjas es considerada como uno de los principales factores que afectan no solo a la rentabilidad de la granja, sino también a las emisiones del ganado. El clima y las condiciones del suelo también interactúan con el manejo de la granja, y por lo tanto influyen en las emisiones de N (N₂O, NH₃, NO_x) y C (CH₄ y CO₂), la difusión de la contaminación a través de N y P a las fuentes de agua y la capacidad potencial de secuestro de C del suelo.

Tanto para las emisiones de amoníaco como de metano, los cambios en la composición del alimento pueden mejorar la eficiencia de la producción. Esto producirá menos emisiones por kg de leche o carne y puede ser un beneficio económico para el agricultor, pero no necesariamente reducirá las emisio-

nes globales a escala local o nacional. También requerirá un manejo cuidadoso de los piensos para los cuales se necesita el desarrollo de sistemas de precisión mejorados para la alimentación y dosificación del ganado.

Para la reducción de las emisiones de metano se están desarrollando varios tipos de aditivos para piensos. Todavía deben ser probados exhaustivamente en condiciones de producción, y hasta ahora los costos de estos aditivos limitarán su aplicación generalizada.

Los programas de reproducción con el objetivo de reducir las emisiones, enfocados en mejorar la producción mientras disminuyen las emisiones de amoníaco y metano, pueden mejorar la eficiencia de la producción. Más leche por vaca o por unidad de alimentación beneficia al agricultor y reduce las emisiones por kg de producto. Pero, de nuevo, esto no necesariamente reducirá las emisiones globales a escala local o nacional. Sin embargo, a mayor escala, el medio ambiente se beneficiará de una producción más eficiente en emisiones. Esta discrepancia entre los efectos locales y globales debe abordarse al evaluar las medidas de mitigación futuras.

La cría también puede ser clave para la reducción de las emisiones. Parece que hay una variación genética sustancial entre las vacas individuales en sus emisiones de metano y, por lo tanto, un potencial para reducir las emisiones totales de metano por vaca mediante selección genética. El principal obstáculo para utilizar este conocimiento para mejorar las emisiones en general es la falta de métodos de medición precisos y exactos para las emisiones de animales individuales.

Los problemas con la medición de las emisiones de metano y amoníaco también son evidentes en otras escalas. La mayoría de las vacas se encuentran en establos con ventilación natural o pastan al aire libre, lo que dificulta la medición de las emisiones. Por lo tanto, los errores de medición a menudo son grandes, lo que hace que sea muy difícil determinar si una determinada técnica afecta realmente a las emisiones. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar métodos de medición más exactos, precisos y baratos para la determinación de las emisiones de metano y amoníaco.

Las tecnologías de estabulación son un tipo de medida que ya está disponible para las reducciones de amoníaco, pero en su mayoría no son rentables para los agricultores. Varias de estas medidas también requieren cambios estructurales en el alojamiento de los animales. Si tales medidas se implementan de manera más amplia, es mejor hacerlo al mismo tiempo que se reconstruyen o se construyen establos completamente nuevos. Por lo tanto, se necesita un plan de implementación a largo plazo.

Un problema inherente con las emisiones de metano y amoníaco también es que tanto las emisiones como sus efectos

son invisibles para el agricultor y el consumidor. Incluso los incentivos económicos para algunas medidas pueden ser difíciles de comprender para el agricultor. En este contexto, los modelos de granja pueden ser muy útiles para ilustrar, por ejemplo, cuánto significa una mejor eficiencia de nitrógeno para todo el balance de nutrientes de la granja y para el ingreso de la granja. Los proyectos de demostración también pueden ser una herramienta eficaz para mostrar los beneficios a otros agricultores.

Retomando el contexto de la ganadería en México, este país cuenta con una superficie de casi 200 millones de hectáreas, de las cuales 57% son praderas; es decir, 114 millones de hectáreas. El resto son: bosques, tierras agrícolas y tierras de uso urbano, industrial y de otros usos (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). De esas praderas, un alto porcentaje se dedica a la ganadería en pastoreo (más del 99%). El manejo en pastoreo es principalmente el llamado convencional, es decir pastoreo extensivo, con grandes superficies donde el ganado camina largas distancias para obtener su alimento y agua, generalmente degradando los suelos y en consecuencia desertificando la superficie.

La capacidad que tiene el territorio de secuestrar gases de efecto invernadero es muy alta, sin embargo, solo 26% del territorio absorbe emisiones de CO₂. Un bosque maduro tiene la capacidad de secuestrar hasta 30 toneladas de CO₂ al año, mientras que una pradera con pastoreo continuo y extensivo ha perdido esa capacidad por el mal manejo. En una pradera manejada racionalmente, con ganadería sustentable, se pueden secuestrar hasta 10 toneladas por hectárea⁶⁶.

La ganadería sustentable es una racionalización de la ganadería junto con una valorización del medio ambiente, muy especialmente de su componente biótico. Se trata de producir de forma sustentable (que lo que se produzca en el presente no afecte lo que se pueda producir en el futuro), sin afectar el medio ambiente y en su caso, recuperando el medio ambiente deteriorado, aproximándose a las condiciones naturales anteriores a la introducción del ganado.

El pastoreo racional, conocido como Pastoreo Racional Voisin, considera como un todo a la comunidad biótica del complejo sistema suelo-vegetación-animal. Esta biocenosis inicia con la eliminación de insumos nocivos, y es estimulada por un manejo adecuado del pastoreo racional. Puede tomar varios años llevar el sistema perturbado por prácticas agrícolas convencionales hacia un sistema estabilizado con sus mejores niveles de producción agropecuaria en equilibrio.

Cada rancho es muy diferente, incluso dentro del mismo rancho existen condiciones distintas, por ello se debe tener precaución cuando se intentan adaptar o replicar sistemas, métodos, razas y pastos de uno a otro lugar. Es posible hacer eso, absorber toda la literatura referente a manejo, sustenta-

⁶⁴ <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Rechazan-sustitucion-del-Trolebus-en-CDMX-20161127-0038.html>. Consultado el 24/4/2019.

⁶⁵ EIP-AGRI Focus Group. Reducing Emissions from Cattle Farming. Final Report. September 2017

⁶⁶ Caraza Stoumen, L. Experiencias exitosas: una alternativa económica y de conservación, p. 316. En Halffter, G., M. Cruz y C. Huerta (Comps.). 2018. Ganadería sustentable en el Golfo de México. Instituto de Ecología, A.C., México, 432 pp.

bilidad, manejo reproductivo, alimentación, etc., pero se deben tomar en cuenta las particularidades del sitio para lograr el resultado esperado. Por ello, es necesario llevar a cabo los estudios necesarios de topografía, climatología, biocenosis, genética del ganado, entre otros antes de tomar decisiones que podrían resultar contraproducentes.

La práctica de la ganadería sustentable promueve la conservación de los ecosistemas, con lo cual se generan beneficios ambientales al rancho: se conserva la biodiversidad aumentando la densidad de árboles y permitiendo el crecimiento de herbáceas que bajo el pastoreo convencional son consideradas como malezas. Como consecuencia se observa un aumento en la abundancia de insectos, lombrices, aves y muchos otros grupos de organismos vivos, lo que es un indicativo de la condición del suelo.

Una buena biodiversidad hace el sistema menos vulnerable a las plagas, al cambio climático y lo hace más resiliente, es decir, aumenta su capacidad de recuperarse ante una adversidad, como son los excesos de sequía o de agua, de las tormentas y también de la presión de pastoreo.

En Chihuahua, ya se cuenta con casos de éxito que han implementado la ganadería sustentable para mejorar las condiciones de los pastizales. Tal es el caso de los ranchos Carretas y el Vado, en donde se implementó el manejo regenerativo de ranchos, lo que regresa la fertilidad a los suelos y por lo tanto la rentabilidad de la ganadería. El manejo regenerativo de ranchos es la combinación de varios sistemas de manejo y consta de cinco aspectos básicos: manejo holístico de los recursos donde todo se administra aplicando metodologías y principios; sistema de pastoreo con alta densidad de ganado por hectárea "no selectivo" (no hay selectividad por las vacas); suplementación mínima correcta para favorecer la condición corporal del ganado; ganado genéticamente adaptado al medioambiente y al sistema de pastoreo "no selectivo"; y prácticas de manejo que permitan una producción en armonía con la naturaleza.

De lo anterior se desprende que algunas políticas de mitigación deben dirigirse a promover, apoyar y dar seguimiento a la implementación de sistemas de pastoreo sustentable en oposición al pastoreo convencional. Se deben llevar a cabo los estudios necesarios, no solo para el éxito de la implementación de los sistemas de pastoreo sustentables, sino para la evaluación y seguimiento del nivel de mitigación que resulta de dichos sistemas de pastoreo.

La promoción puede llevarse a cabo mediante talleres, foros, expos y cualquier otra medida de acercamiento de los ganaderos a las nuevas prácticas sustentables. El apoyo debería incluir un componente de asesoría tanto por expertos como por ganaderos que ya hayan llevado a cabo la implementación de la ganadería sustentable, capacitación y estudios realizados por universidades y centros de investigación. Así mismo, la creación de instrumentos como el certificado de "Área Privada de Conservación" otorgado por la secretaría del medio ambiente y recursos naturales, e instrumentos que protejan

a los ganaderos de las presiones urbanas o de otro tipo de cambio de uso de suelo, así como de incentivos para obtener apoyos económicos o de financiamiento blando.

De acuerdo con datos presentados en el programa sectorial 2010-2016 por la secretaría de desarrollo rural del Gobierno del estado de Chihuahua (p. 113), en este estado existen más de 17 millones de hectáreas con potencial de agostadero, de las cuales más de 10 millones de hectáreas presentan deterioro. Según esta información 4,684,731 ha presentan sobrepastoreo. Aplicando el pastoreo racional, se podría lograr un secuestro de carbono de 46,847 Gg CO₂. Esto distribuido a lo largo de 10 años de forma lineal podría dar lugar a una reducción anual de 4,684 Gg CO₂. Esto representa alrededor del 50% de las emisiones del 2017 generadas por el ganado bovino.

1.2.3.7 MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN

ACTIVIDAD PRINCIPAL PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD Y CALOR.

Se propusieron dos tipos de acciones para la mitigación de emisiones de la fuente [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor: a) seguir el programa de adición y retiro de plantas de generación eléctrica del programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional 2018 – 2032, de la secretaría de energía; y b) implementar acciones de eficiencia energética en los sectores industrial, comercial y residencial. Para verificar que efectivamente se llevan a cabo las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero debido a estas dos acciones de mitigación, se debe llevar a cabo un programa de monitoreo, reporte y verificación. Este programa debe considerar una fase inicial en la que se mida y registre el estado actual, por un lado, de la energía eléctrica y de las emisiones generadas por las plantas de generación eléctrica existentes en el estado de Chihuahua y, por otro lado, de la demanda de energía eléctrica que los sectores económicos industrial, comercial, residencial y de transporte requieren (ver Figura 1).

En la fase de verificación, se debe llevar el seguimiento del programa de desarrollo del sistema eléctrico nacional para evitar que se aumente la capacidad de generación eléctrica mediante plantas de generación basadas en combustibles fósiles, más allá de lo que se ha considerado en el Cuadro 15, o que se cambie el combustible de las que están contempladas en dicho cuadro a combustibles de mayor contenido de carbono. Por supuesto, no importa si se aumenta la capacidad de generación eléctrica mediante plantas de generación basadas en energías renovables. El seguimiento anual de la generación eléctrica y de las emisiones de las centrales de generación eléctrica permitirá verificar que se logran las reducciones planeadas. Cualquier desviación en cualquiera de estas cantidades deberá resultar en una revisión de las acciones de mitigación para que, en su caso, se realice la compensación correspondiente más viable. Vale la pena comentar en este punto que conviene más el seguimiento de los valores absolutos y no de indicadores como la razón de emisiones (Gg CO₂e) a generación (GWh), porque este indicador podría mantenerse constante bajo un aumento de generación eléctrica, resultado de un aumento no planeado en la demanda. Un

aumento no planeado de la demanda exige que se modifiquen las medidas de mitigación, ya que el programa de adición y retiro de las centrales de generación eléctrica se planean en base a la demanda proyectada.

La instalación de centrales de generación en base a energías renovables se debe considerar como una acción que da lugar a cierta reducción respecto al escenario base, puesto que el escenario base se definió con base en la demanda proyectada, misma que, sin acciones de mitigación, bien podría satisfacerse con base en combustibles fósiles. Por lo tanto, debe llevarse un registro detallado de la instalación de este tipo de centrales, incluyendo su puesta en operación, capacidad instalada, generación anual y de preferencia costos de capital y de operación. Con estos datos podrá calcularse la reducción de emisiones respecto al escenario base, por lo menos de forma anual.

En cuanto a las metas de eficiencia energética, el monitoreo se puede llevar a cabo mediante el seguimiento del índice de intensidad energética definido en la sección 2.2.3.6.1. Este índice debe evaluarse consistentemente, tomando en cuenta el mismo tipo de actividades para cada sector económico cada determinado periodo (por ejemplo, anual). Adicionalmente, se puede ofrecer un estímulo económico o fiscal al promocionar la implementación de proyectos de eficiencia energética, con el fin de llevar un control de dichos proyectos y así poder recabar la información sobre la reducción en el consumo eléctrico derivado de la implementación de estos proyectos.

TRANSPORTE

La implementación de la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 para vehículos livianos es el punto de partida para el programa de monitoreo, reporte y verificación. La misma norma contiene el cronograma de adopción, los ciclos de evaluación y los objetivos esperados, lo que limita los supuestos de modelado y reduce la incertidumbre para el análisis ex ante.

Los indicadores de desempeño se basan en objetivos reglamentarios ex ante, mientras que el trabajo ex post se puede realizar después de la evaluación de cumplimiento normativo. Las ventas de vehículos nuevos pueden ser proporcionadas por el registro público vehicular o la secretaría de hacienda del estado⁶⁷, u obtenidas directamente de fabricantes o proveedores. Los valores de la actividad vehicular se pueden revisar durante las fases preliminares de diseño de regulación y mitigación, y también se pueden planificar para su actualización como parte del desarrollo de la mitigación.

Los indicadores de impacto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de combustible son el resultado de las emisiones de CO₂ y los factores de emisión proporcionados por la norma, el padrón actualizado de la flota de vehículos y los valores de actividad vehicular. Se recomienda utilizar el modelo "MOVES" adaptado para México⁶⁸.



Fuente: Alexander Popov

Los indicadores de impacto pueden reportarse anualmente o después del final del ciclo reglamentario. Los indicadores de impacto dependen de la precisión de la actividad vehicular, lo que sugiere que, aunque el análisis ex ante puede realizarse con valores predeterminados de otros lugares, un estudio de los valores locales de la actividad vehicular aumentaría la precisión de las evaluaciones ex post.

Se debe tener en cuenta que la PROFEPA, en su papel de vigilante del cumplimiento de la norma, puede respaldar las actividades de supervisión y presentación de informes. Un memorando de entendimiento entre el gobierno del estado, PROFEPA, así como con los organismos internacionales de verificación, puede resultar conveniente al permitir el acceso a datos reales desagregados producidos durante los ciclos regulatorios. La participación de organizaciones internacionales puede propiciar una mejora en el acceso a los datos o al desarrollar mejores mecanismos para monitorear la flota, a través de estudios sobre la actividad de los vehículos y el consumo de combustibles real. Estas medidas tienen el potencial para el desarrollo de la capacidad local (es decir, las organizaciones de investigación locales pueden encargarse de actualizar o desarrollar la actividad vehicular y datos de consumo real) que se agreguen a los beneficios sociales.

Respecto a las actividades de verificación, vale la pena mencionar dos acciones que pueden complementarse. Desde una perspectiva reglamentaria nacional, la promesa de beneficios ambientales y económicos por la actualización de la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 requiere que se haga cumplir la política a través de un programa efectivo de verificación de emisiones de vehículos que asegure que la norma se esté implementando de manera efectiva. El objetivo de los programas de cumplimiento es verificar que la información

⁶⁷ Ley de vialidad y tránsito para el estado de Chihuahua. Artículo 21.

⁶⁸ Ver, por ejemplo, Guía del Usuario de MOVES-México. Programa para el desarrollo de emisiones bajas en México (MLED). Contrato: AID-523-C-11-00001

proporcionada por los fabricantes sea precisa, y así lograr los objetivos de las políticas establecidos por la reglamentación. Desde la perspectiva de la CMNUCC, la verificación iría más allá del cumplimiento reglamentario, que está basado en el laboratorio, logrando una reducción de las emisiones reales de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, un componente de verificación cuidadosamente elaborado incluiría consideraciones para asegurar que se logren reducciones de emisiones de CO₂ y ahorros de combustible reales. Esto puede implicar el desarrollo de capacidad técnica local, laboratorios, métodos de prueba y capacitación del personal, planeados en paralelo con la implementación de medidas de mitigación. Se requeriría financiamiento para desarrollar capacidades locales.

Adicionalmente, el uso del modelo MOVES puede ser utilizado para estimar una línea base y la reducción de emisiones por la aplicación de mejoras en el reglamento de tránsito, lo que en este momento no es posible debido a la falta de información de entrada para el modelo.

GANADO

Se debe llevar un estrecho contacto con los ganaderos para promover la práctica de pastoreo racional, y al mismo tiempo brindar los apoyos necesarios en cuanto a asesorías y el desarrollo de los estudios necesarios para determinar las mejores prácticas de conservación adecuadas para cada rancho. Esto además debe permitir llevar un seguimiento del progreso de la restauración de los pastizales bajo pastoreo racional de donde se puede verificar que el secuestro de carbono está teniendo lugar de acuerdo con lo planeado. Para las actividades de mitigación de las emisiones generadas por el ganado bovino se requiere el monitoreo de las áreas actualmente deforestadas o degradadas. Actualmente esto se lleva a cabo mediante imagenología satelital, pero sería más conveniente utilizar otro tipo de imágenes con mejor resolución y que permitiera clasificar la vegetación de manera más sencilla.

ADAPTACIÓN



1.3 ADAPTACIÓN



Fuente: Jaime Álvarez

En materia de adaptación al cambio climático, el marco legal del estado de Chihuahua contempla dicha variable dentro de su Ley de Cambio Climático publicada en el Periódico Oficial del Estado N° 50 el 22 de junio de 2013, destacando el impulso a la creación de política pública para el establecimiento de objetivos, metas y estrategias específicas para la mitigación, la adaptación y la creación de indicadores de sustentabilidad.

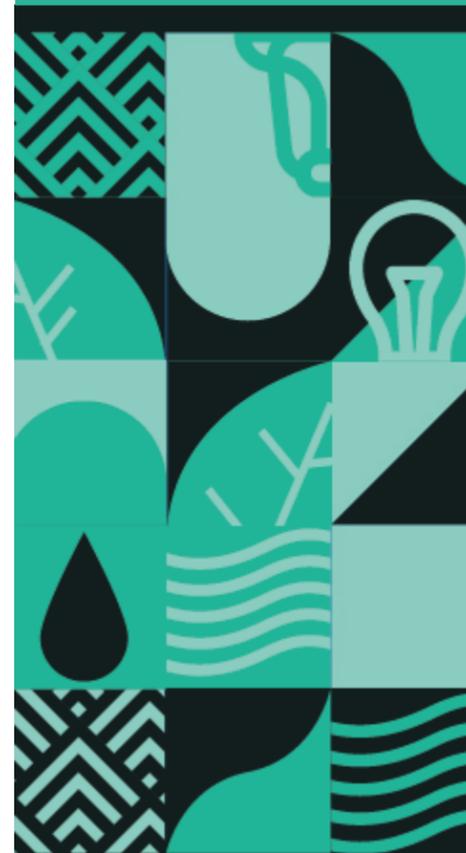
Asimismo, dentro de esta ley, en su capítulo séptimo, se refiere el apoyo que el estado podrá otorgar a proyectos que incluyan acciones de prevención, minimización, mitigación y adaptación al cambio climático, entre otras consideraciones.

Con base en lo anterior, al igual que el análisis de mitigación entorno a las acciones que en el estado de Chihuahua pueden llevarse a cabo para reducir la generación de emisiones de gases de efecto invernadero, evaluar la vulnerabilidad que el estado guarda en relación con los impactos a los que puede encontrarse expuesto como consecuencia de eventos climáticos extremos, en función de las variaciones en la temperatura y precipitación que puedan prevalecer en el estado, resulta de suma importancia para identificar las mejores alternativas de adaptación que puedan ser implementadas en esta entidad federativa.

1.3.1 VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

La vulnerabilidad se define como el grado en que un sistema es incapaz de presentar una respuesta efectiva a los impactos derivados del cambio climático. Es decir, la propensión o susceptibilidad del sistema a ser afectado negativamente por los riesgos derivados.

Por tales motivos, es posible referir que la vulnerabilidad se encuentra en función del carácter, la dimensión y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.



Por lo antes expuesto, en esta sección se analiza con base en datos estadísticos, geográficos y climáticos, la vulnerabilidad actual y futura que el estado de Chihuahua guarda ante el fenómeno del cambio climático, así como su capacidad de adaptación bajo un enfoque metodológico dividido en 4 pasos como se muestra a continuación:

Paso 1: Caracterización del clima

Paso 2: Identificación de eventos climáticos extremos pasados y sus consecuentes impactos

Paso 3: Determinación de la vulnerabilidad al cambio climático

Paso 4: Análisis de la capacidad de adaptación

1.3.1.1 ENFOQUE METODOLÓGICO PARA DETERMINAR LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

La incapacidad de afrontar los efectos negativos del cambio climático implica exponer a grupos poblacionales a riesgos y peligros de diferente índole. Por lo tanto, la gestión efectiva del riesgo a los efectos del cambio climático debe contar con una cartera de acciones para reducirlo y responder a los eventos y desastres, en lugar de un enfoque único en cualquier acción o un solo tipo de acción (confianza alta). Estos enfoques integrados son más eficaces cuando son informados e incorporados a las circunstancias locales (IPCC, 2012)⁶⁹.

En el caso del presente Programa de Cambio Climático, el análisis de vulnerabilidad desarrollado para el estado de Chihuahua es el resultado de integrar y relacionar la información provista por el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través de las siguientes herramientas:

- El estudio denominado "Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México"
- El compendio de mapas y análisis disponibles a través del Atlas Virtual Interactivo Climático de la misma universidad

Cabe señalar que estas herramientas ya poseen datos históricos previamente cargados (periodo 1980-2005), mismos que se toman en consideración para la elaboración de escenarios climáticos futuros a partir de la combinación de las siguientes variables:

- Precipitación
- Temperaturas
- Fenómenos hidrometeorológicos extremos

De esta forma, al ejecutar las herramientas es posible definir un índice de vulnerabilidad a partir de diversas variables agrupadas, bajo los conceptos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

Con base en lo referido, a continuación, se describen los 4 pasos que definen el enfoque metodológico desarrollado para el análisis de vulnerabilidad del estado de Chihuahua en el marco del presente Programa de Cambio Climático.

Paso 1: Caracterización del clima en el estado de Chihuahua

RELIEVE

En lo que respecta a su relieve, Chihuahua puede dividirse en tres grandes regiones: sierra, llanura o meseta y desierto. En este sentido, el 18.1% del territorio pertenece a la Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses, el 17.4%, a las Llanuras y Médanos del Norte; mientras el territorio restante, corresponde al desierto y otras zonas fisiográficas.

SIERRA

La Sierra de Chihuahua está conformada por la zona más septentrional de la Sierra Madre Occidental, que en el territorio alcanza su mayor altura en el Cerro Mohinora, con 3,300 msnm. Comprende un tercio de la superficie del Estado y se encuentra cubierta de espesos bosques de coníferas, a excepción del fondo de las barrancas, que debido a la poca altitud tienen un clima y vegetación tropical durante el verano y clima templado durante el invierno.

Las temperaturas en el fondo de las barrancas pueden superar los 40 °C en verano y muy rara vez caen a menos 0 °C en el invierno, mientras que en las partes altas el clima es semifrío con máximas que rara vez superan los 30 °C en verano y que pueden llegar a caer por debajo de los -20 °C en el invierno.

La precipitación promedio anual de esta zona varía entre los 750-900 mm anuales, agrupadas principalmente en los meses de mayo a septiembre. En los meses de noviembre a marzo es común que se registren nevadas que varían en intensidad según la altitud.

LLANURA

La meseta es una zona de transición entre la sierra y el desierto. Es la extensión más al norte de la Altiplanicie Mexicana que comienza desde El Bajío. Es una estepa donde su vegetación depende de las lluvias estacionales. Durante esta temporada reverdecen pastos, forrajes y pequeños arbustos, que durante las sequías se consumen.

Las precipitaciones son más escasas que en la sierra, registrándose 400 mm de lluvia en promedio al año, agrupadas en los meses de verano (julio, agosto y septiembre).

Las temperaturas son extremosas pudiendo alcanzar los 40 °C en el verano y llegando incluso a los -15 °C en el invierno, las nevadas son frecuentes en los meses de noviembre a marzo. En esta zona se lleva a cabo agricultura de temporal, pero también existen importantes desarrollos de agricultura de riego, con ayuda de los ríos y presas. Se encuentra atravesada por varias serranías, aunque su terreno es mayoritariamente plano. En la meseta se encuentra la principal zona agrícola y ganadera del estado, así como el asentamiento de la mayoría de la población y sus principales ciudades.

DESIERTO

El desierto constituye una tercera parte del territorio chihuahuense. Es la prolongación en el estado del Bolsón de Mapimí y forma parte del gran bioma norteamericano denominado Desierto de Chihuahua por estar en su mayor parte en territorio del estado y que se extiende tanto al vecino estado de Coahuila como al norte, a los Estados Unidos.

Es una gran cuenca endorreica donde las corrientes de agua no tienen salida y son consumidas por evaporación. Su territorio es mayoritariamente plano, aunque tiene serranías de baja altura que lo cruzan, casi todas ellas en sentido norte-sur.

El clima de esta zona es muy seco, las precipitaciones rara vez superan los 250 mm anuales, las temperaturas llegan a superar los 40 °C durante el verano y en invierno suele haber heladas, aunque no tan intensas como en la zona serrana, la caída de nieve también se da en esta región, sin embargo, esto resulta menos frecuente. En Villa Ahumada se dio la temperatura más baja registrada en Chihuahua, de -30,4 °C en enero de 1962.

En resumen, 40% del territorio en el Estado de Chihuahua, presenta un clima muy seco localizado en las sierras y las llanuras del norte; 33% es seco y semiseco ubicado en las partes bajas de la Sierra Madre Occidental y 24%, resulta poseer un clima templado subhúmedo en las zonas altas de la misma. Finalmente, sólo el 3% del territorio presenta clima cálido subhúmedo (ver Figura 22).

En términos generales, la temperatura media anual del Estado es de 17°C, mientras la precipitación promedio anual es de 50 mm con lluvias escasas que se presentan sobre todo durante el verano.

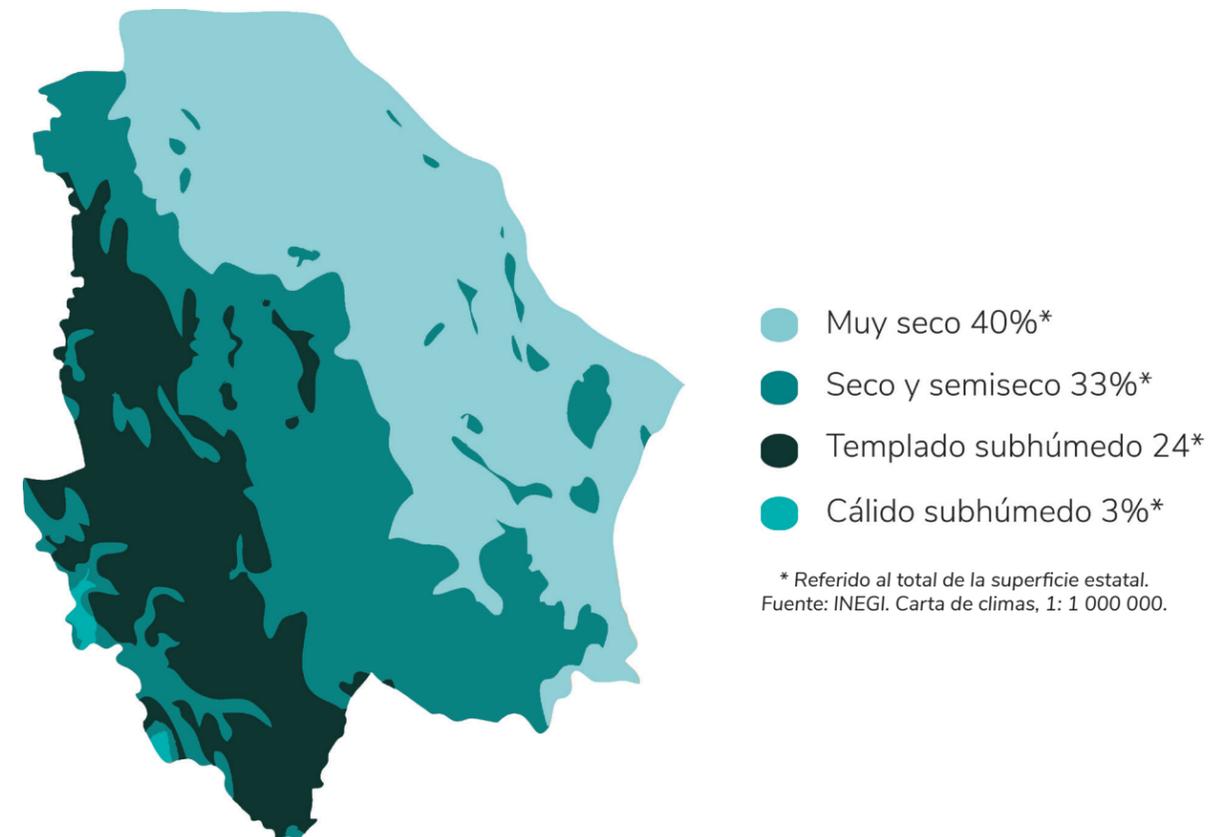


Figura 22.

Fuente: <https://goo.gl/mDtHMn>

⁶⁹ IPCC, 2012: Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.

Paso 2: Identificación de eventos climáticos extremos pasados y sus consecuentes impactos

La frecuencia de eventos climáticos extremos ha representado una constante amenaza en México y, en consecuencia, en sus estados. Lo anterior, debido a la alta variabilidad climática que históricamente ha dado pie a la presencia de eventos climáticos extremos cuyas consecuencias han afectado a las regiones en diversos ámbitos, reflejando así su exposición climática.

De esta forma, entre los eventos climáticos extremos que se han presentado en Chihuahua en el pasado, se encuentra el Huracán Manuel, que en 2013 ocasionó la declaratoria de

alerta máxima en 16 municipios del estado, debido a niveles de precipitación que no se presentaban desde 1958, los cuales afectaron directamente diversos asentamientos humanos.

Al referirnos a la precipitación como una de las variables derivadas de los huracanes, al analizar los registros históricos sobre los niveles de precipitación extrema acumulada del mes de julio durante el periodo 1902 – 2015 en el estado de Chihuahua, es posible identificar como ésta ha rebasado en dicho periodo y mes, los niveles de precipitación total anual que suelen presentarse en la entidad, y que rondan los 500 mm por año (ver Figura 23).

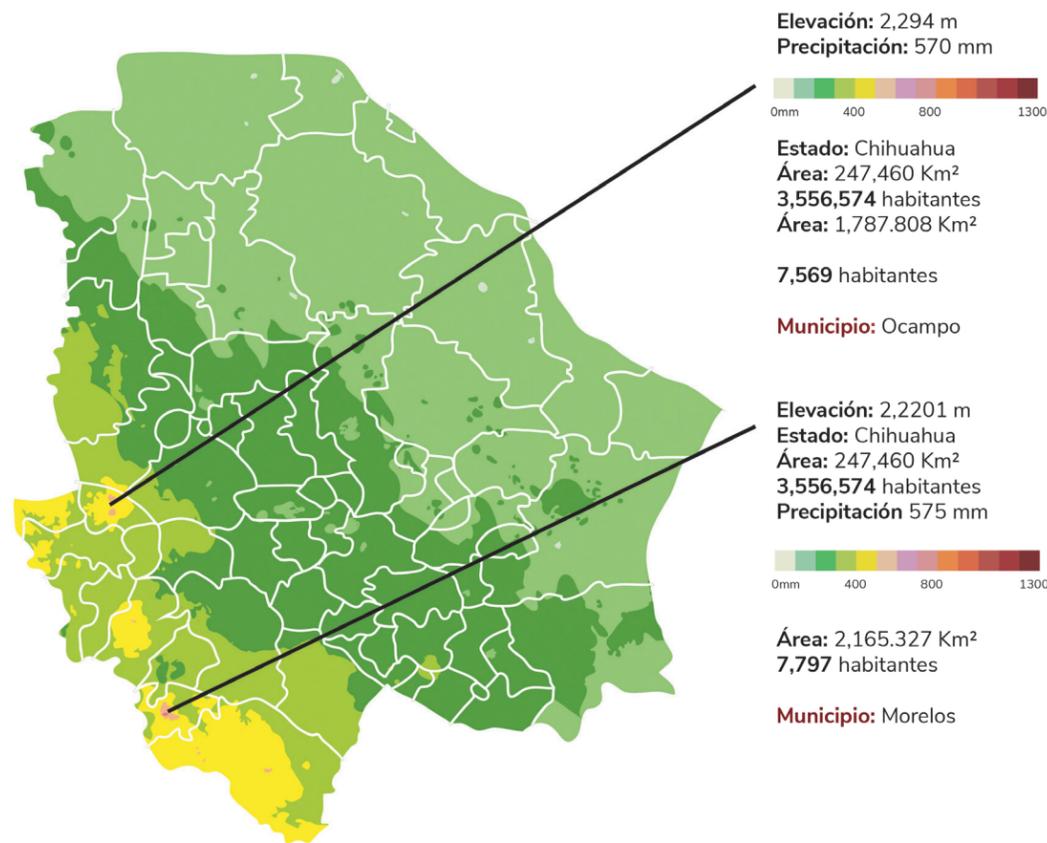


Figura 23.

Fuente: Elaboración propia con insumos de: <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/servmapas>

Por otra parte, otros eventos climáticos extremos acontecidos en el estado han sido las sequías prolongadas y las heladas severas, cuyos efectos repercuten directamente en la exposición y vulnerabilidad social y ambiental de la región geográfica donde éstos han ocurrido.

ganadería y la agricultura, que debido a la pérdida de biomasa afectó la productividad de los ecosistemas, ocasionando una disminución en el valor económico de las tierras, lo que propició un abandono del campo y la consecuente migración hacia las ciudades.

En cifras, dicha sequía, considerada como la peor en la historia del estado, dejó a su paso más de 100 mil reses muertas, millones de hectáreas siniestradas y cerca de 250 mil habitantes,

principalmente indígenas tarahumaras, afectados por dicho fenómeno. Es así, como diversos eventos climáticos extremos, llevaron a Chihuahua a ser considerado como una de las tres entidades con más efectos negativos derivados del cambio climático, esto, debido al incremento en un 30% de su territorio desértico.

En este sentido, al analizar los registros históricos relacionados con la temperatura máxima extrema absoluta registrada en el periodo 1902 – 2015 en el estado de Chihuahua (ver

Figura 24), es posible identificar registros severos como los que se ubican en municipios como Ahumada, donde la temperatura máxima posee un registro de 46.6 °C, o municipios como Ojinaga donde dicha temperatura alcanzó los 47.7 °C en el periodo referido.

En términos de las heladas extremas, aquella que se presentó en el noroeste de México del 2 al 4 de febrero de 2011 afectó severamente al estado de Chihuahua. Las temperaturas más bajas fluctuaron de -3 °C en tierras bajas (zonas históricamente libres de heladas), hasta -17 °C en las partes montañosas.

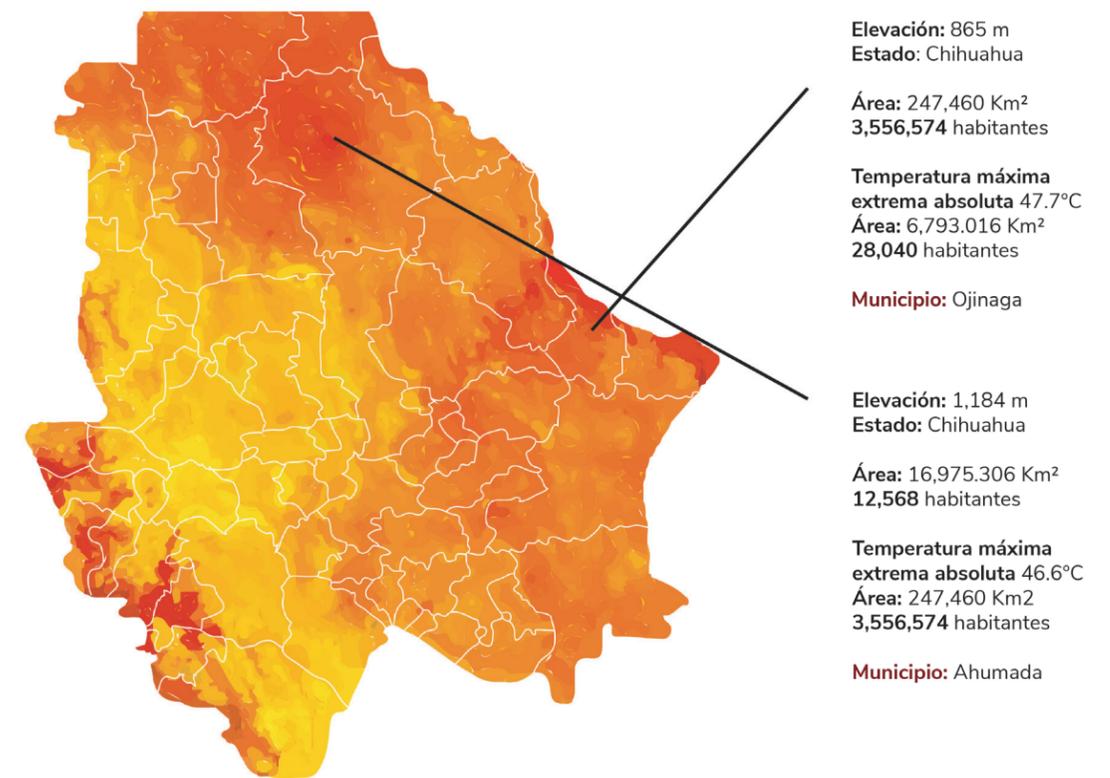


Figura 24.

Fuente: Elaboración propia con insumos de: <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/servmapas>

Paso 3: Determinación de la vulnerabilidad al cambio climático

Con base en la información disponible en el Atlas Virtual Interactivo Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México⁷⁰, y siguiendo el enfoque definido por el Centro de Ciencias de la Atmósfera para la determinación de la vulnerabilidad que posee determinada región, se ha evaluado en primera instancia, la exposición y sensibilidad climática y al cambio climático. Los resultados se describen a continuación.

EXPOSICIÓN CLIMÁTICA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo con el mapa de exposición climática y al cambio climático, es posible identificar que la exposición promedio del estado se clasifica en una magnitud Media (ver Figura 25), siendo los municipios de Juárez, Madera, Chihuahua, Guadalupe y Calvo, Guachochi, Batopilas, Urique y Maguarichi, los que presentan una Alta exposición al clima y al cambio climático. Lo anterior, en virtud de la magnitud y frecuencia de eventos climáticos extremos, bajo la siguiente premisa: entre más ad-

⁷⁰ <http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/>

versos sean los impactos derivados del cambio climático, mayor dificultad experimentan los municipios mencionados para poder ajustarse, estando en consecuencia, más expuestos.

Con base en lo anterior, entre las variables consideradas para la determinación del análisis de exposición al clima y al cambio climático desarrollado por el CCA de la UNAM, podemos mencionar las siguientes en el marco de tres componentes:

a) Componente 1. Frecuencia de eventos climáticos extremos⁷¹:

- Total de inundaciones
- Total de heladas
- Total de lluvias intensas
- Total de deslizamientos
- Total de otros problemas

b) Componente 2. Problemática ambiental⁷²:

- Total de problemas ambientales

- Superficie municipal sin vegetación (%)
- Unidades de producción (%), en un municipio que reportaron pérdidas por cuestiones climáticas
- Unidades de producción (%), en un municipio que reportaron pérdidas por falta de fertilidad

c) Componente 3. Clima y cambio climático⁷³:

- Razón de cambio (°C), entre temperatura media y escenarios climáticos al 2050
- Razón de cambio (°C), entre precipitación media y escenarios climáticos al 2050

Una vez que se tienen las variables, éstas se estandarizan y se integran en cada componente para obtener tres subíndices, los cuales, a su vez, se conjuntan para obtener el puntaje final de exposición por municipio. Finalmente, los valores se normalizan en una escala de 0 a 100, catalogándolos en 5 partes iguales: muy alta, alta, media, baja y muy baja.

SENSIBILIDAD CLIMÁTICA Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

Tomando en consideración los resultados reflejados en el mapa de sensibilidad climática y al cambio climático, puede observarse que la sensibilidad promedio del estado se ubica en una magnitud de Muy Baja a Baja (ver Figura 26), siendo los municipios que presentan una sensibilidad Media, los que se mencionan a continuación: Carichí, Balleza, Guadalupe y Calvo, Morelos, Urique, Batopilas, Guazapares, Chínipas, Uruachi y Maguarichi; mientras que el municipio de Guachochi presenta una sensibilidad Alta.

De esta forma, la sensibilidad puede interpretarse como el grado en que un sistema es potencialmente modificado o afectado por factores, ya sean internos o externos, y es, a través de este parámetro, que puede determinarse el grado en el que los municipios del estado pueden verse afectados por un estrés, afectando en consecuencia, las condiciones humanas y ambientales de la región.

Para la determinación de la sensibilidad climática y al cambio climático, fueron consideradas las siguientes variables dados sus respectivos componentes:

a) Componente 1. Población⁷⁴:

- % de población municipal con una jefa de familia
- % de población municipal indígena
- % de población municipal en pobreza alimentaria

b) Componente 2: Salud⁷⁵:

- % municipal de niños con baja talla al nacer
- % municipal de niños con bajo peso al nacer
- % de personas sin acceso a servicios de salud

c) Componente 3. Productivo⁷⁶:

- % de superficie municipal en actividades primarias
- % de superficie municipal que no cuenta con riego
- % de población municipal dedicada a actividades primarias

El tratamiento de las variables de sensibilidad es el mismo que se describe para las variables de exposición.

Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México: Estado de Chihuahua.

Exposición climática y al cambio climático.

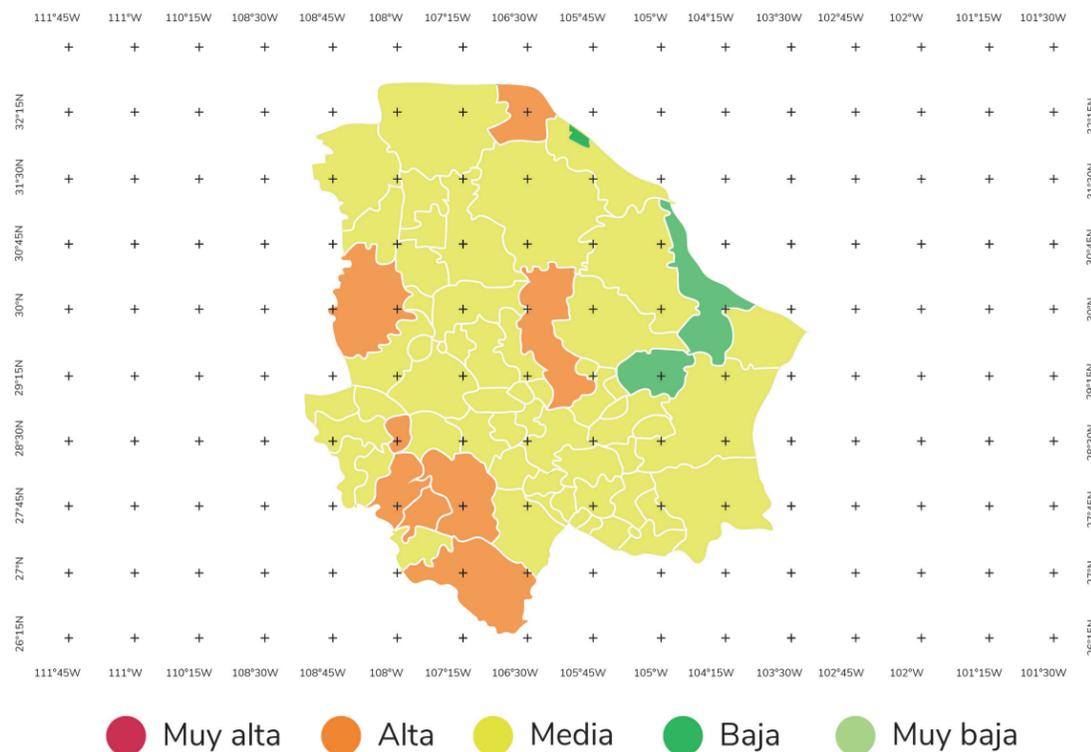


Figura 25.

Fuente: <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/Exposicion/chih/chih.html>

Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México: Estado de Chihuahua.

Sensibilidad climática y al cambio climático

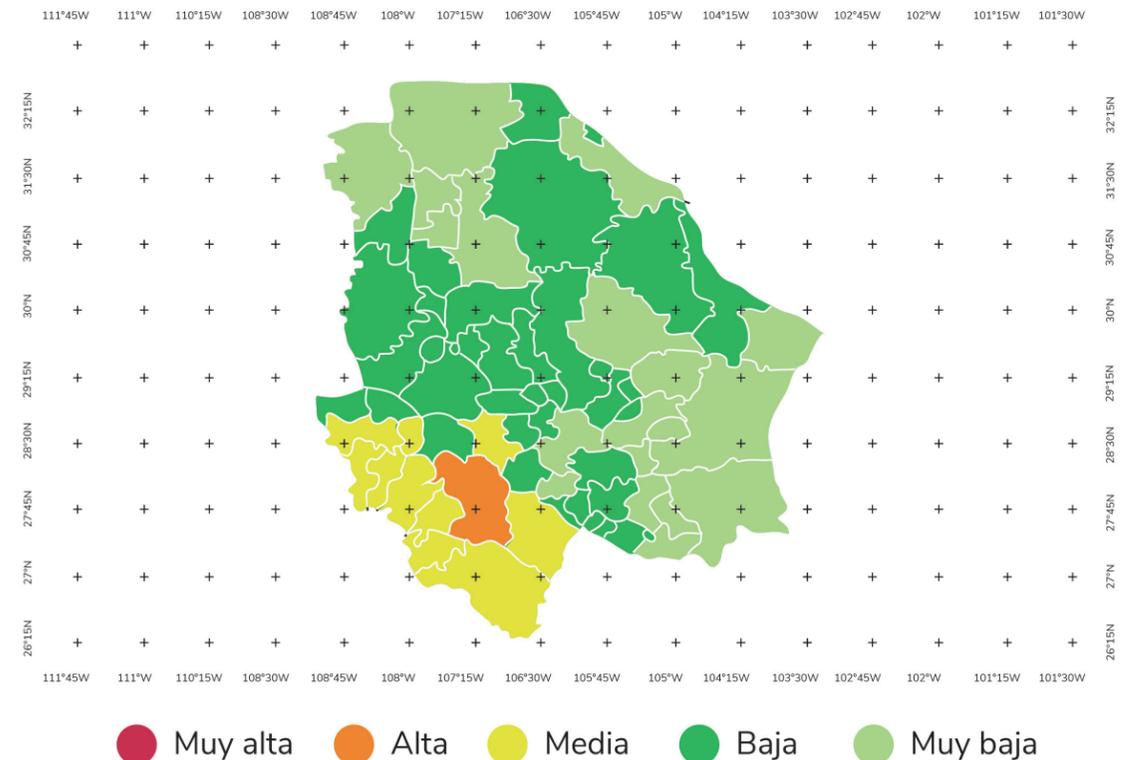


Figura 26.

Fuente: <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/Exposicion/chih/chih.html>

⁷¹ Este componente evalúa si un municipio ha reportado afectaciones por este tipo de eventos, denotando así exposición climática.

⁷² Se refiere a las cuestiones ambientales que denotan que el municipio se encuentra con algún grado de degradación de sus recursos, lo que lo hace más expuestos a sufrir algún daño.

⁷³ Abarca los cambios modelados por cambio climático. Entre más adversos sean los cambios mayor dificultad se experimentará para poder ajustarse, lo que hace que el municipio esté más expuesto.

⁷⁴ Este componente evalúa algunas características de sensibilidad de los grupos que habitan el municipio. Las variables más sensibles son las indicadas en la sección.

⁷⁵ Evalúa las características que dan vigor a la población de un municipio.

⁷⁶ El componente considera al sector productivo primario y a su población de cada municipio.

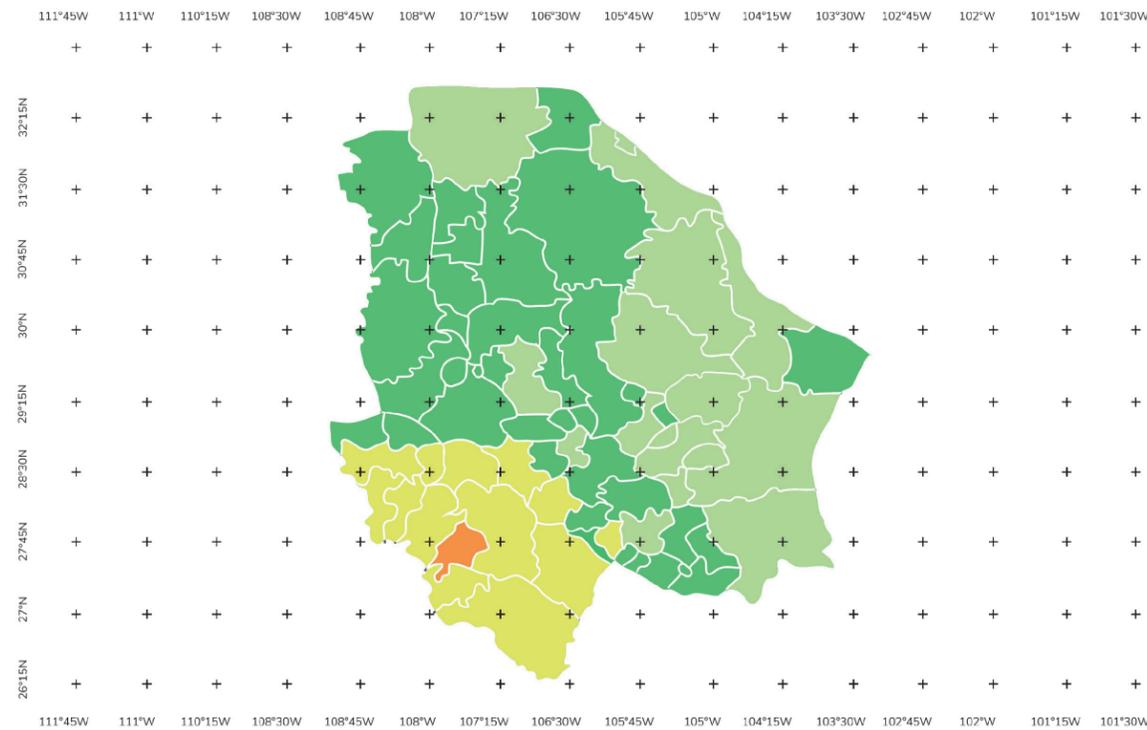
RESULTADOS DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

Sobre el resultado obtenido a través del mapa de vulnerabilidad al cambio climático, puede observarse que la vulnerabilidad que posee el estado de Chihuahua ante el fenómeno del cambio climático se ubica en una magnitud de Muy Baja a Baja (Ver Figura 27), sin embargo, existe un conjunto de municipios que presentan una vulnerabilidad Media al cambio climático y que son los que se citan a continuación: Huejotitán, Balleza, Guadalupe y Calvo, Urique, Guachochi, Guazapares, Chínipas, Uruachi, Magurichi, Bocoyna, Carichí, Nonoava y Morelos; mientras el municipio de Batopilas, es el único que presente una vulnerabilidad al cambio climático Alta.

De manera específica, y en función de la exposición y sensibilidad analizadas, de acuerdo con los resultados obtenidos por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, los puntos vulnerables en el estado de Chihuahua se encuentran en los grupos desatendidos como los hogares con jefatura femenina, las comunidades indígenas y la alta población en pobreza alimentaria. Esta situación, guarda una estrecha relación con el aprovechamiento de los recursos naturales de la entidad, pues los ecosistemas de la zona no permiten adaptarlos para generar un bien capital natural, con lo cual la población estaría mejor preparada para responder a las adversidades del cambio climático⁷⁷.

Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México: Estado de Chihuahua.

Vulnerabilidad al cambio climático.



Muy alta Alta Media Baja Muy baja

Figura 27.

Fuente: <http://atlasclimatico.unam.mx/VulnerabilidadalCC/Exposicion/chih/chih.html>

A nivel sectorial, la vulnerabilidad del estado de Chihuahua presenta el siguiente orden de magnitud:

a) Vulnerabilidad de la biodiversidad

- Alta: 55%
- Media: 37%
- Baja: 8%

b) Vulnerabilidad del sector agrícola

- Media: 87%
- Baja: 13%

c) Vulnerabilidad del sector hídrico

- Media: 99%
- Alta: 1%

d) Vulnerabilidad del sector ganadero

- Alta: 5%
- Media: 85%
- Baja: 10%

e) Vulnerabilidad del sector forestal

- Media: 67%
- Baja: 33%

De manera resumida, de los 67 municipios que integran el estado de Chihuahua, el 79.10% poseen una vulnerabilidad de Muy Baja a Baja, mientras el 19.40% presenta una vulnerabilidad Media y sólo el 1.49% una vulnerabilidad Alta como se muestra a continuación (ver Figura 28):



Figura 28.

Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas Climático de la UNAM: <https://goo.gl/EqPxYC>

1.3.2 ENFOQUES PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Una vez que la vulnerabilidad al cambio climático ha sido determinada, es necesario generar un análisis de las posibles medidas de adaptación que se pueden poner en marcha en el estado de Chihuahua. De esta forma, la información relacionada con las medidas de adaptación identificadas se obtuvo a partir de la revisión tanto de las comunicaciones nacionales que hasta ahora han sido publicadas por el gobierno federal, así como por programas estatales de acción ante el cambio climático y planes de acción climática a nivel municipal y urbano desarrollados en otras entidades.

⁷⁷ Monterroso Rivas A. I. 2012. Contribución al estudio de la vulnerabilidad al cambio climático en México. Tesis de Doctorado. Programa de Doctorado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México.

Paso 4: Análisis de la capacidad de adaptación

A través de este análisis, se busca determinar la capacidad que puede llegar a tener el estado de Chihuahua para hacer frente a los efectos del cambio climático, y de esta forma, determinar el potencial que la entidad federativa puede alcanzar para poner en marcha las medidas identificadas.

De acuerdo con el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, para la determinación de la capacidad de adaptación se han considerado las siguientes variables y sus respectivos componentes:

COMPONENTES DEL ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Componente humano. Se evalúan las condiciones de vida de las personas como una medida de capacidad para hacer frente a vulnerabilidades:

- % de cambio del número de habitantes al 2030
- % de población en el municipio que sabe leer
- % de población de 5 a 14 años que asiste a la escuela
- % de población total alfabeta en el municipio

Componente social. Se representa por la organización de los productores, donde las redes conformadas permiten el acceso a información, recursos y créditos. Además, facilitan la cooperación en temas colectivos, donde la adopción de tecnologías puede ayudar a hacer frente a los cambios:

- % de Unidades de Producción en un municipio que están organizadas
- % de Unidades de Producción en un municipio que no tienen litigio por la tierra
- % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron no tener falta de capacitación
- % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron no tener problemas para producir

Componente financiero. Proveen información general de la situación económica de los municipios, buscando identificar las regiones que se encuentran mejor preparadas para responder a adversidades:

- % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron no tener dificultad para acceder a créditos
- % de Unidades de Producción en un municipio que reciben remesas de país extranjero
- % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron tener ahorros
- % de Unidades de Producción en un municipio que señalaron tener crédito
- % de población que recibe más de 2 salarios mínimos mensuales de ingreso Cambio porcentual en el PIB del 2000 al proyectado en 2030

Componente natural. Es una medida del grado de riqueza de ecosistemas y sus funciones, así como de las acciones para incrementar su superficie:

- Relación de superficie municipal con bosque o selva
- Relación de hectáreas reforestadas a nivel municipal

Las medidas de adaptación que pueden ser implementadas en el estado de Chihuahua en función de los componentes analizados se pueden ver en la Sección 2.4.

1.3.3 MONITOREO Y EVALUACIÓN

El exitoso desarrollo de mecanismos de monitoreo y evaluación a las medidas de adaptación al cambio climático identificadas en el apartado anterior, enfrenta una serie de retos, entre los que se pueden mencionar: los plazos potencialmente prolongados a través de los cuales puede darse la adaptación al cambio climático; la falta de parámetros de medición y criterios claros para evaluar el “éxito”, de la adaptación; la naturaleza de la adaptación, dependiente del contexto y la necesidad de evaluarla en un entorno de condiciones climáticas cambiantes e inciertas.

Con base en lo anterior, para la definición de un esquema de monitoreo y evaluación, se ha tomado en consideración el enfoque desarrollado por el Instituto Internacional de Desarrollo y Ambiente (IIED), denominado “Tracking Adaptation and Measuring Development” (seguimiento de la Adaptación y Evaluación del Desarrollo)⁷⁸, el cual, ofrece un mecanismo de monitoreo y evaluación basado en las siguientes categorías de indicadores:

1. Indicadores de la gestión del riesgo climático
2. Indicadores de la resiliencia y temas relacionados con la misma
3. Indicadores del bienestar humano
4. Índices climáticos

De esta forma, se ha optado por elegir el enfoque basado en estas categorías, el cual es aplicable a todas las medidas de adaptación identificadas, con el propósito de sentar una base metodológica que permita detectar de manera sistemática la efectividad de las mismas, a fin de que sea posible dar seguimiento al progreso del estado durante un periodo lo suficientemente prolongado para detectar cambios significativos con el objeto que estos sean interpretados en el contexto de las tendencias y las variaciones climáticas y de esta forma, identificar la efectividad de las medidas de adaptación implementadas.

Para su monitoreo y evaluación, cada categoría contiene una serie de indicadores con preguntas para analizar si el fenómeno del cambio climático se ha considerado en tres términos:

Sí, Parcialmente y No; rubros a los cuales se les asigna una puntuación; 0, 1 y 2 respectivamente, donde el valor acumulado más alto, evidencia la falta de atención al cambio climático en la región.

Con base en lo anterior, a continuación, se describen las categorías de indicadores antes referidas:

1. Indicadores de la gestión del riesgo climático: Se evalúa el alcance y la calidad de los procesos y mecanismos institucionales al momento de llevar a cabo planeaciones a nivel municipal y estatal sobre la consideración de los riesgos relacionados con el cambio climático que se pueden presentar, al momento de seleccionar proyectos, actividades o inversiones; evaluando el nivel de conocimientos sobre los riesgos climáticos y las potenciales medidas planificadas.

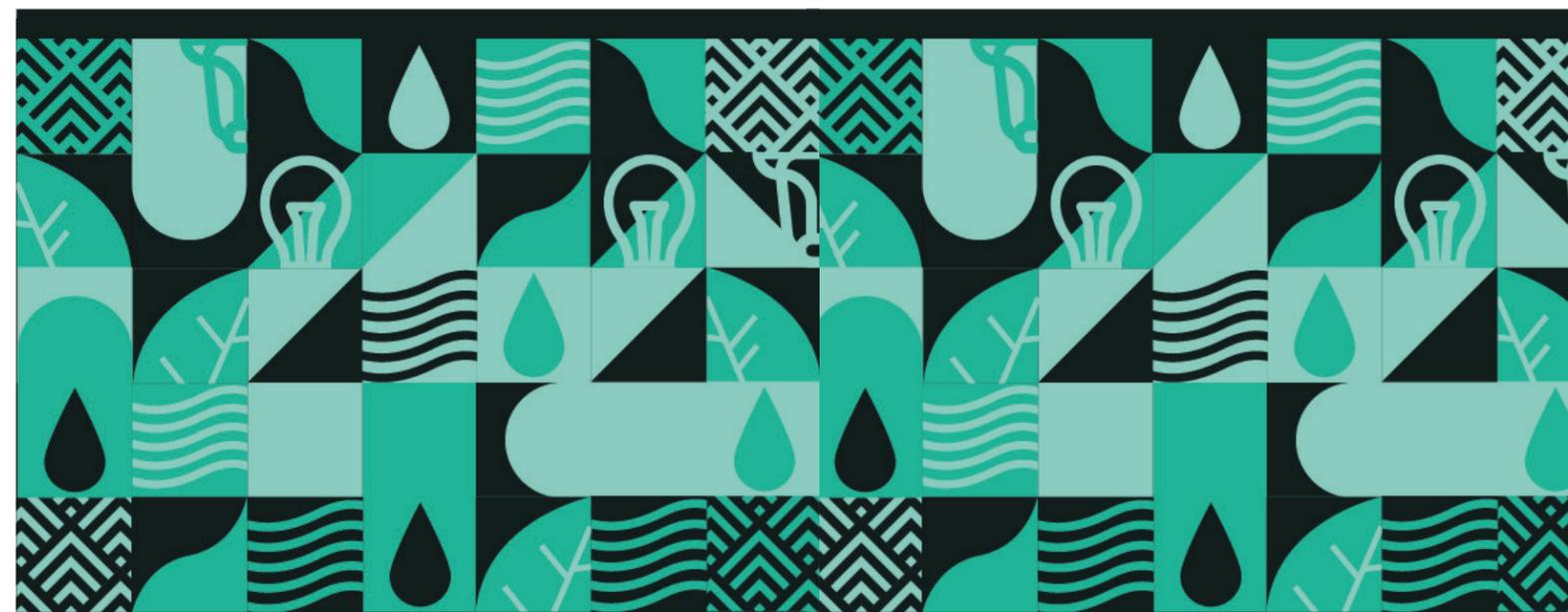
2. Indicadores de resiliencia: A través de estos indicadores, se evalúa la capacidad que puede tener una región para retornar a las condiciones que existían previo al impacto de eventos climáticos extremos. De esta manera, los indicadores relativos a la resiliencia se construyen a partir de bases de datos como censos y encuestas nacionales sobre el nivel de vida y se emplean para detectar cambios a escala estatal.

3. Indicadores del bienestar: El éxito de las medidas de adaptación se medirá en términos de bienestar humano y de los resultados del desarrollo. Estos se pueden representar mediante indicadores que rastrean los costos de los impactos del cambio climático, sus efectos en los bienes materiales, el sustento, las vidas y otros aspectos como la pobreza, la nutrición y la salud. Asimismo, estos indicadores se pueden definir en términos absolutos para averiguar si los costos para los bienes materiales, el sustento y calidad de vida, o aspectos clave del bienestar humano, son estables, están mejorando o empeorando.

4. Indicadores e índices climáticos: Para integrar datos sobre el clima a fin de interpretar los cambios en los indicadores del bienestar, se buscará que éstos que tengan un efecto demostrable sobre tales indicadores, así como asegurar que sean medidos en las escalas correctas. Índices como el punto en que se inicia la temporada lluviosa, la duración de los episodios secos durante la época de crecimiento de la cosecha, y la máxima intensidad de las precipitaciones, con el propósito de determinar una línea de base histórica.

Con base en lo anterior, bajo un enfoque adaptado del marco “Tracking Adaptation and Measuring Development”, a través de dichas categorías es posible definir el marco de monitoreo y evaluación con base en los siguientes criterios:

- Integración del cambio climático a la planeación
- Coordinación institucional para la integración
- Presupuesto y finanzas
- Conocimiento y capacidad institucional
- Uso de la información climática
- Planeación
- Participación
- Sensibilización entre las partes interesadas



⁷⁸ <https://pubs.iied.org/pdfs/17273SIIED.pdf>



DISEÑO DE LAS
MEDIDAS DE
ADAPTACIÓN



1.4 DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

⁷⁹ UNAM (2015). Reporte Mexicano de Cambio Climático. Grupo 1 Bases Científicas. Modelos y Modelación. Programa de Investigación en Cambio Climático.

⁸⁰ Idem.



Fuente: Jaime Álvarez

Una parte esencial del Plan Estatal de Cambio Climático del estado de Chihuahua es el diseño de las políticas de adaptación y mitigación que se deben desarrollar para poder, por un lado contribuir en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y por el otro, al ser México un país particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático, generar una serie de acciones que permitan al país, y en este caso en particular, al estado de Chihuahua, reducir la vulnerabilidad ante el embate de los efectos de este fenómeno.

En las siguientes secciones se describen las medidas que se sugieren desarrollar e implementar en la entidad.

1.4.1 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

México, por su posición geográfica, así como por su topografía y sus características socioeconómicas, se ve fuertemente afectado por los impactos del cambio climático, principalmente en la ocurrencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como los ciclones, sequías y lluvias torrenciales. En conjunto, estos fenómenos generan grandes impactos en los ecosistemas en general y de manera más específica, provocan afectaciones importantes en los sectores agropecuario, forestal, hídrico, así como en la infraestructura en general, y en las zonas urbanas y, por ende, en las economías locales. Adicionalmente, y de acuerdo a la información dada en la Sexta Comunicación Nacional, se proyectan temperaturas anuales mayores hasta en 2°C en el norte del país, mientras que en la mayoría del territorio podría oscilar entre 1 y 1.5°C. En el Reporte Mexicano de Cambio Climático, publicado por la UNAM⁷⁹, se menciona que las temperaturas extremas (máximas y mínimas) han aumentado en el estado de Chihuahua, lo que indicaría que ya se presenta un posible calentamiento. Con respecto al parámetro de precipitación, la proyección derivada de los escenarios climáticos, indica que habrá una disminución entre el 10 y el 20% en general en el territorio nacional y aunque la cantidad de precipitación no se ha modificado en el periodo 1960-2013, sí se ha observado que su distribución está cambiando de manera diferencial en el territorio⁸⁰. Estos cambios podrían traer consecuencias económicas, sociales y ambientales muy importantes.

Ante este panorama, la identificación e implementación de medidas de adaptación son necesarias y urgentes, ya que de no reducir la vulnerabilidad a las que nos estamos viendo expuestos por los efectos del cambio climático, los impactos a futuro se volverán seriamente disruptivos en todos los aspectos de nuestra vida. De hecho, se considera que la adaptación es esencialmente una estrategia de gestión de riesgos⁸¹.

Las medidas de adaptación propuestas giran alrededor de los siguientes ejes prioritarios: biodiversidad, sector agrícola, recursos hídricos, ganadería, sector forestal y sector urbano. Todos estos sectores se ven afectados fuertemente por el cambio climático y se encuentran íntimamente relacionados, por lo que, las medidas de adaptación tomadas para un sector, puede beneficiar a algunos de los otros. También es recomendable que las acciones que se adopten coadyuven a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Las medidas que se presentan a continuación son generales, debido a la diversidad de los ecosistemas presentes en el estado y las particularidades de cada uno de ellos, así como de las mismas actividades económicas que se desarrollan en éstos. Las medidas propuestas son el inicio del diálogo que tiene que tener el gobierno estatal, tanto con el gobierno federal como municipal, pero también con cada uno de los actores presentes en las diferentes regiones de la entidad, incluyendo las instituciones académicas y las organizaciones de la sociedad civil. Esto con el objetivo de trazar la mejor ruta crítica para fortalecer su capacidad adaptativa. Sin embargo, es importante alinear los esfuerzos con las políticas nacionales e internacionales y poder coadyuvar a que, en conjunto, se pueda llegar a cumplir las metas y compromisos que se han adquirido como país. También, el rol de liderazgo que debe tomar el gobierno estatal en materia de cambio climático es fundamental para que los municipios que conforman el estado puedan, a su vez, enfrentar de manera eficaz los embates de este fenómeno y ser más resilientes al mismo.



Fuente: Jaime Álvarez

a) Biodiversidad

La rica biodiversidad que presenta el estado de Chihuahua es innegable, ya que forma parte del área boscosa de la Sierra Madre Occidental y del Desierto de Chihuahua, ambas regiones caracterizadas por una riqueza en flora y fauna importante. Se tienen registradas 3131 especies en los principales ecosistemas identificados en el estado: bosques, pastizales y matorrales; así como también en pequeñas zonas de selvas, dunas, chaparrales y mezquites⁸². En estos ecosistemas conviven una gran cantidad de animales como reptiles, aves, mamíferos, insectos y peces. Dentro de esta fauna se destacan especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo, como el bisonte, el perrito de la pradera, el águila real, el oso negro, el jaguar, por mencionar algunos⁸³.

Toda esta biodiversidad se encuentra amenazada por las actividades primarias, secundarias y terciarias presentes en el estado, principalmente en el Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental, destacando el sector manufacturero, la minería, ganadería, silvicultura y la agricultura que a su vez han provocado el sobrepastoreo, cambio de uso de suelo para cultivos, la tala inmoderada, la erosión del suelo, pérdida del hábitat y la explotación acelerada del agua subterránea⁸⁴. Esto hace más vulnerable a los mismos ecosistemas, como a la población a los efectos del cambio climático. Por ello, y en concordancia con los principios derivados de la Cumbre de la Tierra, es importante conciliar la preservación futura de la biodiversidad con el progreso humano.

Las principales acciones de adaptación que se identificaron a través de las herramientas utilizadas para el análisis de la vulnerabilidad para el estado de Chihuahua (ver sección 2.3.1.1) y que pueden contribuir a recuperar y preservar la biodiversidad de la entidad son:

- Reducción de la degradación de los ecosistemas
- Establecimiento de nuevas áreas protegidas
- Establecimiento de corredores biológicos o ecológicos
- Inversión en restauración o conservación de la infraestructura ecológica
- Diseño de programas para apoyar alternativas económicas a la tala extensiva del bosque

Todas estas acciones generales están contempladas en alguno de los ejes de la Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del estado de Chihuahua (ECUSBIOECH)⁸⁵, la cual se publicó en 2015 y se desarrolló en conjunto entre CONABIO y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del estado de Chihuahua. La estrategia se fundamenta en el Convenio sobre Diversidad Biológica

(CDB), del cual México es parte desde 1992 y además está alineada al Plan Estratégico 2011-2020 del CDB y las Metas de Aichi⁸⁶.

La estrategia tiene acciones proyectadas a 30 años, las cuales están organizadas en 6 ejes prioritarios, 20 líneas de acción y 84 acciones y como parte importante del proceso, se han indicado las instituciones responsables de la ejecución y seguimiento, así como los plazos para la implementación y evaluación. Los ejes, las líneas de acción y las acciones resultaron de talleres y trabajos participativos realizados para la elaboración de esta estrategia, con el apoyo de especialistas en la materia.

Previamente a esta estrategia, se llevó a cabo un trabajo de diagnóstico sobre el capital natural del estado denominado *La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado*⁸⁷. Este trabajo fue publicado en 2014 e incluyó no solo la perspectiva biológica de la entidad, sino también consideró las interrelaciones de carácter sociocultural, económicas y legales vigentes en ella. La información generada en este trabajo sirvió de base para desarrollar la estrategia, ya que es el referente más actualizado y completo sobre la biodiversidad que hay en el estado de Chihuahua.

Por todo lo anterior, se considera que la estrategia puede ser el punto de partida, ya que contiene acciones estratégicas, ya consensuadas y analizadas por los sectores interesados, para poder revertir y controlar las tendencias de deterioro de la biodiversidad y con ello, poder asegurar un rendimiento sustentable de la flora, fauna y de los materiales. No hay que olvidar, que los ecosistemas son generadores de servicios ambientales, de los cuales se beneficia las comunidades y la sociedad en general y por ello, el valor de los ecosistemas, no solo se deben basarse en los aspectos biológicos mismos, si no también se deben considerar los factores económicos y sociales.

En la ECUSBIOECH se ha identificado que los pastizales y los bosques templados son los ecosistemas de mayor importancia para implementar acciones de conservación, las cuales contribuyen, a su vez, a una mejor adaptación a los embates del cambio climático. Esto es porque son el hábitat de diversas especies en riesgo, y de otras de importancia para la conservación, además de desempeñar importantes procesos ecológicos⁸⁸. De hecho, a través del Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) de la CONANP se han llevado acciones para recuperar los hábitats y especies como el águila real, lobo gris, berrendo, cotorra serrana, oso negro, perro llanero cola negra, bisonte americano, entre otros. Por ejemplo, una acción de conservación que se ha llevado a cabo para proteger al águila real es la modificación de las redes de conducción de energía eléctrica, mientras que las mejoras de

prácticas agropecuarias en torno a su hábitat se han realizado para el berrendo, perro llanero cola negra y el bisonte americano⁸⁹.

Por otro lado, es importante mencionar la existencia de varios instrumentos destinados a la conservación y aprovechamiento sustentable como las áreas naturales protegidas (ANP), las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), diversas iniciativas privadas y comunitarias de conservación, certificaciones internacionales como los sitios Ramsar y certificaciones de manejo. Otros programas que se han instaurado para fomentar y fortalecer las acciones de conservación son el PROCODES, el Programa de Empleo Temporal y el Programa de Conservación de Maíz Criollo y sus Variedades Silvestres que maneja CONANP. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), con el programa ProÁrbol, es otro mecanismo que apoya acciones de conservación de ecosistemas forestales.

Todas estas referencias de programas existentes permiten visualizar que hay un trabajo muy importante que se está llevando a cabo en el estado de Chihuahua, por lo que es primordial que se sigan apoyando estas acciones.

En el Anexo 2 se presentan las líneas de acción y acciones específicas que se desarrollaron en la ECUSBIOECH y que sería muy trascendental que se implemente, ya que se generaron a partir las aportaciones de los tres órdenes de gobierno, la academia, así como del sector productivo y organizaciones de la sociedad civil. Además, en el Objetivo 14 del Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021 de Chihuahua, una de las acciones es precisamente, promover la implementación de la estrategia. Sin embargo, como paso previo, sería conveniente realizar un análisis de las mismas y, determinar su pertinencia o simplemente actualizarlas o rediseñarlas, en función de las circunstancias actuales. También es importante señalar que muchas de las acciones presentadas en la ECUSBIOECH abonan a los otros ejes: agrícola, hídrico, ganadero, forestal y urbano.

⁸¹ National Research Council (2010). *Adapting to the Impacts of Climate Change*. Washington, DC: The National Academic Press. <https://doi.org/10.17226/12783>.

⁸² CONABIO (2014). Op. cit., p. 259.

⁸³ Ibid., p. 105. (Nota: En la sección 2.1.3.1 Características geográficas se amplía más la información sobre la biodiversidad de la entidad).

⁸⁴ Ibid., p. 64.

⁸⁵ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del estado de Chihuahua (2015). *Estrategia para la Conservación y el uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Chihuahua*. CONABIO. https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/ECUSBIOECH_2015.pdf

⁸⁶ Las metas de Aichi son las 20 metas del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>

⁸⁷ CONABIO (2014). Op. cit.

⁸⁸ Una de las funciones ecológicas que desempeña el águila real es la de controlar las poblaciones de mamíferos pequeños; el lobo gris ayuda a controlar las poblaciones de los grandes herbívoros, mientras que

el berrendo y la cotorra serrana ayudan a la estabilidad y productividad del ecosistema ayudando en la dispersión de semillas.

⁸⁹ CONABIO (2015). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del estado de Chihuahua (2015). Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Chihuahua*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. p. 35

b) Sector agrícola

Datos indican que la agricultura ocupa el 5.7% de la superficie total del estado de Chihuahua, lo que equivale a 1,413,518 ha⁹⁰. Los principales cultivos de temporal que se producen en el estado son el frijol, el maíz, la avena y el algodón y de los cultivos perennes sobresalen la alfalfa, el nogal, el durazno y el manzano⁹¹. La actividad agrícola genera el 6.2% del PIB estatal⁹².

En el Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021, se indica que en el 50% de la superficie sembrada se utiliza riego y el otro 50% son cultivos de temporal. Sin embargo, hay una diferencia importante en el valor de producción entre uno y otro: cada hectárea producida bajo el sistema de riego produce 55.6 pesos promedio, mientras que la hectárea por temporal solo obtiene 4.5 pesos. Otro dato importante que refleja cómo se emplea el recurso hídrico en la agricultura identifica que el 89% del agua que se extrae del subsuelo se ocupa en el riego, lo que ha resultado en la sobreexplotación de 11 de los 61 acuíferos que hay en la entidad⁹³.

La actividad agrícola se concentra en los municipios de Namiquipa, Cuauhtémoc, Guerrero, Cusihiuriachi, Riva Palacio, Madera, Guachochi y Buenaventura⁹⁴. Esta práctica, en conjunto con la ganadería extensiva, ha provocado la tala de bosques, así como el desmonte de matorrales, lo que han generado impactos negativos como la erosión del suelo, sobrepastoreo y la deforestación que finalmente ha derivado en la pérdida gradual de la productividad de los suelos. También se ha identificado que ha afectado a la fauna, por ejemplo, se calcula que el 65% de las colonias de los perritos de la pradera en Janos se han eliminado por las prácticas agrícolas en el lugar, así como también se ha visto afectado el hábitat de las lechuzas⁹⁵.

En el Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021 se considera que el sector agrícola tiene la mayor oportunidad de aumentar la eficiencia y productividad en el uso del agua. Esto definitivamente provocaría que la vulnerabilidad en este sector fuera menor y que la resiliencia aumentara.

Por otro lado, un aspecto importante para desarrollar una agricultura sostenible es el de mantener o mejorar la salud del suelo. Se dice que un suelo es saludable si se tiene una cobertura vegetal extensa, si los niveles de carbono en suelo⁹⁶ están cercanos al límite, si la pérdida de nutrientes por lixiviación es mínima, si se presentan índices mínimos o nulos de escurrimiento y erosión del suelo, y si no hay acumulación de contaminantes en el suelo⁹⁷. Las siguientes acciones de adaptación que se identificaron a través de las herramientas utilizadas para el

análisis de la vulnerabilidad para el estado de Chihuahua (ver sección 2.3.1.1) pueden contribuir a un manejo sustentable del sector agrícola, incluyendo la mejora de la salud del suelo y de la productividad y son:

- Zonificación agroecológica
- Introducción de variedades altamente productivas
- Instalación de sistemas de irrigación
- Sistemas para el control de plagas y de enfermedades
- Manejo integral de suelos
- Uso de modelos de simulación de cultivos
- Prácticas agroforestales

La zonificación agroecológica es una metodología desarrollada por la FAO para caracterizar extensiones de tierra utilizando información sobre clima de suelos y otros parámetros con el objeto de predecir la productividad potencial para varios cultivos de acuerdo a sus necesidades de manejo y de su entorno⁹⁸. Esta herramienta es un mecanismo para potenciar la diversificación de la producción agrícola, en base a variedades altamente productivas, lo que abona a un manejo integral de suelos. Otro aspecto a considerar en el manejo integral de suelos, es disminuir el riesgo de escurrimientos y erosión, que se da principalmente en laderas por fenómenos pluviales intensos. Para ello, existen una serie de acciones que se pueden adoptar como la labranza con curvas a nivel o con caballones entrelazados en curvas de nivel, cobertura de la superficie con rastrojos, elaboración de terrazas, instalación de mojoneras de piedra en curvas a nivel y reforestación⁹⁹.



Fuente: Meriç Tuna

Por otro lado, sería importante analizar la pertinencia de realizar prácticas agroforestales, la cual se entiende como la producción conjunta agrícola, forestal, frutal y/o ganadera, con el objeto de tener una explotación múltiple y estable de la tierra al usar diferentes arreglos espaciales y temporales¹⁰⁰. Esta práctica es una opción para manejar la gestión de riesgos climáticos en este sector.

El término de gestión de riesgos climáticos está tomando mucha importancia, ya que como se ha mencionado, se proyecta un aumento en sequías en el estado, lo que también podría provocar brotes de plagas y enfermedades, y con relación a la agricultura, se podría presentar la disminución del rendimiento o una mala cosecha. Por ello, la adaptación es un tema urgente y se deben desarrollar variedades de cultivos que sean tolerantes al calor, a la sequía o la salinidad o bien cambiando a cultivos que tenga tolerancia a estos factores mencionados. En la literatura se menciona que el mijo y el sorgo son especies más tolerantes a ambientes severos¹⁰¹.

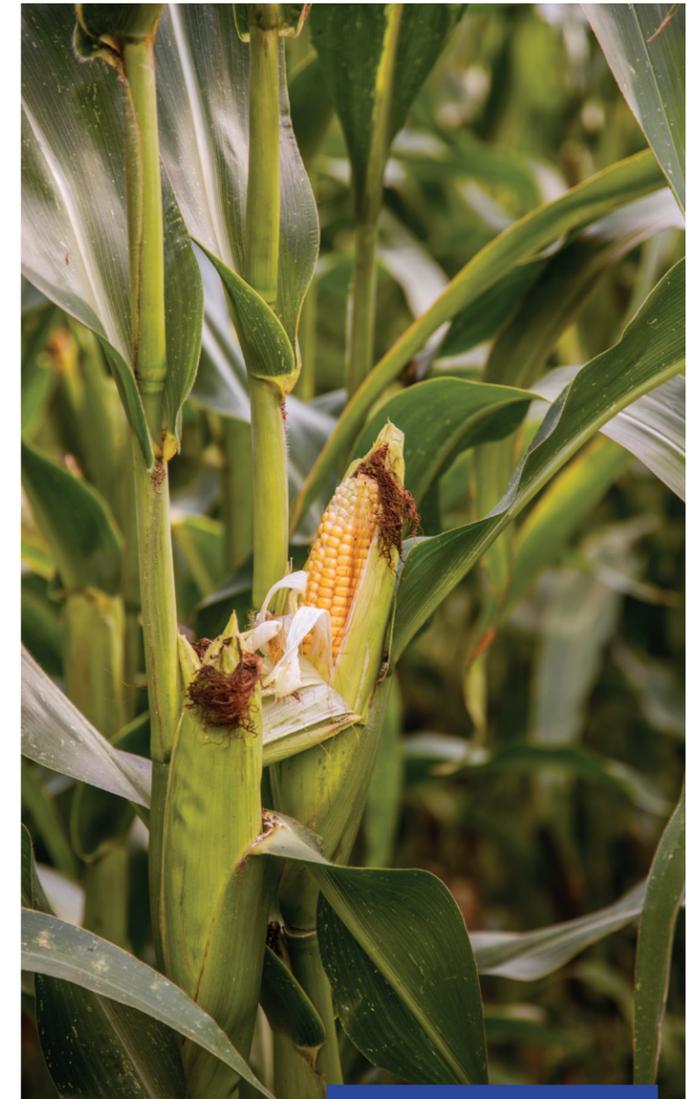
Otro aspecto que no está listado en la propuesta de medidas de adaptación, pero que se le está dando un fuerte impulso es la reutilización del agua residual tratada para el riego de cultivos, lo que permitirá dejar de utilizar agua de primer uso para canalizarlas a otras actividades o usos, por ejemplo, como agua potable para las ciudades¹⁰². Sin embargo, la construcción de infraestructura para canalizar las aguas residuales tratadas a las áreas de cultivo es, un factor a considerar, para determinar si es costo-efectiva la medida. También estas aguas tratadas pueden ser reutilizadas en los parques industriales o reinyectarse a los acuíferos.

En lo que respecta a los sistemas de irrigación, es importante considerar que se puede eficientizar el uso del agua en varios puntos del proceso de riego, que puede ser desde la fuente, la conducción y aplicación, su programación y la disponibilidad misma de este recurso¹⁰³. También es importante considerar que si se desarrollan estrategias de ahorro de agua se tendría una demanda menor en el suministro, lo que es muy importante para aquellas áreas donde el recurso es escaso.

Hay otras metodologías que se han desarrollado para transformar y reorientar las actividades agrícolas ante el reto que representa el cambio climático, una de ellas es la llamada agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC) y se define como aquella agricultura que incrementa de manera sostenible la productividad, la resiliencia o adaptación, y reduce o mitiga gases de efecto invernadero donde es posible y fortalece los logros de metas nacionales de desarrollo y de seguridad alimentaria¹⁰⁴. El Banco mundial ha generado una guía sobre este concepto que se puede consultar en: <https://es.csa.guide/#main-index>, de la cual se recomienda mucho que se tomen los elementos

señalados en la misma, ya que es una visión integral que une los contextos normativo, social, ambiental y económico de esta actividad primaria.

Por último, hay otras acciones que se han identificado en diversos documentos como el Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021 y el Programa Sectorial 2010-2016 de la Secretaría de Desarrollo Rural, ambos del Gobierno del estado de Chihuahua, que se considera deben revisarse, ya que presentan programas y metas que, como el caso de la ECUSBIOECH, han pasado por una consulta pública y su realización han incluido aportes de expertos en la materia. Estas acciones se resumen en el Anexo 3.



Fuente: Katherine Volkovski

⁹⁰ Ibid., p. 28

⁹¹ CONABIO (2014). Op. cit., p. 220.

⁹² Gobierno del estado de Chihuahua. Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021.

⁹³ CONABIO (2015). Op. cit., p. 28.

⁹⁴ Ibid., p. 21.

⁹⁵ CONABIO (2014). Op. cit., p. 226.

⁹⁶ Se refiere el carbono del suelo a la materia orgánica que contiene el suelo, la cual está compuesta por material animal y vegetal en distintas etapas de descomposición.

⁹⁷ Banco Mundial. Guía ASAC (Agricultura Sostenible Adaptada al Clima). <https://es.csa.guide/#main-index> artículo 5: <https://es.csa.guide/csa/practices#article-5>

⁹⁸ FAO (1997). Zonificación agro-ecológica. Guía general. Boletín de Suelos de la FAO 73. Servicios de Recursos, manejo y Conservación de suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. <https://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/aezs.pdf>

⁹⁹ Banco Mundial. Op. cit.

¹⁰⁰ CONAFOR y Universidad Autónoma de Chapingo (2013). Sistemas Agroforestales Maderables en México. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/8/5572SISTEMAS%20AGROFORESTALES%20MADERABLES%20EN%20MEXICO%20AVM.pdf>

¹⁰¹ Banco Mundial. <https://es.csa.guide/csa/practices#article-34>.

¹⁰² Conagua-SEMARNAT. Programa Nacional Hídrico 2014-2018. <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/PNH2014-2018.pdf>

¹⁰³ Banco Mundial. <https://es.csa.guide/csa/practices#article-30>.

¹⁰⁴ Banco Mundial. <https://es.csa.guide/csa/what-is-climate-smart-agriculture>.

c) Sector hídrico

El recurso hídrico en el estado no es muy abundante, ya que por la misma orografía con que cuenta Chihuahua, no se puede aprovechar la lluvia que se recibe. Es decir, es mayor el volumen que sale del estado del que entra y se debe principalmente a la elevación de la Sierra Madre Occidental¹⁰⁵. Este recurso, al igual que el suelo, son indispensables para el desarrollo, por ello, es importante cuidarlos, a través de prácticas sustentables que ayuden a tener una mayor respuesta de adaptación a los fenómenos extremos derivados del cambio climático.

La entidad cuenta con 10 presas con una capacidad de almacenamiento de 4,688 millones de m³, las cuales proporcionan el agua potable a la población y para el riego de los cultivos. Con respecto a las aguas subterráneas, el estado cuenta con 61 acuíferos, de los cuales, 17 están sobreexplotados, de éstos, 4 tienen una situación crítica y 5 en alerta¹⁰⁶.

En el estado de Chihuahua, al igual que se ha reportado en todo el mundo, la agricultura es el sector productivo que más consume agua^{107,108}. Por lo que, el manejo sustentable del recurso hídrico es crucial, ya que además y como se mencionó en párrafos anteriores, el implementar medidas en este eje, contribuye a tener una mejor gestión también en los otros ejes prioritarios, y por ende, se espera un aumento en la capacidad adaptativa del estado. Sin embargo, también existen oportunidades de implementar acciones de adaptación en otros sectores como el industrial y urbano, aunque su consumo es solo el 1% y 10%, respectivamente del agua extraída del subsuelo en la entidad, vs el 89% que se ocupa para uso agrícola¹⁰⁹.

En este eje, las acciones de adaptación que se identificaron a través de las herramientas utilizadas para el análisis de la vulnerabilidad para el estado de Chihuahua (ver sección 2.3.1.1) se enlistan a continuación.

- Cumplimiento de las regulaciones de las zonas de riesgo
- Reevaluación de criterios de diseño y seguridad de las estructuras para la gestión del agua
- Manejo integral de recursos hídricos
- Protección de agua subterránea y planes de restauración

En el punto que se refiere al manejo integral de recursos hídricos engloba las demás acciones de adaptación propuestas, sin embargo, la importancia de desglosar acciones específicas se deriva por las variables para determinarlas, las cuales incluyen el componente humano, social, financiero y natural, como se

explicó en la sección Paso 4: Análisis de la capacidad de adaptación. También se mencionó en párrafos anteriores, casi el 90% del agua extraída del subsuelo se ocupa para el riego de cultivos y se ha identificado que de los 61 acuíferos que hay en el estado, alrededor del 28% de ellos están sobreexplotados, por lo que la atención específica a estos problemas es prioritaria dentro de una estrategia integral de los recursos hídricos.

Se entiende por gestión integral de recursos hídricos como el proceso sistemático para el desarrollo, concesión y monitoreo de los usos del agua, basándose en el concepto de que los recursos hídricos son limitados y que sus usos son interdependientes¹¹⁰, tomando en cuenta la demanda con una visión multisectorial y participativa. Hay varios aspectos claves para lograr una buena gestión integral, una de ellas es la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, sectores productivos, instituciones académicas y las organizaciones no gubernamentales, con el objeto de lograr una adecuada gobernanza del recurso hídrico. Otro punto sería la determinación de prioridades y la planificación de las cuencas hidrológicas¹¹¹. También para lograr esta gestión integral se debe considerar los procesos y servicios hidrológicos de los ecosistemas como la regulación del ciclo del agua y la de conservar y restaurar las cuencas hidrológicas¹¹². Otro aspecto, importante a considerar, son las aguas subterráneas, enfocándose en controlar que no sean sobreexplotadas y evitar su contaminación, ya que son pilares muy importantes de las actividades productivas y como fuentes de agua potable. La degradación de las aguas subterráneas aumenta la vulnerabilidad de las comunidades al cambio climático. Contar con una calidad del agua buena es otro parámetro importante en la gestión integral del recurso hídrico, ya que su deterioro reduce su disponibilidad para los seres humanos, así como también para los ecosistemas.

Finalmente, es importante señalar que una buena gestión del agua genera seguridad hídrica y alimentaria a la entidad, pero además trae otros beneficios importantes como la conservación de la diversidad, que en conjunto provee servicios ecológicos que ayudan a ser más resilientes tanto a las comunidades como a los ecosistemas al reducir los riesgos ante desastres hidrometeorológicos extremos provocados por el cambio climático.

socioeconómicos, convirtiéndola en un sistema complejo y dinámico.
¹¹² El enfoque de considerar a los ecosistemas es un concepto que ha evolucionado al concepto de soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Este enfoque se basa en utilizar las funciones de los ecosistemas para resolver los problemas, en lugar de solo depender de acciones convencionales como la construcción de infraestructura o el uso de tecnologías humanas. Algunos ejemplos de SbN es la reforestación y restauración de ecosistemas riparios, los cuales pueden ser utilizados para estabilizar ríos y prevenir desbordamientos. (ver referencia UICN Sur (2018)).

d) Sector ganadero

De acuerdo al Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021, el sector ganadero junto con la agricultura (sector primario) representan alrededor del 6.2% del PIB estatal. Esta actividad primaria provoca grandes afectaciones en los recursos naturales de la entidad principalmente a los acuíferos y suelos. El diagnóstico realizado en este plan, indica que ha habido una inversión limitada en general en el sector primario, lo que a su vez ha generado, por ejemplo, que el rendimiento por hectárea de cultivo no sea tan alto y, por lo tanto, la productividad del sector sea baja con costos de producción mayores. generando un valor agregado escaso. Sin embargo, y como en muchos de los países en desarrollo, esta actividad contribuye a la subsistencia y a la seguridad alimentaria de personas en condiciones de marginación^{113,114}, por lo que es importante aumentar su valor agregado, en base a un manejo sustentable, y con ello, aumentar la resiliencia a los efectos del cambio climático de las comunidades donde se desarrollan estas actividades.

La superficie del estado que se utiliza en la ganadería es de aproximadamente 12,600,000 ha, la cual representa el 51% del total estatal. El ecosistema donde se desarrolla la mayoría de esta actividad primaria es el de pastizales ubicados principalmente en las regiones áridas y semiáridas¹¹⁵.

De acuerdo a los tipos de especies que se producen en el estado, se clasifican en ganado mayor, refiriéndose al ganado vacuno y equino y ganado menor, que incluye principalmente a ovinos, caprinos, porcinos, y gallinas¹¹⁶. Los sistemas de producción más comunes en la entidad son ranchos extensivos¹¹⁷ en cría de ganado "al destete para exportación", los ranchos extensivos de ganado para pie de cría, ranchos dedicados al desarrollo y engorda de animales destetados y explotaciones pequeñas que pueden ser privadas o ejidales, estas últimas prácticamente de subsistencia¹¹⁸. Para el caso de bovinos productores de leche se emplea principalmente sistemas intensivos¹¹⁹ de producción, aunque la cría de porcinos, ovinos y aves están en proceso de reconversión a este tipo de sistemas¹²⁰. La reconversión que se está observando a sistemas intensivos, obedece, en parte, a la necesidad de respuesta al incremento de la demanda de productos de origen animal.



Fuente: Annie Spratt

Esta reconversión es preocupante ya que, a las emisiones generadas en la cría misma del ganado, se suman las generadas en su producción. Por ejemplo, las emitidas por el uso de combustibles fósiles que se necesita para la ventilación, calefacción, equipamiento, transporte de insumos, distribución, entre otros; o por la deforestación que se produce al requerir más tierras de cultivo para producir cereal y soja para la alimentación del ganado en estos sistemas¹²¹.

Por otro lado, se ha reportado en la literatura^{122,123,124} la contribución que puede hacer la ganadería para enfrentar los fenómenos extremos como consecuencia del cambio climático, principalmente a los pequeños productores quienes son generalmente la población más vulnerable. Tan solo, contar con un animal constituye una red tradicional de seguridad muy eficaz; por ejemplo, en zonas desfavorecidas e insegurizadas, el contar con aves, cerdos, etc., puede ser la única fuente de ingreso de mujeres campesinas, pero también mejora la alimentación y el equilibrio nutricional de las dietas al contar con huevos, leches o la misma carne del animal. Otro punto importante es la adaptación de prácticas ganaderas a las temporadas y a las cambiantes condiciones climáticas que se han estado observando en los últimos años. La valoración, el mantenimiento y protección de ecosistemas frágiles y muy poco productivos también ayuda a mejorar la capacidad de resiliencia de esas poblaciones vulnerables. En otras palabras, el conocimiento adquirido por estos actores, se orientan a tener un mejor manejo de la tierra, del agua, de los pastizales, basándose en la integración de las prácticas agrícolas con las ganaderas.

¹¹³ Agrónomos y Veterinarios Sin Fronteras (2010). Ganadería y Cambio Climático. Documento de referencia.

¹¹⁴ Rubio, E. y Pérez E. (2012). Desarrollo de la Ganadería en el Estado de Chihuahua 2000-2011: Líneas de Trabajo para un Estudio del Impacto Ambiental. Chihuahua Hoy 2012. Visiones de su Historia, Economía, Política y Cultura. Tomo X. Coordinador: Víctor Orozco. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Universidad Autónoma de Chihuahua e Instituto Chihuahuense de la Cultura. <http://elibrary.uacj.mx/omp/index.php/publicaciones/catalog/view/62/57/465-1>

¹¹⁵ CONABIO (2014). Idem.

¹¹⁶ Rubio, E. y Pérez E. (2012). Op. cit.

¹¹⁷ Se entiende por ganadería extensiva al conjunto de sistemas de producción ganadera que aprovechan de manera eficiente los recursos del territorio con las especies y razas adecuadas, compatibilizando la producción con la sostenibilidad y generando servicios ambientales y sociales. <https://agronomaster.com/ganaderia-extensiva/>

¹¹⁸ Rubio, E. y Pérez E. (2012). Op. cit.

¹¹⁹ Se entiende por ganadería intensiva a la práctica de la ganadería donde los animales se hallan cercados, y las condiciones de humedad, luz y temperatura son creadas en forma artificial, con el objeto de aumentar la producción en el menor tiempo posible. <https://agronomaster.com/ganaderia-intensiva/>

¹²⁰ Rubio, E. y Pérez E. (2012). Op. cit.

¹²¹ Agrónomos y Veterinarios Sin Fronteras (2010). Op. cit.

¹²² Ibid.

¹²³ Van't Hooft K. (2010) El ganado: ¿amigo o enemigo? LEISA revista de agroecología. Vol. 26, No. 1.

¹²⁴ Jiménez F. G., Quechulpa S., Esquivel B. E., Soto P. L., Reyes M. F., Ruíz M. y Márquez R. C. (2010). Ganadería y cambio climático: mitigación y adaptación en comunidades indígenas de Chiapas, México. LEISA revista de agroecología. Vol. 26, No. 1.

¹⁰⁵ Gobierno del estado de Chihuahua. Programa Sectorial 2010-2016. p. 18.

¹⁰⁶ Ibid., p. 20.

¹⁰⁷ CONABIO (2014). Op. cit., p. 514.

¹⁰⁸ Banco Mundial. <https://es.csa.guide/csa/practices#article-30>.

¹⁰⁹ CONABIO (2014). Op. cit., p. 62.

¹¹⁰ UICN Sur (2018). Aguas Compartidas, enfoques y herramientas para una mejor gestión del agua. UICN, Quito, Ecuador.

¹¹¹ Una cuenca hidrológica se define como el área de terreno que drena agua hacia un punto común, como un río, estuario, un lago o el mar, y donde interactúan los ecosistemas terrestres, los acuáticos y los

La ingestión y el bienestar animal serán fuertemente afectados por la variación en la temperatura y precipitaciones como consecuencia de los efectos del cambio climático. El primer punto se refiere a la disponibilidad de forraje para el ganado a lo largo de todo el año y el segundo se entiende como el estado de salud de las distintas especies animales presentes en la entidad en relación con las condiciones climáticas prevalecientes¹²⁵. También se verá afectada la producción de leche y carne, así como la fertilidad, sobre todo en las hembras. Además de la temperatura y precipitación, hay otros elementos climáticos que afectan el desarrollo de los animales: humedad relativa, radiación neta, movimiento del aire y presión barométrica¹²⁶, sin embargo, la temperatura es considerada uno de los parámetros más importantes. De hecho, la mayor parte de las medidas de adaptación presentadas en esta sección, están orientadas a dar respuesta al efecto del aumento de temperatura que se prevé sufrirá el estado de Chihuahua y, por ende, afectará el bienestar animal, en general.

Las medidas de adaptación propuestas tienen un carácter general y pretenden servir de referencia para poder determinar las mejores opciones, de acuerdo, a las características propias de cada región que conforma el estado. En este eje, las acciones de adaptación también se determinaron a través de las herramientas utilizadas para el análisis de la vulnerabilidad para el estado de Chihuahua (ver sección 2.3.1.1) se enlistan a continuación:

- Mejorar las prácticas en el manejo de ganado
 - o Acceso a fuentes de agua
 - o Reducir la densidad de animales en explotación
 - o Evitar el trasiego de animales en largas distancias
 - o Mejorar la dieta y cambios en los horarios de alimentación
- Mejorar el diseño de las instalaciones de los sistemas de producción
- Elaboración de programas de formación a ganaderos
- Creación de un sistema de incentivos a las prácticas pecuarias más sostenibles

La medida para mejorar las prácticas en el manejo de ganado está orientada a enfrentar las altas temperaturas que se espera se presenten en la entidad. Para ello, se recomienda desarrollar un plan de manejo de ganado¹²⁷ que incluya: 1) el tener asegurado el acceso a agua suficiente, especialmente cuando estén presentes altas temperaturas, ya que su consumo ayuda a reducir la temperatura corporal¹²⁸; 2) la reducción de la densidad de animales en explotación, principalmente en la época de más calor es recomendable, y sobre todo si el hato está confinado, ya que a mayor densidad de animales, mayor es la cantidad

de calor producida en el interior de la instalación; 3) evitar el trasiego de animales, especialmente en las horas de más calor; 4) el mejorar la dieta y cambiar horarios de alimentación tiene que llevarse a cabo evitando cambios bruscos de horario y de los componentes de la porción, esto incluye modificaciones en la presentación física del pienso y en las técnicas de manejo de la propia alimentación.

El mejoramiento en el diseño de las instalaciones de los sistemas de producción también incluye medidas para enfrentar las altas temperaturas y evitar que los animales enfrenten estrés térmico. Con ellas se busca evitar en lo posible la aparición de hipertermia en los días con mayores temperaturas y favorecer la eficacia de los mecanismos biológicos de los propios animales para combatir el estrés calórico. Entre las medidas destaca la ventilación, la cual tiene la finalidad de regular la temperatura, aportar oxígeno a los propios animales y eliminar vapor de agua, gases nocivos, partículas de polvo y malos olores. Dos parámetros, a tomar en cuenta para la ventilación, son el caudal y la velocidad del aire. Hay dos tipos de ventilación: la natural o estática y la forzada o dinámica¹²⁹.

A su vez, la ventilación natural o estática puede ser horizontal o vertical y consiste en aprovechar las corrientes naturales de aire que se generan por diferencia de temperatura y/o presión que existe entre el exterior y el interior. Para beneficiarse de este tipo de ventilación, es muy importante tomar en cuenta los vientos dominantes del área para orientar la construcción, de tal forma, que se aproveche al máximo el proceso de convección por diferencia de temperaturas¹³⁰.

La ventilación forzada o dinámica se da forzando el movimiento del aire y se considera más eficiente que la ventilación natural, ya que se puede controlar de mejor forma el ambiente dentro de la instalación. Hay dos tipos: extracción o depresión e inyección o sobrepresión. En el primer tipo se saca el aire del interior utilizando extractores, lo que crea una depresión en el interior lo que permite que el aire del exterior entre y se iguale las presiones. En el segundo tipo, el aire del exterior se introduce por medio de inyectores, creando una sobrepresión que favorece la salida del aire viciado. En este tipo de proceso hay que tomar en cuenta la inversión inicial y los costos de mantenimiento del sistema de ventilación¹³¹.

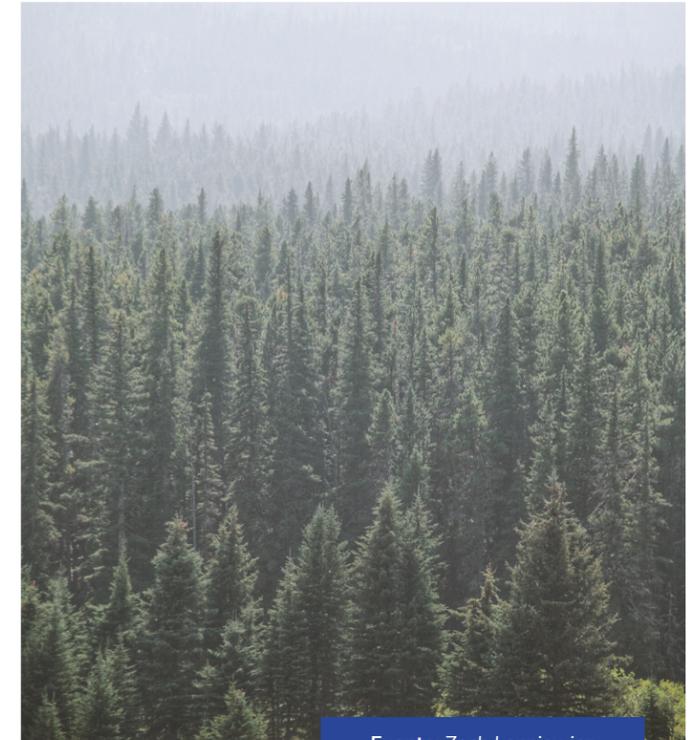
Algunas recomendaciones para el diseño de la instalación con el objeto de disminuir la carga de calor son el emplazamiento mismo de dicha instalación y el aislamiento de los edificios que lo conforman. Por lo que, es aconsejable contar con los parámetros climatológicos donde se piensa ubicar la instalación y poder, en base a la dirección del viento y las horas de sol elegir la mejor ubicación posible. Se recomienda que sea en una depresión o sobre una colina y que el eje longitudinal de la

instalación este orientada en la dirección Este-Oeste, evitando los vientos dominantes en ángulo recto. El que se cuente con un aislamiento apropiado reduce los intercambios de temperatura entre el interior y el exterior, además que propiciará que los sistemas de refrigeración y calefacción, si se cuenta con ellos, sean más eficientes. Otro parámetro, a considerar en el diseño, es la altura del techo, el cual debe ser suficientemente alto para que el aire caliente se mueva hacia arriba, lejos de los animales. Otras recomendaciones es aislar el techo y las paredes y pintar las superficies exteriores de blanco o con pinturas reflectantes. Para evitar la incidencia directa de los rayos solares en los animales, es aconsejable habilitar zonas de sombra, que pueden ser desde arbolados, tejados, cobertizos, voladizos, entre otros, cuidando que no se perturbe el movimiento del aire. También se sugiere contar con un anillo de hierba y árboles alrededor del edificio donde alberguen a los animales porque disminuye la cantidad de luz reflejada y, por lo tanto, también la temperatura que entra a la instalación. Mecanismos de refresco, como aspersores y ventiladores, junto con estructuras que den sombra, ayudan a mejorar la producción de leche y mejorar la eficiencia reproductiva¹³².

Los programas de formación a ganaderos, permiten que nuevas prácticas en materia de cambio climático y adaptación, así como en ganadería sean transmitidas. También es importante considerar en estos programas, que los mismos ganaderos pueden compartir experiencias sobre qué tipo de manejo les ha resultado mejor, las razas más resistentes al cambio climático, etc., con lo que pueden coadyuvar a alcanzar un manejo más integral.

Para poder fomentar la adopción de prácticas más sustentables que ayuden a la adaptación al cambio climático, es recomendable establecer un sistema de incentivos. Por ejemplo, para el caso de Chihuahua, prácticas que optimicen el uso del agua, podrían ser objeto de estímulos.

En el Anexo 4 se resumen acciones que se han identificado en diversos documentos como el Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021 y el Programa Sectorial 2010-2016 de la Secretaría de Desarrollo Rural, ambos del Gobierno del estado de Chihuahua, considerándose importante que se revisen, ya que, como el caso de la ECUSBIOECH, han sido consultadas con los sectores de interés.



Fuente: Zach Lezniewicz

e) Sector forestal

El principal tipo de bosque presente en el estado de Chihuahua es el templado, cubriendo aproximadamente el 29% de la superficie estatal. Entre los numerosos bienes y servicios ambientales que proveen sobresalen la regulación de los regímenes hídricos, el abastecimiento de agua a las cuencas, también capturan carbono y proporcionan materias primas como la madera. Los principales tipos de bosques presentes en este ecosistema son los bosques de pinos, de pino-encino, encino y bosque de pino-encino-táscate. Se caracterizan por tener suelos profundos y ricos en materia orgánica, propicios para el desarrollo de la agricultura, la ganadería y plantas medicinales y alimenticias. Se ha observado la presencia de mamíferos como el oso negro, el lobo mexicano, el puma, el jaguar y el venado cola blanco, por mencionar algunos¹³³.

Entre las principales amenazas a los que está sujeto este ecosistema y que han propiciado se vaya disminuyendo las áreas de bosques antiguos son: el cambio de uso de suelo, sobrepastoreo, extracción y comercio ilegal de especies, introducción de especies invasoras y el turismo no planificado. Hay acciones importantes para contrarrestar estos efectos en el estado, entre los cuales sobresalen la creación de áreas naturales protegidas y las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)¹³⁴.

¹²⁵ Consejería de Medio Ambiente (2012). Estudio Básico de Adaptación al Cambio Climático, Sector Ganadero. Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Unión Europea.

¹²⁶ Ibid.

¹²⁷ Ibid.

¹²⁸ Durante la época de calor, el consumo de agua puede ser el doble con respecto al requerido en invierno. El ganado bovino, por ejemplo,

consume en verano aproximadamente 32.4 l/día, cuando en invierno su consumo es de alrededor de 17.3 l/día.

¹²⁹ Consejería de Medio Ambiente (2012). Op. cit.

¹³⁰ Ibid.

¹³¹ Ibid.

¹³² Ibid.

¹³³ CONABIO (2015). Op. cit.

¹³⁴ Ibid.

El otro tipo de bosque que está presente en la entidad es el tropical caducifolio y se localiza principalmente en el suroeste del estado en los barrancos de la Sierra Tarahumara. Su extensión es de solo el 3% del territorio estatal y su principal característica es que los árboles que lo conforman pierden sus hojas durante la época seca del año. Los principales tipos de vegetación presentes son el bosque de encino, matorral de acacias, bosque alto de mauto y bosque bajo de mauto. Su ubicación limita las actividades humanas, lo que tampoco ha permitido caracterizar de manera amplia la diversidad biológica presente, aunque la región es un importante corredor biológico y hábitat de numerosas especies. Las actividades mineras y turísticas son las principales amenazas a este ecosistema y aunque se han promovido ordenamientos ecológicos que abarcan parte de esta área, no hay una vigilancia en su aplicación¹³⁵.

La importancia de los ecosistemas forestales en el mundo, y en Chihuahua no es la excepción, es que son uno de los principales sumideros de carbono al capturar el dióxido de carbono, a través de la fotosíntesis de la vegetación que los conforman, por lo que la deforestación y degradación de este tipo de ecosistemas hacen que pierdan su condición de captadores de CO₂¹³⁶. En 2015, el área forestal de Chihuahua absorbió alrededor del 7.42% de CO₂ del total nacional¹³⁷, lo cual es una de las razones importantes, además de los otros servicios ambientales que provee, para conservar los bosques en el estado y mejorar su capacidad de adaptación. Para ello, se proponen las siguientes acciones:

- Gestión preventiva, flexible y localizada ante eventos climáticos potenciales
- Aprovechamiento sustentable de procesos forestales

Las medidas propuestas van orientadas a reducir la degradación de los recursos forestales, y se recomienda que se apliquen a las especies más importantes, los bosques más vulnerables y los que tienen más potencial de producción en condiciones climáticas más adversas a las actuales¹³⁸.

Con el manejo o aprovechamiento forestal se busca que la producción de diversos bienes y servicios derivados de los ecosistemas forestales sea de tal forma, que conserven su diversidad biológica, su productividad, su capacidad de regeneración, su vitalidad y su capacidad de cumplir, en el presente y el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales, en todas las escalas, sin dañar otros ecosistemas¹³⁹. El manejo o aprovechamiento forestal sustentable debe incluir acciones preventivas, por ejemplo, la reducción de vulnerabilidad del sistema; otro punto es establecer iniciativas para modificar el

nivel de exposición a los efectos del cambio climático y como último punto, mejorar la capacidad de recuperación después de un evento extremo. En este mismo contexto, se considera que debe haber un cierto grado de diversidad estructural y biológica, en varias escalas, para mantener la capacidad de adaptación de los bosques al cambio climático. Un ejemplo, para lograr esa diversidad, sería llevar a cabo prácticas de extracción de impacto reducido, disminuyendo con esta acción efectos en la vegetación, suelos y agua¹⁴⁰. Otras acciones que pueden apoyar los procesos de adaptación son la prevención y manejo de incendios y opciones silviculturales específicas para favorecer la adaptación genética¹⁴¹.

Todavía no hay certeza de cómo afectarán las variables climáticas a las especies forestales, y aunque todas las especies en general han pasado por procesos de adaptación natural, éstos han sido en periodos muy largos, por lo que el reto que se identifica es si estas especies podrán adaptarse a cambios bruscos de las condiciones ambientales en un relativo periodo corto de tiempo. Los posibles efectos que se han identificado que pueden causar los eventos climáticos actuales son en los procesos de polinización, floración, fructificación y producción de semilla¹⁴².

Adicionalmente, se estima que habrá una demanda de productos forestales y de los servicios que los bosques proveen, lo cual ejercerá una presión a este tipo de ecosistemas¹⁴³. Por lo que será muy importante poder generar las políticas públicas que apoyen a contrarrestar los efectos que esta demanda generaría y poder mantener las múltiples productos y servicios ambientales que este sector genera. Esto no solo se refiere a que los bosques son una fuente de productos maderables, si no también es internalizar el valor del bosque como parte fundamental en la conservación de la biodiversidad, los servicios hidrológicos que proporcionan y su papel como sumidero de carbono, entre los más importantes.

En el Anexo 5 se resumen otras acciones que se han identificado en diversos documentos como el Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021 y el Programa Sectorial 2010-2016 de la Secretaría de Desarrollo Rural, ambos del Gobierno del estado de Chihuahua, que se recomienda que se revisen, ya que, como el caso de la ECUSBIOECH, han pasado por una consulta pública y su realización ha incluido aportes de expertos en la materia.

f) Sector urbano

Las dos ciudades principales del estado de Chihuahua son Juárez y Chihuahua, las cuales, en conjunto, suman el 63% de la población total de la entidad. Por la misma razón, estas dos ciudades son los polos más importantes de desarrollo del estado, en comparación con el resto de los municipios¹⁴⁴. De acuerdo al Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021, en 2030, la ciudad capital crecerá medio punto porcentual, mientras que la población de Juárez disminuirá medio punto. Estas proyecciones indican que la población seguirá concentrándose en estas dos ciudades y seguirán siendo localidades atractivas para personas que buscan una mejor calidad de vida.

En ambas ciudades, se ha producido un acelerado crecimiento demográfico que ha originado un rápido proceso de urbanización desordenado e irregular, afectando de manera sustancial el entorno original e impactando los procesos naturales de los ecosistemas en que se localizan ambas ciudades. Estas condiciones, mayor población y una urbanización mal planeada, hacen que estos centros urbanos sean muy poco resilientes a los efectos del cambio climático^{145,146}. Además, hay reportes que indican que las ciudades son el principal escenario de desastres¹⁴⁷. Por lo tanto, es indispensable implementar acciones para prevenir riesgos, reducir su exposición de las ciudades a ellos y generar esquemas para su recuperación (adaptación). Algunas de las acciones necesarias para poder fortalecer la resiliencia de las áreas urbanas del estado de Chihuahua son:

- Incorporar en los Programas de Desarrollo Urbano los criterios del Atlas de Riesgos a fin de evitar el crecimiento de las ciudades hacia zonas de alta vulnerabilidad y hacia zonas de recarga, con un enfoque basado en la funcionalidad de las cuencas hidrográficas y unidades de paisaje, que identifiquen las zonas principales de captación de agua de las cuencas para priorizar acciones de conservación y restauración.

- Un punto importante a considerar es que se modifique el reglamento interno de los consejos de cuenca para incorporar criterios de ordenamiento ecológico como instrumento de protección preventiva a escala municipal, así mismo es necesario incorporar planes de emergencia que consideren la reubicación de los asentamientos humanos más vulnerables al incremento a condiciones de sequía, así como una planificación del crecimiento de las ciudades de los municipios con criterios de adaptación al cambio climático, integrando en la planeación que los asentamientos humanos y el desarrollo de las actividades económicas un enfoque de utilización de agua de manera sustentable con un diagnóstico actualizado de sus acuíferos locales. Incluir e integrar criterios que mejoren las obras de drenaje y reciclaje de agua es, sin duda indispensable.

- La inclusión e integración de criterios de adaptación al cambio climático en los programas de urbanización y provisión de servicios en las cabeceras ejidales y comunales, así como en rancherías y pequeños centros de población.

- En relación con la infraestructura vial, ante incrementos en la temperatura y olas de calor, se puede impulsar la creación de nuevos estándares de diseño para soportar temperaturas más altas, así como brindar mayor mantenimiento a la infraestructura existente.

- Ante eventos de lluvia extremos e inundaciones, crear mapas de inundaciones para identificar las áreas más vulnerables, donde la infraestructura necesita ser protegida, mejorada y evitada en lo futuro.

- En materia de edificación, disponer de sistemas de ventilación y enfriamiento diseñados para usar la menor energía fósil posible por la incorporación de energías renovables y eficiencia energética.

- Minimizar el uso de agua en edificios, considerar el uso de recolectores de agua de lluvia y sistemas de re-uso y contemplar el impacto ambiental, por consumo de agua, sobre productos, materiales y métodos de construcción.

- Incorporar un rango apropiado de espacios públicos y privados en proyectos con sombra, vegetación y agua.

- Zonas verdes en los tejados de los edificios, a través de la colocación de "jardines" en la parte superior de los edificios que, además de absorber CO₂, favorecerían la climatización de estos y reducirían la escorrentía del agua en las zonas urbanas. Además, contribuirían a aumentar la concienciación por parte de la ciudadanía respecto al cambio climático y la necesidad de fomentar las zonas verdes en la ciudad.

El Gobierno de México, a través de la Secretaría de Gobernación, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano y Protección Civil con apoyo de ONU-HABITAT, generaron una guía que permite estimar el Perfil de Resiliencia Urbana¹⁴⁸, con el cual, las ciudades podrán dimensionar las situaciones que se pudieran generar ante algún fenómeno perturbador y poder establecer qué mecanismos o estrategias deben ser implementados para poder aumentar la resiliencia de las ciudades en caso de ser afectado por algún fenómeno natural. Por lo que se recomienda analizar la información dada en esa guía.

¹³⁵ Ibid.

¹³⁶ CONAFOR (2015). Estrategia Nacional para REDD+ (EN A REDD+). Versión para consulta pública.

¹³⁷ Dato calculado utilizando los datos del IEEGEI y el INEGYCEI para el año 2015.

¹³⁸ Viteri A. (2010). Documento de análisis del sector forestal en el contexto de adaptación y mitigación al cambio climático del sector uso de suelo, cambio de suelo, y silvicultura (forestal) en el Ecuador. UNDP. Edición: Ing. Pablo Cuenca, Ec. Verónica Cordero.

[https://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Forestry%20\(mitigation\)/05_Ecuador%20NIP_forestry%20mitigation.pdf](https://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Forestry%20(mitigation)/05_Ecuador%20NIP_forestry%20mitigation.pdf)

¹³⁹ Aguirre-Calderón O.A. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. Madera y Bosques. Vol. 21, núm. Especial: 17-28. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21nspe/v21nspea2.pdf>

¹⁴⁰ La extracción de impacto reducido se sabe que retiene más carbono del bosque en comparación de la tala selectiva convencional (ver referencia 129).

¹⁴¹ Guariguata M. R. (2009). El manejo forestal en el contexto de la adaptación al cambio climático. Revista de Estudios Sociales No. 32.

¹⁴² Viteri A. (2010). Op. cit.

¹⁴³ Aguirre-Calderón O.A. (2015). Op. cit.

¹⁴⁴ Gobierno del estado de Chihuahua. Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021.

¹⁴⁵ Ibid.

¹⁴⁶ Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN Chihuahua). <https://implanchihuahua.gob.mx/Entorno.html>

¹⁴⁷ SEGOB, SEDATU, Sistema de Protección Civil y ONU-Habitat (2016). Guía de Resiliencia Urbana 2016.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/179708/Guia_de_Resiliencia_Urbana_2016.pdf

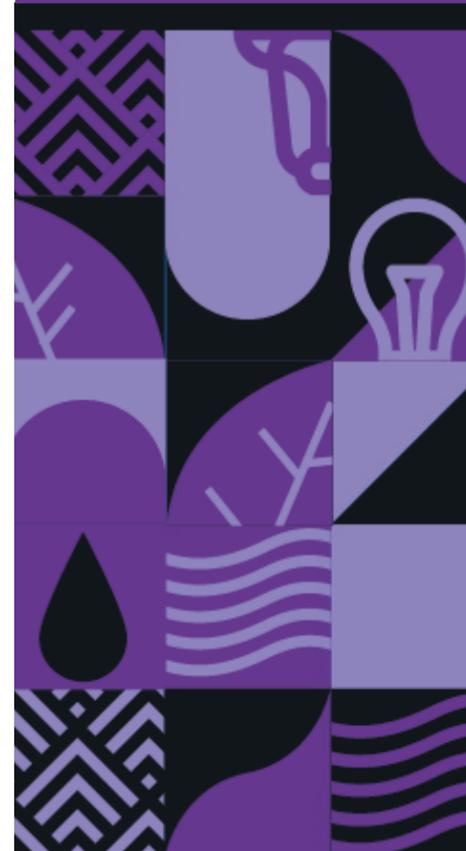
¹⁴⁸ Ibid.

1.5

CONSULTA Y PARTICIPACIÓN SOCIAL



Fuente: Jaime Álvarez

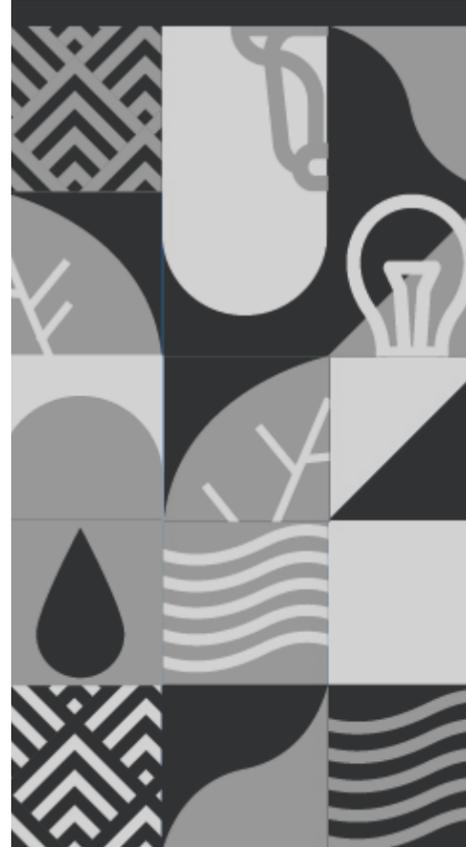


1.6

RESULTADOS



Fuente: Jaime Álvarez



ANEXOS



ANEXO 1

INVENTARIO ESTATAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

¹ El sector residuos se denomina desechos en las Directrices del IPCC, pero las autoridades ambientales mexicanas han sustituido el término (ver más detalle en la sección correspondiente).



Fuente: Jaime Álvarez

México, al ser parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), debe de seguir los lineamientos y metodologías establecidos por dicha Convención, la Conferencia de las Partes (COP) y el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) para la elaboración de los inventarios nacionales, lo cual también aplica a los inventarios subnacionales. Por ello, la actualización del Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Chihuahua (INEGEI Chihuahua) se basa en las metodologías de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 2006.

Esta metodología considera 4 sectores: 1) energía, 2) procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés), 3) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) y 4) residuos¹. Cada sector, comprende a su vez categorías, subcategorías, fuentes y sub-fuentes. De acuerdo a las Directrices del IPCC, el inventario se va construyendo a partir del nivel de la subcategoría y por sumatoria se calculan las emisiones totales.

Asimismo, las emisiones que se consideraron son la de los seis gases de efecto invernadero (GEI) que se indican en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso, hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6), aunque por el tipo de fuentes existentes en la entidad, las emisiones que se estimaron fueron, solamente, los tres primeros. Las emisiones de los GEI son reportadas en unidades de CO_2 equivalente (CO_2e), con la finalidad de compararlas entre sí y medir la contribución de cada fuente al total de emisiones del inventario. Se reportan las emisiones utilizando el Potencial de Calentamiento Global (PCG) a 100 años considerado en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC. En esta actualización no se calcularon las emisiones de carbono negro.

Las emisiones reportadas consideran el periodo de actividades 2013-2017, lo anterior, a fin de homologar el mismo punto de partida (año 2013), establecido en la Contribución Nacionalmente Determinada de México (CND). El corte a 2017 se dio porque hasta ese año es el que posee la mejor y más actualizada información disponible.



En el Cuadro A1.1 se resume qué sectores, categorías, fuentes y sub-fuentes de emisión, se identificaron en el estado, señalando para cada uno de ellos, los tipos de gases que emiten.

Cuadro A1.1

| SECTOR/CATEGORÍA/FUENTE/SUBFUENTE DE EMISIÓN | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | HFC | PFC | SF ₆ |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----|-----|-----------------|
| [1] Energía | | | | | | |
| [1A] Actividades de quema de combustible | | | | | | |
| [1A1] Industrias de la energía | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1A2] Industrias manufactura y de la construcción | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1A3] Transporte | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1A3a] Aviación civil | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1A3b] Autotransporte | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1A3c] Ferrocarriles | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1A4] Otros sectores | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1A4a] y [1A4b] Residencial/Comercial/Institucional | • | • | • | NA | NA | NA |
| [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles | | | | | | |
| [1B2] Petróleo y gas natural | • | • | NA | NA | NA | NA |
| [1B2b] Gas natural (Transporte y distribución) | • | • | NA | NA | NA | NA |
| [2] Procesos Industriales | | | | | | |
| [2A] Industria de los minerales | | | | | | |
| [2A1] Producción de cemento | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [2C] Industria de los metales | | | | | | |
| [2C5] Producción de plomo | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [2C6] Producción de zinc | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra | | | | | | |
| [3A] Ganado | | | | | | |
| [3A1] Fermentación entérica | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [3A1a] Bovino | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [3A1c] Ovinos | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [3A1d] Caprino | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [3A1f] Caballos | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [3A1g] Mulas y asnos | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [3A1h] Porcinos | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [3A2] Gestión del estiércol | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3A1a] Bovino | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3A1c] Ovinos | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3A1d] Caprino | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3A1f] Caballos | NA | • | • | NA | NA | NA |

Cuadro A1.1 (CONT.)

| SECTOR/CATEGORÍA/FUENTE/SUBFUENTE DE EMISIÓN | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | HFC | PFC | SF ₆ |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----|-----|-----------------|
| [3A1g] Mulas y asnos | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3A1h] Porcinos | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3A2i] Aves de corral | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3B] Tierra | | | | | | |
| [3B1] Tierras forestales | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B1a] Tierras forestales que permanecen como tal | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B1b] Tierras convertidas a tierras forestales | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B2] Tierra de cultivo | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B2a] Tierras de cultivo que permanecen como tal | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B2b] Tierras convertidas a tierras de cultivo | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B3] Praderas | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B3a] Praderas que permanecen como tal | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B3b] Tierras convertidas en praderas | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B4] Humedales | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B4b] Tierras convertidas en humedales | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B5] Asentamientos | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B5b] Tierras convertidas en asentamientos | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B6] Otras tierras | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3B6b] Tierras convertidas en otras tierras | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra | | | | | | |
| [3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3C1a] Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3C1b] Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [3C1c] Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3C2] Encalado | • | NA | NA | NA | NA | NA |
| [3C3] Aplicación de urea | • | NA | • | NA | NA | NA |
| [3C4] Emisiones directas de los N ₂ O de los suelos gestionados | NA | NA | • | NA | NA | NA |
| [3C5] Emisiones indirectas de los N ₂ O de los suelos gestionados | NA | NA | • | NA | NA | NA |
| [3C6] Emisiones indirectas de los N ₂ O de la gestión del estiércol | NA | NA | • | NA | NA | NA |
| [4] Residuos | | | | | | |
| [4A] Eliminación de residuos sólidos urbanos | | | | | | |
| [4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios) | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos | NA | • | NA | NA | NA | NA |
| [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos | | | | | | |
| | NA | • | • | NA | NA | NA |

Cuadro A1.1 (CONT.)

| SECTOR/CATEGORÍA/FUENTE/SUBFUENTE DE EMISIÓN | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | HFC | PFC | SF ₆ |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----|-----|-----------------|
| [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos | | | | | | |
| [4C1] Incineración de residuos peligrosos (Industriales y biológicos infecciosos) | • | • | • | NA | NA | NA |
| [4C2] Quema de residuos a cielo abierto | • | • | • | NA | NA | NA |
| [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales | | | | | | |
| [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales | NA | • | • | NA | NA | NA |
| [4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | NA | • | NA | NA | NA | NA |

Para 2017, las emisiones brutas, es decir, sin considerar las absorciones de la categoría [3B] Tierra, ascendieron a 31,008.66 GgCO₂e. Las emisiones netas, para el mismo año, fueron 18,266.98 GgCO₂e, reflejando la absorción de CO₂ que simboliza la captación del carbono asociado a las permanencias en el uso de suelo, y refleja la dinámica de los bosques como sumidero de carbono en la región.

En 2017, el Sector [1] Energía representó el 54.39% de las emisiones estatales, totalizando 16,866.4 GgCO₂e; el Sector [3] Agricultura y Silvicultura y otros Usos de la Tierra fue el segundo sector que más contribuyó a las emisiones de GEI en el estado para ese mismo año, con el 38.28%, seguido del Sector [4] Residuos y del Sector [2] Procesos Industriales y usos de productos aportando con el 4.52% y el 2.80%, respectivamente.

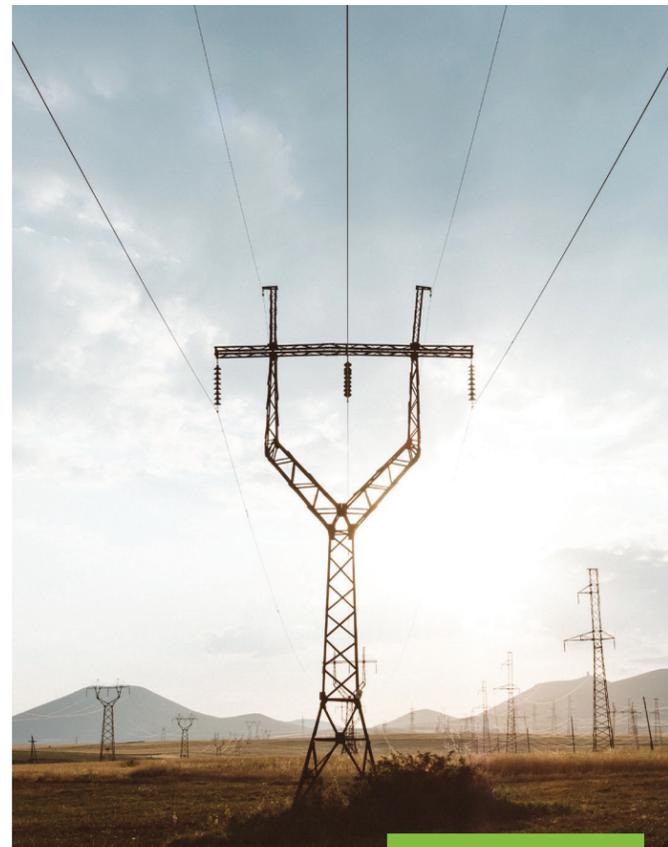
En las siguientes secciones, se presenta la narrativa de la actualización del inventario en base a los sectores mencionados.

SECTOR [1] ENERGÍA

Las categorías principales en este sector se conforman por las emisiones derivadas de las actividades que queman combustibles [1A], las cuales liberan principalmente dióxido de carbono (CO₂) y en cantidades mucho menores metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) y las emisiones fugitivas derivadas de la fabricación de combustibles [1B], emitiendo principalmente metano (CH₄).

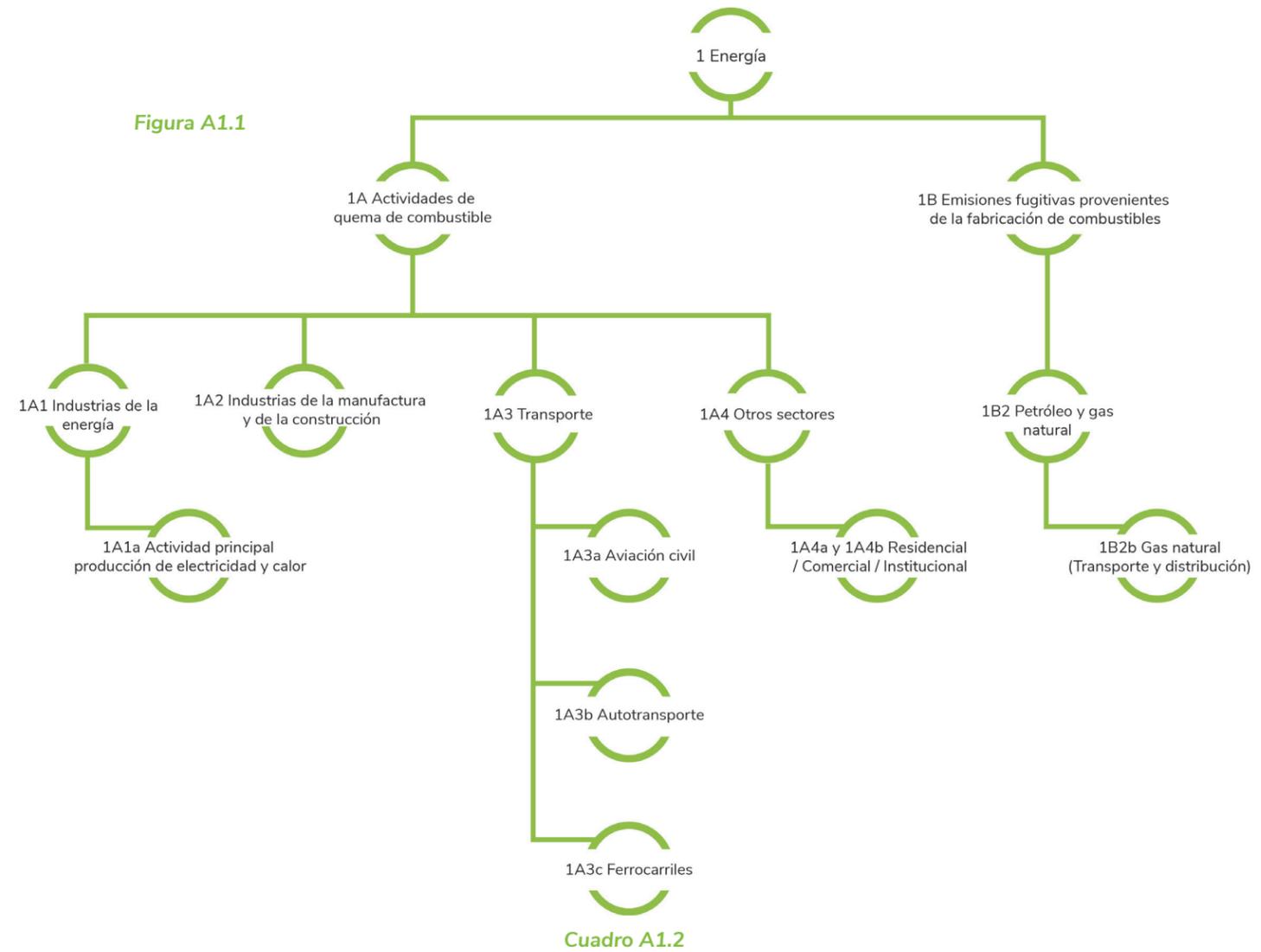
Con base en las Directrices de IPCC 2006 para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones, y de acuerdo con los resultados del análisis correspondiente a la identificación de actividades emisoras de GEI en el estado de Chihuahua, las categorías, subcategorías, fuentes y sub-fuentes de emisión que se incluyen en el sector [1] Energía, son las que se muestran a continuación (Figura A1.1).

En el Cuadro A1.2 se presentan las emisiones del sector [1] Energía para el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua. Como se puede observar, las emisiones provenientes de las actividades de quema de combustible, contribuye con más del 96%, en promedio, del total del sector. Dentro de las fuentes, la producción de electricidad y el autotransporte generan, en conjunto, más del 77% de las emisiones dentro del sector en el periodo del inventario.



Fuente: LEMUR

Figura A1.1



Cuadro A1.2

| Sector/Categoría/Subcategoría/Fuente | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| [1] Energía | 17,727.12 | 17,731.08 | 17,514.15 | 16,880.34 | 16,866.40 |
| [1A] Actividades de quema del combustible | 17,484.64 | 17,365.20 | 16,829.77 | 16,880.34 | 16,866.40 |
| [1A1] Industrias de la energía | 7,456.00 | 7,571.13 | 6,802.51 | 6,138.44 | 6,128.96 |
| [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor | 7,456.00 | 7,571.13 | 6,802.51 | 6,138.44 | 6,128.96 |
| [1A2] Industrias manufactura y de la construcción | 1,830.10 | 1,814.48 | 1,435.03 | 1,993.28 | 2,147.04 |
| [1A3] Transporte | 6,630.93 | 6,585.70 | 7,073.36 | 7,242.24 | 7,114.31 |
| [1A3a] Aviación civil | 122.41 | 131.24 | 140.06 | 148.88 | 157.70 |
| [1A3b] Autotransporte | 6,429.38 | 6,364.91 | 6,824.50 | 6,985.50 | 6,862.81 |
| [1A3c] Ferrocarriles | 79.14 | 89.55 | 108.80 | 107.86 | 93.80 |
| [1A4] Otros sectores | 1,567.61 | 1,393.89 | 1,518.88 | 1,506.38 | 1,476.08 |
| [1A4a) y [1A4b) Residencial/Comercial/Institucional | 1,567.61 | 1,393.89 | 1,518.88 | 1,506.38 | 1,476.08 |
| [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles | 242.48 | 365.88 | 684.38 | 0.00 | 0.00 |
| [1B2] Petróleo y gas natural | 242.48 | 365.88 | 684.38 | 0.00 | 0.00 |
| [1B2b) Gas natural (Transporte y Distribución) | 242.48 | 365.88 | 684.38 | 0.00 | 0.00 |

A continuación, se detalla el proceso aplicado para la estimación de emisiones de GEI correspondiente a las categorías, subcategorías, fuentes y sub-fuentes de emisión asociadas a este sector.

[1A] ACTIVIDADES DE LA QUEMA DEL COMBUSTIBLE

Dentro de las actividades de la quema de combustible se consideran todas las emisiones de GEI que emanan de la combustión. De todo el universo que conforma esta categoría, las fuentes identificadas en la entidad son la producción de electricidad, la quema de combustibles en las industrias manufacturera y de la construcción, en transporte y en el sector residencial/comercial e institucional. Las consideraciones metodológicas de cada una de estas actividades se explican a continuación.

[1A1A] ACTIVIDAD PRINCIPAL PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD Y CALOR
Como su nombre lo indica, las emisiones de GEI de esta fuente incluyen aquellas derivadas de la producción de electricidad. En el Cuadro A1.3 se muestran las emisiones generadas en el periodo del inventario, observándose una disminución en las cantidades emitidas entre 2013 y 2017 de 1,327.04 GgCO₂e. Revisando los datos de consumo de combustible, la razón de esta baja se debe por una disminución importante en el uso del combustóleo para generar electricidad.

Dichas emisiones, proceden del uso de gas natural, diésel y combustóleo como fuentes de energía para la producción de electricidad en las diez centrales de generación eléctrica a base de combustión fósil en termoeléctricas de vapor convencional, ciclo combinado y turbogás con las que cuenta la entidad.

Las centrales de generación del sector público que se consideraron se describen en el Cuadro A1.4.

Cuadro A1.3

| Fuente | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [1A1a] Actividad principal producción de electricidad y calor | 7,456.00 | 7,571.13 | 6,802.51 | 6,138.44 | 6,128.96 |

Cuadro A1.4

| Centrales de generación | Tipo de tecnología |
|--------------------------|--------------------------------------|
| Francisco Villa | Termoeléctrica de vapor convencional |
| Samalayuca | Termoeléctrica de vapor convencional |
| Chihuahua II (El encino) | Ciclo Combinado |
| Samalayuca II | Ciclo Combinado |
| Norte II* | Ciclo Combinado |
| Transalta Chihuahua III* | Ciclo Combinado |
| Chaveña | Turbogás |
| Chihuahua | Turbogás |
| Industrial Juárez | Turbogás |
| Parque | Turbogás |

*Productor Independiente de Energía

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de emisiones de GEI asociadas a la producción de electricidad en el estado de Chihuahua, se ha realizado aplicando un método nivel 1 de acuerdo con las Directrices de IPCC 2006² para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones, cuyo principio se basa en el dato de actividad que, en el caso de esta fuente de emisión, resulta ser la cantidad de combustible quemado, como elemento de entrada para dicha estimación como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Emisiones_{GEI} = \sum Consumo\ de\ combustible_i \times FE_{GEI,combustible\ i}$$

donde:

$Emisiones_{GEI}$ = emisiones de un gas de efecto invernadero dato por tipo de combustible (i), en kg

Consumo de combustible_i = cantidad de combustible quemado (tonelada, m³)

$FE_{GEI,combustible\ i}$ = Factor de emisión por defecto o propio del país (kg GEI/t, m³)

DATOS DE ACTIVIDAD

En lo que respecta a la obtención de datos de actividad sobre combustible quemado para la producción de electricidad en el estado de Chihuahua en el periodo 2013-2017, la información se obtuvo del Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía (SENER), la cual se muestra en el Cuadro A1.5.

Cuadro A1.5

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Gas natural | 2,833,344,070 | 3,163,342,062 | 2,900,722,450 | 2,696,478,829 | 2,734,731,227 |
| Diésel | 29,073 | 174 | 174 | 290 | 290 |
| Combustóleo | 376,343 | 204,039 | 118,197 | 66,240 | 37,122 |

Fuente: Sistema de Información Energética (SIE), SENER. Gas natural: IMP: Demanda Interna de Gas Natural por estado, Sectores Eléctrico Público y Exportación de Electricidad; Diésel: IMP: Demanda Interna de Diésel por estado, Sector Eléctrico Público; Combustóleo: IMP: Demanda Interna de Combustóleo por estado, Sector Eléctrico Público.

FACTORES DE EMISIÓN

Para la estimación de emisiones es necesario contar con factores de emisión por tipo de GEI en función de su correspondiente combustible, siendo éstos, a partir de los cuales es posible obtener dicho resultado.

Asimismo, y considerando que usualmente los factores de emisión se encuentran dados en unidades energéticas, es necesario convertir estos a las unidades de consumo de los datos

de actividad; que, en el caso del proceso de estimación de emisiones para el estado de Chihuahua, se realizó a través de la aplicación de los datos sobre poder calorífico para cada tipo de combustible emitidos por la SENER en su Balance Nacional de Energía. Lo anterior, para los años considerados en el periodo de reporte y que son los que se muestran en el Cuadro A1.6.

Cuadro A1.6

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gas natural | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Diésel | 0.036 | 0.035 | 0.040 | 0.038 | 0.038 |
| Combustóleo | 0.040 | 0.040 | 0.041 | 0.040 | 0.040 |

Fuente: Balance Nacional de Energía 2017, SENER, Cuadro 30, Página 81.

² Directrices del IPCC 2006. Vol. 2, Cap. 2: Combustión estacionaria.

Para el caso de los factores aplicados en la estimación de emisiones por producción de electricidad, y tomando en consideración que sus unidades de origen se encuentran dadas en términos energéticos (kgGEI/TJ), se han homologado dichas unidades a términos de volumen (tonelada de GEI/m³), para hacerlo consistente con la referencia de los datos de actividad, situación que se aplicó para cada uno de los años considerados en el periodo de reporte. Los resultados se muestran en el Cuadro A1.7.

Cuadro A1.7

| Combustible | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
|--------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Factores de Emisión 2013 | | | |
| Gas natural | 2.18E-3 | 1.13E-8 | 3.77E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.62E+0 | 1.08E-4 | 2.16E-5 |
| Combustóleo | 3.19E+0 | 1.20E-4 | 2.41E-5 |
| Factores de Emisión 2014 | | | |
| Gas natural | 2.19E-3 | 1.14E-8 | 3.79E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.58E+0 | 1.06E-4 | 2.12E-5 |
| Combustóleo | 3.15E+0 | 1.19E-4 | 2.38E-5 |
| Factores de Emisión 2015 | | | |
| Gas natural | 2.21E-3 | 1.15E-8 | 3.83E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.88E+0 | 1.19E-4 | 2.38E-5 |
| Combustóleo | 3.26E+0 | 1.23E-4 | 2.46E-5 |
| Factores de Emisión 2016 | | | |
| Gas natural | 2.20E-3 | 1.14E-8 | 3.80E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.74E+0 | 1.13E-4 | 2.25E-5 |
| Combustóleo | 3.20E+0 | 1.21E-4 | 2.42E-5 |
| Factores de Emisión 2017 | | | |
| Gas natural | 2.20E-3 | 1.14E-8 | 3.80E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.74E+0 | 1.13E-4 | 2.25E-5 |
| Combustóleo | 3.20E+0 | 1.21E-4 | 2.42E-5 |

Fuente: Factores de CO₂: Estudio "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México", Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf. Excepto coque de petróleo que se toma del IPCC 2006; Factores de CH₄ y N₂O: Directrices del IPCC 2006, Vol. 2: Energía, Capítulo 2: Combustión estacionaria, y Capítulo 3: Combustión móvil.

[1A2] INDUSTRIAS DE LA MANUFACTURA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

Con base en las Directrices del IPCC de 2006, las emisiones que se estiman en esta categoría corresponden a las derivadas de la quema de combustibles fósiles en la industria, incluyendo aquellas derivadas del consumo de combustibles fósiles para la autogeneración de electricidad³.

Con base en la anterior, las emisiones de GEI correspondientes a la industria de la manufactura y de la construcción en el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua se muestran en el Cuadro A1.8.

Cuadro A1.8

| Subcategoría | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [1A2] Industrias de la manufactura y de la construcción | 1,830.10 | 1,814.48 | 1,435.03 | 1,993.28 | 2,147.04 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

De la misma forma que en la fuente anterior, la estimación de emisiones de GEI de la industria de la manufactura y de la construcción se basa en el dato de actividad, de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006. Para el caso de esta fuente de emisión, el dato de actividad es la cantidad de combustible quemado, y las emisiones se estiman, bajo un método nivel 1, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Emisiones_{GEI} = \sum Consumo\ de\ combustible_i \times FE_{GEI,combustible\ i}$$

donde:

Emisiones_{GEI} = emisiones de un gas de efecto invernadero dato por tipo de combustible (i), en kg
 Consumo de combustible_i = cantidad de combustible quemado (tonelada, m³)
 FE_{GEI, combustible i} = Factor de emisión por defecto o propio del país (kg GEI/t, m³)

DATOS DE ACTIVIDAD

Para la consolidación de los datos de actividad, con base en la información disponible a través del Sistema de Información Energética (SIE) de SENER, se identificaron los siguientes consumos de combustibles fósiles en la industria de la manufactura y de la construcción:

- Gas natural
- Diésel para la autogeneración de electricidad
- Diésel para consumo en industria distinto a la autogeneración
- Combustóleo
- Coque de petróleo

En virtud de lo anterior, los datos y supuestos aplicados para su obtención se describen a continuación:

Gas natural

Con base en la información disponible en el SIE de SENER, se obtiene la demanda interna de gas natural por entidad federativa en el sector industrial y la autogeneración de electricidad en millones de pies cúbicos diarios (MMpcd), mismos que se convierten para obtener dicho consumo en unidades de m³ como se muestra en el Cuadro A1.9.

Cuadro A1.9

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Gas natural | 395,319,568 | 385,355,961 | 377,469,827 | 436,217,904 | 474,511,644 |

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER. IMP: Demanda Interna de Gas Natural por estado, Sectores Industrial y Autogeneración de Electricidad.

³ Ibid., Recuadro 2.1.

Diésel

En el caso de este combustible, el SIE de SENER ofrece la información asociada al consumo dividida en dos rubros, por una parte, la demanda interna de diésel por estado en el sector de autogeneración de electricidad y, por otra parte, la demanda interna de diésel en el estado por parte del sector industrial, ambos datos en miles de barriles diarios, que son convertidos a m³. Estos datos se enlistan en el Cuadro A1.10.

Cuadro A1.10

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Diésel Autogeneración | 27,680 | 49,732 | 16,480 | 38,183 | 13,172 |
| Diésel Industria | 185,581 | 169,912 | 189,062 | 144,147 | 368,144 |

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER. Diésel, Autogeneración: IMP: Demanda Interna de Diésel por estado, Sector Autogeneración de Electricidad; Diésel, Industrial: IMP: Demanda Interna de Diésel por estado, Sector Industrial.

Combustóleo

La determinación del consumo de combustóleo en el sector industrial proviene de la aplicación de un par de supuestos, ya que, a diferencia del gas natural y el diésel, el SIE no cuenta con una estadística directa para identificar este consumo en el estado, sin embargo, sí existe un registro de consumo de combustóleo en Chihuahua, por lo que se asume lo siguiente:

Supuesto: A partir de la demanda interna de combustóleo por estado, se cuenta con un consumo total: por otra parte, el SIE ofrece datos sobre el consumo de combustóleo para

la generación de electricidad. Por lo tanto, se asume que, si se resta la demanda de combustóleo para generación de electricidad en Chihuahua, se obtendrá un aproximado del consumo de combustóleo en el sector industrial.

A partir de este supuesto, la aproximación obtenida para el consumo de combustóleo en la industria de la manufactura y de la construcción en el estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 se detallan en el Cuadro A1.11.

Cuadro A1.11

| Dato de actividad | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Demanda total de combustóleo en Chihuahua ^a | 397,217.85 | 214,596.29 | 119,484.52 | 232,063.43 | 54,432.48 |
| Demanda total de combustóleo para generación de electricidad en Chihuahua ^b | 376,343.42 | 204,039.12 | 118,197.35 | 66,239.87 | 37,121.98 |
| Demanda total de combustóleo en el sector industrial ^c | 20,874.43 | 10,557.18 | 1,287.17 | 165,823.56 | 17,310.50 |

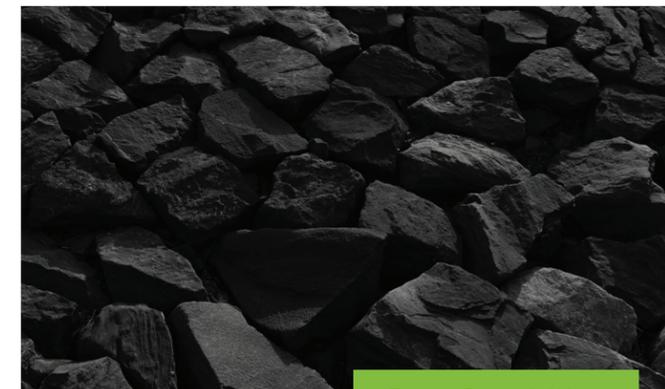
Fuente: Sistema de Información Energética, SENER. a: Demanda Total de Combustóleo en Chihuahua; b: Demanda Total de Combustóleo para Generación de Electricidad en Chihuahua; c: Estimación propia.

Cabe mencionar, que en el caso de la "Demanda total de combustóleo para generación de electricidad en Chihuahua" que se muestra en el Cuadro A1.11, para los años 2016 y 2017 no existen datos disponibles, sin embargo, y con base en el análisis de la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA), estimada

en -43.96%, se derivan los datos para dichos años, situación que es consistente con el enfoque de eliminación de consumo de este energético hacia el corto y mediano plazo en el sector industrial. Contexto que puede encontrarse en las Prospectivas de Petróleo Crudo y Petrolíferos de SENER.

Coque de petróleo

Para el caso de este combustible, al igual que con el combustóleo, el SIE no ofrece una estadística asociada directamente al sector industrial. Sin embargo, y derivado del análisis de actividades y fuentes emisoras de GEI que se realizó para determinar el alcance del Inventario, se identificó la presencia de la industria cementera en dicha entidad. Partiendo de una estadística del SIE que registra la demanda interna de coque de petróleo por estado, se obtiene el dato, el cual, se asume corresponde en su totalidad al sector industrial (ver Cuadro A1.12).



Fuente: Dynamic Wang

Cuadro A1.12

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------|---------|---------|------|------|------|
| Coque de petróleo | 119,052 | 119,052 | 304 | 305 | 308 |

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER. Demanda interna de coque de petróleo por estado, 2014-2030.

Cabe señalar, que a pesar de existir una estadística en el SIE denominada "Consumo estatal de coque de petróleo de la industria del cemento, 2014-2030", ésta no contiene información asociada al estado de Chihuahua, razón por la cual se ha optado por utilizar los datos ofrecidos a nivel estatal bajo el contexto antes referido.

FACTORES DE EMISIÓN

Para convertir los factores de emisión dados en unidades energéticas, a las unidades de consumo de los datos de actividad, se utilizaron los datos de poder calorífico para cada tipo de combustible emitidos por la Secretaría de Energía en su Balance Nacional de Energía. Lo anterior, para los años considerados en el periodo de reporte y detallándose en el Cuadro A1.13.

Cuadro A1.13

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gas natural | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Diésel | 0.036 | 0.035 | 0.040 | 0.038 | 0.038 |
| Combustóleo | 0.040 | 0.040 | 0.041 | 0.040 | 0.040 |
| Coque de petróleo | 0.029 | 0.032 | 0.033 | 0.033 | 0.033 |

Fuente: Balance Nacional de Energía 2017, SENER, Cuadro 30, Página 81.

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones derivadas de la quema de combustible en la industria de la manufactura y de la construcción se resumen en el Cuadro A1.14.

Cuadro A1.14

| Combustible | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
|--------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Factores de Emisión 2013 | | | |
| Gas natural | 2.18E-3 | 1.13E-8 | 3.77E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.62E+0 | 1.08E-4 | 2.16E-5 |
| Combustóleo | 3.19E+0 | 1.20E-4 | 2.41E-5 |
| Factores de Emisión 2014 | | | |
| Gas natural | 2.19E-3 | 1.14E-8 | 3.79E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.58E+0 | 1.06E-4 | 2.12E-5 |
| Combustóleo | 3.15E+0 | 1.19E-4 | 2.38E-5 |
| Factores de Emisión 2015 | | | |
| Gas natural | 2.21E-3 | 1.15E-8 | 3.83E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.88E+0 | 1.19E-4 | 2.38E-5 |
| Combustóleo | 3.26E+0 | 1.23E-4 | 2.46E-5 |
| Factores de Emisión 2016 | | | |
| Gas natural | 2.20E-3 | 1.14E-8 | 3.80E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.74E+0 | 1.13E-4 | 2.25E-5 |
| Combustóleo | 3.20E+0 | 1.21E-4 | 2.42E-5 |
| Factores de Emisión 2017 | | | |
| Gas natural | 2.20E-3 | 1.14E-8 | 3.80E-9 |
| Gas/Diésel oil | 2.74E+0 | 1.13E-4 | 2.25E-5 |
| Combustóleo | 3.20E+0 | 1.21E-4 | 2.42E-5 |

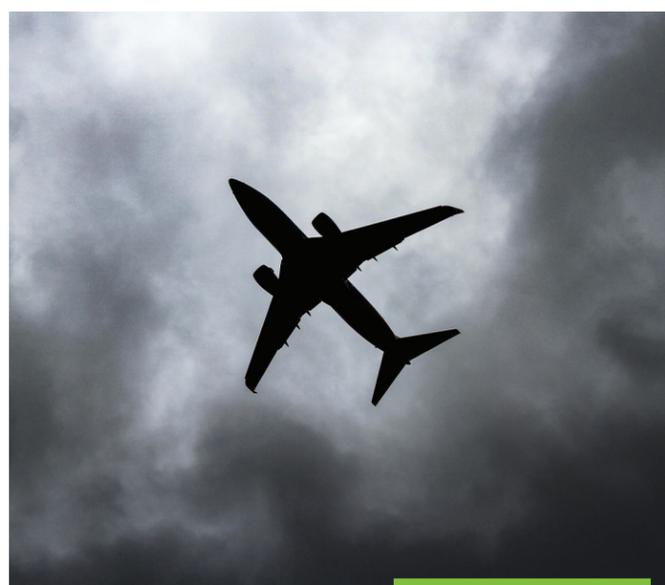
Fuente: Factores de CO₂: Estudio "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México", Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf, excepto coque de petróleo que se toma del IPCC 2006; FACTORES DE CH₄ y N₂O: Directrices del IPCC 2006, Vol. 2: Energía, Capítulo 2: Combustión estacionaria, y Capítulo 3: Combustión móvil.

[1A3] TRANSPORTE

De acuerdo con las Directrices de IPCC 2006, las emisiones asociadas a esta categoría son aquellas derivadas de la quema de combustibles fósiles para los distintos sistemas de transporte existentes en el estado de Chihuahua. Los tres sistemas de transporte que se identificaron como fuentes de emisión en la entidad son:

- [1A3a] Aviación civil
- [1A3b] Autotransporte
- [1A3c] Ferrocarriles

En el Cuadro A1.15 se muestran las emisiones generadas por el transporte en la entidad. Como se puede observar en la tabla, el autotransporte es el mayor emisor de los tres tipos de sistemas de transporte contabilizados, contribuyendo con más del 96% de las emisiones en esa categoría. Dichas emisiones son derivadas del uso de gasolina, diésel y turbosina.



Fuente: Trinity Moss

Cuadro A1.15

| Subcategoría/Fuente | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [1A3] Transporte | 6,630.93 | 6,585.70 | 7,073.36 | 7,242.24 | 7,114.31 |
| [1A3a] Aviación civil | 122.41 | 131.24 | 140.06 | 148.88 | 157.70 |
| [1A3b] Autotransporte | 6,429.38 | 6,364.91 | 6,824.50 | 6,985.50 | 6,862.81 |
| [1A3c] Ferrocarriles | 79.14 | 89.55 | 108.80 | 107.86 | 93.80 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

De la misma forma que en la categoría anterior, la estimación de emisiones de GEI en la fuente de emisión [1A3] Transporte de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, se basa en el principio del dato de actividad; que, en este caso, resulta ser la cantidad de combustible quemado para dicha actividad, bajo un método nivel 1 como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Emisiones_{GEI} = \sum Consumo\ de\ combustible_i \times FE_{GEI,combustible\ i, Transporte}$$

donde:

Emisiones_{GEI} = emisiones de un gas de efecto invernadero dato por tipo de combustible (i), en kg
 Consumo de combustible_i = cantidad de combustible quemado (tonelada, m³)
 FE_{GEI,combustible i} = Factor de emisión por defecto o propio del país (kg GEI/t, m³)

Derivado de lo anterior, los datos y supuestos aplicados para la obtención de los datos de actividad de la subcategoría [1A3] Transporte, se describen a continuación:

Gasolina

Con base en la información disponible en el SIE de SENER, se obtiene la "Demanda interna de gasolinas automotrices por estado", en miles de barriles diarios (mbd), mismos que son convertidos a metros cúbicos (m³), obteniendo los datos que se enlistan en el Cuadro A1.16.

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad identificados para la estimación de emisiones de GEI en la fuente [1A3] Transporte, fueron recopilados a partir de la información disponible en el SIE los cuales, fueron:

- Gasolina
- Diésel
- Gasolina para aviación

Cuadro A1.16

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Gasolinas | 1,822,792 | 1,817,685 | 1,915,582 | 1,992,647 | 1,958,235 |

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER. IMP: Demanda interna de gasolinas automotrices por estado.

Diésel

En el caso de este combustible, el SIE de SENER ofrece la información asociada al consumo dividida en dos rubros, por una parte, la "Demanda interna de diésel por estado, sector autotransporte", y, por otra parte, la "Demanda interna de diésel por estado, sector transporte ferroviario", ambos datos en miles de barriles diarios (mbd), que son convertidos a metros cúbicos, como se detallan en el Cuadro A1.17.

Cuadro A1.17

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Diésel Autotransporte | 752,364 | 741,222 | 724,335 | 756,948 | 743,137 |
| Diésel Ferroviario | 27,332 | 31,452 | 34,122 | 35,631 | 30,988 |

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER. IMP: Demanda Interna de diésel por estado, sector autotransporte; IMP: Demanda Interna de diésel por estado, sector transporte ferroviario.

Gasolina para aviación

Con base en la información disponible del SIE, se obtiene la "Demanda interna de turbosina por estado", en miles de barriles diarios, misma que se convierte a metros cúbicos (m³). Cabe señalar que para determinar el consumo para el periodo 2013–2017, fue necesario realizar una interpolación tomando en consideración el último dato disponible previo a 2017, que corresponde al año 2001, a partir de éste, el periodo 2002–2016 se obtiene bajo dicho enfoque, como se muestra en el Cuadro A1.18.

Cuadro A1.18

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Turbosina | 53,199 | 57,033 | 60,867 | 64,700 | 68,534 |

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER. IMP: Demanda interna de turbosina por estado.

FACTORES DE EMISIÓN

Como en las fuentes anteriores, hay que convertir los factores de emisión dados en unidades energéticas, a las unidades de consumo de los datos de actividad. Para ello, se utilizan los datos de poder calorífico para cada tipo de combustible emitidos por la Secretaría de Energía en su Balance Nacional de Energía. Los poderes caloríficos empleados se indican en el Cuadro A1.19.

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones en aviación civil, autotransporte y ferrocarriles se resumen en el Cuadro A1.20.

Cuadro A1.19

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gasolinas | 0.032 | 0.032 | 0.033 | 0.032 | 0.032 |
| Diésel | 0.036 | 0.035 | 0.040 | 0.038 | 0.038 |
| Gasolina para aviación | 0.031 | 0.031 | 0.031 | 0.031 | 0.031 |

Fuente: Balance Nacional de Energía 2017, SENER, Cuadro 30, Página 81.

[1A4] OTROS SECTORES

De acuerdo con las Directrices de IPCC 2006, las emisiones asociadas a esta categoría son aquellas derivadas de la quema de combustibles fósiles a nivel residencial [1A4a] y comercial e institucional [1A4b] en el estado de Chihuahua.

Las emisiones estimadas en el periodo 2013–2017 asociadas a estas fuentes de emisión en el estado, se muestran en el Cuadro A1.21. Dichas emisiones son derivadas del uso de gas LP y gas natural a nivel residencial y comercial, diésel en comercios y leña en residencias.

Cuadro A1.20

| Combustible | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
|-------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Factores de Emisión 2013 | | | |
| Gas/Diésel oil (Transporte terrestre) | 2.62E+0 | 1.40E-4 | 1.40E-4 |
| Gas/Diésel oil (Transporte ferroviario) | 2.62E+0 | 1.49E-4 | 1.03E-3 |
| Gasolinas y naftas (Transporte terrestre) | 2.38E+0 | 1.22E-4 | 1.84E-4 |
| Turbosina (Gasolina para aviación) | 2.28E+0 | 1.57E-5 | 6.29E-5 |
| Factores de Emisión 2014 | | | |
| Gas/Diésel oil (Transporte terrestre) | 2.58E+0 | 1.38E-4 | 1.38E-4 |
| Gas/Diésel oil (Transporte ferroviario) | 2.58E+0 | 1.47E-4 | 1.01E-3 |
| Gasolinas y naftas (Transporte terrestre) | 2.38E+0 | 1.23E-4 | 1.84E-4 |
| Turbosina (Gasolina para aviación) | 2.28E+0 | 1.57E-5 | 6.29E-5 |
| Factores de Emisión 2015 | | | |
| Gas/Diésel oil (Transporte terrestre) | 2.88E+0 | 1.54E-4 | 1.54E-4 |
| Gas/Diésel oil (Transporte ferroviario) | 2.88E+0 | 1.64E-4 | 1.13E-3 |
| Gasolinas y naftas (Transporte terrestre) | 2.40E+0 | 1.24E-4 | 1.86E-4 |
| Turbosina (Gasolina para aviación) | 2.28E+0 | 1.57E-5 | 6.29E-5 |
| Factores de Emisión 2016 | | | |
| Gas/Diésel oil (Transporte terrestre) | 2.74E+0 | 1.47E-4 | 1.47E-4 |
| Gas/Diésel oil (Transporte ferroviario) | 2.74E+0 | 1.56E-4 | 1.07E-3 |
| Gasolinas y naftas (Transporte terrestre) | 2.40E+0 | 1.23E-4 | 1.85E-4 |
| Turbosina (Gasolina para aviación) | 2.28E+0 | 1.57E-5 | 6.29E-5 |
| Factores de Emisión 2017 | | | |
| Gas/Diésel oil (Transporte terrestre) | 2.74E+0 | 1.47E-4 | 1.47E-4 |
| Gas/Diésel oil (Transporte ferroviario) | 2.74E+0 | 1.56E-4 | 1.07E-3 |
| Gasolinas y naftas (Transporte terrestre) | 2.40E+0 | 1.23E-4 | 1.85E-4 |
| Turbosina (Gasolina para aviación) | 2.28E+0 | 1.57E-5 | 6.29E-5 |

Fuente: Factores de CO₂: Estudio "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México", Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf. excepto coque de petróleo que se toma del IPCC 2006; FACTORES DE CH₄ y N₂O: Directrices del IPCC 2006, Vol. 2: Energía, Capítulo 2: Combustión estacionaria, y Capítulo 3: Combustión móvil.

Cuadro A1.21

| Fuente | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| [1A4a] y [1A4b] Residencial/Comercial e Institucional | 1,567.61 | 1,393.89 | 1,518.88 | 1,506.38 | 1,476.08 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Derivado de las Directrices de IPCC 2006 y de un método de estimación nivel 1, con base en el principio del dato de actividad, las emisiones estimadas a nivel residencial, comercial e institucional en el estado de Chihuahua son producto de la cantidad de combustible quemado como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Emisiones_{GEI} = \sum Consumo\ de\ combustible_i \times FE_{GEI,combustible\ i}$$

donde:

Emisiones_{GEI} = emisiones de un gas de efecto invernadero dato por tipo de combustible (i), en kg

Consumo de combustible_i = cantidad de combustible quemado (tonelada, m³)

FE_{GEI,combustible i} = Factor de emisión por defecto o propio del país (kg GEI/t, m³)

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad identificados para la estimación de emisiones de GEI en las fuentes a nivel residencial, comercial e institucional, fueron recopilados a partir de la información disponible en el Sistema de Información Energética (SIE), de SENER, los cuales, fueron:

- Gas LP
- Gas natural
- Diésel
- Leña

A continuación, se describe el proceso llevado a cabo para la recopilación e integración de dichos datos.

Cuadro A1.22

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Gas LP residencial | 461,849 | 392,503 | 367,006 | 365,120 | 375,928 |
| Gas LP Comercio | 104,193 | 88,549 | 82,797 | 82,371 | 84,809 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos sobre "Demanda interna de gas LP por estado", disponibles en el Sistema de Información Energética de SENER, e información sobre distribución de uso disponible en el documento "Transición hacia mercados competitivos de energía: Gas LP – COFECE.

Gas natural

En el caso de los datos sobre consumo de gas natural a nivel residencial, comercial e institucional, la información disponible en el SIE de SENER únicamente agrupa a nivel estatal la demanda de gas natural para los sectores residencial, servicios y autotransporte; siendo necesario separar a este último sector para fines de la estimación de emisiones de estas fuentes.

Con base en lo anterior, el supuesto aplicado para la obtención de este consumo fue el siguiente:

"SUPUESTO: Se parte de la base disponible en el SIE, que contiene la demanda interna de Gas Natural por estado a nivel residencial, servicios y autotransporte. Con base en lo

anterior, para separar la cantidad de gas natural destinado al autotransporte, se sabe que de acuerdo con el INEGYCEI 1990-2015, el 0.0418% del consumo de gas natural fue destinado al autotransporte. Por lo anterior, se aplica de manera conservadora dicha proporción al dato estatal, asumiendo que la fracción restante corresponde al sector residencial y de servicios".

De esta forma, los datos sobre consumo de gas natural a nivel residencial, comercial e institucional en estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 que se obtuvieron se presentan en el Cuadro A1.23.

Cuadro A1.23

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Gas natural | 252,364,429 | 237,879,845 | 314,125,372 | 314,900,225 | 293,865,551 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGYCEI 1990-2015.

Diésel

Debido a que no existen datos estatales sobre consumo de diésel a nivel comercial, la obtención de estos datos para la estimación de las emisiones de GEI se realiza a partir de los siguientes supuestos:

"SUPUESTO 1: A partir de los datos disponibles en el SIE sobre la "Demanda interna de diésel por estado", que incluye información sobre la demanda total nacional; y sobre el "Consumo de energía en los sectores residencial, comercial

y público", que permite identificar el consumo nacional de diésel asociado al sector comercial; se obtiene la proporción que representa el consumo nacional de diésel a nivel comercial, respecto de la demanda nacional de este mismo combustible"

El Cuadro A1.24 muestra, a partir de este supuesto, la aproximación obtenida para el consumo de diésel a nivel comercial en el estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017.

Cuadro A1.24

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Demanda total nacional | 24,021,669 | 23,801,502 | 23,478,215 | 23,081,519 | 22,757,536 |
| Consumo nacional comercial | 121,705 | 123,560 | 144,601 | 54,429 | 0 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIE de SENER sobre: "IMP: Demanda Interna de Diésel por Estado"; y "Balance Nacional de Energía: Consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público".

En función de las proporciones estimadas, se aplica un segundo supuesto:

“SUPUESTO 2: Con base en la “Demanda interna de diésel por estado”, se obtienen los datos para el estado de Chihuahua, a los cuales, se les aplican las proporciones estimadas, considerando dicho resultado, una aproximación del consumo estatal de diésel a nivel comercial como se muestra a continuación (Cuadro A1.25)”:

Cuadro A1.25

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| Consumo estatal | 1,021,972 | 992,493 | 964,232 | 975,200 | 1,155,500 |
| Diésel comercio | 5,178 | 5,152 | 5,939 | 2,300 | 0.00* |

*Dato no disponible

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIE de SENER sobre: “IMP: Demanda Interna de Diesel por Estado”

Leña

Aunque no existen datos disponibles en el SIE sobre consumo de leña a nivel estatal, se sabe que se utiliza en el estado. Para la obtención de dichos datos, se aplicó el supuesto siguiente:

“SUPUESTO 1: Con datos disponibles en el SIE, se obtiene el consumo de leña a nivel nacional en PJ, y posteriormente, con base en el documento “Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990-2024”, se obtiene el consumo de leña para el estado de Chihuahua en los años 1990, 2000, 2005 y 2010, y se estima la fracción promedio que representa del total nacional, siendo dicho promedio 1.84%, el cual, se aplica al consumo nacional de leña para el periodo 2013-2017 con el fin de derivar el consumo a nivel estatal (Cuadro A1.26).”



Fuente: Sven Scheuermeier

Cuadro A1.26

| Combustible | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | Promedio |
|-------------------------------------------|------|------|------|------|----------|
| Consumo nacional de leña ^a | 276 | 285 | 266 | 259 | 1.84 |
| Consumo de leña en Chihuahua ^b | 6 | 5 | 5 | 5 | |
| % de consumo de leña en Chihuahua | 2.07 | 1.74 | 1.80 | 1.75 | |

Fuente: Elaboración propia a partir de: a) Datos del SIE sobre: “Consumo nacional de leña”, y b) “Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990-2024”, Tablas 2 y 3.

A partir de la fracción promedio estimada, se deriva el consumo estatal en función de los datos sobre consumo nacional para el periodo 2013–2017 en PJ como se muestra en el Cuadro A1.27.

Cuadro A1.27

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Consumo nacional de leña ^a | 255.42 | 254.12 | 252.84 | 251.56 | 250.31 |
| Consumo estatal estimado de leña | 4.71 | 4.68 | 4.66 | 4.63 | 4.61 |

Fuente: Elaboración propia a partir de: a) Datos del SIE sobre: “Consumo nacional de leña”, y b) “Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990-2024”, Tablas 2 y 3.

FACTORES DE EMISIÓN

Los poderes caloríficos utilizados para convertir los factores de emisión en unidades de consumo de los datos de actividad se muestran en el Cuadro A1.28.

Los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones derivadas de la quema de combustible a nivel residencial, comercial e institucional se resumen en el Cuadro A1.29.

Cuadro A1.28

| Combustible | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gas LP | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.026 |
| Gas natural | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Diésel | 0.036 | 0.035 | 0.040 | 0.038 | 0.038 |

Fuente: Balance Nacional de Energía 2017, SENER, Cuadro 30, Página 81.

⁴ Masera, O. et al. (2010) Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990-2024. UNAM, Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Disponible en: http://www.academia.edu/22326399/Estudio_sobre_la_evoluci%C3%B3n_nacional_del_consumo_de_le%C3%B1a_y_carb%C3%B3n_vegetal_en_M%C3%A9xico_1990_2024.

Cuadro A1.29

| Combustible | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Factores de Emisión 2013 | | | |
| Gas natural (Residencial y Comercial) | 2.18E-3 | 1.89E-7 | 3.77E-9 |
| Gas/Diésel oil (Comercial) | 2.62E+0 | 3.59E-4 | 2.16E-5 |
| Gas LP (Residencial) | 1.69E+0 | 1.30E-4 | 2.59E-6 |
| Gas LP (Comercial) | 1.69E+0 | 1.30E-4 | 2.59E-6 |
| Leña (Residencial) | 1.12E+5 | 3.00E+2 | 4.00E+0 |
| Factores de Emisión 2014 | | | |
| Gas natural (Residencial y Comercial) | 2.19E-3 | 1.89E-7 | 3.79E-9 |
| Gas/Diésel oil (Comercial) | 2.58E+0 | 3.53E-4 | 2.12E-5 |
| Gas LP (Residencial) | 1.69E+0 | 1.30E-4 | 2.59E-6 |
| Gas LP (Comercial) | 1.69E+0 | 1.30E-4 | 2.59E-6 |
| Leña (Residencial) | 1.12E+5 | 3.00E+2 | 4.00E+0 |
| Factores de Emisión 2015 | | | |
| Gas natural (Residencial y Comercial) | 2.21E-3 | 1.91E-7 | 3.83E-9 |
| Gas/Diésel oil (Comercial) | 2.88E+0 | 3.96E-4 | 2.38E-5 |
| Gas LP (Residencial) | 1.69E+0 | 1.30E-4 | 2.59E-6 |
| Gas LP (Comercial) | 1.69E+0 | 1.30E-4 | 2.59E-6 |
| Leña (Residencial) | 1.12E+5 | 3.00E+2 | 4.00E+0 |
| Factores de Emisión 2016 | | | |
| Gas natural (Residencial y Comercial) | 2.20E-3 | 1.90E-7 | 3.80E-9 |
| Gas/Diésel oil (Comercial) | 2.74E+0 | 3.76E-4 | 2.25E-5 |
| Gas LP (Residencial) | 1.70E+0 | 1.31E-4 | 2.61E-6 |
| Gas LP (Comercial) | 1.70E+0 | 1.31E-4 | 2.61E-6 |
| Leña (Residencial) | 1.12E+5 | 3.00E+2 | 4.00E+0 |
| Factores de Emisión 2017 | | | |
| Gas natural (Residencial y Comercial) | 2.20E-3 | 1.90E-7 | 3.80E-9 |
| Gas/Diésel oil (Comercial) | 2.74E+0 | 3.76E-4 | 2.25E-5 |
| Gas LP (Residencial) | 1.70E+0 | 1.31E-4 | 2.61E-6 |
| Gas LP (Comercial) | 1.70E+0 | 1.31E-4 | 2.61E-6 |
| Leña (Residencial) | 1.12E+5 | 3.00E+2 | 4.00E+0 |

Fuente: Factores de CO₂: Estudio "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México", Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2014. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf. excepto coque de petróleo que se toma del IPCC 2006; Factores de CH₄ y N₂O: Directrices IPCC 2006 para la elaboración de inventarios nacionales, Vol. 2: Energía, Capítulo 2: Combustión estacionaria, y Capítulo 3: Combustión móvil.

[1B] EMISIONES FUGITIVAS PROVENIENTES DE LA FABRICACIÓN DE COMBUSTIBLES

De acuerdo con las Directrices de IPCC 2006, las emisiones asociadas a esta categoría derivan de los sistemas usados para transportar gas natural procesado a los mercados, es decir, a los consumidores industriales y a los sistemas de distribución de gas natural. Asimismo, considera las emisiones fugitivas de la distribución de gas natural a los usuarios finales [1B2b] Gas natural, la cual es la fuente dentro de esta categoría que se cuantifica para la entidad.

Las emisiones generadas en esta fuente aumentaron de 242 GgCO₂e en 2013 a 684 GgCO₂e en 2015, desafortunadamente no hay datos sobre el volumen transportado de gas natural para los años 2016 y 2017 (ver Cuadro A1.30).

Cuadro A1.30

| Subcategoría | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| [1B2b] Gas natural (transporte y distribución) | 242 | 366 | 684 | nd | nd |

nd: no disponible contar con la cantidad de volumen transportado de gas natural.

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Derivado de las Directrices de IPCC 2006⁵ y tomando el método de estimación nivel 1, con base en el principio del dato de actividad, las emisiones estimadas para el transporte y distribución de gas natural en el estado de Chihuahua se derivan del siguiente arreglo metodológico:

$$Emisiones_{GEI, segind} = Actividad_{segind} * Factor\ de\ emisión_{GEI, segind}$$

donde:

Emisiones_{GEI, segind} = emisiones GEI por tipo de actividad, por segmento de la industria, en tCO₂e

Actividad_{segind} = valor de la actividad (unidades de la actividad)

Factor de emisión_{GEI, segind} = cantidad de GEI emitido por volumen de actividad y GEI (t_{GEI}/unidades de actividad)

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad identificados para la estimación de emisiones de GEI en la fuente [1B2b] Gas natural (transporte y distribución), fueron recopilados a partir de la información disponible en el SIE, los cuales fueron:

- Volumen de gas natural transportado
- Longitud de la red de ductos de distribución

A continuación, se describe el proceso llevado a cabo para la recopilación e integración de dichos datos.

Volumen de gas natural transportado

Con base en los permisos de transporte de acceso abierto de gas natural disponibles en el SIE, se obtuvieron los volúmenes de gas natural transportado en la entidad. Los valores se muestran en el Cuadro A1.31.

⁵ Directrices del IPCC 2006, Vol. 2, Capítulo 4: Emisiones fugitivas, Ecuación 4.2.1.

Cuadro A1.31

| Dato de actividad | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|------|------|
| Gasoducto de Chihuahua (San Isidro - Samalayuca) | 2,067 | 2,067 | 3,328 | ND | ND |
| Tarahumara Pipeline, S. de R. L. de C. V. (Cd. Juárez-Chihuahua) | 708 | 683 | 9,234 | ND | ND |
| Transportadora de Gas Natural del Noroeste, S. de R.L. de C.V. (El Encino, Chihuahua - Mazatlán, Sinaloa) | ND | 5,385 | 9,789 | ND | ND |
| Volumen total de gas natural transportado | 2,775 | 8,135 | 22,351 | 0 | 0 |

Fuente: Sistema de Información Energética, Permisos de transporte de acceso abierto de gas natural, CRE y CENAGAS.

Longitud de la red de ductos de distribución

Con base en la información disponible a través del SIE, se recopilan los datos sobre permisionarios de distribución de gas natural en el estado de Chihuahua, para identificar la longitud de la red de ductos que se indica en el Cuadro A1.32.

Cuadro A1.32

| Dato de actividad | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|
| Ecogas México (antes DGN de Chihuahua) Q4/Chihuahua | 2,031 | 2,088 | 2,088 | ND | ND |
| Gas Natural de Juárez Q4/Ciudad Juárez | 4,656 | 4,722 | 4,722 | ND | ND |
| Longitud de Red de Ductos de Distribución | 6,687 | 6,810 | 6,810 | 0 | 0 |

Fuente: Sistema de Información Energética, Dirección General de Planeación e Información Energéticas, Datos y compromisos quinquenales de los permisionarios de distribución.

FACTORES DE EMISIÓN

Para la estimación de emisiones de GEI, se ha integrado una compilación de factores a partir del estudio denominado "Determinación de factores de emisión para emisiones fugitivas de la industria petrolera en México", asociados a los datos de actividad antes descritos por tipo de GEI. Los resultados se muestran en el Cuadro A1.33.

Cuadro A1.33

| Dato de actividad | Factor de emisión | |
|----------------------------------------|--------------------|--------------------|
| | CO ₂ | CH ₄ |
| Unidades | t/MMm ³ | t/MMm ³ |
| Fugitivas: transporte de gas natural | 8.80E-4 | 4.80E-1 |
| Ventoeo: transporte de gas natural | 3.10E-3 | 3.20E-1 |
| Unidades | t/km | t/km |
| Fugitivas: distribución de gas natural | 2.68E-2 | 9.62E-1 |

Fuente: Estudio "Determinación de factores de emisión para emisiones fugitivas de la industria petrolera en México", Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Instituto Mexicano del Petróleo, Tablas 48 y 49. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/167851/emisiones_fugitivas.pdf

Los archivos que respaldan los resultados presentados son:

| Subcategoría/Fuente/Sub-fuente | Nombre archivo |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1A1a Actividad principal Producción de electricidad y calor | Sector1A1a_GenEnerElec_Ch13-17_15Feb19 |
| 1A2 Industrias manufacturera y de la construcción | Sector1A2_IndManyConst_Ch13-17_15Feb19 |
| 1A3 Transporte | Sector1A3_Transporte_Ch13-17_15Feb19 |
| 1A4a Comercial/Institucional / 1A4b Residencial | Sector1A4_RyC_Ch13-17_15Feb19 |
| B2 Petróleo y gas natural | Sector1B2_P&G_Ch13-17_15Feb19 |

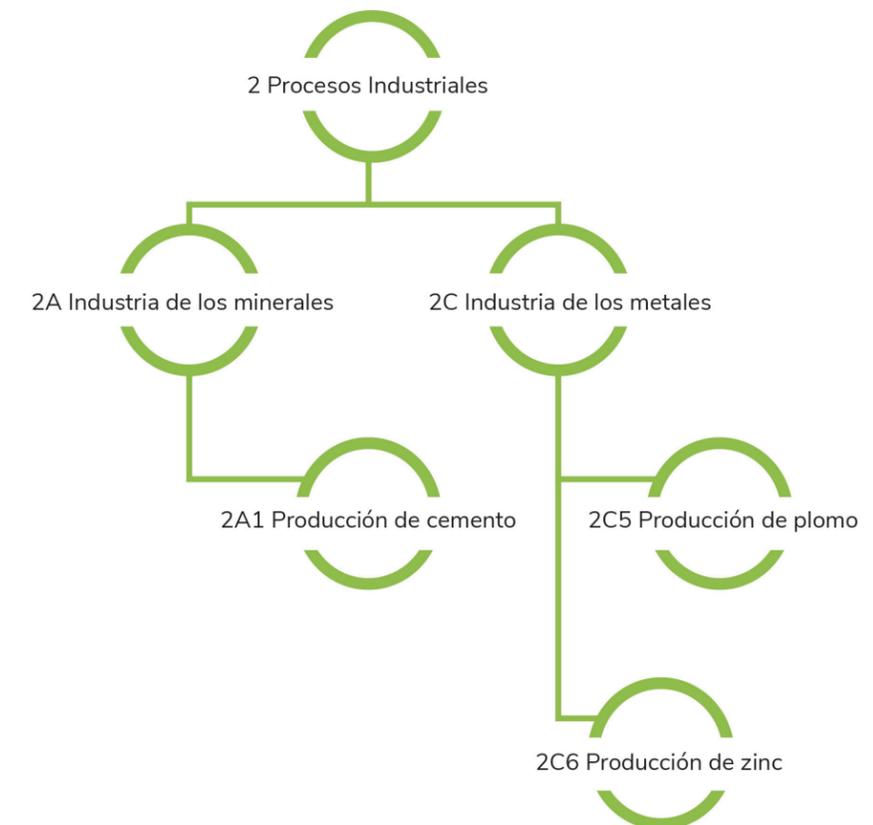
SECTOR [2] PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

En esta sección se abordan las emisiones de GEI que se originan por los procesos industriales, por el uso de gases de efecto invernadero en los productos y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles.

Las emisiones provenientes de los procesos industriales y uso de productos están en un rango entre 808 GgCO₂e en el 2013 y 869 GgCO₂e en 2017, lo que representa un incremento de 7.5%. La producción de cemento es la fuente más importante, contribuyendo en promedio, en el periodo del inventario, con el 74% de las emisiones totales del sector. La estadística completa se puede ver en el Cuadro A1.34.

Las categorías, subcategorías y fuentes de emisión que han sido cuantificadas en el presente inventario se muestran en la Figura A1.2.

Figura A1.2



Cuadro A1.34

| Sector/Categoría/Subcategoría | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2 Procesos industriales | 808.32 | 832.25 | 845.35 | 886.90 | 869.54 |
| 2A Industria de los minerales | 564.00 | 596.36 | 645.50 | 661.20 | 677.90 |
| 2A1 Producción de cemento | 564.00 | 596.36 | 645.50 | 661.20 | 677.90 |
| 2C Industria de los metales | 244.32 | 235.90 | 199.85 | 225.70 | 191.64 |
| 2C5 Producción de plomo | 29.55 | 28.88 | 19.51 | 22.20 | 18.77 |
| 2C6 Producción de zinc | 214.77 | 207.02 | 180.34 | 203.50 | 172.87 |

A continuación, se describen las consideraciones hechas para el cálculo de las subcategorías [2A1] Producción de cemento, [2C5] Producción de plomo y [2C6] Producción de zinc.

[2A1] PRODUCCIÓN DE CEMENTO

En esta subcategoría se estiman las emisiones de CO₂ que se generan durante la producción de Clinker, como parte del proceso de fabricación de cemento.

Las emisiones de GEI derivadas de la producción de cemento en el estado de Chihuahua para el periodo 2013-2017 se muestran en el Cuadro A1.35. Dichas emisiones, proceden de la fabricación de cemento con base en su contenido de Clinker.

Cuadro A1.35

| Subcategoría | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| [2A1] Producción de cemento | 564.00 | 596.36 | 645.50 | 661.20 | 677.90 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de emisiones de GEI asociadas a la producción de cemento en el estado de Chihuahua se ha realizado aplicando un método nivel 1 de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006⁶, cuyo principio se basa en el dato de actividad que, en el caso de esta fuente de emisión, resulta ser la cantidad de cemento producido asociado a la cantidad de Clinker contenida en éste, como elemento de entrada para dicha estimación como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{\text{GEI}} = [((\text{Cemento}_{\text{producido}} * \text{Fracción}_{\text{clinker}}) - \text{Imp} + \text{Exp}) * \text{FE}_{\text{CLK}}] * \text{PCG}$$

donde:

Emisiones_{GEI} = emisiones GEI derivadas de la producción de cemento en tCO₂e

Cemento_{producido} = cantidad de cemento producido en toneladas

Fracción_{clinker} = fracción de Clinker contenido en el cemento

Imp = importaciones de Clinker en toneladas

Exp = exportaciones de Clinker en toneladas

FE_{CLK} = factor de emisión asociado a la producción de Clinker (t GEI/t Clinker)

PCG = potencial de calentamiento global por tipo de GEI

⁶ Directrices del IPCC de 2006, Vol. 2, Capítulo 2: Combustión estacionaria, Ecuación 2.1.

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad identificados para la estimación de emisiones de GEI derivadas de la producción de cemento en el estado de Chihuahua, fueron obtenidos a partir de la información disponible a nivel nacional en el Servicio Geológico Mexicano (SGM), por medio de los Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana para los años 2014-2017.

Sin embargo, y debido a que los datos no se encuentran disponibles a nivel estatal, como se ha mencionado en el párrafo anterior, éstos han sido derivados a partir de los siguientes supuestos:

Producción nacional de cemento

Con base en el Anuario Estadístico de la Minería Mexicana del SGM, la producción nacional de cemento para el periodo 2013-2017 se detalla en el Cuadro A1.36.

A partir de los datos anteriores, y para derivar la producción a nivel estatal, se ha recurrido a la aplicación de un juicio de experto gracias al cual se ha identificado que la producción en el estado de Chihuahua, respecto a la total nacional, representa aproximadamente el 4%, valor a partir del cual, se deriva la producción estatal (Cuadro A1.37).

Cuadro A1.36

| Parámetro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Producción nacional de cemento | 34,611,941.00 | 36,597,438.00 | 39,613,040.00 | 40,576,827.00 | 41,601,494.00 |

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2017; Edición 2018 (Años 2016 y 2017), Página 420, Cuadro 47.- Cemento, A.- Producción en volumen y Valor, por Presentación, 2016 – 2017 (http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2017_Edicion_2018.pdf); Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2016; Edición 2017 (Año 2015), Página 427, Cuadro 47.- Cemento, A.- Producción en volumen y Valor, por Presentación, 2015 – 2016 (https://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2016_Edicion_2017.pdf); Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2015; Edición 2016 (Año 2014), Página 425, Cuadro 47.- Cemento, A.- Producción en volumen y Valor, por Presentación, 2014 – 2015 (http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2015_Edicion_2016.pdf); Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2014; Edición 2015 (Año 2013), Página 447, Cuadro 47.- Cemento, A.- Producción en volumen y Valor, por Presentación, 2013 – 2014 (http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2014_Edicion_2015.pdf).

Cuadro A1.37

| Parámetro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Producción estatal de cemento | 1,276,025.00 | 1,349,224.00 | 1,460,399.00 | 1,495,931.00 | 1,533,707.00 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario Estadístico de la Minería Mexicana.

Una vez que la producción estatal de cemento ha sido derivada, con base en información del INEGYCEI 1990-2015, la producción de Clinker se estimó tomando en consideración la fracción promedio de 85%⁷ dada por la Cámara Nacional del Cemento (CANACEM), obteniendo los siguientes resultados sobre la producción total de Clinker en el estado de Chihuahua (ver Cuadro A1.38).

Cuadro A1.38

| Parámetro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Producción estatal de clinker | 1,084,622.00 | 1,146,840.00 | 1,241,339.00 | 1,271,541.00 | 1,303,651.00 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario Estadístico de la Minería Mexicana y INEGYCEI 1990-2015.

⁷ Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI), 1990 – 2015, elaborado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Anexo E (2) Procesos industriales y uso de productos, (2A) Industria de los minerales, (2A1) Producción de cemento, "Elección de los factores de emisión" página 561.

FACTORES DE EMISIÓN

Para estimar las emisiones de GEI asociadas a la producción de cemento con base en el contenido de Clinker en el estado de Chihuahua, se ha utilizado el factor de emisión disponible en las Directrices de IPCC 2006, cuyo valor es 0.52 tCO₂/t Clinker.

[2C5] PRODUCCIÓN DE PLOMO

De acuerdo al análisis de información existente, se identificó que existe producción de plomo en la entidad. Las emisiones generadas, en el periodo del inventario, van de 30 GgCO₂e en 2013 a 19 GgCO₂e en 2017, lo que representa la disminución de una tercera parte de las emisiones, como se puede observar en el Cuadro A1.39.

Cuadro A1.39

| Subcategoría | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| [2C5] Producción de plomo | 30 | 29 | 20 | 22 | 19 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de emisiones de GEI asociadas a la producción de plomo en el estado de Chihuahua, se ha realizado aplicando un método nivel 1 de acuerdo con las Directrices de IPCC 2006, cuyo principio se basa en el dato de actividad, que, en el caso de esta fuente de emisión, resulta ser la cantidad de plomo producido, como elemento de entrada para dicha estimación como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{\text{GEI}} = (\text{Plomo}_{\text{producido}} * \text{FE}) * \text{PCG}$$

donde:

Emisiones_{GEI} = emisiones GEI derivadas de la producción de plomo en tCO₂e

Plomo_{producido} = cantidad de plomo producido en toneladas

FE = factor de emisión asociado a la producción de plomo

(t_{GEI}/t_{plomo})

PCG = potencial de calentamiento por tipo de GEI

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad identificados para la estimación de emisiones de GEI derivadas de la producción de plomo en el estado de Chihuahua, fueron derivados a partir de la información disponible a nivel nacional en el Servicio Geológico Mexicano (SGM), por medio de los Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana para los años 2014-2017.

Con base en el Anuario Estadístico de la Minería Mexicana del SGM, la producción estatal de plomo para el periodo 2013-2017 se resume en el Cuadro A1.40.

FACTORES DE EMISIÓN

Para estimar las emisiones de GEI asociadas a la producción de plomo, se ha utilizado el factor de emisión disponible en las Directrices del IPCC 2006, cuyo valor es: 0.52 tCO₂/t_{plomo}.

Cuadro A1.40

| Parámetro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Producción estatal de plomo | 56,827 | 55,539 | 37,514 | 42,688 | 36,093 |

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2017; Edición 2018, Página 58, Cuadro 6.6 (http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2017_Edicion_2018.pdf).

[2C6] PRODUCCIÓN DE ZINC

También se detectó producción de zinc en el estado de Chihuahua. Las emisiones generadas por esta fuente fueron un poco mayores que las de plomo, aunque también presentaron una disminución en el periodo del inventario. En 2013, se emitieron 215 GgCO₂e y en 2017, las emisiones fueron 173 GgCO₂e, como puede observarse en el Cuadro A1.41.

Cuadro A1.41

| Subcategoría | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| [2C6] Producción de zinc | 215 | 207 | 180 | 204 | 173 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de emisiones de GEI asociadas a la producción de plomo en el estado de Chihuahua, se ha realizado aplicando un método nivel 1 de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, cuyo principio se basa en el dato de actividad, que en el caso de esta fuente de emisión resulta ser la cantidad de zinc producido, como elemento de entrada para dicha estimación como se muestra en la siguiente ecuación⁸:

$$\text{Emisiones}_{\text{GEI}} = (\text{Zinc}_{\text{producido}} * \text{FE}) * \text{PCG}$$

donde:

Emisiones_{GEI} = emisiones GEI derivadas de la producción de zinc en tCO₂e

Zinc_{producido} = cantidad de zinc producido en toneladas

FE = factor de emisión asociado a la producción de zinc (t_{GEI}/t_{zinc})

PCG = potencial de calentamiento por tipo de GEI

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad identificados para la estimación de emisiones de GEI derivadas de la producción de zinc en el estado de Chihuahua, fueron derivados a partir de la información disponible a nivel nacional en el Servicio Geológico Mexicano (SGM), por medio de los Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana para los años 2014-2017. Los resultados se muestran en el Cuadro A1.42.

FACTORES DE EMISIÓN

Para estimar las emisiones de GEI asociadas a la producción de zinc, se ha utilizado el factor de emisión disponible en las Directrices del IPCC 2006: 1.72 tCO₂/t_{zinc}⁹.

Los archivos que respaldan los resultados del sector procesos industriales y usos de productos presentados son:

| Subcategoría/Fuente/ Sub-fuente | Nombre archivo |
|------------------------------------|---------------------------------------------|
| 2A1 Producción de cemento | |
| 2C5 Producción de plomo | Sector2_ProIndustriales _Ch13-17_15Feb19 |
| 2C6 Producción de zinc | |

Cuadro A1.42

| Parámetro | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Producción estatal de zinc | 124,866 | 120,359 | 104,851 | 118,316 | 100,507 |

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2017; Edición 2018, Página 58, Cuadro 6.6 (http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2017_Edicion_2018.pdf).

⁸ Directrices del IPCC 2006, Vol. 3, Capítulo 4: Emisiones de la industria de los metales, Ecuación 4.32.

⁹ Ibid. p.4.88.

SECTOR [3] AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

El sector [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés) puede tanto emitir como absorber emisiones. El uso y la gestión de la tierra influyen, de manera importante, en procesos como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica y la combustión. En este inventario y siguiendo las Directrices del IPCC 2006, las emisiones y absorciones cuantificadas serán las que se producen en tierras gestionadas¹⁰, es decir, la estimación considera solo las emisiones o absorciones antropogénicas directas de gases de efecto invernadero. En otras palabras, el método de cuantificación se basa, en que todos los efectos directos inducidos por el hombre en las emisiones y absorciones de GEI ocurren solamente en tierras gestionadas¹¹.

Los gases estimados en este sector son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). En el caso del CO₂ las emisiones o absorciones se derivan por la fotosíntesis de las plantas y la descomposición y la combustión de materia orgánica, mientras que las fuentes de CH₄ son la fermentación entérica y la combustión incompleta del quemado de materia

orgánica y para el N₂O los procesos de nitrificación y la desnitrificación de los suelos, así como la también la combustión incompleta de la materia orgánica.

El sector AFOLU está conformado por 3 categorías: [3A] Ganado, [3B] Tierra y [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra. Esta categoría presenta emisiones netas con magnitud negativa que van desde -2,741.69 GgCO₂e en 2013 a -870.81 GgCO₂e en 2017. La categoría que más contribuye al total de las emisiones es la [3A] Ganado, seguida por [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO₂ de la tierra y algunas subcategorías de [3B] Tierra. La categoría [3B] Tierra también capta importantes cantidades de CO₂, contribuyendo la subcategoría [3B1] Tierras forestales con alrededor del 86% del total de absorciones de esta categoría. En el Cuadro A1.43 se presentan las emisiones de AFOLU para el periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua. Como se podrá observar, todas las categorías y subcategorías fueron estimadas, quedando solo algunas fuentes sin cuantificar, ya sea porque no hubo información o porque no aplicaban.

Cuadro A1.43

| Sector/Categoría/Subcategoría/Fuente | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra | -2,849.99 | -2,734.54 | -2,574.04 | -1,231.84 | -870.81 |
| [3A] Ganado | 7,516.72 | 7,583.29 | 7,907.59 | 8,910.08 | 9,218.22 |
| [3A1] Fermentación entérica | 3,359.71 | 3,435.88 | 3,599.29 | 3,979.85 | 4,079.86 |
| [3A1a] Bovino | 3,237.02 | 3,315.91 | 3,479.14 | 3,860.52 | 3,960.13 |
| [3A1c] Ovinos | 25.93 | 26.62 | 26.03 | 26.00 | 26.26 |
| [3A1d] Caprino | 21.50 | 21.55 | 21.33 | 21.22 | 20.98 |
| [3A1f] Caballos | 32.83 | 32.19 | 32.51 | 32.35 | 32.43 |
| [3A1g] Mulas y asnos | 34.11 | 33.39 | 33.75 | 33.55 | 33.65 |
| [3A1h] Porcinos | 8.32 | 6.23 | 6.53 | 6.20 | 6.42 |
| [3A2] Gestión del estiércol | 4,157.01 | 4,147.41 | 4,308.31 | 4,930.23 | 5,138.36 |
| [3A2a] Bovinos | 3,600.34 | 3,684.27 | 3,817.64 | 4,423.69 | 4,605.36 |
| [3A2c] Ovinos | 31.66 | 33.06 | 34.22 | 34.34 | 34.75 |
| [3A2d] Caprino | 29.55 | 30.87 | 32.38 | 32.53 | 32.76 |
| [3A2f] Caballos | 27.84 | 28.70 | 30.24 | 30.32 | 30.13 |
| [3A2g] Mulas y asnos | 89.27 | 87.26 | 96.47 | 95.91 | 96.19 |
| [3A2h] Porcinos | 376.38 | 280.90 | 294.62 | 310.82 | 336.77 |
| [3A2i] Aves de corral | 1.96 | 2.35 | 2.74 | 2.61 | 2.39 |

Cuadro A1.43 (CONT.)

| Sector/Categoría/Subcategoría/Fuente | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| [3B] Tierra | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 |
| [3B1] Tierra forestales | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 |
| [3B1a] Tierras forestales que permanecen como tal | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 |
| [3B1b] Tierras convertidas a tierras forestales | -137.33 | -137.33 | -137.33 | -137.33 | -137.33 |
| [3B2] Tierra de cultivo | 967.19 | 967.19 | 967.19 | 967.19 | 967.19 |
| [3B2a] Tierras de cultivo que permanecen como tal | -201.48 | -201.48 | -201.48 | -201.48 | -201.48 |
| [3B2b] Tierras convertidas a tierras de cultivo | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 |
| [3B3] Praderas | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 |
| [3B3a] Praderas que permanecen como tal | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 |
| [3B3b] Tierras convertidas en praderas | 631.55 | 631.55 | 631.55 | 631.55 | 631.55 |
| [3B4] Humedales | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 |
| [3B4b] Tierras convertidas en humedales | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 |
| [3B5] Asentamientos | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 |
| [3B5b] Tierras convertidas en asentamientos | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 |
| [3B6] Otras tierras | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 |
| [3B6b] Tierras convertidas en otras tierras | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 |
| [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra | 2,374.98 | 2,423.86 | 2,260.06 | 2,599.76 | 2,652.66 |
| [3C1] Emisiones de GEI por quemado de biomasa | 149.55 | 132.06 | 90.43 | 110.63 | 216.59 |
| [3C1a] Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales | 35.20 | 32.08 | 1.17 | 14.81 | 56.36 |
| [3C1b] Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo | 91.40 | 89.60 | 87.50 | 85.60 | 83.65 |
| [3C1c] Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas | 22.95 | 10.38 | 1.76 | 10.22 | 76.59 |
| [3C2] Encalado | 2.11 | 2.16 | 2.13 | 2.22 | 2.26 |
| [3C3] Aplicación de urea | 69.21 | 75.27 | 60.12 | 74.19 | 64.31 |
| [3C4] Emisiones directas de los N ₂ O de los suelos gestionados | 1,468.58 | 1,510.82 | 1,429.25 | 1,618.94 | 1,573.17 |
| [3C5] Emisiones indirectas de los N ₂ O de los suelos gestionados | 447.90 | 462.93 | 425.64 | 459.73 | 429.35 |
| [3C6] Emisiones indirectas de los N ₂ O de la gestión del estiércol | 237.63 | 240.63 | 252.49 | 334.06 | 366.97 |

En las secciones siguientes se describen con más detalle la metodología de cálculo y los parámetros utilizados para cada categoría que conforman el Sector AFOLU.

¹⁰ Se entiende como tierra gestionada a aquella en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales.

¹¹ Directrices del IPPC 2006. Vol. 4, Cap. 1.: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

[3A] GANADO

Esta categoría abarca a las actividades pecuarias en el estado de Chihuahua y dentro de los sistemas de producción animal, el ganado bovino es la fuente principal de emisiones de GEI. Los gases de efecto invernadero que se contabilizan en esta categoría son metano y óxido nitroso. El primero se genera en las subcategorías [3A1] Fermentación entérica y en [3A2] Gestión de estiércol, mientras que el óxido nitroso solo se emite en esta última subcategoría. Ambas subcategorías se estimaron para el estado.

Asimismo, las fuentes para ambas subcategorías que se consideraron fueron:

- Bovino
- Ovinos
- Caprino
- Caballos
- Mulas y asnos
- Porcinos
- Aves de corral (solo en [3A2])

En las fuentes [3A1a] y [3A2a] se hace otra subdivisión, separando bovinos leche (vacas lecheras) y otros bovinos (carne) y en aves de corral se consideraron aves (huevo y carne) y guajolotes. No se consideraron ni a los búfalos ni camellos.

En el Cuadro A1.44 se presentan las emisiones totales de la categoría [3A] del periodo 2013-2017 en el estado de Chihuahua. Como se puede observar en dicha tabla, la subcategoría [3A2] Gestión de estiércol es la que más emite en la categoría de ganado, oscilando su contribución entre el 54% y 56% de las emisiones para el periodo considerado en este inventario. Esta tendencia, diferente a la observada en el INEGYCEI 1990-2015, donde la fermentación entérica es la mayor fuente de emisiones, responde a que la cuantificación de las emisiones de CH₄ en el inventario de del estado de Chihuahua se realizó bajo un nivel 2 para los bovinos. En el caso del inventario nacional, solo se tiene ese nivel de detalle para los bovinos en producción de leche bajo manejo de excretas con biodigestor. Este tipo de resultados han sido objeto de análisis, ya que Wolf et al¹², han encontrado que las emisiones se encuentran subestimadas y que, al mejorar el nivel de estimación, el incremento esperado es por lo menos del 30%.

Cuadro A1.44

| Subcategoría | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| [3A1] Fermentación entérica | 3,359.71 | 3,435.88 | 3,599.29 | 3,979.85 | 4,079.86 |
| [3A2] Gestión de estiércol | 4,157.01 | 4,147.41 | 4,308.31 | 4,930.23 | 5,138.36 |
| Total | 7,516.72 | 7,583.29 | 7,907.59 | 8,910.08 | 9,218.22 |

En el Cuadro A1.45 se muestra la contribución por tipo de gas de efecto invernadero en la categoría [3A], siendo el metano el que más contribuye con más del 86% en todo el periodo estimado del inventario.

Cuadro A1.45

| GEI | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| CH ₄ | 6,601.52 | 6,715.22 | 7,002.60 | 7,764.83 | 7,960.29 |
| N ₂ O | 915.19 | 868.07 | 905.00 | 1,145.25 | 1,257.93 |
| Total | 7,516.72 | 7,583.29 | 7,907.59 | 8,910.08 | 9,218.22 |

A continuación, se describen las consideraciones hechas para el cálculo de las subcategorías [3A1] Fermentación entérica y [3A2] Gestión de estiércol.

[3A1] FERMENTACIÓN ENTÉRICA

A nivel mundial, una de las fuentes antropogénicas más importantes de emisiones de CH₄ es el ganado. Dentro de éstos, los rumiantes son los que contribuyen con las mayores cantidades de este gas, derivado del proceso digestivo de estas especies. La fermentación microbiana o entérica convierte el alimento ingerido en productos que puedan ser utilizados por el animal, produciendo metano como subproducto, el cual se emite, principalmente, a través de la exhalación¹³.

Las emisiones de CH₄ generadas en la subcategoría durante el periodo 2013-2017 se muestran en el Cuadro A1.46. Como se puede observar, la fuente [3A1aii] Otros bovinos (carne) es la principal especie emisora dentro de esta subcategoría, seguida por la [3A1ai] Bovinos leche, contribuyendo conjuntamente con más del 96% al total.

Cuadro A1.46

| Subcategoría/Fuente | GgCO ₂ e | | | | |
|--------------------------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3A1] Fermentación entérica | 3,359.71 | 3,435.88 | 3,599.29 | 3,979.85 | 4,079.86 |
| [3A1ai] Bovinos leche | 665.90 | 696.53 | 712.69 | 710.32 | 734.79 |
| [3A1aii] Otros bovinos (carne) | 2,571.12 | 2,619.38 | 2,766.45 | 3,150.20 | 3,225.34 |
| [3A1c] Ovinos | 25.93 | 26.62 | 26.03 | 26.00 | 26.26 |
| [3A1d] Caprinos | 21.50 | 21.55 | 21.33 | 21.22 | 20.98 |
| [3A1f] Caballos | 32.83 | 32.19 | 32.51 | 32.35 | 32.43 |
| [3A1g] Mulas | 1.29 | 1.19 | 1.24 | 1.21 | 1.23 |
| [3A1g] Asnos | 32.82 | 32.20 | 32.51 | 32.34 | 32.42 |
| [3A1h] Porcinos | 8.32 | 6.23 | 6.53 | 6.20 | 6.42 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Estimación de metano

El método empleado para la estimación de emisiones de CH₄ proveniente de la subcategoría [3A1] se realizó bajo el nivel uno, siguiendo las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10. La fórmula utilizada para determinar las emisiones por fermentación entérica se describe a continuación:

$$E_{CH_4} = \sum_T EF_{(T)} * \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

donde:

E_{CH₄} = emisiones totales de metano por fermentación entérica, en GgCH₄/año

EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄/cabeza*año

N_(T) = la cantidad de cabezas de ganado de la especie T del estado

T = especie de ganado

¹² Wolf, J., Asrar, G. R., & West, T. O. (2017). Revised methane emissions factors and spatially distributed annual carbon fluxes for global livestock. Carbon Balance and Management. <https://doi.org/10.1186/s13021-017-0084-y>

¹³ FAO – LEAD (2009). La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones. Se puede consultar en el siguiente enlace: <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>

DATOS DE ACTIVIDAD

La construcción del inventario y la serie histórica del estado se realizó utilizando información sobre las poblaciones ganaderas provenientes del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)¹⁴. Los datos de caballos, mulas y asnos se tomaron del INEGYCEI¹⁵ para los años 2013 a 2015, obteniendo los datos de 2016 y 2017 usando un promedio móvil. La información para establecer las diferentes etapas productivas proviene de los últimos resultados de la encuesta nacional agropecuaria del INEGI 2017. Respecto a los pesos promedios utilizados son el promedio reportado por municipio del estado de Chihuahua y provienen también del SIAP. Los datos de las edades de las etapas productivas de los porcinos provienen del Análisis de la Industria Porcina en Latinoamérica de PIC de los años 2013¹⁶ y 2015¹⁷, mientras que para las edades de las aves de corral, ovinos y caprinos se utilizó la información proveniente del INEGYCEI 1990-2015.

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión se tomaron de las tablas 10.10 y 10.11 de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10. Para seleccionar el factor se utilizó la información de los niveles de producción y las características productivas del estado. Para el caso de la fuente [3A1a] bovinos leche, se utiliza la información de la producción anual proveniente del SIAP, para seleccionar el factor de emisión de la tabla 10.11, de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10.

Para la fuente [3A1b] Otros bovinos, se consideraron las características productivas del estado descritas por Saldaña¹⁸, por lo que, para los vientres se asume se encuentran en pastoreo y por tanto, se utiliza el factor de América Latina proveniente de la tabla 10.11 de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10. Finalmente, para el resto de las especies (caballos, mulas, asnos, porcinos, ovinos y caprinos) se utilizaron los factores de emisión provenientes de la tabla 10.10 de las mismas directrices.

[3A2] GESTIÓN DE ESTIÉRCOL

En esta subcategoría se estiman las emisiones generadas de CH₄ y N₂O durante el almacenamiento y tratamiento del estiércol o excretas de los diferentes tipos de ganado. En las Directrices del IPCC 2006, se define al estiércol a los sólidos (bosta) y líquidos (orina) producidos por el ganado.

Las emisiones de CH₄ y N₂O generadas en la subcategoría durante el periodo 2013-2017 se muestran en el Cuadro A1.47. Como se puede observar, la fuente [3A1aii] Otros bovinos (carne) es la principal especie emisora dentro de esta subcategoría, seguida por la [3A1ai] Bovinos leche, y [3A2h] Porcinos. Entre los dos GEI, el metano es el que contribuye a las emisiones en la gestión de estiércol.

Cuadro A1.47

| Subcategoría/Fuente | GEI | GgCO ₂ e | | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3A2] Gestión de estiércol | | 4,157.01 | 4,147.41 | 4,308.31 | 4,930.23 | 5,138.36 |
| [3A2ai] Bovinos leche | CH ₄ | 443.93 | 466.72 | 481.32 | 496.69 | 515.53 |
| | N | 69.79 | 73.00 | 74.25 | 87.91 | 97.82 |
| [3A2aii] Otros bovinos (carne) | CH ₄ | 2,543.11 | 2,590.85 | 2,681.36 | 3,053.29 | 3,126.13 |
| | N | 543.50 | 553.70 | 580.71 | 785.80 | 865.88 |
| [3A2c] Ovinos | CH ₄ | 18.46 | 18.96 | 20.65 | 20.63 | 20.84 |
| | N | 13.20 | 14.10 | 13.57 | 13.71 | 13.92 |
| [3A2d] Caprinos | CH ₄ | 18.46 | 18.96 | 20.65 | 20.63 | 20.84 |
| | N | 11.09 | 11.91 | 11.72 | 11.90 | 11.92 |
| [3A2f] Caballos | CH ₄ | 16.75 | 16.78 | 18.51 | 18.42 | 18.21 |
| | N | 11.09 | 11.91 | 11.72 | 11.90 | 11.92 |

¹⁴ Fuente: <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es>

¹⁵ Fuente: ver el enlace siguiente: http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/226/833_2018_Mexico_Inventario_INEGYCEI_.pdf?sequence=5&isAllowed=y (pp 402, 405 y 408 de 2013 a 2015 para 2016 y 2017 se continuó el ejercicio realizado con moving average)

¹⁶ PIC. (2013). Análisis de la industria porcina en latinoamérica 2013

¹⁷ PIC. (2015). Análisis de la industria porcina en latinoamérica. Retrieved from http://piclatam.com/news/galeria/upload/documentos/tQEYFq_Benchmark_Latam_Febrero_2015.pdf

¹⁸ Saldaña, J. R. (2016). Estudio bibliográfico de la producción de bovino de carne en el estado de Chihuahua. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cuadro A1.47 (CONT.)

| Subcategoría/Fuente | GEI | GgCO ₂ e | | | | |
|---------------------|-----------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3A2g] Mulass | CH ₄ | 2.70 | 2.49 | 2.89 | 2.83 | 2.86 |
| | N | 1.74 | 1.60 | 1.67 | 1.64 | 1.66 |
| [3A2g] Asnos | CH ₄ | 69.80 | 68.43 | 77.03 | 76.64 | 76.83 |
| | N | 15.03 | 14.74 | 14.88 | 14.81 | 14.85 |
| [3A2h] Porcinos | CH ₄ | 128.26 | 95.76 | 100.45 | 95.38 | 98.74 |
| | N | 248.11 | 185.14 | 194.16 | 215.44 | 238.04 |
| [3A2j] Aves huevo | CH ₄ | 0.27 | 0.33 | 0.36 | 0.39 | 0.40 |
| | N | 0.88 | 1.08 | 1.18 | 1.27 | 1.30 |
| [3A2j] Aves carne | CH ₄ | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| | N | 0.29 | 0.29 | 0.31 | 0.32 | 0.30 |
| [3A2j] Guajolote | CH ₄ | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.02 |
| | N | 0.46 | 0.58 | 0.81 | 0.57 | 0.34 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Estimación de metano

Respecto a la subcategoría [3A2] Gestión de estiércol se realizó bajo un nivel dos, dado que, se construyó el factor de emisión considerando la información productiva y climática del estado, con excepción de las aves de corral (aves para la producción de huevo, carne y guajolote). La ecuación utilizada fue:

$$E_{CH_4 \text{ Estiércol}} = \sum_T \frac{EF_{(T)} * N_T}{10^6}$$

donde:

E_{CH_4} = emisiones totales de metano por la gestión de estiércol para una población definida, en GgCH₄/año

$EF_{(T)}$ = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄/cabeza*año

$N_{(T)}$ = la cantidad de cabezas de ganado de la especie T del estado

T = especie de ganado

DATOS DE ACTIVIDAD

Adicional a los datos de las poblaciones ganadera y pesos promedios que se describieron en la sección de la subcategoría [3A1], para la subcategoría [3A2] se utilizó los tipos de sistemas de manejo de excretas para cada especie y la temperatura promedio del estado para el periodo del inventario¹⁹.

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión para la estimación del metano por manejo de estiércol se construyeron a partir de la información de las temperaturas promedio del estado, el peso promedio y los sistemas de manejo de excretas característicos para cada especie:

- Bovinos leche, manejo líquido en corral y lagunas aerobias con aireación natural. Para el caso de los animales cuyo manejo de excretas incluye el biodigestor se asume que se encuentra antes de la laguna de acuerdo con lo descrito por FIRCO-SAGARPA²⁰ y Pampillón²¹.
- Otros bovinos, vientres en pastoreo y animales en engorda corral para posteriormente pasar a un estercolero.

¹⁹ CONAGUA. Reporte del Clima en México. Servicio Meteorológico Nacional. <http://www.accuweather.com/en/mx/mexico-weather>

²⁰ FIRCO-SAGARPA. (2011). Diagnóstico General de la Situación Actual de los Sistemas de Biodigestión en México. Ciudad de México.

²¹ Pampillón, L. (2014). Biodigestores en la ganadería de México: Aprovechamiento de lodos. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

• Porcinos, se asume un manejo en piso de rejilla (manejo líquido) y posteriormente a laguna aerobia con ventilación natural, al igual que para bovinos leche para los animales con de excretas que incluye el biodigestor se asume que se encuentra antes de la laguna de acuerdo con lo descrito por FIRCO-SAGARPA²² y Pampillón²³.

• Ovinos, caprinos, caballos, mulas y asnos se asume que el manejo de las excretas sucede en pastoreo.

Para el caso de bovinos leche y porcinos se tomaron los datos, hasta 2015, de la capacidad instalada de biodigestores y del tiempo de retención hidráulica del INEGYCEI 1990-2015, asumiéndose que no hubo cambios para los siguientes años, para construir el factor de emisión para los biodigestores instalados en el estado de Chihuahua.

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Estimación del óxido nítrico

El método empleado para la estimación de emisiones directas de N₂O proveniente de la subcategoría [3A2] se realizó bajo el nivel uno, siguiendo las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10. La fórmula utilizada para determinar las emisiones por fermentación entérica se describe a continuación:

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} * Nex_{(T)} * MS_{(T,S)}) \right] * EF_{3(S)} \right] * \frac{44}{28}$$

donde:

N₂O_{D(mm)} = emisiones directas de N₂O por la gestión de estiércol, en kgN₂O/año

N_(T) = la cantidad de cabezas de ganado de la especie T del estado

Nex_(T) = Promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie T en el estado en kg N/animal*año

MS_(T,S) = Fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin unidades

EF_{3(S)} = factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del estiércol S en el estado, kg N₂O-N/kgN en el sistema de gestión del estiércol S

S = sistema de gestión de estiércol

T = especie de ganado

44/28 = Conversión de emisiones N₂O-N_(mm) a emisiones de N₂O_(mm)

DATOS DE ACTIVIDAD

Mismos datos utilizados para la estimación de metano.

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de excreción de nitrógeno provienen de la tabla 10.19 de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10. Para seleccionar el factor se consideró el peso promedio por especie y etapa productiva de acuerdo con los datos obtenidos del SIAP²⁴ e INEGI provenientes de la Encuesta Nacional Agropecuaria. Los factores de emisión para la estimación de los óxidos de nitrógeno provienen de las tablas 10.21, 10.22, 10.23, 11.1 y 11.3 de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10 y 11 y fueron seleccionados de acuerdo con los sistemas de manejo de excretas antes descritos.

Los archivos que respaldan los resultados presentados son:

| Archivo | Descripción |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 3A GANADO Ch.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [3A] |



Fuente: Roman Synkevych

[3B] TIERRA

A diferencia de las otras categorías, el uso de la tierra incluye tanto emisiones como absorciones de CO₂, ya que es también un depósito biológico de carbono. Los flujos de CO₂ entre la atmósfera y la superficie terrestre se dan por captación, mediante la fotosíntesis de las plantas y por la liberación, a través de la respiración y la descomposición y combustión de materia orgánica. Estos flujos pueden estimarse de dos maneras: 1) midiendo la diferencia en las reservas de carbono y 2) midiendo los caudales de flujo de gas hacia y desde la atmósfera. Esta última opción se utiliza, principalmente, para estimar emisiones de no CO₂, que son en su mayor parte, producto de procesos microbiológicos y de la combustión de materiales orgánicos²⁵.

Las Directrices del IPCC 2006 clasifican la tierra en 6 categorías²⁶, las cuales a su vez se subdividen en tierras que se mantienen en la misma categoría y las que se convierten de una categoría a otra²⁷, es decir, representan las permanencias y transiciones, respectivamente. Las categorías incluidas en el inventario de emisiones del estado de Chihuahua son:

- Tierras forestales
- Tierras agrícolas
- Praderas²⁸
- Humedales
- Asentamientos
- Otras tierras

Para cada una de estas categorías, se calculan las emisiones y las absorciones en base a tres componentes:

- 1) Biomasa, que incluye las partes aéreas y subterráneas y constituye el principal medio de absorción de CO₂ de la atmósfera
- 2) Materia orgánica muerta, por ejemplo, madera muerta y hojarasca
- 3) Suelos, incluye el carbono orgánico

Para el inventario del estado de Chihuahua se estimaron las 6 categorías de tierra, como se muestra en el Cuadro A1.48. Se puede observar que las emisiones netas de la categoría [3B] Tierra fueron de -12,741.69 GgCO₂e, valor constante a lo largo del periodo del inventario, dada la naturaleza del procedimiento de información derivado de las Series de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI, que es homólogo al procedimiento en el INEGYCEI 1990-2015. Del total, las tierras forestales participaron con -11,015.98 que corresponde al 86.46%.

²⁵ Directrices del IPCC 2006, Vol. 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

²⁶ Las definiciones de cada una de las categorías de tierra pueden consultarse en Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 3 y en el INEGYCEI 1990-2015.

²⁷ En la Tabla 47, se podrá ver la subdivisión de las categorías de tierra que consideran las Directrices del IPCC 2006.

²⁸ El IPCC nombra a esta subcategoría pastizales, pero para homogeneizar el lenguaje se tomó el del INEGYCEI 1990-2015.

²² Op. cit., p. 16.
²³ Op. cit., p. 17.

²⁴ <https://www.gob.mx/siap>

Cuadro A1.48

| Subcategoría/Fuente | GgCO ₂ e | | | | |
|---------------------------------------------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3B] Tierra | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 | -12,741.69 |
| [3B1] Tierra forestales | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 | -11,015.98 |
| [3B1a] Tierras forestales que permanecen como tal | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 | -10,878.65 |
| [3B1b] Tierras convertidas a tierras forestales | -137.33 | -137.33 | -137.33 | -137.33 | -137.33 |
| [3B2] Tierra de cultivo | 967.19 | 967.19 | 967.19 | 967.19 | 967.19 |
| [3B2a] Tierras de cultivo que permanecen como tal | -201.48 | -201.48 | -201.48 | -201.48 | -201.48 |
| [3B2b] Tierras convertidas a tierras de cultivo | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 | 1,168.67 |
| [3B3] Praderas | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 | -2,757.91 |
| [3B3a] Praderas que permanecen como tal | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 | -3,389.46 |
| [3B3b] Tierras convertidas en praderas | 631.55 | 631.55 | 631.55 | 631.55 | 631.55 |
| [3B4] Humedales | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 |
| [3B4a] Humedales que permanecen como tal | - | - | - | - | - |
| [3B4b] Tierras convertidas en humedales | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 | 4.31 |
| [3B5] Asentamientos | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 |
| [3B5a] Asentamientos que permanecen como tal | - | - | - | - | - |
| [3B5b] Tierras convertidas en asentamientos | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 | 15.46 |
| [3B6] Otras tierras | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 |
| [3B6a] Otras tierras que permanecen como tal | - | - | - | - | - |
| [3B6b] Tierras convertidas en otras tierras | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 | 45.24 |



Figura A1.3

En la Figura A1.3 se muestran los resultados agrupados en absorciones por permanencias y emisiones por cambios de uso de suelo.

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

México elaboró el INEGYCEI 1990-2015²⁹, bajo los lineamientos de las Directrices del IPCC 2006 (Vol. 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra³⁰) y para ser consistentes y comparables, la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del estado de Chihuahua se realizó siguiendo la misma metodología.

Se ha usado información oficial, que consta de dos fuentes principales, las Series de Uso de Suelo y Vegetación generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2011 y 2014 y los factores de emisión reportados en el INEGYCEI 1990-2015 que incluye información reciente de los contenidos de carbono para las estimaciones de biomasa aérea y subterránea, suelos minerales y materia orgánica muerta.

Es importante mencionar, y para mayor entendimiento del cálculo, que una vez que se obtiene el contenido de carbono (se obtiene multiplicando el factor de emisión por el dato de actividad), se requiere convertirlo a GgCO₂. Esto se hace usando la fórmula (tonelada de C)*(44/12)*(10⁻³)*(-1), que es la relación estequiométrica del carbono y el CO₂, así como la relación de tonelada a gigagramo. El (-1) representa lo siguiente: cuando se pierde contenido de carbono (hay pérdida de biomasa) entonces el valor es negativo, al convertido a emisiones de CO₂, el valor se multiplica por -1 para representar un valor positivo que representa emisiones. En cambio, si es una permanencia, o

si ganó biomasa por el crecimiento de la vegetación, entonces se ganó carbono, el valor es positivo, se multiplica por -1 para que en emisiones de CO₂ represente una absorción³¹.

En el Cuadro A1.49 se detallan las subcategorías reportadas en este inventario y los niveles metodológicos utilizados, en función de las emisiones y absorciones por cambios de uso de suelo, así como las emisiones por degradación y absorciones por la permanencia y recuperación de tierras. También, como se hizo en el INEGYCEI 1990-2015, en este inventario se utilizaron las abreviaciones y acrónimos en inglés, los cuales se indican en esta misma tabla.

²⁹ El INEGYCEI se puede consultar en: http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/226/833_2018_Mexico_Inventario_INEGYCEI.pdf?sequence=5&isAllowed=y

³⁰ Las Directrices para determinar las emisiones y absorciones de la categoría [3B] se pueden consultar en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>

³¹ Capítulo 2. Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra, 2.2.3. Conversión de cambios de existencias de C a emisiones de CO₂, en: Directrices del IPCC 2006, Vol. 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

Cuadro A1.49

| Categoría | Clave IPCC | Transición | Reservorio estimado/reportado | | | | |
|-------------|------------|------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------|-----------|-------------|
| | | | Biomasa aérea | Biomasa subterránea | Madera muerta | Hojarasca | Suelos |
| [3B1] FL | [3B1a] | FL-FL (Permanencia) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1* | Nivel 1* | Nivel 1* |
| | | FLd-FL (Recuperación) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1* | Nivel 1* | Nivel 1* |
| | | FL-FLd (Degradación) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1* | Nivel 1* | Nivel 1* |
| | [3B1b] | CONVL-FL (Reforestación) | Nivel 2 | Nivel 2 | NE | Nivel 2 | NE |
| [3B2] CL | [3B2a] | CL-CL (Permanencia; agricultura perenne) | Nivel 1 | NE | NE | NE | NE |
| | [3B2bi] | FL-CL (Deforestación) 3B2bi | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |
| | [3B2bii] | GL-CL (Pérdida pradera) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |
| [3B3] GL | [3B3a] | GL-GL (Permanencia pradera) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1* | Nivel 1* | Nivel 1* |
| | [3B3bi] | FL-GL (Deforestación) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |
| | [3B3b] | CONVL-GL (Recuperación pradera) | Nivel 2 | Nivel 2 | NE | Nivel 2 | NE |
| [3B4] WL | [3B4bii] | FL-WL (Deforestación) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |
| | | GL-WL (Pérdida pradera) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |
| [3B5] S | [3B5bi] | FL-S (Deforestación) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |
| | [3B5biii] | GL-S (Pérdida pradera) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |
| [3B6] OL | [3B6bi] | FL-OL (Deforestación) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |
| | [3B6biii] | GL-OL (Pérdida pradera) | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 2 | Nivel 1 y 2 |

* Se asume en equilibrio

FL = tierras forestales
 FLd - FL = recuperación de tierras forestales
 FL - FLd = tierras forestales degradadas
 CONVL = tierras convertidas
 CL = tierras agrícolas

GL = pradera
 WL = humedales
 S = asentamientos (humanos)
 OL = otras tierras
 NE = no estimado

DATOS DE ACTIVIDAD
 Para la obtención de datos de actividad se utilizaron las metodologías de Representación Coherente de Tierras del Capítulo 3, Vol. 4 de las Directrices del IPCC 2006. Para las estimaciones se usó el enfoque de "cambio en las existencias de carbono", dado que el país posee valores de factores de emisión en tiempo 1 y 2. Lo anterior se describe a continuación:

Para determinar las superficies de cambio y permanencias para el estado de Chihuahua, se generó una matriz de cambio, la cual permite que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas de forma espacial. Para el caso de Chihuahua, la matriz generada se derivó del procesamiento de la serie V vs. la serie VI de Uso de Suelo y Vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de los años 2011 y 2014, respectivamente.

El resultado es la identificación de las superficies por tipo de vegetación que cambian de uso de suelo y las superficies que permanecen con el mismo uso en hectáreas. La forma de extraer la información específica del estado de Chihuahua es a través del Programa ArcGis®, donde se selecciona el estado y luego se aplica la función "extract by attributes", para obtener los datos requeridos. Posteriormente, se realiza un traslape entre las series para la generación de la matriz de cambio del periodo.

Las superficies de aquellas tierras que permanecen en el mismo uso de suelo (valores en diagonal en la matriz de cambio) dentro de ambas series se utilizan sin anualizar, ya que repre-

sentan la cantidad de vegetación que permanece a lo largo de ese periodo; mientras que los cambios de uso de un tipo de tierra a otro se dividen entre los años transcurridos entre el periodo (3 años), para obtener el valor de cambio anual.

El periodo que corresponde a este análisis comprende de 2011 a 2014, dado que la serie V y VI son las últimas series de usos de suelo y vegetación que el INEGI ha publicado. Por lo que los datos de 2015 a 2017 se toman de acuerdo a esta dinámica observada en este periodo, tal como lo ha realizado México a nivel nacional, es decir, se toman los mismos valores anuales de cambio y permanencias. El Cuadro A1.50 resume la superficie de cambio entre los dos periodos.

Cuadro A1.50

| Superficie anual de cambio (Serie Va - Serie VI) | | | |
|--------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Clave Subcategoría | Cambio de | a | Superficie (ha) |
| 01. FL - FL | Tierras forestales | Tierras forestales | 7,555,177 |
| 02. FL - FLd | Tierras forestales | Tierras forestales degradadas | 6,642 |
| 03. FLd - FL | Tierras forestales degradadas | Tierras forestales | 7,480 |
| 04. FL - GL | Tierras forestales | Pastizales | 19,026 |
| 05. FL - CL | Tierras forestales | Tierras agrícolas | 18,096 |
| 06. FL - SL | Tierras forestales | Asentamientos humanos | 222 |
| 07. FL - OL | Tierras forestales | Otro tipo de suelo | 861 |
| 08. FL - WL | Tierras forestales | Humedales | 44 |
| 09. CONVL - FL | Tierras convertidas de otro tipo | Tierras forestales | 28,651 |
| 10. GL - GL | Pastizales | Pastizales | 14,539,943 |
| 11. GL - CL | Pastizales | Tierras agrícolas | 56,090 |
| 12. GL - SL | Pastizales | Asentamientos humanos | 1,530 |
| 13. GL - OL | Pastizales | Otro tipo de suelo | 1,167 |
| 14. GL - WL | Pastizales | Humedales | 284 |
| 15. CONVL - GL | Tierras convertidas de otro tipo | Pastizales | 12,766 |
| 16. CLPne - CLPne | Tierras agrícolas perenes | Tierras agrícolas perenes | 26,166 |
| 17. NO APLICA | | | 2,352,129 |

Nota: Los mismos prefijos significa permanencia y diferentes prefijos significa deforestación (FL) o pérdida (otros)

FL = tierras forestales
 FLd - FL = recuperación de tierras forestales
 FL - FLd = tierras forestales degradadas
 CONVL = tierras convertidas

GL = pradera
 WL = tierra de humedales
 S = asentamientos humanos
 OL = otras tierras

CL = tierras agrícolas

Por otro lado, México tiene desarrollado un sistema de clasificación de tierras aplicable a las seis categorías de tierra del IPCC (Cuadro A1.51), con sus respectivas subcategorías de vegetación, la cual se tomó como base para la estimación de las emisiones de la categoría [3B] Tierras en el estado de Chihuahua. En este sistema se homologó los tipos de la clasificación del INEGI, usada en las Series y particularizada a las condiciones de México, con la recomendada por el IPCC³². Dicha clasificación se utiliza desde el Primer Informe Bienal de Actualización³³, que presentó el gobierno mexicano ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. También se utilizó como referencia el INEGYCEI 1990-2015, específicamente el anexo D, [3] AFOLU, Sección [3B] Tierra.

Dentro de las tierras forestales que permanecen tenemos los siguientes tipos de transiciones: 1) las que no cambian a ningún tipo de vegetación distinta; 2) aquellas que conservan el tipo

de vegetación, pero cambian en su "estado", por ejemplo, de una condición primaria a secundaria. Para fines de inventario la condición primaria a secundaria se conoce como "degradación" y el cambio de condición secundaria a primaria como "recuperación".

En las permanencias de tierras forestales, se tienen falsos cambios, derivados de la unión de las dos series INEGI. Esto sucede al comparar dos mapas temáticos para la detección de cambios, generándose cambios que no reflejan necesariamente los cambios reales y que son resultantes de las diferencias en la delimitación de los polígonos y de los errores de atributo, para atender estas diferencias; dichos cambios se agrupan y se suman solo considerando el uso de suelo final, como el valor real de la permanencia.

Cuadro A1.51

| Categoría | Subcategoría | Descripción |
|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Tierras forestales (FL) | BC | Bosque cultivado |
| | BCO/P | Bosque de coníferas primario |
| | BCO/S | Bosque de coníferas secundario |
| | BE/P | Bosque de encino primario |
| | BE/S | Bosque de encino secundario |
| | BM/P | Bosque mesófilo primario |
| | BM/S | Bosque mesófilo secundario |
| | EOTL/P | Especial otros tipos leñoso primario |
| | EOTL/S | Especial otros tipos leñoso secundario |
| | MXL/P | Matorral Xerófilo leñoso primario |
| | MXL/S | Matorral Xerófilo leñoso secundario |
| | SC/P | Selva caducifolia primaria |
| | SC/S | Selva caducifolia secundaria |
| | SP/P | Selva perennifolia primaria |
| | SP/S | Selva perennifolia secundaria |
| | SSC/P | Selva subcaducifolia primaria |
| | SSC/S | Selva subcaducifolia secundaria |
| | VHL/P | Vegetación hidrófila leñosa primaria |
| VHL/S | Vegetación hidrófila leñosa secundaria | |

Cuadro A1.51 (CONT.)

| Categoría | Subcategoría | Descripción |
|------------------------|--------------|-------------------------------------------|
| Praderas (GL) | EOTnL/P | Especial otros tipos no leñosa primaria |
| | EOTnL/S | Especial otros tipos no leñosa secundaria |
| | MXnL/P | Matorral Xerófilo no leñoso primario |
| | MXnL/S | Matorral Xerófilo no leñoso secundario |
| | P | Pastizal |
| | VHnL/P | Vegetación hidrófila no leñosa primaria |
| Tierras agrícolas (CL) | VHnL/S | Vegetación hidrófila no leñosa secundaria |
| | CL | Agricultura anual |
| | RCL | Agricultura perenne |
| Humedales (WL) | ACUI | Acuícola |
| | H2O | Agua |
| | PRE | Presas |
| Otras tierras (OL) | OT | Otras tierras |
| Asentamientos (S) | AH | Asentamientos humanos |
| País extranjero | P/E | País extranjero |

Nota 1: Los prefijos de las subcategorías son utilizados en las hojas de cálculo.

Nota 2: la agricultura anual también se puede abreviar como AGR_AN y la agricultura perenne como AGR_PER

FACTORES DE EMISIÓN

México tiene valores de factores de emisión y absorción para cada tipo de vegetación y para diferentes transiciones. Estos factores provienen del procesamiento del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) a cargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que aporta información para los cinco almacenes de carbono, así como del procesamiento de datos del INEGI, que provee información complementaria para la estimación de carbono en suelos.

Los factores de emisión y absorción para los diferentes reservorios fueron obtenidos de las Tablas 64 a 81 del Anexo E, [3] AFOLU, Sección [3B] Tierra del INEGYCEI 1990-2015. En este Anexo, se especifica cómo aplicar los factores de emisión dependiendo el tipo de vegetación y la transición. Por ejemplo,

existen factores de emisión que se aplican a las permanencias de vegetación, los cuales tienen magnitudes pequeñas, dado que representan tasas de crecimiento; o aquellos para deforestación, relacionan la pérdida de contenido de carbono en una hectárea, por lo que los valores son mayores, ya que indican densidad. Se toman los factores de emisión de deforestación cuando hay cambios de tierras forestales a cualquier otra categoría.

Para el caso específico de tierras agrícolas que permanecen, se toma el valor por defecto del IPCC con un valor de 2.1 tC/ha. Este mismo valor es utilizado en el INEGYCEI 2000-2015.

Los archivos que respaldan los resultados presentados son:

³² En esta clasificación se definieron 33 subcategorías, distribuyéndose de la siguiente: 19 en tierras forestales, 7 en praderas, 2 en tierras agrícola, 3 en humedales, y 1 tanto para asentamientos humanos como para otras tierras. Para más detalle ver el INEGYCEI 1990-2015.

³³ El informe bienal se puede consultar en el siguiente enlace: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314955/2015_bur_mexico.pdf

| Archivo | Descripción |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matriz Chihuahua SV-SVI.xlsx | Matriz de cambio generada del procesamiento de la serie V vs. la serie VI de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI de los años 2011 y 2014, respectivamente |
| Emisiones Tierras forestales Ch.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [3B1] |
| Emisiones Tierras agrícolas.xlsx | Concentrado de parámetros necesarios para la estimación de las emisiones de la categoría [3B2] |
| Emisiones Praderas.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [3B3] |
| Emisiones OT-AS-HUM Ch.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [3B4], [3B5] y [3B6] |
| Emisiones suelos Ch.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar los contenidos de carbono y las emisiones de suelos |
| Datos de actividad Ch.xlsx | Hoja que concentra los datos de actividad necesarios para el cálculo de las emisiones de GEI para la categoría [3B] |

[3C] FUENTES AGREGADAS Y FUENTES DE EMISIÓN NO CO₂ DE LA TIERRA

Los gases de efecto invernadero que se generan en esta categoría son: CO₂, CH₄ y N₂O. Siendo este último el gas que más se emite en las fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO₂ de la tierra. La subcategoría [3C4] Emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados es la que más contribuye a la

categoría [3C], cuyas emisiones van desde 1,468.58 GgCO₂e en 2013 a 1,573.17 GgCO₂e en 2017, lo que, en promedio en el periodo del inventario, equivale a un 64.75% del total de las emisiones en esta categoría.

En el Cuadro A1.52 se presentan las emisiones de GEI por las actividades agrupadas en esta categoría para el periodo 2013-2017 en la entidad.

Cuadro A1.52

| Subcategoría/fuente | GgCO ₂ | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3C1] Emisiones de gases de efecto invernadero por quemado de biomasa | 102.49 | 87.32 | 46.43 | 66.06 | 172.50 |
| [3C1a] Emisiones del quemado de biomasa en tierras forestales | 35.20 | 32.08 | 1.17 | 14.81 | 56.36 |
| [3C1b] Emisiones del quemado de biomasa en tierras de cultivo | 44.34 | 44.85 | 43.50 | 41.03 | 39.56 |
| [3C1c] Emisiones del quemado de biomasa en praderas | 22.95 | 10.38 | 1.76 | 10.22 | 76.59 |
| [3C2] Encalado | 2.11 | 2.16 | 2.13 | 2.22 | 2.26 |
| [3C3] Aplicación de urea | 69.21 | 75.27 | 60.12 | 74.19 | 64.31 |
| [3C4] Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados | 1,468.58 | 1,510.82 | 1,429.25 | 1,618.94 | 1,573.17 |
| [3C5] Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados | 368.99 | 379.37 | 356.82 | 402.58 | 386.71 |
| [3C6] Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión entérica | 237.63 | 240.63 | 252.49 | 334.06 | 366.97 |
| Total | 2,249.01 | 2,295.57 | 2,147.23 | 2,498.05 | 2,565.93 |

Dentro de esta categoría también se consideran las emisiones de [3C7] Cultivo de arroz, sin embargo, el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)³⁴ de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) no reporta el cultivo de arroz en el estado de Chihuahua.

Los archivos que amparan los resultados se describen en cada subcategoría o fuente.

[3C1] EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR QUEMADO DE BIOMASA

Dentro de esta subcategoría se estimaron las emisiones de CH₄ y N₂O generados por incendios producidos en tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales. Las emisiones generadas por el quemado de biomasa en tierras de cultivo fue la que más contribuyó a las emisiones totales de esta categoría, con valores entre 44 GgCO₂ y 39.56 GgCO₂ durante el periodo del inventario, como se puede observar en el Cuadro A1.53.

Cuadro A1.53

| Subcategoría/fuente | GgCO ₂ | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|--------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3C1] Emisiones de gases de efecto invernadero por quemado de biomasa | 102.49 | 87.32 | 46.43 | 66.06 | 172.50 |
| [3C1a] Emisiones del quemado de biomasa en tierras forestales | 35.20 | 32.08 | 1.17 | 14.81 | 56.36 |
| [3C1b] Emisiones del quemado de biomasa en tierras de cultivo | 44.34 | 44.85 | 43.50 | 41.03 | 39.56 |
| [3C1c] Emisiones del quemado de biomasa en praderas | 22.95 | 10.38 | 1.76 | 10.22 | 76.59 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

La metodología que se siguió para determinar las emisiones de GEI por quemado de biomasa en el estado de Chihuahua fue la de las Directrices del IPCC 2006 (Vol. 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra³⁵), misma que fue utilizada en el INEGY-CEI 1990-2015. Esto trae consistencia y comparabilidad a la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero que se hizo en la entidad.

La fórmula genérica que se utilizó para estimar las emisiones de cada GEI por quema de biomasa, nivel 1, es:

$$L_{quemada} = A * M_B * C_F * G_{ef} * 10^{-3}$$

donde:

L_{quemada} = emisiones de GE provocados por la quema de biomasa en tonelada de cada GEI/año

A = superficie quemada en ha³⁶

M_B = masa de combustible disponible para la combustión en t/ha

C_f = factor de combustión sin dimensión

G_{ef} = factor de emisión en g/kg de materia seca quemada

Es importante aclarar que solo se reportan las emisiones de CH₄ y N₂O y no de CO₂, de acuerdo a las Directrices del IPCC 2006.

DATOS DE ACTIVIDAD

Para estimar las emisiones de las fuentes [3C1a] y [3C1c] se necesita la superficie afectada por incendios, así como factores de consumo y masa disponible. La determinación de estos dos últimos parámetros factores se basó en la metodología usada en el INEGYCEI 1990-2015.

Para la determinación de superficie afectada por incendios, se realizó una inferencia con la información disponible de tipos de vegetación forestal afectada por incendios en el estado, de la superficie por tipo de vegetación forestal y el estrato afectado por incendios en el reporte de CONAFOR³⁷.

Para los incendios superficiales los estratos que la conforman son: el horizonte de fermentación, hojas superficiales, material leñoso caído, vegetación de baja altura (estrato herbáceo) y arbustos. Para caracterizar y cuantificar la biomasa y necromasa de estos estratos por tipo de vegetación, se realizó bajo la metodología indicada en el INEGYCEI 1990-2015.

³⁴ Se puede consultar este dato en: <https://nube.siap.gob.mx/cierrea-gricola/>

³⁵ Las Directrices para determinar las emisiones y absorciones de la categoría [3B] se pueden consultar en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>

³⁶ En este caso, que se aplicó el nivel uno, y de acuerdo a las Directrices

del IPCC 2006, la hojarasca molida y madera muerta equivalen a cero, ya que no mueren a causa del fuego o quema.

³⁷ Comisión Nacional Forestal. 2018. Reporte anual de incendios y terminología. Fecha de publicación: 5 de enero de 2018. Consultado en: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/reportes-anuales-de-incendios-y-terminologia>

Para estimar las emisiones de la fuente [3C1b] generadas por la quema de biomasa en tierras de cultivo, se necesita la superficie sembrada nacional y la específica del estado de Chihuahua, datos que se obtuvieron del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (SIAP), de la ahora Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social. Con estas estadísticas se infirió que la entidad contribuye con cerca del 5% de las emisiones nacionales de GEI por esta actividad.

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión para las fuentes [3C1a] y [3C1c] se tomaron del IPCC.

Los archivos que respaldan los resultados presentados y detallan los parámetros utilizados son:

| Archivo | Descripción |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3C1b.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la subcategoría [3C1b] Emisiones del quemado de biomasa en tierras de cultivo |
| Superficies incendios Ch | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones CH ₄ y N ₂ O de las subcategorías [3C1a] y [3C1c]. (Nota. Por la naturaleza de la información requerida, estas subcategorías son estimadas dentro de la categoría [3B]) |
| Emisiones Incendios CO2e Ch | Hoja de cálculo donde se convierte las emisiones de CH ₄ y N ₂ O de las subcategorías [3C1a] y [3C1c] a GgCO ₂ e. Misma nota. |

[3C2] ENCALADO

El encalado es un proceso utilizado para reducir la acidez del suelo y mejorar el crecimiento de los cultivos. Los compuestos utilizados en este procedimiento, pueden ser cal o dolomita, los cuales se disuelven y liberan bicarbonatos, para finalmente convertirse en CO₂ y agua. Las emisiones provenientes de esta subcategoría son muy pequeñas, contribuyendo con alrededor del 0.1% anualmente al total de la categoría [3C], como puede observarse en el Cuadro A1.54.

Cuadro A1.54

| Subcategoría | GgCO ₂ | | | | |
|----------------|-------------------|------|------|------|------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3C2] Encalado | 2.11 | 2.16 | 2.13 | 2.22 | 2.26 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Las emisiones provenientes del proceso de encalado se cuantifican utilizando la metodología indicada en las Directrices del IPCC 2006, Vol. 5, Capítulo 11. Como método se selecciona el nivel 1, conforme a la siguiente ecuación:

donde:
 Emisiones CO₂ = emisiones anuales de C por aplicación de cal en t de C/año
 M = cantidad anual de piedra caliza o dolomita en t/año
 FE = factor de emisión en t de C (t cal o dolomita)⁻¹

$$Emisiones\ CO_2 = (M_{Caliza} * EF_{Caliza}) + (M_{Dolomita} * EF_{Dolomita})$$

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de producción de cal y dolomita son los datos de actividad necesarios para la determinación de las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de encalado. Estos datos se obtuvieron del Banco de Información Económica del INEGI³⁹. Es importante precisar que la información es agregada a nivel nacional, no está desglosada por entidad federativa.

Otras consideraciones importantes para la cuantificación de las emisiones de esta subcategoría, es la establecida en el INEGYCEI 1990-2015, donde se explica que el encalado de suelos no suele ser una práctica que se haga comúnmente en el país, por lo que se determinó que el 2% de la producción nacional de estos compuestos es el que se destina a usos agrícolas⁴⁰. Con este parámetro se procedió a determinar la cantidad de cal y dolomita incorporados anualmente a las superficies cultivadas del país.

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión utilizados fueron por defecto: 0.12 t de C (t cal)⁻¹ para la piedra caliza y 0.13 t de C (t dolomita)⁻¹ para la dolomita⁴¹.

El archivo, que respalda los resultados presentados y detalla los parámetros utilizados, es:

| Archivo | Descripción |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 3C2.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [3C2] Encalado |

[3C3] APLICACIÓN DE UREA

La urea es un compuesto que se utiliza en la fabricación de fertilizantes agrícolas por su alto contenido en nitrógeno. Al aplicar este químico a los suelos, se convierte en amonio, ion hidroxilo y bicarbonato. Este último se convierte en CO₂ y agua.

Las emisiones de CO₂ generadas en esta subcategoría contribuyen, en promedio, del periodo del inventario, en alrededor del 3% del total de la categoría [3C]. El Cuadro A1.55 muestra los valores cuantificados en el estado de Chihuahua que se emiten por la aplicación de la urea a los suelos durante la fertilización.

Cuadro A1.55

| Subcategoría | GgCO ₂ | | | | |
|--------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3C3] Aplicación de urea | 69.21 | 75.27 | 60.12 | 74.19 | 64.31 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

La cuantificación de las emisiones provenientes en la aplicación de urea se realizó utilizando la metodología, nivel 1, de las Directrices del IPCC 2006 (Vol. 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra⁴²), misma que fue utilizada en el INEGYCEI 1990-2015.

La ecuación empleada para estimar las emisiones de CO₂ generadas en esta subcategoría es:

$$CO_2 - C = M * EF$$

donde:

CO₂ - C = emisiones anuales de C por aplicación de urea en t C/año
 M = cantidad anual de fertilización con urea en t urea/año
 FE = Factor de emisión en t C (t de urea)⁻¹

DATOS DE ACTIVIDAD

Las emisiones por esta fuente se estimaron a partir de los datos sobre el consumo de urea en México proporcionados por la Asociación Internacional de Industrias del Fertilizante⁴³. Este dato se proporciona en miles de toneladas de nitrógeno por

³⁹ [https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPa-dre=104001000142013000400010]

⁴⁰ INEGYCEI 1990-2015, p. 186. (Parámetro basado por juicio de expertos)

⁴¹ Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 11: Emisiones de N₂O de los

suelos gestionados y emisiones de CO₂ derivadas de la aplicación de cal y urea.

⁴² Las Directrices para determinar las emisiones y absorciones de la categoría [3B] se pueden consultar en:

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html

⁴³ [https://www.ifastat.org]

año. Para obtener la cantidad de urea incorporada en suelos en el periodo 2013-2017 en México, se dividió la cantidad de nitrógeno registrada, entre la proporción de este elemento químico en la molécula de urea (0.47).

También se consultaron las superficies totales cultivadas y las superficies cultivadas fertilizadas en el país y en el estado de Chihuahua, publicadas por el SIAP.

Con las estimaciones de la urea consumida y las superficies cultivadas fertilizadas en el país se determinó la cantidad de urea incorporada en suelos por unidad de área (kg C/ha) en México.

Bajo el supuesto de que la cantidad de urea incorporada en suelos por unidad de superficie es la misma en todo el país, se estimó la cantidad de urea consumida en el estado de Chihuahua.

Ante la falta de datos sobre consumo de urea correspondiente al año 2017, se computó un pronóstico basado en los valores registrados en el periodo 2013-2016.

FACTORES DE EMISIÓN
El factor de emisión utilizado fue por defecto y es igual a 0.20 toneladas de C/toneladas de urea⁴⁴.

El archivo que respalda los resultados presentados y detalla los parámetros utilizados, es:

| Archivo | Descripción |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3C3.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [3C3] Aplicación de urea |

[3C4] EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE LOS SUELOS GESTIONADOS

En esta categoría se contabilizan las emisiones de óxido nitrroso provenientes de la incorporación en nitrógeno por tres vías: fertilizante sintético, excretas del ganado en pastoreo y acumulación y descomposición de biomasa por parte de los cultivos.

En el Cuadro A1.56 se muestran las emisiones de esta subcategoría, contribuyendo, en promedio, con casi el 65% del total de la categoría, en el periodo del inventario.

Cuadro A1.56

| Subcategoría | GgCO ₂ | | | | |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3C4] Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados | 1,468.58 | 1,510.82 | 1,429.25 | 1,618.94 | 1,573.17 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Para estimar las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados en el estado de Chihuahua, se empleó el nivel 1, de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 11. La ecuación general que se utilizó es la siguiente:

$$N_2O_{Directas} - N = N_2O - N_{N aportes} + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP}$$

donde:

$N_2O_{Directas} - N$ = emisiones directas anuales de N₂O - N producidas a partir de suelos gestionados en kg N₂O - N/año

$N_2O - NN aportes$ = emisiones directas anuales de N₂O - N producidas por aportes de N a suelos gestionados en kg N₂O - N/año (fertilizantes sintéticos nitrogenados, F_{SN})

$N_2O - N_{OS}$ = emisiones directas anuales de N₂O - N de suelos orgánicos gestionados en kg N₂O - N/año (cantidad de N contenida en residuos agrícolas, F_{cr})

$N_2O - N_{PRP}$ = emisiones directas anuales de N₂O - N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo en kg N₂O - N/año (cantidad de N proveniente del manejo de excretas de los animales, F_{PRP})

Para calcular cada término de esta ecuación, ver la fórmula desarrollada completa de la ecuación 11.1 de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 11. Para estimar FCR se utilizó un método alterno, con la ecuación 11.7a de las mismas directrices.

La conversión de emisiones de N₂O-N en emisiones de N₂O se realiza a través de la siguiente relación:

$$N_2O = N_2O - N * 44/28$$

DATOS DE ACTIVIDAD

Para cuantificar las emisiones provenientes de los fertilizantes sintéticos nitrogenados aplicados a los suelos se utilizó los datos de consumo anual de fertilizante, el cual se obtuvo, a nivel nacional, de la Asociación Internacional de Industrias del Fertilizante⁴⁵. También se utilizó la superficie cultivada fertilizada nacional y del estado de Chihuahua, las cuales se consultaron en el SIAP⁴⁶.

Para estimar las emisiones provenientes del manejo de excretas de los animales se necesitó contar con las poblaciones de bovinos, caprinos, caballos, mulas, asnos y ovinos en el periodo del inventario. Estos datos son los mismos que se utilizaron para cuantificar las emisiones de las subcategorías [3A1] y [3A2]⁴⁷.

Para determinar las emisiones originadas por la acumulación y descomposición de biomasa proveniente de los cultivos, los datos de actividad necesarios son principalmente la superficie cosechada y el rendimiento por hectárea, los cuales se obtuvieron del SIAP⁴⁸.

FACTORES DE EMISIÓN
Para las tres actividades generadoras de emisiones de N₂O se utilizan los factores de emisión por defecto, los cuales son tomados del Cuadro 11.1 de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 11⁴⁹.

Los archivos que respaldan los resultados presentados y los parámetros utilizados son:

| Archivo | Descripción |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3C4.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [3C4] |
| 3C4(FCR).xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar la cantidad de N proveniente del manejo de excretas de los animales |

[3C5] EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O DE LOS SUELOS GESTIONADOS

Estas emisiones corresponden a las fracciones de nitrógeno que por los procesos de volatilización y lixiviación se desprenden de las fuentes anteriormente mencionadas: fertilizantes sintéticos, excretas del ganado en pastoreo y acumulación y descomposición de biomasa de los cultivos.

En el Cuadro A1.57 se muestran las emisiones de esta subcategoría, contribuyendo, en promedio, con alrededor del 16% del total de la categoría [3C], en el periodo del inventario.

Cuadro A1.57

| Subcategoría | GgCO ₂ | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3C5] Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados | 368.99 | 379.37 | 356.82 | 402.58 | 386.71 |

⁴⁴ Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 11: Emisiones de N₂O de los suelos gestionados y emisiones de CO₂ derivadas de la aplicación de cal y urea.

⁴⁵ <https://www.ifastat.org/databases/>

⁴⁶ <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/tecnologia/Fertilizada.pdf>

⁴⁷ <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es>

⁴⁸ <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola>

⁴⁹ Usar siempre los valores de las versiones de las Directrices en inglés.

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Para estimar las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados en el estado de Chihuahua, se empleó el nivel 1, de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 11.

La ecuación para determinar las emisiones de los procesos de volatilización es la 11.9 del mismo volumen mencionado de las directrices:

$$N_2O_{(ATD)} - N = [(F_{SN} * Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) * Frac_{GASM})] * EF_4$$

donde:

N₂O_{(ATD)} - N = cantidad anual de N₂O - N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados en kg N₂O - N/año}

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos kg N/año

Frac_{GASF} = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x en kg N volatilizado/kg N aplicado a los suelos en kg N/año

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos en kg N/año

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas en kgN/año

Frac_{GASFM} = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F_{ON}) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F_{PRP}) que se volatiliza como NH₃ y NO_x en kg N volatilizado/kg N aplicado o depositado

EF₄ = Factor de emisión en kg N - N₂O/kg NH₃ - N + NO_x - N volatilizado

La ecuación para determinar las emisiones de los procesos de lixiviación es la 11.10 de las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 11:

$$N_2O_{(L)} - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) * Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)} * EF_5$$

donde:

N₂O_{(L)} - N = cantidad anual de N₂O - N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos en kg N₂O - N/año}

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento en kg N/año

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento en kg N/año

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento en kgN/año

F_{CR} = cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devuelta a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento en kg N/año

F_{SOM} = cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo, como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento en kg N/año

Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}} = fracción de todo el N agregado/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento en kg N/kg de agregados de N

EF₅ = Factor de emisión en kg N - N₂O/kg N por lixiviación y escurrido

La conversión de emisiones de N₂O Directas - N y N₂O(L) - N en emisiones de N₂O se realiza con la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O - N * 44/28$$

DATOS DE ACTIVIDAD

Para estimar las emisiones indirectas de N₂O de los suelos gestionados, se utilizan los mismos datos de actividad que en la subcategoría [3C4].

FACTORES DE EMISIÓN

En la cuantificación de las emisiones de esta subcategoría, se emplearon los factores de emisión por defecto indicados en las Directrices del IPCC 2006, Vol. 4, Capítulo 11. También se requiere valores para las fracciones de N que se pierden por volatilización o lixiviación. Estos valores por defecto fueron tomados de la Tabla 11.3⁵⁰ de las directrices mencionadas.

[3C6] EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O RESULTANTES DE LA GESTIÓN DE ESTIÉRCOL

Esta fuente de emisión se cuantificó, en conjunto, con la subcategoría [3A2] Gestión de estiércol, ya que la misma información que se usó para ésta, se utiliza para determinar las emisiones indirectas de N₂O resultantes de la gestión de estiércol.

Las emisiones N₂O generadas en la subcategoría durante el periodo 2013-2017 se muestran en el Cuadro A1.58, siendo la tercera fuente más importante de la categoría [3C]. En promedio, participan con alrededor del 12% del total, en el periodo del inventario.

Consideraciones metodológicas

Para revisar la metodología y los parámetros usados para cuantificar las emisiones de esta subcategoría, favor de ver la sección [3A2] Gestión de estiércol.

Cuadro A1.58

| Subcategoría | GgCO ₂ | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [3C6] Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión entérica | 237.63 | 240.63 | 252.49 | 334.06 | 366.97 |

SECTOR [4] RESIDUOS⁵¹

Las emisiones del sector residuos incluyen las generadas en el tratamiento y eliminación de residuos. La estructura de este sector engloba a 4 categorías, de acuerdo a las directrices del IPCC 2006: [4A] Eliminación de residuos sólidos urbanos, [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos, [4C] Incineración y quema abierta de residuos y [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Los gases que se contabilizan en estas fuentes son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido

nitroso (N₂O) y de éstos, el metano es el principal gas que se emite en el sector residuos, con una aportación de 727.08 Gg-CO₂e, equivalente al 89.72% en 2017.

En el Cuadro A1.59 se presentan las emisiones del periodo 2013-2017, mientras que en el Cuadro A1.60 presenta la contribución de cada gas estimado en el sector residuos.

Cuadro A1.59

| Categoría | GgCO ₂ e | | | | |
|-------------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [4A] Eliminación de residuos sólidos urbanos | 459.15 | 483.83 | 509.74 | 536.38 | 564.42 |
| [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos | 0.14 | 0.21 | 0.27 | 0.34 | 0.40 |
| [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos | 33.50 | 34.19 | 34.83 | 35.49 | 36.15 |
| [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales | 192.39 | 193.12 | 198.78 | 204.85 | 209.39 |
| TOTAL | 685.19 | 711.35 | 743.62 | 777.05 | 810.36 |

⁵⁰ Usar siempre los valores de las versiones de las Directrices en inglés.

⁵¹ En este sector, las autoridades mexicanas han sustituido algunos de los nombres de las categorías por palabras que son usadas en nuestro país para entender mejor los términos. Por lo tanto, se decidió adop-

tar los mismos nombres que en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para el Inventario de Chihuahua.

Cuadro A1.60

| Gas | GgCO ₂ e | | | | |
|------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| CO ₂ | 17.09 | 17.46 | 17.79 | 18.13 | 18.47 |
| CH ₄ | 610.87 | 634.75 | 665.96 | 696.01 | 727.08 |
| N ₂ O | 57.23 | 59.13 | 59.87 | 62.92 | 64.82 |
| Total | 685.19 | 711.35 | 743.62 | 777.05 | 810.36 |

A continuación, se describen los aspectos más importantes que se consideraron para el cálculo de cada categoría del sector residuos.

[4A] ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

En esta categoría se contabilizan las emisiones generadas en los sitios de disposición final (SDF) de los residuos sólidos urbanos. A nivel internacional, estos sitios contribuyen entre tres y cuatro por ciento del total de emisiones de metano, que es el gas de efecto invernadero que más se emite en esta categoría. Los sitios de disposición final también producen dióxido de carbono, pero como se origina, principalmente, de la descomposición de materia orgánica proveniente de cultivos o madera, se considera emisiones biogénicas y, por lo tanto, no se incluye como tal en las emisiones totales nacionales⁵².

En esta categoría se estimaron las subcategorías:

- [4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios)
- [4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos

El INECC⁵³ describe a la subcategoría [4A1] Sitios gestionados, a aquellos que tienen una infraestructura que incluye métodos y obras de ingeniería que controlan la fuga de lixiviados y la generación de biogás y que se rigen por la NOM-083-SEMARNAT-2003; mientras que los sitios no controlados, los define como aquellas instalaciones que disponen de cierto nivel de ingeniería, pero no cumplen con la totalidad de la norma referida.

Las emisiones de la categoría [4A] aumentaron un poco más de 100 GgCO₂e entre 2013 y 2017, principalmente debido al crecimiento que se observó en la subcategoría [4A1] (ver Cuadro A1.61). De acuerdo al INECC⁵⁴, esto se debe al incremento del número de rellenos sanitarios, así como de las cantidades de residuos que se disponen en estos sitios de disposición final.

Cuadro A1.61

| Subcategoría | GEI | GgCO ₂ e | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos (rellenos sanitarios) | CH ₄ | 371.59 | 394.76 | 419.33 | 444.47 | 471.42 |
| [4A2] Sitios no controlados de eliminación de residuos | CH ₄ | 87.56 | 89.07 | 90.41 | 91.91 | 93.00 |
| TOTAL | | 459.15 | 483.83 | 509.74 | 536.38 | 564.42 |

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de las emisiones de metano proveniente de los sitios de disposición final se realiza utilizando la metodología planteada en las Directrices del IPCC 2006, Vol. 5, Capítulo 3. Como método se selecciona el nivel 1, el cual se basa en un modelo de decaimiento o descomposición de primer orden (FOD, por sus siglas en inglés). Los parámetros utilizados son principalmente por "defecto" recomendados por el IPCC. Los datos de actividad provienen en su mayor parte del documento "Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Chihuahua, 2012" publicado por el Gobierno del Estado de Chihuahua y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Las emisiones de metano provenientes de la disposición final de residuos sólidos urbanos se generan como resultado de la degradación del material orgánico bajo condiciones anaeróbicas. El modelo FOD utilizado, parte de la idea de que el potencial de generación de metano de los residuos que se depositan en un sitio dado decrece gradualmente a través del tiempo, recomendando estimar las emisiones partiendo de 50 años atrás. En este ejercicio, se tomó el año 1970 como inicio en el cálculo de emisiones.

La estimación se realizó utilizando una herramienta Excel, desarrollada por el IPCC (ver archivo IPCC_Waste_Model_Chihuahua.xls) y que puede descargarse de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5_Volume5/IPCC_Waste_Model.xls.

La base para el cálculo de las emisiones de CH₄ es la cantidad de carbono orgánico degradable disuelto (DDOC por sus siglas en inglés) o DDOC_m⁵⁵ como se define en la siguiente ecuación, e indica la parte del carbono orgánico que se degrada en condiciones anaeróbicas en los SDF.

$$DDOC_m = W * DOC * DOC_f * MCF$$

donde:

- DDOC_m = masa de carbono orgánico degradable depositado en Gg
- W = masa de residuos depositados en Gg
- DOC = carbono orgánico degradable en el año en que se depositó (fracción)
- DOC_f = fracción de DOC que puede descomponerse
- MCF = fracción de corrección de metano

Los valores de DOC y DOC_f son parámetros por defecto y se abordan más adelante.

DATOS DE ACTIVIDAD

La estimación de cantidad de materia degradable por tipo de materia que llega a los sitios de disposición final se calcula mediante la siguiente ecuación, para cada año a partir de 1970:

$$W_{m(año n)} = Población * GPC_{año} * \%tSWDS * \%Comida$$

donde:

- W_{m(año n)} = cantidad de materia degradable por tipo de materia
- Población = Población (habitantes)
- GPC_{año} = generación per cápita para el año n
- %tSWDS = porcentaje del total de residuos generados que llegan a los sitios para el año n
- %Comida = porcentaje de comida respecto al total de residuos para el año n

Para determinar la población, se utilizaron los datos de los censos y conteos de población de 1970 a 2005 de INEGI, y en base a ellos, se calculó la tasa media de crecimiento anual, dando un valor de 1.9%; los datos de los años intermedios se obtuvieron por interpolación.

Para determinar la generación per cápita (gdp), se utilizaron los datos a nivel nacional que ha reportado SEMARNAT⁵⁶, y a partir de ellos, se calculó la tasa media de crecimiento anual a partir de los años 1975 y 2012 que fue de 2.7%.

Sobre la composición de los residuos depositados en los sitios de disposición final, se consideró que se mantenía constante todo el periodo y se tomó de los datos publicados por SEMARNAT en 2012⁵⁷, clasificándolos en comida, jardín, papel, madera, textiles y pañales desechables. Para el caso del % de comida, el valor determinado fue de 25.57%. Los lodos provenientes de plantas de tratamiento, y según lo reportado por el gobierno del estado de Chihuahua⁵⁸, se generan aproximadamente 640,000 t/año en base seca, los cuales son utilizados como material de cubierta y, por lo tanto, no se canalizan a los sitios de disposición final.

Para determinar el porcentaje del total de residuos generados que llegan a los sitios de disposición final, a la generación total se le resta los residuos que se queman en traspatio, o se entierran o se tiran en barrancas o ríos o que no se especifican. Estos datos se tomaron del INEGI⁵⁹ y se muestran a continuación (Cuadro A1.62):

⁵² Directrices del IPPC 2006. Vol. 5. Desechos. Capítulo 3: Eliminación de desechos sólidos (versión en inglés).

⁵³ SEMARNAT-INECC (2018b). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Apoyado por GEF y PNUD.

⁵⁴ Ibid.

⁵⁵ El índice m se refiere a la masa.

⁵⁶ SEMARNAT-INECC (2012). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2012. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187440/diagnostico_basico_extenso_2012.pdf

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ Gobierno del Estado de Chihuahua y Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (2012). Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Chihuahua.

⁵⁹ INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados del Cuestionario Ampliado.

Cuadro A1.62

| Entidad federativa | Forma de desechar la basura (%) | | | | | | | | Proporción de la población que no deposita en SDF |
|--------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------|-------|----------|------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|
| | Recolección domiciliaria | Basurero público | Contenedor o depósito | Quema | Entierra | Terreno baldío o calle | Barranca, río, lago o mar | No especificado | |
| 08 Chihuahua | 89.61 | 1.48 | 1.03 | 6.75 | 0.21 | 0.28 | 0.18 | 0.47 | 92.4 |

Una vez obtenida toda la información que se acaba de describir, se procede a cargar los datos para correr el modelo FOD. Para el cálculo de las emisiones de esta categoría, solo se consideraron los residuos sólidos municipales, ya que no se contó con información de residuos industriales.

FACTOR DE CORRECCIÓN DE METANO (MCF)

EL MCF cuantifica el hecho de que un sitio de disposición final sin manejo produce menos metano que un sitio con manejo anaeróbico, por la misma cantidad de residuos. En las Directrices del IPCC 2006, los SDF son clasificados en 4 categorías, y a cada una de estas categorías se les asigna un factor de corrección de metano. En caso de que no se puedan categorizar los SDF dentro de las cuatro categorías, hay un valor de MCF para los SDF no categorizados que puede ser empleado. Estos valores por defecto ya están cargados en el modelo FOD y pueden consultarse en la Tabla 3.1 de las Directrices del IPCC 2006⁶⁰.

Posteriormente, se determinó el promedio ponderado del MCF para cada año, bajo el supuesto de que los rellenos sanitarios (RS) se instalan en ciudades grandes y que el 84% de los residuos se disponen en estos⁶¹. También se hicieron búsquedas en internet para buscar la antigüedad de los rellenos sanitarios.

El promedio ponderado⁶² del MCF por año se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$MCF_p = \sum_1^n FCM_n UM$$

donde:

- MCF_p = factor de corrección de metano ponderado
- FCM_n = factor de corrección de metano para el tipo de sitio n, por año
- UM = porcentaje de residuos que llegan al sitio de disposición final del tipo n, por año
- n = Tipos de sitio (superficiales no gestionados y rellenos sanitarios)

También se estimó la evolución del porcentaje de residuos que se manejan en los rellenos sanitarios del estado, asumiendo que de 1970 a 1993, el 100% de los residuos se dispusieron en sitios superficiales no gestionados y a partir de 1993, los porcentajes fueron los siguientes (Cuadro A1.63):

Cuadro A1.63

| Año | % de residuos que llegan a rellenos sanitarios |
|------|------------------------------------------------|
| 1993 | 39.44 |
| 1995 | 73.74 |
| 2004 | 74.25 |
| 2014 | 75.71 |
| 2016 | 77.60 |

Con estos resultados y considerando que la suma de los residuos que se depositan en sitios superficiales no gestionados más los que se depositan en rellenos sanitarios conforman el 100%, se puede calcular el MCF ponderado por medio del modelo FOD.

METANO GENERADO A PARTIR DEL DECAIMIENTO DE DDOC_m

Con la información calculada hasta esta etapa, se aplican las ecuaciones de decaimiento de primer orden para determinar el DDOC_m, ecuaciones 3.4 y 3.5 de las Directrices del IPCC 2006. Vol. 5. Desechos. Capítulo 3. Con este parámetro se puede estimar la generación de metano, utilizando la siguiente fórmula:

$$CH_{4\text{ generado } T} = DDOC_{m\text{ descomp } T} * F * 16/12$$

donde:

- CH_{4 generado T} = cantidad de metano generado
- DDOC_{m descomp T} = DDOC_m descompuesta en el año T en Gg
- F = fracción de CH₄ por volumen en el gas generado
- 16/12 = la relación de peso molecular

Como en casos anteriores, estas ecuaciones también están programadas en el modelo FOD y dan resultados por tipo de residuos (comida, jardín, papel, madera, textiles y pañales desechables).

Finalmente, se calculan las emisiones totales de metano por medio de la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = [\sum CH_4\ generado_{x,T} - R_T] * (1 - OX_T)$$

donde:

- Emisiones de CH₄ = cantidad de metano emitido durante el año T en Gg
- T = año del inventario
- x = categoría o tipo de residuo y/o material
- R_T = metano recuperado durante el año T en Gg
- OX_T = factor de oxidación durante el año T en fracción

Los archivos que respaldan los resultados presentados se describen a continuación:

| Archivo | Descripción |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Solo RS_2_IPCC_Waste_Model_Chihuahua.xls | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de los [4A1] sitios gestionados de disposición de residuos (rellenos sanitarios) |
| Solo SNC_2_IPCC_Waste_Model_Chihuahua.xls | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de los [4A2] sitios no controlados de disposición de residuos |
| IPCC_Waste_Model_Chihuahua.xls | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [4A] |
| Hoja de cálculo Categoría 4A.xls | Concentrado de parámetros necesarios para la estimación de las emisiones de la categoría [4A] |

[4B] TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El tratamiento biológico de los residuos sólidos se refiere a la fabricación de abono orgánico o composta y la digestión anaeróbica de los residuos orgánicos, por ejemplo, de comida, de jardines y parques y de lodos residuales⁶³. Los gases que se estiman en esta categoría son CH₄ y N₂O.

Las emisiones totales de la categoría 4B fueron muy pequeñas en comparación de las otras categorías del sector residuos. Los valores oscilaron entre 0.14498 GgCO₂e en 2013 hasta 0.39938 GgCO₂e en 2017, creciendo 2.75 veces entre el periodo de tiempo considerado. En esta categoría, el óxido nitroso es el que más contribuye a las emisiones, como se puede ver en el Cuadro A1.64.

⁶⁰ Directrices del IPCC 2006. Vol. 5. Desechos. Capítulo 3: Eliminación de desechos sólidos (versión en inglés).

⁶¹ Gobierno del estado de Chihuahua y Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (2012). Programa Estatal para la Prevención y Gestión

Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Chihuahua.

⁶² Este cálculo del promedio ponderado se encuentra programado en el modelo FOD.

⁶³ Directrices del IPCC 2006. Vol. 5. Desechos. Capítulo 4: Tratamiento biológico de los desechos sólidos.

Cuadro A1.64

| Categoría | GEI | GgCO ₂ e | | | | |
|-----------------------------------------------|------------------|---------------------|------|------|------|------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Tratamiento biológico de los residuos sólidos | CH ₄ | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.09 |
| | N ₂ O | 0.05 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.31 |
| TOTAL | | 0.14 | 0.21 | 0.27 | 0.34 | 0.40 |

A continuación, se describen los aspectos más importantes que se utilizaron para el cálculo de esta categoría del sector residuos.

Consideraciones metodológicas

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Estimación de metano

El método empleado para la estimación de emisiones de CH₄ proveniente de la subcategoría [4B] es el descrito en las Directrices del IPCC 2006⁶⁴, utilizando la siguiente fórmula:

$$Emisiones CH_4 = \sum_i (M_i * EF_i) * 10^{-3} - R$$

donde:

Emisiones CH₄ = total de las emisiones de CH₄ durante el año del inventario en Gg de CH₄

M_i = masa de los residuos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i

EF_i = factor de emisión del tratamiento i, g CH₄/kg de residuos tratados

i = preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica

R = cantidad total de CH₄ recuperado durante el año del inventario

Estimación de óxido nitroso (N₂O)

El método empleado para la estimación de emisiones N₂O proveniente de la subcategoría [4B] es el descrito en las Directrices del IPCC 2006⁶⁵, utilizando la siguiente fórmula:

$$Emisiones N_2O = \sum_i (M_i * EF_i) * 10^{-3} - R$$

donde:

Emisiones N₂O = total de las emisiones de N₂O durante el año del inventario en Gg de N₂O

M_i = masa de los residuos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i

EF_i = factor de emisión del tratamiento i, g N₂O/kg de residuos tratados

i = preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica

Para ambos gases, el método seleccionado es nivel 1, ya que se utilizaron los parámetros por "defecto" recomendados por el IPCC, como se indica en las secciones siguientes.

DATOS DE ACTIVIDAD

En el estado se identificaron plantas de composta en los sitios de disposición final de los municipios de Guerrero y Aldama. Ambos municipios cuentan con el dato de la cantidad de residuos que ingresan al sitio. Se asume que el porcentaje de residuos de comida es el mismo que el nacional y la proporción de residuos que se convierten a composta se toma de los factores por defecto del IPCC. Dado que la cantidad de composta producida depende fundamentalmente de la capacidad instalada, se asume que ésta permanece constante del 2013 al 2017. Los datos obtenidos se muestran en el Cuadro A1.65. Se resume la información para el cálculo de las emisiones provenientes de la categoría [4B].

Cabe señalar que es posible que existan más plantas de composta, sin embargo, no fue posible ubicar ninguna otra en el momento de la realización del inventario. Se recomienda el levantamiento y sistematización de información de dichas instalaciones.

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión utilizados fueron por defecto y se muestran en el Cuadro A1.66⁶⁶.

Cuadro A1.65

| Municipio | Cantidad de residuos que ingresan (1) (t/día) | Fracción de los residuos de comida y jardín (2) | Fracción transformados en abono orgánico (3) | Cantidad total de residuos ingresados a tratamiento biológico (Gg) |
|-----------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Guerrero | 35 | 0.349 | 0.06 | 0.767 |
| Aldama | 2.7 | 0.349 | 0.06 | 0.059 |
| TOTAL | | | | 0.826 |

Fuente:

- 1) Gobierno del estado de Chihuahua y Universidad Autónoma de Cd. Juárez (2012). Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el estado de Chihuahua. Pag. 233."
- 2) SEMARNAT, 2012. Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos.
- 3) Factor por defecto tomado de IPCC. Directrices del IPCC 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 5. Capítulo 2. Cuadro 2.1.

Cuadro A1.66

| Tipo de tratamiento biológico | Factores de emisión CH ₄ (g CH ₄ /kg de residuos tratados) | | Factores de emisión N ₂ O (g N ₂ O/kg de residuos tratados) | |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| | Base seca | Base húmeda | Base seca | Base húmeda |
| Preparación abono orgánico | 10 | 4 | 0.6 | 0.3 |

Los archivos que respaldan los resultados presentados para la categoría [4B] se resumen a continuación:

| Archivo | Descripción |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cálculo Residuos sólidos Edo de Chihuahua.xls | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de las categorías [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos y [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos |
| Hoja de cálculo Categoría 4B - 4C.xls | Concentrado de parámetros necesarios para la estimación de las emisiones de las categorías [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos y [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos |

[4C] INCINERACIÓN Y QUEMA A CIELO ABIERTO DE RESIDUOS

En esta categoría se contabilizan las emisiones de combustión de residuos sólidos y líquidos en instalaciones de incineración controladas y de aquellas procedentes de la quema al aire libre de materiales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, aceites, entre otros⁶⁷. En el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015,

dentro de la combustión controlada, se incluye a la eliminación por la combustión de residuos peligrosos industriales y biológico-infecciosos, mientras que, en la quema al aire libre, son las generadas en viviendas. Esta misma clasificación se consideró en el inventario del estado de Chihuahua:

- [4C1] Incineración de residuos peligrosos (industriales y biológico infeccioso)
- [4C2] Quema de residuos a cielo abierto

⁶⁴ Ibid.
⁶⁵ Ibid.
⁶⁶ Ibid. Valores tomados del Cuadro 4.1.

⁶⁷ Directrices del IPCC 2006. Vol. 5. Desechos. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos.

La incineración y quema a cielo abierto de residuos son fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero incluyendo el CO₂, el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). Normalmente, las emisiones de CO₂ provenientes de la incineración de desechos son más significativas que las emisiones de CH₄ y N₂O⁶⁸.

Las emisiones de la categoría [4C] aumentaron muy poco entre 2013 y 2017, pasando de 33.5 a 36.15 GgCO₂e (Cuadro A1.67). La subcategoría que más emisiones generó fue la [4C2], mientras que el CO₂ fue el GEI que más contribuyó en esta categoría.

Cuadro A1.67

| Subcategoría | GEI | GgCO ₂ e | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [4C1] Incineración de residuos peligrosos (industriales y biológico infeccioso) | Total | - | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| [4C1] Incineración de residuos peligrosos (industriales y biológico infeccioso) | CO ₂ | - | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| [4C1] Incineración de residuos peligrosos (industriales y biológico infeccioso) | CH ₄ | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| [4C1] Incineración de residuos peligrosos (industriales y biológico infeccioso) | N ₂ O | - | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| [4C2] Quema de residuos a cielo abierto | Total | 33.50 | 34.13 | 34.78 | 35.43 | 36.10 |
| [4C2] Quema de residuos a cielo abierto | CO ₂ | 17.09 | 17.41 | 17.74 | 18.08 | 18.42 |
| [4C2] Quema de residuos a cielo abierto | CH ₄ | 14.01 | 14.27 | 14.54 | 14.81 | 15.09 |
| [4C2] Quema de residuos a cielo abierto | N ₂ O | 2.41 | 2.45 | 2.50 | 2.54 | 2.59 |
| [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos | Total | 33.50 | 34.19 | 34.83 | 35.49 | 36.15 |

Nota: en la subcategoría [4C1], se puede observar que no hay emisiones para el año 2013, lo cual se debe a que la única empresa detectada en el estado inició operaciones a partir de 2014.

A continuación, se describen las consideraciones hechas para el cálculo de las subcategorías [4C1] Incineración de residuos peligrosos (industriales y biológicos infecciosos) y [4C2] Quema de residuos a cielo abierto.

[4C1] INCINERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS (INDUSTRIALES Y BIOLÓGICO INFECCIOSO)

Como se mencionó en párrafos anteriores, la incineración se define como la combustión de los residuos sólidos y líquidos en instalaciones de incineración controladas. Los tipos de residuos incinerados incluyen los residuos sólidos municipales, residuos industriales, residuos peligrosos, residuos hospitalarios y lodos de aguas servidas⁶⁹.

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Estimación de bióxido de carbono

El método empleado para la estimación de emisiones de CO₂ proveniente de la subcategoría [4C1] es el descrito en las Directrices del IPCC, basándose en la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (SW_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i) * 44/12$$

⁶⁹ Ibid.

donde:

Emisiones CO₂ = emisiones de CO₂ durante el año del inventario en Gg/año

SW_i = cantidad total de residuos sólidos de tipo i (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta en Gg/año

dm_i = contenido de materia seca en los residuos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta en fracción

CF_i = fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total)

FCF_i = fracción de carbono fósil en el carbón total

OF_i = factor de oxidación en fracción

44/12 = factor de conversión de carbón en CO₂

i = tipo de residuo incinerado/quemado al aire libre.

De acuerdo a la información sobre las fuentes en esta subcategoría en el estado de Chihuahua, el único tipo de residuos que se incinera son los hospitalarios.

DATOS DE ACTIVIDAD

En el estado de Chihuahua se cuenta con una instalación autorizada en el año de 2014 para incineración de residuos biológico-infecciosos, por lo que fue considerada como única fuente de esta subcategoría (Cuadro A1.68). Se tomó como supuesto que usa la totalidad de la capacidad instalada reportada y se tomaron los parámetros propuestos en las Directrices del IPCC 2006.

Cuadro A1.68

| Empresa | Municipio | Estado | Tipo de residuo | Vigencia inicio | Vigencia término | Capacidad (t) |
|-----------------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Ecoresiduos, Desechos y Reciclados, SA de CV. | Delicias | Chihuahua | Biológico Infecciosos tales como; Patológicos; No anatómicos; Punzocortantes | 3/19/2014 | 3/19/2024 | 86.4 |

Fuente: <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/empresas-autorizadas-para-el-manejo-de-residuos-peligrosos>

FACTOR DE EMISIÓN

Los parámetros CF y FCF correspondientes a los residuos hospitalarios son los datos por defecto del Cuadro 5.2 del capítulo 5, Vol. 5 de las Directrices del IPCC 2006 (versión en inglés), y se muestran en el Cuadro A1.69.

El dato sobre el contenido de materia seca en los residuos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta (dm_i), fue de 65% y se tomó del Cuadro 2.6, del capítulo 2, Vol. 5 de las Directrices del IPCC 2006.

Cuadro A1.69

| Parámetro | Residuos hospitalarios (%) |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Contenido de carbono total en % del peso en seco | 60 |
| Fracción de carbono fósil en % del contenido de carbono total | 40 |

⁷⁰ Del cuadro se toma el valor de 35%, lo que implica que el contenido de materia seca sería 100-35 = 65%

Estimación de metano

El método empleado para la estimación de emisiones de CH₄ provenientes de la subcategoría [4C1] es el descrito en las Directrices del IPCC, basándose en la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i (IW_i * EF_i) * 10^{-6}$$

donde:

Emisiones de CH₄ = emisiones de CH₄ durante el año del inventario en Gg/año

IW_i = cantidad de residuos sólidos de tipo i incinerado o quemado por incineración abierta en Gg/año

FE_i = factor de emisión de CH₄ agregado en kg CH₄/Gg de residuos

10⁻⁶ = factor de conversión de kilogramos a gigagramos

i = categoría o tipo de residuo incinerado/quemado al aire libre.

De acuerdo a la información sobre las fuentes en esta subcategoría en el estado de Chihuahua, el único tipo de residuos que se incinera son los hospitalarios.

DATOS DE ACTIVIDAD

El dato de actividad a utilizar es la cantidad de residuos incinerados y corresponde a la capacidad instalada para incineración de residuos biológico infeccioso autorizada a partir de 2014 y es el mismo valor utilizado para estimar las emisiones de CO₂ y N₂O. La capacidad instalada es de 86.4 t.

FACTOR DE EMISIÓN

El factor de emisión es el mostrado por defecto del Cuadro 5.3 del capítulo 5, Vol. 5 de las Directrices del IPCC 2006. Se supuso que se utiliza una incineración por lotes con cargador, lo que corresponde a un FE igual a 60 kg CH₄/Gg de residuo incinerado sobre una base de peso húmedo.

[4C2] QUEMA DE RESIDUOS A CIELO ABIERTO

La quema de residuos a cielo abierto se define como la combustión de materiales combustibles no deseados, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, desechos de aceites y otros residuos al aire libre o en vertederos abiertos, donde el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire, sin pasar por una chimenea o columna. La incineración abierta también puede incluir dispositivos de incineración que no controlan el aire de combustión para mantener una temperatura adecuada y no garantizan el tiempo de residencia necesario para una combustión completa⁷¹.

Se utilizó la composición de residuos sólidos a nivel nacional y se tomaron los parámetros por defecto recomendados por el IPCC.

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Estimación de bióxido de carbono

En el caso de la incineración de residuos a cielo abierto, se utiliza la misma ecuación para determinar las emisiones de CO₂, que la de la subcategoría [4C1]. Los datos de actividad y los factores utilizados para determinar las emisiones de la subcategoría [4C2] se detallan a continuación.

DATOS DE ACTIVIDAD

La cantidad de residuos incinerados a cielo abierto es el dato de actividad utilizado para estimar las emisiones provenientes de esta subcategoría y se estima a través de la siguiente ecuación:

$$DSM_B = P * P_{frac} * DSM_P * B_{frac} * 365 * 10^{-6}$$

donde:

DSM_B = cantidad total de residuos sólidos municipales incinerados a cielo abierto en Gg/año

P = población

P_{frac} = fracción de la población que quema residuos

DSM_P = fracción de la cantidad de residuos que se incinera respecto de la cantidad total de residuos tratados

365 = cantidad de días en el año

10⁻⁶ = Factor de conversión de kilogramos a gigagramos

Se utilizaron los datos de población y el cálculo de la generación per cápita para cada año utilizado en la categoría [4A].

FACTOR DE EMISIÓN

Los parámetros dm, CF y FCF por tipo de residuos son los datos por defecto del Cuadro 2.4 del capítulo 2 del Vol. 5 de las Directrices del IPCC 2006 y se resumen en el Cuadro A1.70.

Cuadro A1.70

| Componentes residuos | Contenido de materia seca en % del peso húmedo | Contenido total en % del peso seco | | Fracción de carbono fósil en % del total de carbono | |
|------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------|----------|
| | Por defecto | Por defecto | Rango | Por defecto | Rango |
| Papel/cartón | 90 | 46 | 42 - 50 | 1 | 0 - 5 |
| Textiles | 80 | 50 | 25 - 50 | 20 | 0 - 50 |
| Residuos de alimentos | 40 | 38 | 20 - 50 | 0 | - |
| Madera | 85 | 50 | 46 - 54 | 0 | - |
| Residuos de jardín y parques | 40 | 49 | 45 - 55 | 0 | 0 |
| Pañales | 40 | 70 | 54 - 90 | 10 | 10 |
| Caucho y cuero | 84 | 67 | 67 | 20 | 20 |
| Plásticos | 100 | 75 | 67 - 85 | 100 | 95 - 100 |
| Metales | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vidrio | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Otros, residuos inertes | 90 | 3 | 0 - 5 | 100 | 50 - 100 |

Fuente: Cuadro 2.4 del capítulo 2 del Vol. 5 de las Directrices del IPCC 2006, versión en inglés.

Estimación de metano

Para la estimación de las emisiones de CH₄ provenientes de la quema de residuos a cielo abierto, las Directrices del IPCC reportan que el factor de emisión es 6500 g/t de residuos en peso húmedo que se utiliza la misma ecuación que se emplea en la subcategoría [4C1].

Estimación de óxido nitroso

Para determinar las emisiones de óxido nitroso, se utiliza la cantidad total de residuos sólidos municipales incinerados a cielo abierto en base seca y el factor de emisión por defecto que se utiliza es de 150 kgN₂O/Gg residuo, dato que se tomó del Cuadro 5.6 del capítulo 5, Vol. 5 de las Directrices del IPCC 2006. Estos datos se emplean en la misma ecuación de la subcategoría [4C1] para N₂O.

Los archivos que respaldan los resultados presentados para la categoría [4C] se resumen a continuación.

| Archivo | Descripción |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cálculo Residuos Sólidos Edo de Chihuahua.xls | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de las categorías [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos y [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos |
| Hoja de cálculo Categoría 4B - 4C.xls | Concentrado de parámetros necesarios para la estimación de las emisiones de las categorías [4B] Tratamiento biológico de los residuos sólidos y [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos |

⁷¹ Directrices del IPCC 2006, Vol. 5. Desechos. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos.

[4D] TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Se denomina aguas residuales a las aguas que resultan después de haber sido utilizadas en residencias, industrias, actividades ganaderas y otras actividades económicas. Las aguas residuales son fuente de metano (CH₄) cuando se les da un tratamiento anaeróbico. También pueden ser una fuente de óxido nitroso (N₂O). Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), de acuerdo a las Directrices del IPCC 2006, procedentes de aguas residuales no se consideran en este inventario porque son biogénicas y no deben incluirse en la cuantificación de emisiones⁷².

Esta categoría se subdivide en dos y ambas fueron estimadas en este inventario:

- [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales (ARM)
- [4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (ARI)

Los principales sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales⁷³ que son utilizados en el estado de Chihuahua son:

- Lagunas de estabilización
- Lodos activados
- Humedales (Wetland)
- Sedimentación + Wetland
- Primario o Sedimentación

Las emisiones totales de la categoría [4D] variaron entre 192.39 GgCO₂e en 2013 hasta 209.29 GgCO₂e en 2017, con un crecimiento medio anual de 1.34% (Cuadro A1.71). Como se puede observar, la fuente principal de emisiones es la subcategoría 4D1.

Por tipo de gas, las emisiones de CH₄ generadas contribuyen con un poco más de las dos terceras partes del total de esta categoría, como se ve en el Cuadro A1.72 y el resto corresponde al óxido nitroso (N₂O).

Cuadro A1.71

| Subcategoría | GgCO ₂ e | | | | |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales (ARM) | 741.77 | 748.67 | 750.90 | 745.33 | 742.93 |
| [4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (ARI) | 58.14 | 58.74 | 59.34 | 59.94 | 60.54 |
| Total | 799.92 | 807.41 | 810.24 | 805.27 | 803.47 |

Cuadro A1.72

| Gas | GgCO ₂ e | | | | |
|------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| CH ₄ | 745.14 | 750.85 | 753.05 | 745.14 | 741.56 |
| N ₂ O | 54.77 | 56.56 | 57.19 | 60.13 | 61.92 |
| Total | 799.92 | 807.41 | 810.24 | 805.27 | 803.47 |

A continuación, se describen las consideraciones hechas para el cálculo de las subcategorías [4D1] y [4D2].

[4D1] TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

Los gases de efecto invernadero que se emiten en el tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales son el CH₄ y N₂O. La cantidad de CH₄ que se produce en esta subcategoría depende de la materia orgánica degradable presente en las aguas residuales, de la temperatura y del tipo de sistema de tratamiento, siendo la materia orgánica el factor principal para determinar el potencial de generación de este gas. Las emisio-

$$E_{CH_4} = \left[\sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

donde:

- ECH₄ = emisiones de metano ocurridas durante el año del inventario (kg/año)
- TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario (kg de DBO/año)
- S = componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario (kg de DBO/año)
- U_i = fracción de la población del grupo i en el año de inventario
- T_{i,j} = grado de utilización del sistema de tratamiento j para cada grupo i
- i = grupo rural o urbano
- j = sistema de tratamiento
- EF_j = factor de emisión (kg de CH₄/kg de DBO)
- R = cantidad de CH₄ recuperado durante el año del inventario (kg de CH₄/año)

Para estimar el factor de emisión se emplea la siguiente ecuación:

$$EF_j = B_o \times MCF_j$$

donde:

- EF_j = factor de emisión (kg de CH₄/kg de DBO)
- j = cada sistema de tratamiento
- B_o = capacidad máxima de producción de CH₄ (kg de CH₄/kg de DBO)
- MCF_j = factor de corrección para el metano (fracción)

nes del óxido nitroso tienen como fuente principal las que se generan en los efluentes generados en el tratamiento de aguas residuales que se eliminan en medios acuáticos, como ríos, lagos o en el mar⁷⁴.

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Estimación de metano

El método empleado para la estimación de emisiones CH₄ proveniente de la subcategoría [4D1] es el descrito en las Directrices del IPCC 2006, utilizando la siguiente fórmula:

Al no contar con los datos específicos de Bo y MCF para el estado, se tomaron los valores por defecto de la Tabla 6.2 para el primero y de la 6.3 del Vol. 5, Cap. 6, de las Directrices del IPCC 2006, y los utilizados a nivel nacional en el INEGYCEI 1990-2015 para el segundo. Para el caso específico de sedimentación + wetland, se tomaron los datos de Fosa Séptica + Filtro Biológico por ser un proceso similar.

La ecuación para estimar la cantidad total de materia orgánica degradable en las aguas residuales es:

$$TOW = P * DBO * 0.001 * I * 365$$

Donde:

- TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario (kg DBO/año)
- P = población del país en el año del inventario (personas)
- DBO = DBO per cápita específico del país en el año del inventario (g/persona/día)
- 0.001 = conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO
- I = factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad para contabilizar las emisiones de esta subcategoría se estimaron en base a la información que genera CONAGUA anualmente, en su publicación *Inventario de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales*⁷⁵. Con la información de los caudales y procesos de las plantas de tratamiento de aguas existentes en el estado, se estima la cantidad generada y recolectada de aguas residuales municipales. Los datos de actividad utilizados se muestran en el Cuadro A1.73.

⁷² Directrices del IPPC 2006. Vol. 5. Desechos. Capítulo 6: Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales.
⁷³ Información obtenida de la publicación anual de CONAGUA sobre los Inventarios de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento

de Aguas Residuales (se pueden consultar en: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/inventario-de-plantas-municipales-de-potabilizacion-y-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-operacion>)

⁷⁴ Directrices del IPPC 2006. Vol. 5. Desechos. Capítulo 6: Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales.

⁷⁵ Los Inventarios Nacionales de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, del

periodo del inventario (se pueden consultar en: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/inventario-de-plantas-municipales-de-potabilizacion-y-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-operacion>)

Cuadro A1.73

| Caudal (m ³ /año) | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017* |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Cantidad generada | 286,467,388 | 289,412,136 | 292,310,479 | 295,158,792 | 297,974,330 |
| Cantidad recolectada | 266,414,671 | 269,153,287 | 271,848,746 | 274,497,677 | 277,116,127 |
| Cantidad recolectada y tratada | 213,069,450 | 219,854,850 | 221,787,900 | 221,923,608 | 221,923,608 |

a Calculado con un factor de 79m³/hab/año⁷⁶ (Ver hoja de cálculo).

b Calculado con base al 93% de cobertura de alcantarillado⁷⁷.

c Datos del 2017 fueron proyectados con base la población y caudales reportados en 2013-2016, para más detalle, ver la hoja de cálculo.

FACTORES DE EMISIÓN

Para el cálculo del factor de emisión se utiliza la ecuación mencionada, la cual está en función de la capacidad máxima de producción de CH₄ (B_o) y del factor de corrección para este gas (MCF). Para más detalle, ver la hoja de cálculo.

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Estimación de óxido nítrico (N₂O)

El método empleado para la estimación de emisiones N₂O proveniente de la subcategoría [4D1] es el descrito en las Directrices del IPCC 2006, utilizando la siguiente fórmula:

$$E_{N_2O} = N_E \times EF_E \times 44/28$$

donde:

E_{N₂O} = emisiones de N₂O durante el año del inventario (kg N₂O/año)

NE = nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos (kg N/año)

EF_E = factor de emisión para las emisiones de N₂O provenientes de la eliminación en aguas servidas (kg N₂O/kg N)

44/28 = Este factor corresponde a la conversión de Kg de N₂O-N en kg de N₂O

La ecuación para calcular el N_E es:

$$N_E = (P * Proteína * F_{NPR} * F_{NON-CON} * F_{IND-COM}) - N_{LODO}$$

donde:

N_E = cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes de aguas residuales (kg N/año)

P = población humana

Proteína = consumo per cápita anual de proteínas (kg/persona/año)

F_{NPR} = fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0.16 Kg de N/kg de proteína

F_{NON-CON} = factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales

F_{IND-COM} = factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado

N_{LODO} = Nitrógeno separado con el lodo residual, por defecto = 0 kg de N/año

DATOS DE ACTIVIDAD

Los datos de actividad utilizadas para la estimación de las emisiones del óxido nítrico de esta subcategoría se tomaron del Cuadro 6.11, Capítulo 6, Vol. 5, de las Directrices del IPCC 2006.

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión que se usaron para la estimación de las emisiones del óxido nítrico de esta subcategoría se tomaron del Cuadro 6.11, Capítulo 6, Vol. 5, de las Directrices del IPCC 2006.

[4D2] TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las emisiones resultantes del tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales en el estado de Chihuahua incluyen las que fueron generadas en los procesos de producción de los siguientes giros: alimentos, celulosa y papel, jabón y detergentes, plásticos y resinas, y sustancias químicas orgánicas. Estos giros están descritos en las metodologías del IPCC, por tal motivo, las actividades industriales del estado que generan aguas residuales se homologaron según las directrices para determinar los parámetros de estimación según el giro.

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Para la estimación de emisiones provenientes de las residuales industriales sólo se contempló las emisiones de CH₄ de aguas que contenían cargas significativas de carbono y que se trata bajo condiciones anaeróbicas. Las sustancias orgánicas contenidas en las aguas residuales industriales suelen expresarse en términos de demanda química de oxígeno (COD). Se empleó la siguiente ecuación para estimar estas emisiones:

$$E_{CH_4} = \sum_i [(TOW_i - S_i)EF_i - R_i]$$

donde:

ECH₄ = emisiones de metano ocurridas durante el año del inventario (kg/año)

TOW = total de materia orgánica en las aguas residuales de la industria i durante el año del inventario (kg de DBO/año)

S = componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario (kg de COD/año)

i = sector industrial

EF_i = factor de emisión para la industria (kg de CH₄/kg de COD) para el sistema de tratamiento utilizado en el año del inventario

R = cantidad de CH₄ recuperado durante el año del inventario (kg de CH₄/año)

DATOS DE ACTIVIDAD

Los valores de volúmenes de agua residual industrial tratada se tomaron del portal Sistema Nacional de Información del Agua de CONAGUA⁷⁸, de los documentos en el portal "Estadísticas del agua en México" que para la serie 2013-2017 reportó un volumen de 20,656,080 m³ generados de aguas residuales industriales, se trató sólo 43% (8,824,688 m³); el 67% restante (11,738,329.92 m³) no fue tratado.

Para la estimación de las emisiones de CH₄ y de acuerdo a datos de la CONAGUA⁷⁹, la generación de aguas residuales se ha mantenido constante en el periodo 2013 a 2017. Por ello, los datos del volumen generado, tratado y no tratado permanecen constante en el periodo.

FACTORES DE EMISIÓN

Para el cálculo del factor de emisión se utiliza la misma ecuación que para las aguas residuales municipales, la cual está en función de la capacidad máxima de producción de CH₄ (B_o) y del factor de corrección para este gas (MCF). De acuerdo a las Directrices del IPCC 2006, si no se dispone de los datos en el país, es una buena práctica utilizar para B_o el factor del COD por defecto del IPCC que es: 0.25 kg de CH₄/kg de COD. Los datos de MCF se tomaron del Cuadro 6.8, Capítulo 6, Vol. 5 del IPCC (versión en inglés).

Los archivos que respaldan los resultados presentados para la categoría [4D] se resumen a continuación.

| Archivo | Descripción |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Base_datos_Aguas_Residuales_Ch_040219_V1_LMP.xlsx | Hoja de cálculo utilizada para estimar las emisiones de la categoría [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales |
| Inventario-de-plan-tas-de-tratamiento-aguas-residuales-PTAR-2016.xls | Concentrado de datos sobre las PTAR utilizados en la estimación de las emisiones de las categorías [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales |

⁷⁶ SEMARNAT (2012). Aguas residuales municipales generadas por entidad federativa, 2012. Tomado de: https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_3.html

⁷⁷ CONAGUA. (2017). Sistema Nacional de Información del Agua (pag. 249). Tomado de: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf

⁷⁸ <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=plantasTratamiento&ver=reporte&o=2&n=estatal>

⁷⁹ <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?publicaciones=1>

RECOMENDACIONES

A) GENERALES

Las recomendaciones generales que se proponen se detallan a continuación:

1. Para actualizaciones futuras del IEEGEI Chihuahua sería importante estimar su incertidumbre. Habría que analizar a qué parámetros se debería obtener la incertidumbre, ya que es un proceso muy laborioso y si a nivel nacional se hace, por ejemplo, esta cuantificación a los factores de emisión de los combustibles, ya no sería necesario realizarla.

2. Establecer los mecanismos con el gobierno federal para el intercambio sistemático de información sobre las instalaciones de competencia federal.

B) ESPECÍFICAS

En la realización del inventario se identificaron las siguientes oportunidades de mejora:

1. En la categoría [3A] Ganado se recomienda generar información más precisa sobre la cantidad consumida de alimento por edad y determinar la cantidad de ganado, ambos parámetros por especie.

2. Sobre la subcategoría [4D2] Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, se considera necesario solicitar al sector industrial datos sobre los caudales generados y tratados de sus aguas residuales generadas en sus procesos de producción, con el fin de conocer las variaciones reales anuales y por un lado, estimar de manera más precisa las emisiones generadas en esta subcategoría y, por otro, poder determinar posibles adecuaciones y mejoras en los procesos productivos para disminuir las emisiones de GEI.

3. Sobre las oportunidades detectadas en la categoría [4A] Eliminación de residuos sólidos, la principal es contar con información más confiable, sistematizada y oportuna. Uno de los datos más importantes es contar con la cantidad generada de residuos per cápita en el estado, sin embargo, generar el dato de manera sistemática puede ser costoso. Una alternativa más viable es calcular las emisiones a partir de los datos de los sitios de disposición final, para lo cual se recomienda establecer un sistema de recolección de datos, que se actualice de manera anual e incluya la siguiente información:

- Cantidad de residuos que llegan al sitio
- Municipios a los que les da servicio
- Composición de los residuos
- Tipo de sitio (relleno sanitario, sitio controlado, no controlado)

- Identificar a qué categoría pertenece
- Si tiene planta de composta y la cantidad producida
- Si existe recuperación de metano
- El método de cálculo del volumen de residuos ingresados

Adicionalmente, el registro también debe de incluir el año de inicio de funciones y los sitios cerrados.

4. Sobre los datos de actividad de la categoría [3B] Tierra se recomendaría hacer un procesamiento digital derivado de imágenes satelitales, que puede generar estos datos con una mejor resolución y precisión posicional, particularmente a nivel estatal, de lo que se genera con las series INEGI de Uso de Suelo y Vegetación. Esto es porque, como aproximación nacional es adecuado su uso, sin embargo, para una escala local (1:250,000) puede resultar demasiado gruesa. Hay algunos inconvenientes con el uso de imágenes satelitales, ya que la presencia de nubosidad puede afectar las observaciones, además el procesamiento de estas imágenes requiere una importante inversión de tiempo, recursos humanos y de equipo de cómputo. Sin embargo, con información más precisa, se puede dar un mejor seguimiento a las acciones de mitigación y adaptación que se establezcan.

5. Sobre los factores de emisión de la categoría [3B] Tierra, se aconsejaría que se desarrollaran los factores de emisión estatales, ya que como en el caso de los datos de actividad, los factores de emisión nacionales (que se emplearon en las estimaciones de este inventario) son una aproximación demasiado gruesa, dado que cada región del país posee características muy específicas respecto a su vegetación y dinámica de carbono. Los FE se pueden estimar a partir de los puntos de muestreo del INFyS en el estado, así como de estudios locales de variables dasométricas⁸⁰.

6. Se recomienda al gobierno del estado, acercarse a CONAFOR para capacitarse en el desarrollo de los inventarios, en el marco del mecanismo de Reducción de Emisiones por deforestación y degradación de los bosques (REDD+) y generar sus propios datos de actividad y factores de emisión para la categoría [3B] Tierra.

7. Para los sectores de la agenda gris, sector [1] Energía y sector [2] Procesos industriales y uso de productos, es importante elaborar un censo de las industrias, que incluya la cantidad y el tipo de combustible. También es importante generar la misma información para los giros comercial, residencial e institucional.

⁸⁰ Dasometría se refiere a la ciencia que se ocupa de la determinación de volúmenes y crecimientos de los árboles y de las masas forestales, así como del estudio de las relaciones métricas y leyes que rigen su desarrollo. Consultado en: <https://drive.google.com/file/d/1au9SkWW-ju4bkuQR6oEFZ9QtOZh5VSZTA/view>

ANEXO 2

RESUMEN DE LAS LÍNEAS DE ACCIÓN Y ACCIONES ESPECÍFICAS DE LA ESTRATEGIA PARA LA CONSERVACIÓN Y EL USO SUSTENTABLE DE LA BIODIVERSIDAD DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (ECUSBIOECH)



Fuente: Miguel Urieta

| Eje 1. Conocimiento científico y manejo de la información | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Líneas de acción | Acciones |
| 1.1. Generación de conocimiento científico | 1.1.1. Incrementar los recursos del Fondo Estatal de Protección al Ambiente del Estado de Chihuahua para el financiamiento de proyectos de investigación sobre la biodiversidad en el estado 1.1.2. Generar una agenda estatal de investigación 1.1.3. Realizar estudios de vulnerabilidad y adaptabilidad al cambio climático de la biodiversidad del estado 1.1.4. Incrementar la investigación relativa a la reproducción y propagación de especies vegetales nativas útiles 1.1.5. Realizar programas de monitoreo, evaluación y un inventario integral de ecosistemas, hábitat y especies 1.1.6. Aplicar el conocimiento en ingeniería genética y métodos tradicionales de selección artificial y técnicas de clonación en la investigación agropecuaria para un mejor aprovechamiento de la actividad |
| 1.2. Documentación, sistematización y difusión del conocimiento | 1.2.1. Publicar la información disponible en el sistema de información sobre biodiversidad del estado de Chihuahua 1.2.2. Actualizar y validar y dar mantenimiento al sistema de información sobre biodiversidad del estado de Chihuahua 1.2.3. Recopilar, sistematizar y resguardar el conocimiento tradicional de las comunidades locales en el sistema de información sobre biodiversidad del estado |
| 1.3. Formación de cuadros científicos y técnicos | 1.3.1. Crear un programa de capacitación permanente dirigido a los actores clave relacionados con la biodiversidad del estado de Chihuahua 1.3.2. Formar técnicos en los pueblos originarios para la transferencia tecnológica orientada al manejo y aprovechamiento sustentable de sus territorios |

| Eje 2. Alternativas de desarrollo económico sustentable | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Líneas de acción | Acciones |
| 2.1. Integración y promoción de los fundamentos de sustentabilidad | 2.1.1. Instrumentar alternativas de desarrollo y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del estado 2.1.2. Crear y fortalecer mecanismos de financiamiento conjuntos para la cooperación regional, estatal, nacional e internacional 2.1.3. Destinar presupuesto para las actividades de inclusión de la valoración de la biodiversidad 2.1.4. Implementar programas de capacitación y apoyo (económico o en especie) a productores 2.1.5. Realizar estudios sobre la valoración económica del impacto de obras y actividades respecto a la pérdida de ecosistemas, especies y servicios ambientales |
| 2.2. Desarrollo e implementación de prácticas y tecnologías sustentables | 2.2.1. Desarrollar programas para el rescate de actividades económicas tradicionales que sean sustentables 2.2.2. Capacitar y dar mayor difusión sobre prácticas ganaderas que consideren el índice actualizado de agostadero y la capacidad de carga de los ecosistemas 2.2.3. Crear e implementar programas de pesca y acuicultura sustentables con especies nativas 2.2.4. Identificar las comunidades locales con potencial para desarrollar actividades ecoturísticas y generar proyectos que aseguren su manejo y administración permanente 2.2.5. Diversificar las actividades en las áreas de ganadería extensiva y en su caso, sustituirlas por sistemas integrales 2.2.6. Realizar programas de actualización tecnológica en actividades productivas |
| 2.3. Diversificación de actividades económicas vinculadas con el uso y conservación de la biodiversidad | 2.3.1. Regular la explotación forestal planificada y especies maderables y no maderables de interés económico, favoreciendo la diversificación, el manejo integrado y la agrosilvicultura 2.3.2. Capacitar y dar mayor difusión a la agricultura orgánica y uso de biofertilizantes 2.3.3. Implementar el pago por servicios ambientales hidrológicos y captura de carbono, entre otros, incluyendo al ecosistema de pastizal 2.3.4. Regular las actividades ecoturísticas y promover nuevos proyectos bajo un esquema de respeto del medio ambiente 2.3.5. Regular el uso y aprovechamiento de las especies de flora y fauna silvestres susceptibles de aprovechamiento 2.3.6. Identificar y promover en los mercados nacionales e internacionales los productos o subproductos derivados de elementos de la biodiversidad del estado 2.3.7. Establecer un programa de cultivo de maíces nativos rescatando las prácticas tradicionales de grupos originarios del estado |

| Eje 3. Cultura de conservación y participación | |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Líneas de acción | Acciones |
| 3.1. Educación ambiental | 3.1.1. Realizar convenios para integrar transversalmente los temas de conservación y uso sustentable de la biodiversidad del estado en todas las asignaturas de enseñanza básica y de nivel medio superior 3.1.2. Desarrollar y difundir programas de educación ambiental con un enfoque integral y participativo especialmente en el ámbito municipal 3.1.3. Actualizar los contenidos del programa de educación ambiental del estado de Chihuahua conforme al Estudio de Estado y a la Estrategia Nacional de Educación Ambiental 3.1.4. Ampliar la cobertura del programa de educación ambiental del estado de Chihuahua 3.1.5. Diseñar e implementar programas de capacitación para la profesionalización de la educación ambiental 3.1.6. Desarrollar un centro de educación ambiental para la formación profesional y técnica de educadores formales |
| 3.2. Reconocimiento y conservación de los servicios y productos ambientales | 3.2.1. A través de los esquemas formales y no formales, sensibilizar sobre la importancia de los recursos naturales de cada región (valores biológico, social y económico) 3.2.2. Difundir los diversos programas de apoyo económico y/o técnico institucionales destinados al manejo y aprovechamiento de los recursos naturales |
| 3.3. Gestión de la sociedad civil organizada | 3.3.1. Realizar foros y otros mecanismos de información y participación entre los diferentes sectores de la sociedad 3.3.2. Desarrollar y aplicar programas educativos en materia de biodiversidad y de extensión, incluyendo a los pueblos originarios 3.3.3. Incorporar la transversalidad de los programas de conservación de la biodiversidad entre los diversos consejos |
| 3.4. Mecanismos efectivos de participación | 3.4.1. Crear un programa de difusión y orientación sobre la denuncia popular ambiental entre la sociedad civil 3.4.2. Asegurar que los mecanismos de denuncia popular ambiental que garantizan la confidencialidad de los denunciantes sean efectivos |
| Eje 4. Protección y conservación | |
| 4.1. Restauración y recuperación de ecosistemas y especies | 4.1.7. Implementar y fortalecer los programas in situ y ex situ de protección y recuperación del hábitat de las especies catalogadas como prioritarias 4.1.8. Continuar los estudios de determinación de las especies de flora y fauna que se encuentren en algún estatus de riesgo para establecer acciones de conservación |

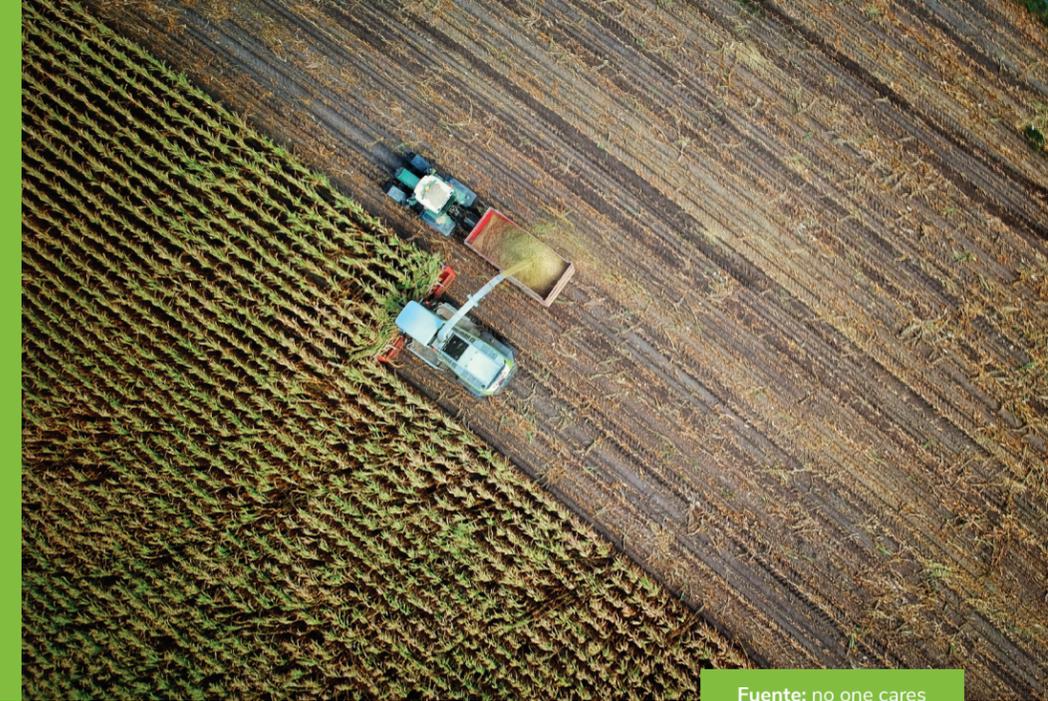
| Eje 4. Protección y conservación | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Líneas de acción | Acciones |
| 4.2. Desarrollo e implementación de instrumentos de política en materia de biodiversidad | 4.2.1. Decretar e implementar los planes de ordenamiento territorial de Barrancas del Cobre, municipio de Chihuahua y de los pastizales centrales de Chihuahua |
| | 4.2.2. Desarrollar e implementar el Programa de Ordenamiento Ecológico |
| | 4.2.3. Establecer y asegurar la consolidación del Sistema Estatal de Áreas Naturales Protegidas |
| | 4.2.4. Crear nuevas ANP en sus diversas modalidades contempladas en la LGEEPA, de acuerdo con las necesidades y sociales del estado |
| | 4.2.5. Promover la certificación de áreas de conservación y decretos internacionales de sitios naturales como patrimonios de la humanidad y reservas de la biosfera |
| | 4.2.6. Difundir, orientar y apoyar la adopción voluntaria, comunal, ejidal y privada de áreas de conservación |
| | 4.2.7. Promover la diversificación productiva del sector rural a través de las Unidades de Manejo para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA) |
| 4.3. Gestión integral de los recursos hídricos para el mantenimiento y conservación de las especies | 4.3.1. Determinar los caudales ecológicos y establecer los mecanismos de gestión para la regulación de los ecosistemas de agua dulce |
| | 4.3.2. Elaborar e implementar un programa de restauración y manejo de las cuencas hidrográficas |
| | 4.3.3. Incorporar las experiencias exitosas en el manejo de cuencas hidrográficas y sus recursos naturales |
| | 4.3.4. Restringir la apertura de pozos en áreas prioritarias para la conservación, corredores biológicos, entre otros |
| Eje 5. Desarrollo institucional y fortalecimiento del marco jurídico y normativo | |
| 5.1. Creación y fortalecimiento de capacidades institucionales | 5.1.1. Fortalecer la comunicación con las instancias de los tres niveles de gobierno |
| | 5.1.2. Gestionar la creación de la secretaría de medio ambiente en el estado |
| | 5.1.3. Crear una procuraduría ambiental estatal |
| | 5.1.4. Establecer un mecanismo de rendición de cuentas para el fondo ambiental del estado de Chihuahua |
| | 5.1.5. Fortalecer a través del Consejo Estatal para la Protección al Ambiente y Desarrollo Sustentable la vinculación academia-sociedad-gobierno |
| | 5.1.6. Crear programas de capacitación para funcionarios públicos, estatales y municipales |

| Eje 5. Desarrollo institucional y fortalecimiento del marco jurídico y normativo | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Líneas de acción | Acciones |
| 5.2. Armonización del marco jurídico y normativo, las políticas públicas y su aplicación en la toma de decisiones | 5.2.1. Elaborar y publicar normas técnicas ecológicas estatales para el uso sustentable y conservación de la biodiversidad |
| | 5.2.2. Proponer iniciativas de creación y reforma de legislación ambiental estatal y sus reglamentos para su armonización con el marco federal y municipal |
| | 5.2.3. Apoyar a los municipios en la elaboración y aplicación de reglamentos municipales ambientales que integren criterios de conservación de la biodiversidad |
| | 5.2.4. Incluir en la estructura de gestión de los municipios áreas que atiendan temas de ecología |
| | 5.2.5. Incorporar en la legislación estatal la conservación de especies forestales no maderables no consideradas en la legislación existente |
| Eje 6. Atención de amenazas a la biodiversidad | |
| 6.1. Reducción del cambio de uso del suelo y la pérdida de ecosistemas | 6.1.1. Prohibir las autorizaciones de cambio de uso de suelo en hábitats críticos de conservación de especies prioritarias y corredores biológicos |
| | 6.1.2. Elaborar e implementar los ordenamientos ecológicos territoriales |
| | 6.1.3. Apoyar el extensionismo rural a través de capacitación, apoyo financiero, transferencia de tecnología y planes de manejo específicos |
| | 6.1.4. Actualizar el coeficiente de agostadero adecuado para los ecosistemas del estado |
| 6.2. Prevención, control y erradicación de especies invasoras | 6.2.1. Validar, publicar e implementar el plan de acción para la prevención y control de especies exóticas invasoras |
| 6.3. Mitigación y adaptación al cambio climático | 6.3.1. Incorporar en la legislación estatal el tema de los efectos del cambio climático en la biodiversidad |
| | 6.3.2. Elaborar escenarios de vulnerabilidad y adaptación en materia de biodiversidad |
| | 6.3.3. Mantener e incrementar la cobertura forestal |
| 6.4. Prevención y control de la sobre-explotación de la biodiversidad | 6.4.1. Fortalecer los cuerpos de vigilancia participativa para el control de las extracciones autorizadas |
| | 6.4.2. Vigilar y evitar la explotación ilegal y vigilar la extracción legal de los recursos forestales no maderable |
| 6.5. Reducción y prevención de la contaminación | 6.5.1. Reducir el uso de agroquímicos y sustituirlos por productos orgánicos |
| | 6.5.2. Incrementar la adopción generalizada del tratamiento de las aguas residuales previo a su descarga a los cuerpos de agua y reinyección de acuíferos |

ANEXO 3

SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL: PROGRAMA SECTORIAL 2010-2016

Política Sectorial Agrícola



Fuente: no one cares

| Objetivo PED | Estrategia PED / Objetivo Sectorial | Acciones y Programas |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Impulsar la sustentabilidad de la agricultura en el estado | Contribuir en el ordenamiento del uso de agua para la agricultura | Inventario de fuentes de abastecimiento de agua Programa de consolidación de COTAS Programa de planeación hidroagrícola |
| | Incrementar la capacidad de conservación de agua y de recuperación de los acuíferos y presas | Programa de conservación de suelo y agua en las zonas altas de las cuencas Programa de recuperación de suelos agrícolas Programa de pozos de absorción y abanicos aluviales Programa de embalses en la zona rural del Estado |
| | Implementar programas y acciones para el ahorro y uso eficiente del agua | Programa de rehabilitación de la red de distribución del agua Programa de modernización de riego parcelario Programa de medición de uso de agua parcelario |
| Impulsar la sustentabilidad de la agricultura en el estado | Implementar programas y acciones para el ahorro y uso eficiente del agua | Programa de innovación y transferencia de tecnología en el uso de agua Programa de uso de aguas residuales para producción agrícola |
| | Incrementar el uso de tecnologías y prácticas de conservación de los recursos naturales | Programa de desarrollo de biofertilizantes Programa de energías renovables para la producción agrícola Programa de protección de cauces de agua natural Programa de transferencia de tecnología en prácticas de conservación y uso de energías renovables |
| Impulsar la competitividad de la agricultura chihuahuense | Contribuir en la optimización de los rendimientos y calidad de los productos chihuahuenses | Programa de reconversión productiva en agricultura de temporal Programa de equipamiento de unidades de producción agrícola de temporal Programa de recuperación de suelos agrícolas de temporal Programa de reconversión frutícola Programa de control de contingencias climáticas en la fruticultura Programa de mecanización del campo |

| Objetivo PED | Estrategia PED / Objetivo Sectorial | Acciones y Programas |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Impulsar la competitividad de la agricultura en el estado | Contribuir en la competitividad de la producción mediante la reducción de los costos de producción | Programa de tecnificación de los procesos productivos agrícolas Programa de sanidad vegetal estatal Programa de inteligencia competitiva agrícola Programa de agricultura protegida y de alto rendimiento Programa de insumos de alta calidad para la agricultura Programa de horas máquina para preparación de tierras Programa de eficiencia electromecánica |
| Impulsar la competitividad de la agricultura en el estado | Contribuir en la competitividad de la producción mediante la reducción de los costos de producción | Programa de energías alternas Programa de acopio y conservación de la producción agrícola Programa de caminos rurales Programa anual de transferencia tecnológica para la transformación y el valor agregado. Programa de eficiencia de procesos de transformación y valor agregado Programa de consolidación de cadenas de valor y sistemas producto |
| Impulsar la competitividad de la agricultura en el estado | Contribuir en la reducción de siniestros agrícolas Contribuir a dar certidumbre al sector agrícola | Programa de administración de riesgos Programa de monitoreo inteligencia competitiva |
| Impulsar la comercialización de la agricultura en el estado | Contribuir al desarrollo comercial de los productos agrícolas | Programa anual de apoyo a la comercialización de cultivos Programa de apoyo a la comercialización de productos con valor agregado Programa de integración de agricultura por contrato Programa de ordenamiento de mercados |

Fuente: Gobierno del estado de Chihuahua. Programa Sectorial 2010-2016. Secretaría de Desarrollo Rural. <http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/sf/uploads/indtfisc/progSER2010-2016/ANEXODESARROLLORURAL.pdf>

ANEXO 4

SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL: PROGRAMA SECTORIAL 2010-2016

Política Sectorial Ganadera



Fuente: Amber Kipp

| Objetivo PED | Estrategia PED / Objetivo Sectorial | Acciones y Programas |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Impulsar la sustentabilidad de la Ganadería en el Estado | Sostener e incrementar el control y estatus sanitario ganadero en el Estado. | Programa de monitoreo y control de sanidad y movilización del ganado Programa de identificación de ganado chihuahuense Programa de erradicación de reactores positivos a brucelosis y tuberculosis Programa de equipamiento de laboratorios de análisis Programa de sanidad e inocuidad en la ganadería de Programa de capacitación y asistencia técnica en control sanitario Programa de investigación con la sanidad ganadera |
| Impulsar la sustentabilidad de la Ganadería en el estado | Contribuir al desarrollo de la capacidad productiva de la ganadería chihuahuense | Programa de recuperación de agostaderos Programa de recuperación de especies nativas Programa de obras de conservación de agua en agostaderos Programa de capacitación y asistencia técnica para el manejo de agostaderos en el sector social |
| Impulsar la sustentabilidad de la Ganadería en el estado | Incrementar los rendimientos productivos de la ganadería de carne | Programa producción intensiva y semi-intensiva de ganado Programa de transferencia tecnológica en forrajes de alto rendimiento Programa de mejoramiento genético de la ganadería Programa de renovación del hato ganadero Programa de tecnificación y equipamiento productivo |
| Impulsar la sustentabilidad de la Ganadería en el estado | Fortalecer los procesos de valor agregado y transformación de la carne de bovino chihuahuense | Programa de infraestructura y equipamiento para transformación y valor agregado Programa de estandarización de procesos productivos y de transformación |

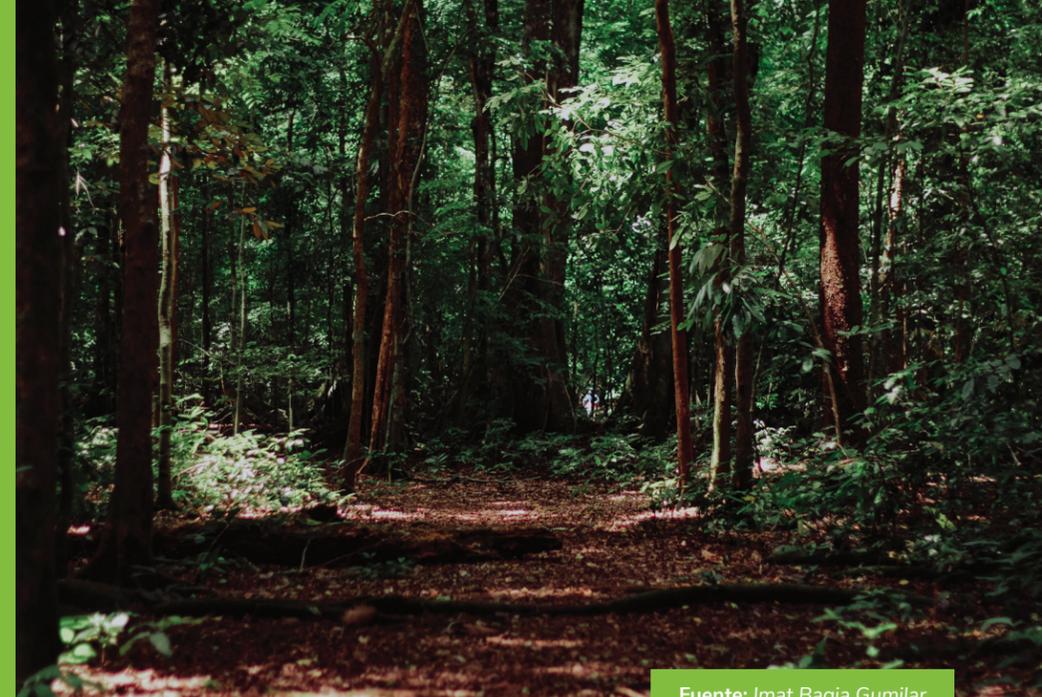
| Objetivo PED | Estrategia PED / Objetivo Sectorial | Acciones y Programas |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Impulsar la sustentabilidad de la ganadería de leche | Incrementar la competitividad de la producción de leche de bovino en el Estado | Programa de tecnificación de los procesos productivos de la ganadería de leche Programa de reposición y mejoramiento del hato lechero Programa de capacitación y asistencia técnica Programa de equipamiento agroindustrial |
| Impulsar el desarrollo de las actividades avícolas, apícolas y acuícolas en la entidad | Impulsar la actividad avícola chihuahuense | Programa de desarrollo avícola Programa de capacitación y asistencia técnica Programa de transformación y valor agregado |
| | Incrementar la productividad y competitividad de la apicultura | Programa de equipamiento y tecnificación apícola Programa de capacitación e innovación tecnológica Programa de valor agregado |
| | Contribuir con el desarrollo de la actividad acuícola en la entidad | Programa para infraestructura y equipamiento para la producción acuícola de manera intensiva Programa de valor agregado |
| Impulsar el desarrollo de las actividades avícolas, apícolas y acuícolas en la entidad | Impulsar la actividad avícola chihuahuense | Programa de desarrollo avícola Programa de capacitación y asistencia técnica Programa de transformación y valor agregado |
| | Incrementar la productividad y competitividad de la apicultura | Programa de equipamiento y tecnificación apícola Programa de capacitación e innovación tecnológica Programa de valor agregado |
| | Contribuir con el desarrollo de la actividad acuícola en la entidad | Programa para infraestructura y equipamiento para la producción acuícola de manera intensiva Programa de valor agregado |

Fuente: Gobierno del estado de Chihuahua. Programa Sectorial 2010-2016. Secretaría de Desarrollo Rural. <http://www.chihuahua.gob.mx/atach2/sf/uploads/indtfisc/progSER2010-2016/ANEXODESARROLLORURAL.pdf>

ANEXO 5

SECRETARÍA DE DESARROLLO RURAL: PROGRAMA SECTORIAL 2010-2016

Política Sectorial Forestal



Fuente: Imat Bagja Gumilar

| Objetivo PED | Estrategia PED / Objetivo Sectorial | Acciones y Programas |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Impulsar la sustentabilidad del sector forestal maderable | Incrementar las acciones para la conservación y restauración de los recursos naturales | Programa de prevención y control de plagas y enfermedades forestales Programa de prevención y control de incendios forestales Programa de recuperación de zonas degradadas Programa de pago por servicios ambientales del bosque Programa cultural para la preservación y el aprovechamiento sustentable Programa de control y combate de cortas clandestinas |
| | Contribuir al ordenamiento ecológico en la entidad | Programa de ordenamiento ecológico regionalizado |
| Impulsar la sustentabilidad del sector forestal maderable | Implementar procesos de planeación para la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales | Programa de manejo forestal sustentable Programa de planeación, transferencia tecnológica y estudios especiales |
| Impulsar el desarrollo integral y la competitividad de las actividades económicas forestales. | Incrementar la competitividad de la actividad forestal maderable | Programa de vinculación intersectorial de las cadenas productivas Programa de consolidación de cadenas productivas Programa de proyectos de investigación y desarrollo Programa de infraestructura caminera Programa de financiamiento Programa de eficiencia productiva y valor agregado Programa para la diversificación de las actividades económicas del bosque |

| Objetivo PED | Estrategia PED / Objetivo Sectorial | Acciones y Programas |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Impulsar la comercialización de los productos forestales maderables | Incrementar la capacidad comercial de los productos forestales | Programa de promoción comercial |
| Impulsar la sustentabilidad de los recursos forestales no maderables | Contribuir con la sustentabilidad de las regiones con producción forestal no maderable | Programa para la recuperación de la cubierta vegetal en las zonas degradadas Programas para la recuperación del suelo Programa para el ordenamiento territorial comunitario en las regiones con mayor deterioro de suelos y vegetación |
| Impulsar la competitividad de los recursos forestales no maderables | Incrementar la competitividad del sector forestal no maderable | Programa de desarrollo de la cadena productiva y valor agregado Programa de innovación y transferencia de tecnologías para procesos productivos eficientes y sustentables Programa para el desarrollo de proyectos productivos de alto impacto regional |

Fuente: Gobierno del estado de Chihuahua. Programa Sectorial 2010-2016. Secretaría de Desarrollo Rural.
<http://www.chihuahua.gob.mx/atach2/sf/uploads/indtfisc/progSER2010-2016/ANEXODESARROLLORURAL.pdf>

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

| | | | |
|------------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| Jaime Álvarez | 15 | no one cares en Unsplash | 191 |
| Jaime Álvarez | 19 | Amber Kipp en Unsplash | 193 |
| Keith Hardy en Unsplash | 21 | Imat Bagja Gumilar en Unsplash | 195 |
| Daniel Vargas en Unsplash | 22 | | |
| Redcharlie en Unsplash | 25 | | |
| adrian en Unsplash | 28 | | |
| Alejandro Cartagena MX en Unsplash | 30 | | |
| Jon Tyson en Unsplash | 33 | | |
| Jezael Melgoza en Unsplash | 34 | | |
| Alex Kotliarskyi en Unsplash | 35 | | |
| Jaime Álvarez | 37 | | |
| Severin D. en Unsplash | 45 | | |
| Dylan de Jonge en Unsplash | 49 | | |
| Gandosh Ganbaatar en Unsplash | 55 | | |
| The Milon en Unsplash | 61 | | |
| Breno Assis en Unsplash | 62 | | |
| Andy Kelly en Unsplash | 76 | | |
| Alexander Popov en Unsplash | 79 | | |
| Thomas Drouault en Unsplash | 81 | | |
| Markus Spiske en Unsplash | 95 | | |
| Meriç Tuna en Unsplash | 100 | | |
| Katherine Volkovski en Unsplash | 101 | | |
| Annie Spratt en Unsplash | 103 | | |
| Zach Lezniewicz en Unsplash | 105 | | |
| Robin Sommer en Unsplash | 117 | | |
| LEMUR en Unsplash | 122 | | |
| Dynamic Wang en Unsplash | 129 | | |
| Trinity Moss en Unsplash | 130 | | |
| Sven Scheuermeier en Unsplash | 136 | | |
| Roman Synkevych en Unsplash | 153 | | |
| Miguel Urieta en Unsplash | 185 | | |